

MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA

817 04 Bratislava, Mlynská dolina 1, tel.: 421-2-59375 111, fax: 421-2-54771 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
Ing. Peter Bajtoš, PhD.
Doc. RNDr. Stanislav Rapant, CSc.
doc. RNDr. Ján Vlčko, CSc.
RNDr. Dušan Bodiš, CSc.
Ing. Rudolf Hagara

Schválil: **Ing. Branislav Žec, PhD.**
riaditeľ ŠGÚDŠ

Bratislava, február 2011

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 Geologické faktory (ČMS GF) 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 predovšetkým o často sa opakujúce zosuvy. 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 ministrovi 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

V roku 2009 sa podľa Koncepcie aktualizácie a racionalizácie environmentálneho monitoringu pokračovalo v meraniach v nasledovných podsystémoch:

- 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 septembri 2006 bola podpísaná zmluva o spolupráci pri poskytovaní a využívaní geologických informácií medzi Úradom civilnej ochrany Ministerstva vnútra SR (teraz sekcia krízového manažmentu a civilnej ochrany) a Štátnym geologickým ústavom Dionýza Štúra.

Na základe požiadavky Sekcie geológie a prírodných zdrojov MŽP SR bolo do monitoringu zaradená revízia súčasného stavu environmentálnej záťaže banského odpadu odkaliska Slovinky – Keligrund a vypracovanie návrhu na jej monitorovanie. Ide o pokračovanie komplexného monitoringu odkalísk SR vybraných lokalít. V dôsledku zaradenia tejto lokality bolo pozastavené monitorovanie zmien vlastností antropogénnych materiálov odkalísk.

V ďalšom uvádzame prehľad výsledkov za rok 2010 po jednotlivých podsystémoch.

01 – Zosuvy a iné svahové deformácie

V rámci pod systému „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2010 vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – zosúvania (14 pozorovaných lokalít), plazenia (4 lokality) a náznakov aktivizácie rútvých pohybov (10 lokalít). Samostatnú skupinu špecifických prípadov hodnotenia stability prostredia tvorili lokality Stabilizačného násypu v Handlovej a územia projektovanej PVE Ipeľ. V rámci pod systému 01 v roku 2010 monitorovalo 30 lokalít. Prehľad aplikovaných metód monitorovania, frekvencie ich použitia a najdôležitejších výsledkov merania na všetkých pozorovaných lokalitách je zhrnutý v súbornej tabuľke (príl. 1), v ktorej sú lokality rozdelené podľa stupňa celospoločenskej dôležitosti do 3 kategórií.

V roku 2010 však došlo k mimoriadnym zrážkovo-klimatickým udalostiam, ktoré sa prejavili extrémnymi zrážkami v priebehu mája a na prelome mesiacov máj a jún (prakticky na celom Slovensku) a v auguste na Hornej Nitre. Upozorniť treba predovšetkým na nasledujúce skutočnosti:

- Dlhodobou zaužívaný spôsob vykonávania geodetických a inklinometrických meraní, ako aj meraní poľa pulzných elektromagnetických emisií (PEE) v jarých mesiacoch podmienil skutočnosť, že v roku 2010 tieto merania na prevažnej časti lokalít nezachytili stav prostredia po extrémnych zrážkach. Informáciu o významnom nepriaznivom vplyve tohto fenoménu na stabilitu prostredia poskytujú iba nepriamo údaje o extrémnych úrovniach hladiny podzemnej vody. Kvantitatívne hodnoty o posunoch meracích bodov a o deformáciách inklinometrickej pažnice bude možné získať až po meraniach, ktoré budú na jar 2011.
- Zrážkové extrémny v roku 2010 okrem aktivácie starších svahových pohybov iniciovali vznik veľkého množstva nových svahových pohybov, predovšetkým na východnom Slovensku. Pracovníci ŠGÚDŠ zaregistrovali na území východného Slovenska celkom 551 nových svahových pohybov, v prevažnej väčšine zosuvov, ku ktorým treba ešte prirátat ďalšie samostatne registrované zosuvy z územia Košíc, Nižnej Myšle, ako aj z iných častí Slovenska (Šenkvice, Krupina, Nová Baňa, Bzenica a ďalšie). Z uvedeného rozsiahleho súboru nových lokalít svahových pohybov sa vybralo na podrobnejšie preskúmanie orientačnou etapou inžinierskogeologického prieskumu 41 lokalít, na ktorých bolo identifikované bezprostredné ohrozenie života a majetku obyvateľov. V rámci prieskumu uvedených lokalít bolo realizovaných 54 inklinometrických, 71 piezometrických vrtov a 20 horizontálnych odvodňovacích vrtov. Závery prieskumu vyústia do návrhu optimálneho spôsobu sanácie svahového pohybu. V snahe získať kontinuálnu informáciu o stabilitnom stave prostredia ešte pred návrhom a realizáciou sanácie svahových pohybov, najdôležitejšie z realizovaných vrtov boli navrhnuté na pokračujúce inklinometrické a piezometrické merania. Prehľad nových lokalít i objektov, je v prílohe 2. Najdôležitejšie výsledky monitorovania Stabilizačného násypu v Handlovej sú zhodnotené v samostatnej prílohe 3.

Hlavné výsledky monitorovania svahových pohybov v roku 2010:

V pod systéme 01 - *Zosuvy a iné svahové deformácie* sa lokality zo skupiny zosúvania monitorovali súborom metód zaznamenávajúcich posuny alebo deformácie meraných objektov (metódy geodetické a inklinometrické), zmeny napätostného stavu prostredia (merania poľa pulzných elektromagnetických emisií – PEE) a stav najdôležitejších zosuvotvorných faktorov (režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení, ako aj spracovávanie informácií o zrážkach). Okrem tradičných spôsobov merania hladiny podzemnej vody, bolo v roku 2010 umiestnených 13 automatických hladinomerov, zaznamenávajúcich kontinuálne, s intervalom 1 hodiny hĺbku hladiny podzemnej vody, z ktorých 2 (lokality *Velká Čausa* a *Okoličné*) sú opatrené systémom včasného varovania, prepojeným on-line so strediskom monitorovania. Na lokalite *Liptovská Mara* bolo

v prevádzke 12 nových hladinomerov, zabezpečených technicko–bezpečnostným dohľadom (TBD) vodnej stavby. Na lokalite Veľká Čausa až do augusta 2010 kontinuálne zaznamenával deformáciu vo vrte KI-1 stacionárny inklinometer.

Vzhľadom na časovú rozptýlenosť jednotlivých typov meraní, ktorá v roku 2010 zásadne ovplyvnila ich výsledky (merania uskutočnené pred a po zrážkových anomáliách), nepovažujeme za odôvodnené na základe takto nameraných hodnôt hodnotiť stav lokalít, ale poukazujeme na výsledky jednotlivých meraní, uskutočnených v rôznych časových obdobiach.

Geodetické merania. Prevažná väčšina geodetických meraní sa uskutočnila pred alebo na začiatku významných zrážkových udalostí (meranie terestrickou metódou vo Veľkej Čause 2. mája, meranie vo Finticiach 9. mája, meranie v Okoličnom v posledných dňoch apríla a meranie v Bojniciach 1. mája). Po zrážkových extrémoch na prelome mája a júna boli uskutočnené merania GPS na lokalitách Veľká Čausa a Liptovská Mara. Významnejšie posuny bodov (s priemernou rýchlosťou nad 50 mm.rok^{-1}) boli zaznamenané predovšetkým v odľučnej a centrálnej časti zosuvu vo Veľkej Čause (body P19, PW01 a PW02).

