

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

## 1. Úvod

Uznesením vlády SR č. 907 z 21. augusta 2002 bola schválená Koncepcia trvalo udržateľného využívania zdrojov horninového prostredia. Na základe bodu B.3. tohto uznesenia sa predkladá každoročne k 30. aprílu na rokovanie vlády SR materiál „Informácia o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám“.

Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory (ďalej len „ČMS – GF“) je súčasťou Monitorovacieho systému životného prostredia Slovenskej republiky. Monitoring je zameraný hlavne na škodlivé prírodné alebo antropogénne geologické procesy, ktoré ohrozujú človeka a životné prostredie. Vzhľadom na nepriaznivé pôsobenie prírodných síl v kombinácii s neadekvátnymi zásahmi človeka do prírodného prostredia narastá v posledných rokoch počet mimoriadnych udalostí, ktoré majú negatívny vplyv na život a zdravie ľudí alebo ich majetok. Veľmi často v dôsledku zvýšených zrážok narastá vznik havarijných zosuvov. Výsledky monitorovania poskytujú informácie, na základe ktorých je možné prijať opatrenia umožňujúce mimoriadnym udalostiam včas predchádzať.

Monitorovanie geologických faktorov životného prostredia je zabezpečené v rámci geologickej úlohy ČMS – GF prostredníctvom Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra (ďalej len „ŠGÚDŠ“).

Uznesenie vlády SR č. 803 z 12. októbra 2005 v bode B.1 ukladá ministrovi životného prostredia „zabezpečiť naďalej na Stabilizačnom násype v údolí Handlovky merania a pozorovania vodohospodárskych objektov a výsledky pozorovaní každoročne zahrnúť do správy o stave monitorovania geologických faktorov životného prostredia s poukázaním na hroziace havárie a možnosti predchádzania týmto haváriám“.

Informácia je vypracovaná na základe výsledkov monitorovania v spolupráci s odborníkmi ŠGÚDŠ a s pracovníkmi organizácie Vodohospodárskej výstavby š. p., Bratislava, ktorí vykonávajú technicko-bezpečnostný dohľad (ďalej len „TBD“) na vodnej stavbe „Stabilizačný násyp Handlová“.

## 2. Výsledky monitorovania za rok 2021

V roku 2021 sa v súlade s Koncepciou aktualizácie a racionalizácie environmentálneho monitoringu pokračovalo v meraniach v nasledujúcich 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.

### 2.1 Podsystém 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie

V rámci podsystému „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2021 vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – **zosúvanie** (12 lokalít), **plazenie** (4 lokality) a **náznaky aktivizácie rúťových pohybov** (4 lokality). Samostatnou špecifickou skupinou hodnotenia stability prostredia je lokalita **Stabilizačného násypu v Handlovej**. Rozsah

monitorovacích aktivít, ako aj frekvencia ich použitia, vychádzali z Programu monitorovania na rok 2021. Prehľad monitorovacích aktivít v roku 2021 je uvedený v Prílohe 1.

Do programu monitorovania na rok 2021 boli začlenené zosuvné lokality z ukončených projektov OP KŽP, na ktorých prebehol inžinierskogeologický prieskum (IGP) a sú určené na následnú sanáciu. V rámci „Inžinierskogeologický prieskum svahových deformácií – 1. etapa“ a „Inžinierskogeologický prieskum svahových deformácií – 2. etapa“ boli na lokalitách vybudované monitorovacie vrty určené na vykonávanie predsanačného monitoringu alebo na sledovanie funkčnosti okamžitých protihavarijných opatrení. Počas obdobia udržateľnosti projektu IGP 1 sú monitorované lokality Orovnica, Babín a Liptovská Štiavnica (zosuv nad PD) a počas obdobia udržateľnosti projektu IGP 2 sú monitorované lokality Sveržov, Vyšná Vôľa, Bardejov-Pravoslávny chrám (západná časť), Fintice (južná časť), Ľubietová-nad ihriskom (severná časť) a Veľká Čausa (zosuv nad PD). Výsledky monitorovania na uvedených lokalitách sú zhrnuté v Prílohe 1.