Inklinometrické merania. V období pred a na začiatku extrémnych zrážok sa uskutočnili inklinometrické merania na lokalitách *Handlová-Kunešovská cesta* (10. mája), *Dolná Mičina* (12. mája), *Handlová-zosuv z roku 1960* (11. mája), *Okoličné* (22. apríla) a *Bojnice* (13. mája). Z meraní, vykonaných v tomto období boli výraznejšie deformácie zistené na lokalitách *Handlová-zosuv z roku 1960* (priemerná rýchlosť deformácie vo vrte GI-4 dosiahla hodnotu 11 mm.rok^{-1}) a *Okoličné* (vo vrte JO-1A priemerná rýchlosť deformácie bola takmer 9 mm.rok^{-1}). Podstatne výraznejšie deformácie boli zaznamenané na lokalitách, meraných po zrážkových extrémoch. Na lokalite *Fintice* bola dňa 7. júla vo vrte K-4 nameraná priemerná rýchlosť deformácie $21,12 \text{ mm.rok}^{-1}$. V menšej miere sa extrémne zrážky prejavili na lokalite Veľká Čausa pri meraní dňa 6. júla, keď vo vrtoch VČ-9 a VE-4 bola nameraná priemerná rýchlosť deformácie 8, resp. 11 mm.rok^{-1} . Významnú pohybovú aktivitu prostredia na tejto lokalite ilustrujú kontinuálne merania deformácie na hlbšej šmykovej ploche zosuvu, zaznamenané stacionárnym inklinometrom, ktorý bol v auguste 2010 demontovaný z vrtu vzhľadom na akútnu hrozbu jeho poškodenia svahovým pohybom. Pohybovú aktivitu čela zosuvu nepriamo preukázala i skutočnosť, že od novembra 2010 nie je merateľná hĺbka hladiny podzemnej vody vo vrte VČ-3 v dôsledku jeho nepriechodnosti pre meráciu sondy.

Merania poľa PEE. Vzhľadom na zaužívaný cyklus jarného a jesenného merania boli na všetkých pozorovaných lokalitách (okrem lokality *Fintice*) i v roku 2010 uskutočnené dve merania. Z porovnania výsledkov vyplýva, že pole PEE bolo vo väčšine prípadov aktívnejšie v jarnom cykle merania, ktoré sa na viacerých lokalitách uskutočnilo práve v období zrážkových extrémov (napríklad na lokalitách *Veľká Čausa*, *Handlová-Kunešovská cesta* a *Handlová-zosuv z roku 1960* boli merania vykonané dňa 24. mája, na lokalite *Dolná Mičina* 29. mája). Možno predpokladať, že tieto merania zachytili výrazné zmeny napätostného stavu, ktoré prebiehali v horninovom prostredí v dôsledku jeho saturácie výdatnými zrážkami. Merania, uskutočnené v jesennom cykle (prevažne v mesiaci november) charakterizujú pravdepodobne už relatívne stabilizované prostredie po všetkých výrazných zmenách, ktoré prebehli v letných mesiacoch. Vzhľadom na to, že meranie poľa PEE charakterizuje jeho okamžitý stav v momente merania, pre analýzu vývoja napätostného stavu prostredia by bolo vhodnejšie vykonávať merania častejšie na úkor zmenšenia počtu pozorovaných lokalít.

Merania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody. Uvedené merania názorne charakterizujú dosah zmien, ktoré extrémne zrážky vyvolali v horninovom prostredí, pokrývajú (síce s rozdielnou frekvenciou) časový úsek celého kalendárneho roku. Možno konštatovať, že na všetkých monitorovaných lokalitách bolo zaznamenané výrazné stúpnutie hladiny podzemnej vody. Za najnázornejšie možno považovať kontinuálne merania automatickými hladinormi. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2010 (oproti roku 2009) stúpila na lokalite *Veľká Čausa* o cca 1 m, na lokalite *Handlová-Morovnianske sídlisko* v P-17 až o 4,8 m a P-19 o 1,8 m, na lokalite *Fintice* dosahovalo stúpnutie orientačne 0,5 m, avšak hladinomer na lokalite

Dolná Mičiná zaznamenal priemerné stúpnutie hladiny až o cca 4 m. Na lokalite Okoličné dosiahlo priemerné stúpnutie úrovne hladiny v roku 2010 cca 0,7 m a na lokalite Liptovská Mara hodnota stúpnutia hladiny vody bola vo vrte J-10 až 3,2 m a vo vrte J-19 cca 1,4 m. Priemerné stúpnutia úrovne hladiny podzemnej vody v roku 2010 (oproti predchádzajúcemu roku) boli určené i z meraní pozorovateľov – na lokalite Veľká Čausa predstavovalo 0,6 m (priemer zo 16 vrtoch), pričom v 6 vrtoch bol zaznamenaný maximálny stav za celú dobu monitorovania, na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko bola orientačná hodnota stúpnutia hladiny podzemnej vody 1 m (priemer zo 41 meraných vrtoch, v 16 z nich bola dosiahnutá maximálna úroveň hladiny podzemnej vody od roku 2003). Výrazné stúpnutia hladiny oproti predchádzajúcemu roku boli zaznamenané aj na ďalších lokalitách – Fintice (0,5 m), Dolná Mičiná (2,8 m), *Lubietová* (1 m), *Slanec-tranzitný plynovod* (1 m), Okoličné (0,8 m), Bojnice (0,7 m), pričom vo viacerých vrtoch bola nameraná maximálna úroveň hladiny podzemnej vody za celé obdobie monitorovania.

Možno teda konštatovať, že extrémne zrážky v roku 2010 sa výrazne odrazili v stave hladiny podzemnej vody v horninovom prostredí. Takýto nepriaznivý stav hlavného zosuvotvorného faktora podmienil zníženie stupňa stability pozorovaných svahov a aktiváciu zosuvných pohybov. Namerané hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2010 na jednotlivých lokalitách možno považovať za limitné a možno ich aplikovať pri porovnávacích výpočtových stabilitných riešeniach alebo pri návrhoch kritických hodnôt úrovne hladiny podzemnej vody pre systémy včasného varovania na zosuvoch.

Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení. Výdatnosť odvodňovacích zariadení nepriamo ilustruje stupeň nasýtenia horninového prostredia podzemnou vodou a zároveň schopnosť týchto zariadení ju odvádzať. Extrémna nasýtenosť horninového prostredia sa odrazila i vo výraznom zvýšení výdatnosti odvodňovacích zariadení prakticky na všetkých pozorovaných lokalitách. V kvantitatívnom vyjadrení sumárna priemerná výdatnosť horizontálnych vrtoch na lokalite Dolná Mičiná stúpila (v porovnaní s rokom 2009) až trojnásobne, na lokalitách Veľká Čausa a Handlová-Morovnianske sídlisko sa výdatnosť zvýšila až o cca $7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, a na lokalite Handlová-Kunešovská cesta o $6,2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, v *Lubietovej* bola konštatovaná v júli najvyššia výdatnosť odvodňovacích zariadení za celé obdobie monitorovania a pod.

Z prehľadu výsledkov základných monitorovacích meraní i z priamych pozorovaní v teréne vyplýva, že zrážkovo extrémny rok 2010 vyvolal viacero nepriaznivých javov a spôsobil celkové zníženie stability monitorovaných zosuvných lokalít. I keď v dôsledku vyššie uvedených príčin je problematické porovnávať stav jednotlivých lokalít, objektívne možno konštatovať, že **výrazné prejavy nestability** boli zaznamenané na lokalitách Veľká Čausa (výrazné posuny bodov pri meraniach GPS, výrazné deformácie vrtoch na západnom okraji zosuvu, kritická deformácia vrtu KI-1, zaznamenaná stacionárnym inklinometrom, porušenie vrtu VČ-3 a celkové stúpnutie hladiny podzemnej vody), Handlová-Morovnianske sídlisko a Dolná Mičiná (extrémne stúpnutie hladiny podzemnej vody, zaznamenané hladinomerom a prejavujúce sa i pri terénnej obhliadke zvýšenou vlhkosťou prostredia), Fintice (geodeticky zmeraný posun bodu P-5 a extrémne veľká deformácia inklinometrickej pažnice vo vrte K-4) a Okoličné (výrazné posuny bodov pri geodetických meraniach, značná deformácia inklinometrickej pažnice na úrovni hlbšej šmykovej plochy).

Svahové pohyby charakteru plazenia sa monitorujú mechanicko-optickým dilatometrom TM-71 na lokalitách situovaných na okraji vulkanických Slanských vrchov – *Veľká Izra* (1 merací prístroj), *Sokol* (1 prístroj) a *Košický Klečenov* (2 prístroje). V roku 2007 bol jeden prístroj TM-71 inštalovaný i na lokalite *Jaskyňa pod Spišskou* v Levočských vrchoch. Na všetkých lokalitách boli v roku 2010 vykonané 3 merania. Z ich výsledkov vyplýva, že identifikovaný bol hlavne pohyb charakteru poklesávania horninových blokov (na lokalitách *Veľká Izra* a *Košický Klečenov*). Vplyv období s extrémnymi zrážkami sa na intenzite tohto typu svahového pohybu významne neprejavil.

Náznaky aktivizácie rútivých pohybov sa monitorujú metódami fotogrametrie, dilatometrickými meraniami, ako aj meraniami mikromorfologických zmien povrchu skalných odkryvov. V rámci pozorovaných lokalít sa spracovávajú aj informácie o niektorých zosuvotvorných faktoroch (zrážkach a počte mrazových dní). Rozsah i frekvencia monitorovania na jednotlivých lokalitách sú veľmi rozdielne, z čoho vyplýva i rozdielna kvalita a charakter získaných výsledkov.

Najväčší počet monitorovacích metód sa aplikuje na skalných stenách zárezov v *Banskej Štiavnici*, pri obci *Demjata* a čiastočne i pri *Harmanci*. V roku 2010 došlo k výraznej inovácii aplikovaných fotogrametrických technológií na uvedených lokalitách – na snímkovanie sa použila nová strednoformátová kamera a celý masív bol skenovaný laserovým skenerom. Z výsledkov meraní vyplývajú výrazné zmeny v stave lokality Banská Štiavnica, kde došlo k uvoľneniam až pádu viacerých skalných blokov a k poklesu horného okraja skalnej steny.

Na súbore lokalít zo skupiny monitorovania náznakov aktivizácie rútivých pohybov sa pozorujú iba zmeny povrchu skalnej steny meradlom mikromorfologických zmien a spracúvajú sa informácie o zrážkach a počte mrazových dní z najbližšej stanice SHMÚ. Takýmto spôsobom sa v roku 2010 monitorovali lokality *Handlová-Baňa*, *Starina*, *Jakub*, *Bratislava-Železná studnička*, *Pezinská Baba* (2 stanoviská) a *Lipovník*. Merania sa vykonávali dvakrát ročne – na jar a na jeseň. Výraznejší úbytok materiálu bol zaznamenaný na lokalite *Handlová-Baňa*, naopak, rozpínanie masívu, ktoré zvyčajne predchádza uvoľneniu horninových blokov, bolo zaznamenané na lokalitách *Starina* a *Pezinská Baba*. Dilatometrické merania na lokalite *Slovenský raj* nepreukázali trend postupného uvoľňovania skalného bloku.

Do špecifickej skupiny lokalít hodnotenia stability prostredia sa zaraďuje perspektívne územie výstavby PVE Ipeľ a objekt i okolie *Stabilizačného násypu v Handlovej*. Po uskutočnení geodetického merania na lokalite PVE Ipeľ v auguste roku 2009 sa v priebehu roka 2010 spracovávali výsledky merania, z ktorých vyplynula určitá tektonická aktivita – poklesávanie častí územia v priestore regionálnej tektonickej poruchovej línie.

Stabilizačný násyp v Handlovej musel v roku 2010 odolávať nielen stavu, vyplývajúcemu z extrémnych zrážok, ale aj priamemu pôsobeniu prívalovej vlny, ktorá objekty stavby a jej okolie ohrozila dňa 15. augusta. Na základe výsledkov merania priečných deformácií potrubia, ako aj presnej nivelácie hlavných indikačných bodov na povrchu a v šachtách na objekte násypu bolo preukázané, že Stabilizačný násyp týmto nepriaznivým skutočnostiam dokázal odolať i napriek porušeniu niektorých objektov (napríklad zničenie oceľových hrablic na vtokovom objekte). Na základe meraní a terénnej obhliadky treba konštatovať, že podmienkou bezporuchovej prevádzky Stabilizačného násypu je obnovenie funkčnosti jeho odvodnenia obvodovými rigolmi, ktoré sú na viacerých úsekoch upchaté. Generálny projektant stavby v roku 2010 vypracoval informáciu o stave a funkčnosti Stabilizačného násypu a zhrnul návrhy na rozsah jeho ďalšieho monitorovania. Najdôležitejšie závery z tejto informácie sú spoločne s prehľadom výsledkov monitorovania Stabilizačného násypu v roku 2010 súčasťou prílohy 3.

02 – Tektonická a seizmická aktivita územia

V rámci sledovania tektonickej a seizmickej aktivity územia Slovenska boli v roku 2010 monitorované pohyby povrchu metódami diaľkového prieskumu zeme na hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch a pohyby pozdĺž zlomov boli monitorované na vybratých lokalitách pomocou dilatometrov typu TM 71. Seizmická aktivita územia Slovenska bola zhodnotená na základe údajov GFÚ SAV za rok 2010 a zhodnotená bola seizmická aktivita od polovice 15. storočia. Zostavená bola tiež nová mapa epicentier zemetrasení.

Pohyby povrchu územia. Z pohľadu monitorovania geodynamických zmien je vhodné najmä permanentné meranie priestorovej polohy bodov pomocou globálnych navigačných satelitných systémov (GNSS) na hĺbkovo stabilizovaných geodetických bodoch, ktoré vylučujú rad chýb z merania.

Permanentné merania na hĺbkovo stabilizovaných bodoch. Body MOPI (*Modra-Piesky*), GANP (*Gánovce pri Poprade*) a BBYS (*Sásová v Banskej Bystrici*) sa stali aj súčasťou európskej permanentnej siete (EPN - Euref Permanent Network), ktorú riadi európska komisia pre referenčné rámce (EUREF) pracujúca v Medzinárodnej asociácii geodetov (IAG). Za reprezentatívne výsledky monitorovania môžeme považovať najmä globálne rýchlosti, určené zo spracovania EPN na bodoch GANP a MOPI, ktoré sú vybavené duálnym prístrojom GNSS (systém NAVSTAR a GLONASS). Výsledky monitoringu pre jednotlivé body EPN sú spracované vzhľadom na svetový terestrický referenčný systém (ITRS), medzinárodný terestrický referenčný rámec - ITRF2005, Európsky terestrický referenčný rámec - ETRF2000, ako priamo merané údaje (RAW) a upravené s rýchlostným trendom (CLEAN). Meraniami bolo zistené, že bod GANP sa pohybuje v systéme ITRS rýchlosťou cca 2 cm za rok na severovýchod. Obdobné rýchlosti boli zistené aj na ďalších hĺbkovo stabilizovaných bodoch.

Pohyby pozdĺž zlomov. Inštrumentálne merania pohybov pozdĺž zlomov pomocou dilatometrov typu TM 71 na vybratých lokalitách (*Branisko, Demänovská jaskyňa Slobody, Ipeľ, Vyhne, Banská Hodruša, Jaskyňa pod Spišskou*) pokračovali i v roku 2010. Pokračovala i spolupráca s Ústavom štruktúry a mechaniky hornín Akadémie Vied ČR v Prahe, ktorý inštaloval v oblasti Malých Karpát, v okolí *Dobrej Vody*, viacero dilatometrov za účelom sledovania tektonickej a seizmickej aktivity oblasti. V štôlni Izabela na Ipli došlo k závalu, v dôsledku čoho sú z tejto lokality len dve merania. Celkovo boli na meraných lokalitách zistené iba nepatrné pohyby. Výnimku tvorí lokalita *Banská Hodruša*, kde boli v období medzi augustom a novembrom 2010 zaznamenané výraznejšie posuny v smere osi *y* a *z*. V prvom prípade ide o posun 0,412 mm, v druhom 0,323 mm. Takéto posuny môžu naznačovať zvýšenú tektonickú aktivitu.