Na území SR sú aktuálne v rámci inej geologickej úlohy z OP KŽP – Monitoring zosuvných deformácií – monitorované i ďalšie socioekonomicky veľmi významné zosuvné územia: Bardejov-Pravoslávny chrám, Červený Kameň, Fintice, Handlová (zosuv z roku 1960), Kapušany, Kľačany, Liptovská Štiavnica, Ľubietová (nad ihriskom), Nižná Hutka, Nižná Myšľa, Petrovany, Podhorie, Prešov-Horárska ul., Prešov-Pod Wilec Hôrkou, Prievidza-Hradec, Prievidza-Veľká Lehôtka, Ruská Nová Ves, Varhaňovce, Veľká Čausa, Vyšná Hutka.

### **Hlavné výsledky monitorovania svahových pohybov v roku 2021**

Lokality zo skupiny *zosúvania* sa monitorovali metódou zaznamenávajúcou deformácie na úrovni šmykovej plochy (metóda presnej inklinometrie) a zároveň bol sledovaný stav najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hĺbky hladiny podzemnej vody (ďalej v texte aj HPV). Súčasťou monitorovacích meraní je i sledovanie efektívnosti odvodňovacích zariadení, ktoré na mnohých lokalitách predstavujú hlavné sanačné opatrenie.

Na lokalitách s monitorovanými svahovými pohybmi charakteru *plazenia* boli zabezpečené merania mechanicko-optickým dilatometrom TM-71. Na svahových deformáciách, označovaných ako *náznaky aktivizácie rúťových pohybov*, boli sledované prejavy aktivity pomocou dilatometrických a mikromorfologických meraní.

Okrem priamo vykonávaných a zabezpečovaných monitorovacích meraní bola v roku 2021 zabezpečená analýza klimatologických údajov (zo siete staníc SHMÚ) vo vzťahu k stabilite zosuvných území. Analyzovaný bol najmä ich vplyv na zmeny úrovne HPV a výdatnosti odvodňovacích zariadení.

### **Svahové pohyby charakteru zosúvania**

Na základe výsledkov monitorovania z roku 2021 možno jednotlivé zosuvné lokality účelovo rozdeliť do viacerých kategórií. Vzhľadom na skutočnosť, že pri hodnotení stabilitných pomerov pripisujeme najväčší význam ich aktuálnej pohybovej aktivite, poradie prezentovaných lokalít zodpovedá veľkosti pohybu, zaznamenanému počas kontrolných meraní metódou presnej inklinometrie; najväčšia pozornosť je venovaná lokalitám, ktoré boli počas roka 2021 najaktívnejšie. Zároveň, v predloženej správe podávame aj informácie o vývoji režimových ukazovateľov a zisteniach z pravidelných obhliadok.

Na základe hodnotenia výsledkov z inklinometrických meraní, ktoré boli v roku 2021 realizované na 6 lokalitách (*Handlová-Morovnianske sídlisko, Svätý Anton, Hodruša-Hámre, Ďačov, Bardejovská Zábava a Vyšný Čaj*), možno konštatovať, že najaktívnejšia je zosuvná lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko.