Seizmická aktivita na území Slovenska. Nepretržitá registrácia seizmických javov je vykonávaná na stanicach Národnej siete seizmických staníc Geofyzikálneho ústavu SAV, ktorá je tvorená 12 seizmickými stanicami - *Bratislava Železná studnička (ZST), Modra – Piesok (MODS), Šrobárová (SRO), Iža (SRO1), Moča (SRO2), Hurbanovo (HRB), Vyhne (VYHS), Likavka (LIKS), Kečovo (KECS), Červenica (CRVS), Kolonické sedlo (KOLS) a Stebnická Huta (STHS)*. Koncom februára 2010 bola seizmická stanica LIKS premiestnená na novú lokalitu do Liptovskej Anny (LANS) a v marci 2010 bola uvedená do prevádzky. Všetky seizmické stanice kontinuálne zaznamenávajú 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 v potreby sú na vyžiadanie k dispozícii záznamy seizmického pohybu zo staníc lokálnych seizmických sietí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice a staníc lokálnej seizmickej siete na východnom Slovensku. Dátové a spracovateľské centrum Národnej siete seizmických staníc je v GFÚ SAV Bratislava. Centrum zhromažďuje zaznamenané údaje v reálnom čase zo staníc Národnej siete a z vybraných staníc okolitých krajín. Celkovo sú v reálnom čase k dispozícii údaje z 81 seizmických staníc tvoriacich 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 Úradu civilnej ochrany.

V roku 2010 bolo zo záznamov seizmických staníc interpretovaných 5878 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov. Na seizmických záznamoch bolo určených viac ako 26 000 seizmických fáz. Lokalizovaných bolo cca 80-90 zemetrasení s epicentrom v záujmovej oblasti Slovenskej republiky. Makroseizmicky boli pozorované 3 zemetrasenia, ktoré boli aj seizmometricky lokalizované. Ich epicentrá sa nachádzali na východnom Slovensku (4.4.2010, 27.5.2010 a 19.11.2010). Najsilnejšie z nich bolo zemetrasenie zo dňa 4.4.2010, pre ktoré máme k dispozícii 25 makroseizmických hlásení z 12 lokalít na území Slovenska.

V roku 2010 pokračovala spolupráca so spoločnosťou Progseis a Fakultou matematiky, fyziky a informatiky UK Bratislava. Spoločnosť Progseis prevádzkuje lokálne seizmické siete

v okolí atómových elektrární Mochovce a Jaslovské Bohunice. Poskytujú informácie najmä pre zemetrasenia s epicentrami v zdrojových zónach *Dobrá Voda*, *Pernek-Modra* a *Považský Inovec* a pri odlišovaní tektonických zemetrasení od priemyselných explózií na území západného a stredného Slovenska. Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK Bratislava prevádzkuje lokálnu seizmickú sieť na východnom Slovensku. Údaje tejto lokálnej siete zvyšujú kvalitu seizmického monitoringu pre územie východného Slovenska.

Seizmická aktivita od 15. do 20. storočia. Od polovice 15. storočia do roku 1963 bolo na Slovensku sformovaných 11 zdrojových/epicentrálnych oblastí: *Bratislava*, *Pernek-Modra*, *Dobrá Voda*, *Trenčianske Teplice*, *Žilina*, *Banská Bystrica*, *Banská Štiavnica*, oblasť *Popradskej kotliny* a príslušných pohorí (možno ju rozčleniť na dve čiastkové oblasti: *Spišská Stará Ves-Červený Kláštor* a *Lendak-Kežmarok-Veľká Lomnica*), *Hornádska kotlina*, *Humenné-Vranov nad Topľou*.

Zatiaľ čo východne od Tatier (v oblasti Popradskej a Hornádskej kotliny) došlo k útlmu seizmickej aktivity, od roku 1964 do roku 2002 bolo západne od Tatier makroseizmicky pozorovaných 5 zemetrasení o intenzite 3 až 4,5°EMS. V tomto území neboli predtým makroseizmicky zaznamenané žiadne zemetrasenia. Zrejme sa tu začínajú formovať dve menšie epicentrálne oblasti, jedna v SV časti *Oravskej kotliny* a druhá pri obvode *Chočských vrchov*. V rokoch 1966 až 2004 sa aktivizovala aj nová seizmická oblasť severne od Tatier, v oblasti *Zakopané-Podzskle*, kde bolo v tomto období zaznamenaných 6 zemetrasení s $I=3$ až 7°EMS. V roku 2005 tu pokračovala slabšia seizmická aktivita, pričom bolo seizmometricky zaznamenaných 18 zemetrasení s lokálnym magnitúdom prevažne v rozmedzí 1 až 2. Obdobne sa nová epicentrálna oblasť začala formovať aj južne od Vihorlatu, kde bolo v rokoch 2002 až 2008 makroseizmicky zaznamenaných 8 zemetrasení, prevažne o intenzite 3 až 4°EMS (jedno zemetrasenie malo intenzitu až 6°EMS). Nová epicentrálna oblasť zrejme vzniká aj v území okolo *D. Mladoníc*, *Čekoviec* a *Bzovíka*, kde v októbri a novembri 1999 bolo makroseizmicky pocítených minimálne 8 zemetrasení o intenzite 3 až 5°EMS. V tomto území sa podľa historických záznamov nevyskytlo v minulosti žiadne makroseizmicky pozorované zemetrasenie. V okolí Mladoníc predchádzali zemetraseniu diferencované vertikálne tektonické pohyby o rýchlosti až 2 mm za rok, ktoré boli dokumentované presnou niveláciou v predchádzajúcich rokoch.

03 – Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych zát'azí

Medzi sledované lokality tohto podsystemu sú zaradené lokality s výskytom antropogénnych sedimentov, ktoré predstavujú významné riziko ohrozenia zložiek geologického prostredia. Cieľom je zabezpečiť kontinuálne zaznamenávanie a hodnotenie informácií o stave týchto antropogénnych sedimentov. Vzhľadom na typ ohrozenia životného prostredia v roku 2010 bol realizovaný environmentálny monitoring skládok a odkalísk, ako aj geotechnická pasportizácia a hodnotenie odkalísk. Monitoring zmien vlastností antropogénnych sedimentov sa v roku 2010 nevykonával. Z hľadiska dlhodobej stability sme chceli upozorniť na zvýšené riziko porušenia fyzikálnej stability rudných odkalísk *Slovinky*, okres *Spišská Nová Ves* a *Nižná Slaná*, okres *Rožnava* z dôvodu nevykonávania dohľadu a nerealizovania stabilizačných opatrení. Na týchto odkaliskách odporúčame vykonať prieskum na zhodnotenie ich stability a prijatie opatrení.

Environmentálny monitoring skládok a odkalísk. Výber lokalít je založený na kritériu typologickom (podmieňujúcom šírenie znečistenia v závislosti od hydrogeologických a podmienok na lokalite a kritériu ekonomickom (podmieňujúcom výber takých lokalít, ktorých monitorovanie je z celospoločenského hľadiska najdôležitejšie a na ktorých je už k dispozícii aspoň základná sieť monitorovacích objektov, ktorá sa však musí udržiavať, prípadne dopĺňať novými objektmi a monitorovacími metódami). Pri výbere monitorovaných lokalít pre rok 2010 sa vychádzalo zo štruktúry podsystemu v súlade s aktualizovaným cyklom monitorovania podľa celospoločenských požiadaviek i podľa monitorovaním zhodnoteného stavu lokalít. Ide o nasledujúce lokality: *Bojná*, *Myjava* (*Surovín* a *Holíčov vrch*), *Šulekovo*, *Krompachy – Halňa*, *Zemianske Kostol'any* –

Chalmová, Poša, Modra. V roku 2010 sme lokality doplnili o rekultivovanú skládku Hrabovčiek, na ktorej boli v roku 2009 pozorované úniky priesakových kvapalín do okolitého prostredia, merania sa uskutočnili merania aj na novej lokalite Uzovská Panica.

Z výsledkov monitoringu vyberáme: Na lokalite *Šaľa* bolo zistené silné znečistenie vôd kontaminujúcimi látkami, ktoré pochádzajú zo skládky. V monitorovacích vrtoch sú laboratórnymi analýzami zistené vysoké obsahy chloridov, síranov a CHSK_{Cr} . Na lokalite *Šulekovo* signalizujú vývojové tendencie výsledkov analýz vodivosti, CHSK_{Cr} a chloridov, že na severnej strane skládky je podzemná voda odobratá vo vrtoch trvale znečisťovaná. Na lokalite *Bojná* je takmer v celom priestore pod starou, aj novou skládkou dlhodobo sledovaná výrazná kontaminácia podzemnej vody, ktorá pochádza zo skládok, šíri sa do okolia v smere predpokladaného prúdenia podzemnej vody. Kontaminácia sa prejavuje v nameraných hodnotách vodivosti, obsahu chloridov, amónnych iónov, síranov a bóru, ktoré sa zvyšujú a prekračujú limitné hodnoty, platné pre podzemné vody. Na lokalite *Krompachy – Halňa* bolo monitorovaním podzemnej vody zistené prekročenie povolených limitov nasledujúcich prvkov: As, Cd, Ni, B, Zn, Sb. Pravdepodobné ohrozenie na ovzdušie, či priamym kontaktom predstavuje aj povrch priemyselných odpadov v tejto lokalite. V roku 2010 bola na lokalite *Zemianskej Kostol'any* potvrdená vysoká miera zaťaženia prostredia arzénom. Nachádzajú sa tam súvislé polohy naplaveného popola hrubé lokálne viac ako 2 m prekryté len 20-30 cm vrstvou zeminy. Zistené koncentrácie arzénu kolíšu od 127-1264 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (v polohách čistých popolov), čo mnohonásobne prekračuje limity pre pôdu. Okrem arzénu, boli zaznamenané aj zvýšené koncentrácie ortuti (0,14-0,9 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Na lokalite *Poša* bol v roku 2010 realizovaný odber riečnych sedimentov potoka Kyjov, ktoré potvrdili klesajúci trend vymývania hlavného kontaminantu v lokalite - arzénu.

Geotechnická pasportizácia a hodnotenie odkalísk. V roku 2010 bola spracovaná „Revízia súčasného stavu environmentálnej záťaže banského odpadu odkaliska Slovinky“. Hrádza odkaliska *Slovinky* je najvyššia na Slovensku (viac ako 100 m). V údolí potoka Kaligrund sú uložené flotačné sedimenty z úpravne rúd od r. 1967 – 1999. Monitoring odkaliska (od r. 1991) zaisťovalo 37 pozorovacích vrtov (označenie PV, hĺbky 5,0 až 23,0 m, priemeru 100 mm) a 5 pozorovacích sond (označenie PT, hĺbky 38,0 až 47,0 m, priemeru 50 mm), 13 pevných polohových bodov, 45 kontrolných polohových bodov a 3 merné prepady na meranie priesakov. Pri výkone odborného technicko–bezpečnostného dohľadu (TBD) vykonávanom na odkalisku boli zaregistrované od r. 1982 do r. 2003, chyby, poruchy a havárie. V roku 2010 v rámci monitorovania geologických faktorov sa vykonalo zhodnotenie stavu merných zariadení, odvodňovacích prvkov a telesa hrádze. Z výsledkov je potrebné upozorniť na nasledujúce skutočnosti: V okolí *odberného objektu* bolo počas obhliadky jazero (plocha asi 750 m^2) s voľnou hladinou vody. Je nevyhnutné overiť stav odberného potrubia, aby pribúdaním vody, tj. sýtením telesa odkaliska a vytvorením súvislej hladiny podzemnej vody nenastala havarijná situácia. Pri obhliadke vodnej stavby odkaliska Slovinky bol zistený *lokálny zosuv* na ľavostrannom svahu. Zosuv zasypal ochrannú priekopu a vytvoril jazierko. Do tohto jazierka vtekajú vody z ochrannej priekopy a následne odtekajú priamo na vzdušný svah hrádze, kde postupne vsakujú. Tento stav je havarijný, betónové koryto je potrebné okamžite uvoľniť a zabezpečiť plynulé odtekanie vôd.

Javy na odkalisku podrobne opísané s príslušnou fotodokumentáciou dokladujú potrebu urýchleného riešenia súčasnej situácie:

- sanácia zosuvu a likvidáciu jazera, prečistenie ochrannej priekopy
- prečistenie a sfunkčnenie odvodňovacích rigolov a preložky koryta pôvodného potoka, ktoré slúžia na odvádzanie povrchových vôd z telesa odkaliska.

04 – Vplyv ťažby nerastov na životné prostredie

V roku 2010 boli monitorované lokality z oblastí *rudných ložísk* (Rudňany, Slovinky, Smolník, Novoveská Huta a Rožňava, Pezinok, Kremnica, Špania Dolina, Dúbrava, Nižná Slaná

a Banskoštiavnický rudný revír), z oblastí s ťažbou *magnezitu a mastenca* (Jelšava, Lubeník, Hnúšťá–Mútnik a Košice–Bankov) a oblasť *ťažby hnedého uhlia* (Hornonitriansky bankový revír).

Na ložisku magnezitu *Bankov* v existujúcom závalovom pásme bol zaznamenaný vznik nového závalu nad otvoreným podzemným bankovým priestorom. Na ostatných lokalitách nenastali zmeny existujúceho rozsahu závalových pásiem.

Monitoring hydrogeologických aspektov vplyvov ťažby na ŽP v roku 2010 dokumentoval na sledovaných lokalitách stabilizovaný režim odtoku, úzko naviazaný na zrážkovo–klimatické udalosti. Zrážkovo extrémny rok 2010 však poukázal na potenciál rizík výskytu náhlych prievalov banskej vody na povrch, ktoré môžu spôsobiť škody na líniových stavbách, stavebných objektoch, pozemkoch a životnom prostredí. Takýto prieval s dokumentovanými škodami sa vyskytol v období vzniku povodní v *Gelnici* na Novej Krížovej štôlni, odvodňujúcej komplex bankských diel žily Krížová. Varujúce indicie boli zaznamenané i v oblasti *Zlatej Idky* v podobe neočakávaného výveru z komína na štôlni Breuner a výronu banskej vody z tejto štôlne prelievajúceho sa cez miestnu cestu. Problematike vzniku neočakávaných výronov banskej vody na povrch je potrebné venovať zvýšenú pozornosť.

Monitoring geochemických aspektov vplyvov ťažby na ŽP v roku 2010 dokumentoval pretrvávajúci stav negatívneho ovplyvnenia kvality povrchových tokov bankými vodami, drenážnymi vodami odkalísk a priesakovými vodami hald a prírodných ložiskových (geochemických) anomálií. Najnepriaznivejšia situácia je na lokalitách Smolník, Pezinok, Dúbrava, Špania Dolina a Rudňany.

Oblasti ťažby magnezitu a mastenca. Spoločným hlavným environmentálnym problémom oblastí ťažby a spracovania magnezitu a mastenca regionálneho rozsahu je pretrvávajúca alkalizácia pôd a poškodenie vegetácie, ako dôsledok desaťročia trvajúceho emisného zaťaženia pri vysokotepelnej úprave magnezitu v ťažbových a rotačných peciach. Prevádzkový monitoring ťažobných organizácií je zameraný hlavne na dokumentáciu množstva a kvality čerpanej banskej vody pri odvodňovaní ložísk, množstva a kvality drenážnej vody odkalísk. Problémom je tiež stabilita povrchu nad vyťaženými časťami ložiska. Do databázy národného monitoringu sú preberané aj výsledky, zistené prevádzkovým monitoringom ťažobných organizácií. Ide o priestorový rozsah vyrúbaných priestorov v podzemí, ohraničenie povrchových závalov a výsledky geodetických meraní stability povrchu. Na lokalite *Košice – Bankov* bol v roku 2010 zaznamenaný výskyt nového závalu, vrátane zosuvu a pokračovalo sa v priebežnom dopĺňaní informácií o ložisku. Celý priestor svahovej deformácie sa dá považovať za súčasť „pásma trhlín a zalamovania“ a „pásma plynulých pohybov“ poklesovej kotliny.

Na lokalite *Jelšava* sa závaly a prepadliská nachádzajú takmer výlučne v dobývacom priestore, mimo obývanú oblasť a s výnimkou nevelkých závalov v dnovej časti údolia potoka Jordán sú situované v ťažko dostupnom členitom a zalesnenom teréne. Na iných ložiskách magnezitu a mastenca v období roku 2010 neboli hlásené výskyt závalov. Pokračovalo sa v kontinuálnom dopĺňaní archívnych údajov o ložiskách za účelom dokumentovania vyrúbaných priestorov a ich grafického znázornenia pre potreby prognózovania ďalšieho vývoja inžinierskogeologických aspektov posudzovaných ložísk.

Oblasti ťažby rúd. Ťažobná činnosť na monitorovaných lokalitách je ukončená. Výnimkou je ťažené sadrovcové ložisko Tollstein v *Novoveskej Hute*, zbytkové zásoby baritu sa ťažia i v bani Rudňany nad úrovňou štôlne Rochus (baňa pod touto úrovňou je zatopená). Ťažba je ukočená i na Fe ložisku Nižná Slaná, avšak ložisko je dosiaľ odvodňované čerpaním. Terénny monitoring hydrogeologických a geochemických aspektov spočíval v opakovanom meraní kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov bankých, drenážnych a povrchových vôd na monitorovaných objektoch. Spolu bolo laboratórne spracovaných 129 vzoriek vôd, pričom rozsah zisťovaných parametrov kvality je volený s prihliadnutím na geochemický typ ložiska a sprievodných hornín, technológiu úpravy suroviny, špecifikáciu dosiaľ zistených kontaminantov a v prípade rudných ložísk i rozsah prípadne vykonávaného prevádzkového

monitoringu š.p. Rudné bane Banská Bystrica. Podrobnejšie bola sledovaná Nová štôlna na lokalite Novoveská Huta, kde sa v rokoch 2008-2009 vyskytli opakované prievaly banskej vody na povrch.

Na lokalite Fe, Cu, Hg a BaSO₄ ložiska *Rudňany* výtok banskej vody, priesaky z odkaliska a z haldového materiálu a dlhoročné imisné zaťaženie lokality prašným spádom z úpravne rúd spôsobujú kontamináciu Rudnianskeho potoka antimónom, meďou, báriom a ortuťou (III. trieda kvality povrchovej vody podľa STN 75 7221 Klasifikácia povrchových vôd), báriom a síranovým aniónom (IV.trieda). Vo vzorke banskej vody zo štôlne Rochus bola dňa 12.4.2010 zistená koncentrácia antimónu Sb = 0,057 mg.l⁻¹, zvýšená oproti predošlým rokom 2007-2009 (Sb = 0,009 – 0,014 mg.l⁻¹).

Na Cu ložisku *Slovinky* výtoky banskej vody z prítomných štôlní, priesaky odkaliska a hald, dosiaľ spôsobujú zhoršenie kvality Slovinského potoka v obsahu As, Sb, Mn (tr.III) a Cu, Hg, SO₄²⁻ (tr.II). Zistené koncentrácie týchto zložiek nevykazujú významnú zmenu oproti predošlému obdobiu sledovania.

Z pyritového a Cu ložiska *Smolník* vyteká sústredene šachtou Pech, i sprievodnými nesústredenými priesakmi, kyslá metalo-sulfátová banská voda. Smolnícky potok pod ložiskom po ústie do Hnilca je silno kontaminovaný hliníkom, železom, mangánom (tr.V), meďou a zinkom (tr.IV) a má kyslú reakciu (tr.IV). V banskej vode šachty Pech bola v roku 2010 zistená koncentrácia medi Cu = 4,5 – 6,2 mg.l⁻¹, vyššia oproti predošlým rokom 2007-2009 (Cu = 1,3 – 2,2 mg.l⁻¹).

V ložiskovej oblasti Novoveská Huta, s výskytom stratiformného U-Mo ložiska, medených hydrotermálnych žíl a sadrovca, sa koncentrácia rádia v miestnych povrchových tokoch pohybuje na hranici I. a II.triedy kvality povrchových vôd, lokálne dosahujú triedu III. Zvýšené obsahy tu pozorovať i u medi a bária. Podrobnejšie bola pozorovaná oblasť ústia Novej štôlne pri Tepličke nad Hornádom, kde zával sadrovcového súvrstvia spôsobil vzdutie banskej vody v komplexe banských diel a opakujúce sa prievaly nahromadenej banskej vody. Tieto v roku 2008 a 2009 eróziou poškodili prístupovú cestu k závodu a zaplavili záhrady a pivnicu rodinného domu v nižšie položenej obci. Podľa realizovaného monitoringu výdatnosť výtoku z Novej štôlne v roku 2010 kolísala v rozmedzí 2,7 – 6,2 l.s⁻¹, prelivu zo závalového krátera 1,5 – 110 l.s⁻¹ a prelivu z vrtu 0 - 66 l.s⁻¹. Sumárne zo zatopenej bane vytekalo 7,8 – 142 l.s⁻¹ banskej vody. Jej chemický typ je Ca-SO₄ s celkovou mineralizáciou okolo 2 g.l⁻¹, čo svedčí o intenzívnom luhovaní sadrovcového súvrstvia v okolí závalu. Ako dočasné riešenie pre zamedzenie vzniku ďalších nebezpečných prievalov banskej vody z Novej štôlne bola v jej ústí vybudovaná protiprievalová hrádza (Rudné Bane š. p. Banská Bystrica). V štádiu prípravy projektu je definitívne riešenie problému – obnovenie pôvodných výtokových pomerov štôlne obrázením zavaleného úseku banskou chodbou.

V oblasti výskytu Fe-Cu rúd *Rožňava* je monitorovaný výtok banskej vody Dopravným prekopom z bane Mária, výtoky zo štôlní Sádlovská a Augusta odvodňujúcich nadabulskú časť ložiska a drenážna voda z kanálu K2 v Nadabule. U Dopravného prekopu intenzívna sedimentácia okru spôsobuje upchávanie odtokového potrubia z usadzovacej nádrže pred ústím, kedy časť odtoku steká po teréne, preto je potrebná jeho pravidelná kontrola a prečisťovanie. Koncentrácie sledovaných parametrov v banských vodách tejto oblasti nevykazovali v roku 2010 významnú zmenu oproti predošlým rokom. Výnimkou je len koncentrácia medi v banskej vode Dopravného prekopu, ktorá 20.4.2010 dosahovala hodnotu 0,99 mg.l⁻¹ (zvýšenie oproti doterajšiemu maximu 0,23 mg.l⁻¹).

Na ložisku metasomatického sideritu *Nižná Slaná* bola ťažba v septembri 2008 náhle ukončená. Opakovane bol meraný výtok z drenáže odkaliska a čerpaná banská voda. Zvýšené koncentrácie sú zaznamenané hlavne u As, Mn a Fe.

V ložiskovej oblasti *Kremnica* zvýšené koncentrácie Hg na monitorovaných objektoch, ani kyanidov v potoku pod odkaliskom neboli zistené. Obsahy As, Sb, Zn, Cu, Mn, SO₄²⁻

v bankských a povrchových vodách sú relatívne stabilné, ovplyvňované sezónnymi zrážkovo-klimatickými zmenami.

V oblasti *Španej Doliny* prítomné zrudnenie uvoľňuje do vodného obehu hlavne meď, arzén a antimón, čo spôsobuje zhoršenie kvality miestnych povrchových tokov v najnepriaznivejších triedach kvality. Antimón v bankských vodách jednotlivých štôlní 30–150 násobne prevyšuje limitnú hodnotu pre pitnú vodu. Koncentrácie chemických zložiek vo vodách namerané v roku 2010 sa od dosiaľ zistených údajov odchyľujú len mierne, v dôsledku sezónnych zrážkovo-klimatických zmien ovplyvňujúcich obeh vôd.

Na ložisku antimónu *Dúbrava* bankské vody kontaminujú Paludžanku najmä antimónom (V. trieda kvality). Na viacerých monitorovaných štôlniach boli v roku 2010 oproti predošlému obdobiu dokumentované mierne nárasty koncentrácie antimónu a arzenu v banskej vode. Koncentrácie antimónu v bankských vodách jednotlivých štôlní predstavujú 300–1500 násobok medznej hodnoty pre pitnú vodu.

V ložiskovej oblasti *Pezinok* kontaminácia spôsobuje hlavne zvýšenie obsahu As (tr.V) a Sb (tr.IV) vo vode potoka Blatina. Pod štôľňou Ryhová dochádza k intenzívnej tvorbe okru a jeho sedimentácii v koryte potoka. V obdobiach zrážok je okrový sediment transportovaný tokom do nižšie položených častí povodia.

V oblasti *Banskoštiavnického rudného revíru* boli sledované systémy dvoch najväčších odvodňovacích štôlní (Voznická dedičná štôľňa, Nová odvodňovacia štôľňa), ďalej jednej zo starých štôlní (Zlatý stôl) a odkalisko v Hodruši. S ohľadom na polymetalický charakter zrudnenia boli vo vodách a sedimentoch zdokumentované vysoké (nadlimitné) obsahy prakticky všetkých sledovaných kovov najmä: Fe, Mn, Zn, Pb, Cu a Cd. Najmä vo výtoku z Voznickej dedičnej štôľne pretrváva enormne vysoký obsah Zn ($3,28 \text{ mg.l}^{-1}$), ktorý je však porovnateľný s doterajšími pozorovaniami. Aj obsahy ďalších toxických kovov (Pb, Cd, Cu, Co a Hg) vysoko prekračujú platné limity pre životné prostredie a predstavujú veľmi vysokú záťaž. Celkovo však možno skonštatovať relatívne stabilný (nemenný) režim obsahov potenciálne toxických prvkov vo vodách a v sedimentoch bankských diel. Banskoštiavnickú oblasť môžeme na základe indexu environmentálneho rizika zaradiť medzi územie s extrémne vysokým environmentálnym rizikom.

Na ložiskách rúd v období roku 2010 neboli hlásené výskyty závalov. Pokračovalo sa v kontinuálnom dopĺňaní archívnych údajov o ložiskách za účelom dokumentovania vyrúbaných priestorov a ich grafického znázornenia pre potreby prognózovania ďalšieho vývoja inžinierskogeologických aspektov posudzovaných ložísk.

Oblasti ťažby hnedého uhlia. V oblasti Hornonitrianskeho hnedouhoľného revíru boli sledované systémy štyroch najvýznamnejších štôlní (*Handlová pri Rybe, baňa Cigel', Hlboká a Lehota pod Vtáčnikom*). Obsahy sledovaných chemických prvkov v roku 2010 sú porovnateľné s doterajšími pozorovaniami. Bankské systémy v oblasti Hornej Nitry v zmysle kategorizácie environmentálneho rizika môžeme hodnotiť ako územie so stredným rizikom. Podmienené je najmä obsahmi rizikových prvkov v bankských sedimentoch.

05 – Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí

Súbor geologických prác, realizovaných v tomto podsysteme v roku 2010, predstavuje opakované vzorkovania a merania objemovej aktivity radónu (OAR) v terénnych aj laboratórných podmienkach na 13-tich lokalitách (6 lokalít pre radón v pôdnom vzduchu a 7 pre radón v podzemných vodách) v rámci územia Slovenska. Merania objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu nad tektonickou dislokáciou na lokalite *Grajnár* neboli realizované, nakoľko v predmetnej oblasti bola dočasná skládka dreva.

Na lokalite *Novoveská Huta* došlo v sezóne 2010 k nepatrnému poklesu hodnôt ($\text{OAR}_{2010/2009} = 0,99$), ale v oblasti *Teplice* k značnému nárastu, až na úroveň $\text{OAR}_{2010/2009} = 1,26$.

Vo *Vajnorochoch* sa v sezóne 2010 zistil výrazný nárast obsahov radónu v pôdnom vzduchu ($\text{OAR}_{2010/2009} = 1,92$), pričom na tejto lokalite bola v sezóne 2010 vysledovaná zároveň aj

najvyššia stredná hodnota OAR ($69 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$) od roku 2005.

Na lokalite *Banská Bystrica – Podlavice* sa v roku 2010 zaznamenal najvyšší nárast koncentrácií radónu v pôdnom vzduchu ($\text{OAR}_{2010 / 2009} = 2,26$) a bola tu nameraná najvyššia stredná hodnota OAR ($120 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$) od roku 2005. Referenčná plocha *Košice – KVP* sa hodnotami viacero sezón po sebe pohybuje v blízkosti hranice nízke / stredné radónové riziko (stredná hodnota $\text{OAR}_{2010} = 22 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$), pričom tu medziročne došlo k poklesu obsahu radónu v pôde ($\text{OAR}_{2010 / 2009} = 0,96$). Výsledky monitorovania OAR v pôdnom vzduchu dlhodobo dokumentujú variabilitu jeho obsahov v pripovrchových častiach horninového prostredia v priebehu roka, ale aj v období viacerých monitorovaných sezón. Potvrďuje sa pomerne významná závislosť úrovni OAR na klimatických podmienkach s nejednoznačným efektom na jednotlivých lokalitách, čo je zrejme dôsledkom ich odlišných štruktúrno-geologických a litologických charakteristík.

Najvýraznejší pokles OAR v podzemných vodách v oblasti Malých Karpát bol v sezóne 2010 medziročne zaznamenaný v prameni *Zbojnička* ($\text{OAR}_{2010 / 2009} = 0,76$). Pri ďalších dvoch prameňoch bolo vysledované len malé zníženie obsahov radónu: $\text{OAR}_{2010 / 2009} = 0,97$ (prameň *Mária*), resp. $\text{OAR}_{2010 / 2009} = 0,99$ (prameň *Himligárka*). K najvyššiemu nárastu koncentrácií radónu vo vodách medziročne došlo na prameni *Boženy Němcovej* pri Bacúchu ($\text{OAR}_{2010 / 2009} = 1,38$). Zároveň tu bola nameraná aj najvyššia stredná hodnota OAR ($344 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$) od roku 2001. Malý nárast stredných hodnôt OAR bol zaznamenaný aj na prameni *sv. Ondreja* pri Spišskom Podhradí ($\text{OAR}_{2010 / 2009} = 1,01$). Na pramenisku *Jašterčie* pri Oraviciach sa medziročne zistil pokles obsahov radónu vo vode ($\text{OAR}_{2010 / 2009} = 0,87$) so strednou hodnotou $\text{OAR}_{2010} = 966 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$. Objemové aktivity radónu v monitorovanom prelive vrtu pri Ladmovciach sú dlhodobo pomerne nízke a ani v sezóne 2010 neprekročili limitnú úroveň $20 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$. Variácie OAR v sledovaných zdrojoch podzemných vôd majú skôr sezónny charakter a v priebehu monitorovania počas viacerých sezón vykazujú určitú cyklickú pravidelnosť. Na rozdiel od pôdneho radónu nie sú natoľko ovplyvňované náhodnými javmi resp. zmenami v atmosfére a nie sú tak „citlivé“ na rôzne krátkodobé zmeny počasia (teplota, atmosférický tlak).

Zhodnotenie výsledkov monitorovania OAR v geologickom prostredí z roku 2010, ale aj z predchádzajúcich sezón, dokumentujú skutočnosť, že variácie jeho koncentrácií sú jednak pravidelné (sezónne), ale aj náhodné (miestne a časové). Hodnovernejšie výsledky je možné získať štatistickým spracovaním dlhodobo realizovaných monitorovaní, výstupy ktorých môžu dávať relevantné podklady pre prijímanie obecných záverov v tejto oblasti.

06 – Stabilita horninových masívov pod historickými objektami

V roku 2010 boli sledované lokality: *Spišský, Strečniansky, Oravský, Uhrovský, Plavecký, Trenčiansky hrad a Pajštún*. Na hrade *Devín* boli v roku 2010 ukončené merania, ich výsledky poslúžili na rekonštrukčné práce, ktoré boli aj v priebehu roku 2010 realizované, čím monitoring na tejto lokalite splnil svoje poslanie. V roku 2005 bolo nainštalované plnoautomatizované monitorovacie zariadenie (typ GEOKON-2, zapožičané od fi GEOEXPERTS Žilina) na Spišskom hrade. V júni 2006 bolo nainštalované aj meracie stanovisko pre meradlo SOMET na Trenčianskom hrade a boli revitalizované merania na ranogotickom kostolíku sv. Juraja v *Kostoľanoch pod Tribčom*, ktoré vo vlastnej réžii sporadicky vykonáva správca farnosti. V dôsledku rekonštrukčných prác a permanentného ničenia monitorovacích stanovísk boli na hrade *Lietava* a na hrade *Čachtice* merania ukončené.

Spišský hrad. Monitorovanie je realizované na 4 prístrojoch typu TM-71 a na 5 stanoviskách, kde sa realizujú merania prenosnými meradlami SOMET. Dominantný pohyb vykazuje tzv. Perúnova skala, jednoznačne sa vykláňa smerom na SZ – JV, pričom z vnútornej strany porušuje murivo dolného paláca. Zároveň sa však nevylučuje ani pohyb okrajových blokov. Okrem meradiel TM je sledovaných 5 stanovísk dilatometrom SOMET, tri z nich (SM 1 až 3) sú v blízkosti meradiel TM.

Hrad Strečno. Pohyby na tejto lokalite majú výrazne oscilačný charakter, čo je v zhode s dlhodobým trendom, pričom hodnota relatívneho pohybu bloku – otvorenie trhliny dosiahlo až 1,50 mm.

Na lokalite *Plavecký hrad* od júla 2008 je na stanovisku „Plavecký hrad - blok“ posun v smere otvárania trhliny s hodnotou 0,6 mm, naopak stanovisko „Plavecký hrad – trhlina“ má tendenciu cyklických pohybov. Ďalšie stanoviská nevykazujú výraznejšie pohybové tendencie, je však zrejma cykličnosť pohybov s amplitúdou a 0,1 až 0,5 mm.

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). Stanovisko SM 2 vykazuje dlhodobo cyklické pohyby s intervalom $+0,29 \div -0,24$ mm. Na stanovisku Somet 3 do roku 2005 bol pozorovaný trend zatvárania trhliny, od tohto obdobia dochádza k jej miernemu rozširovaniu.

Na hrade *Pajštún* je osadených päť monitorovacích stanovísk. Všetky doposiaľ zistené pohybové tendencie na všetkých meraných stanoviskách svedčia o stabilite horninového masívu, pohyby sú nevýrazne a cyklicky sa pohybujú v rozpätí 0,0 mm až 2,0 mm.

Na hrade *Trenčín* sú meracie stanoviská osadené od r. 2006, na dvoch miestach pred vstupom do hradného areálu, na skalnom výbežku pod Zápoľského palácom a v obvode murive nad Zápoľského palácom. Výsledky meraní preukazujú, že trhlina sa mierne otvára. Je pravdepodobné, že je viazaná na zlomové pásmo, ktoré podmieňuje jej aktivitu. Pod vstupnou bránou trendové čiary poukazujú na otvorenie trhliny, ktoré v prípade stanoviska Pod vstupnou bránou - predný vykazuje rozšírenie asi 0,18 mm a v prípade stanoviska Pod vstupnou bránou – zadný 0,4 mm.

07 – Monitorovanie riečnych sedimentov

Riečny sediment reprezentuje častice pochádzajúce z hornín alebo biologických materiálov, ktoré boli transportované kvapalnou fázou, alebo pevnú, resp. suspendovanú fázu usadzovanú z vody. 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.

Analyzovaná asociácia prvkov predstavuje hlavné (Na, K, Mg, Ca, Fe, Mn) a stopové (Cr, Cu, Al, Zn, Hg, Co, As, Cd, Ni, Se, Pb, Sb) prvky.

Obsah kontaminujúcich látok vyhodnotený na základe porovnania s limitnými hodnotami platnými pre pôdy (Rozhodnutie MP SR č. 531/1994-540 *o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde*) poukazuje na fakt, že vo väčšine monitorovaných lokalít bolo zaznamenané prekročenie referenčnej koncentrácie (A kategória) aspoň pre jednu posudzovanú zložku. Riečne sedimenty na riekach *Váh* (horný a stredný úsek), *Hron* (horný úsek), *Muráň* a *Dunaj* a väčšina tokov *Východoslovenskej nížiny* a priľahlých oblastí sú prakticky neznečistené a koncentrácie látok zväčša reprezentujú ich prírodné obsahy. Z pohľadu kontaminácie monitoring riečnych sedimentov poukazuje na výrazne a trvalo znečistené toky *Nitra* (lokality č. 14-15), *Štiavnica* (25), *Hornád* (32) a *Hnilec* (33) – prekračujúcimi parametrami sú najmä prvky Hg, As, Zn, Sb, Cd a Cu. Prekročenie *kategórie C* (hranica, ktorej prekročenie predpokladá sanačné opatrenia) bolo v roku 2010 pozorované na lokalitách *Nitra – Chalmová* (ortuť) a *Štiavnica – ústie* (olovo).

Znečistené toky *Štiavnica*, *Hron*, *Hornád* a *Hnilec* reprezentujú geogénno-antropogénne anomálie viazané na bansko-štiavnickú, resp. a spišsko-gemerskú rudnú oblasť. Závažné sú obsahy látok (najmä Hg a As) na rieke *Nitra* (*Chalmová*, *Lužianky*) pochádzajúce z intenzívnej priemyselnej činnosti na hornej Nitre.

08 Objemovo nestále zeminy

Monitorovanie tohto podsystému bolo v roku 2010 pozastavené.

Parciálny informačný systém

Merania a informácie získané monitorovaním geologických faktorov sú spracované v Parciálnom informačnom systéme geologické faktory (PIS GF). Informácie o výsledkoch monitorovania sú prístupné pre verejnosť na internetovej stránke <http://dionysos.gssr.sk>, ktorá je prepojená na internetové stránky Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ) www.geology.sk a Slovenskej agentúry pre životné prostredie www.sazp.sk, ktorá je koordinátorom Informačného systému monitoringu. Informácie sú zostavené v jednotnej forme záväznej pre všetky parciálne informačné systémy celoplošného monitoringu. V prehľadnej forme sú podané informácie o lokalitách, metódach monitorovania, monitorovaných ukazovateľoch výsledkoch monitorovania v podsystémoch ČMS GF. Zhodnotenie stavu monitorovaných lokalít poskytované vo forme správ o monitorovaní geologických faktorov v jednotlivých rokoch monitorovania a aj formou databáz, v ktorých sú hodnotené výsledky meraní na monitorovacích bodoch.

Údaje z Národnej siete seizmických staníc sú dostupné pre verejnosť na internetovej stránke www.seismology.sk. Okrem aktuálnych seizmogramov zo staníc Národnej siete seizmických staníc (okrem HRB) sa na tejto stránke nachádzajú aj seizmogramy zo seizmickej stanice Smolenice, ktorá patrí do lokálnej seizmickej siete prevádzkovej spoločnosťou Progseis. Na internetovej stránke www.seismology.sk sú k dispozícii aj archívne záznamy seizmických staníc pre posledných 30 dní.

V roku 2010 bola významnou záťažou pre obyvateľov a životné prostredie povodňová situácia v mesiacoch máj, jún a s ňou spojené zosuvy pôdy, ktoré postihli predovšetkým Prešovský a Košický kraj, ale ušetrené neboli ani ostatné oblasti Slovenska. Priestorové a dátové informácie o potenciálnom ohrození územia svahovými deformáciami, získané z archívnych údajov registra svahových deformácií vedenom v Geofonde ŠGÚDŠ a Atlasu máp stability svahov SR M 1:50 000 sú sprístupnené na mapovom serveri ŠGÚDŠ. Dáta získané prieskumom a registráciou novovzniknutých svahových deformácií sú spracované v GIS formáte.