Inklinometrické merania boli v roku 2021 na lokalite *Handlová-Morovnianske sídlisko* zabezpečené vo vrte AH-3. Vysoká pohybová aktivita, podobne ako po minulé roky, bola nameraná v južnej časti, rozsiahleho zosuvného územia, s názvom Jánošíkova cesta. V roku 2021 boli v tomto vrte vykonané dve etapy meraní (máj a september). Vysoké hodnoty deformácie boli

potvrdené obomi kontrolnými meraniami. Počas jarnej etapy, ktorá dokumentuje pohybovú aktivitu v období od decembra 2020 do mája 2021 bola v hĺbke 5,57 m pod terénom (ďalej aj p. t.) nameraná deformácia 19,23 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $43,39 \text{ mm.rok}^{-1}$  s azimutom  $56^\circ$ . Uvedená hodnota predstavuje najvyššiu etapovú deformáciu v období monitorovania. Podobný prírastok deformácie bol nameraný dňa 23. septembra (16,10 mm,  $43,81 \text{ mm.rok}^{-1}$ ,  $241^\circ$ ). O nameraných výsledkoch bola bezodkladne informovaná primátorka mesta Handlová.

Z hľadiska hodnotenia zmien hĺbky HPV, ktorá je monitorovaná v 41 objektoch, je možné konštatovať priaznivý vývoj. V roku 2021 klesol počet vrtoch s pozitívnou vztakovou hladinou (2 vrty – P-11 a P-16). Podobne klesol i počet vrtoch s vysokými stavmi HPV (maximálne stavy v intervale do 1 m p. t. boli zaznamenané vo vrtoch: P-18, P-32, P-34, P-35 a P-38).

Odvodňovacie zariadenia sú na lokalite vybudované buď ako samostatné vrty, alebo sú sústredené do vejárov a zvedené do zberných šácht. Najvyššie výdatnosti sú dlhodobo pozorované na výtokových objektoch zo zberných šácht (v intervale od  $4,65$  do  $75,00 \text{ l.min}^{-1}$ ). Vážnym problémom monitorovania odvodňovacích zariadení je dlhodobo upchaté výtokové potrubie zo šachty B. Voda preteká cez okraj záchytnej šachty.

Na zosuvnej lokalite **Ďačov** boli metódou presnej inklinometrie zabezpečené 2 kontrolné merania (júl a november) vo vrtoch DA-7 a DA-9 a jedno meranie (november) vo vrte DA-1. Zvýšená pohybová aktivita bola nameraná vo vrte DA-1. V hĺbke 2,47 m p. t. na šmykovej ploche bola nameraná deformácia 5,80 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $9,71 \text{ mm.rok}^{-1}$ , s azimutom  $330^\circ$ . Vrt sa nachádza v cca 180 m severozápadne od zastavanej časti obce. Vo vrte DA-9 bol počas júlovej etapy v hĺbke 6,37 m p. t. nameraný prírastok deformácie s veľkosťou 2,45 mm ( $2,27 \text{ mm.rok}^{-1}$ ,  $200^\circ$ ) a následne, počas novembrovej etapy 0,61 mm ( $1,84 \text{ mm.rok}^{-1}$ ,  $113^\circ$ ). Vo vrte DA-7 bol na šmykovej ploche v hĺbke 1,83 m p. t. zhodne počas oboch kontrolných etáp nameraný prírastok deformácie 1,5 mm.

Zmeny hĺbky HPV sú sledované v troch piezometrických vrtoch: DA-5, DA-8 a DA-10. V hodnotenom období najvyššie vystúpila HPV vo vrte DA-10, a to až do blízkosti terénu. Vrt sa nachádza v JV časti zosuvného územia v oblasti IBV. Priemerná HPV (odvodená z jednotlivých meraní) dosiahla hĺbku 4,48 m p. t., čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup o 0,71 m.

Na lokalite **Bardejovská Zábava** je vo vrte BIJ-1 sledovaná pohybová aktivita na šmykovej ploche v hĺbke 5,61 m p. t. V roku 2021 boli zabezpečené 2 kontrolné merania (júl a november). Vyššie deformácie boli namerané počas novembrového merania (4,59 mm;  $14,95 \text{ mm.rok}^{-1}$  – ide o najvyššiu deformáciu od roku 2013). Predpokladáme, že k akcelerácii svahového pohybu došlo v súvislosti so zrážkovými úhrnmi v období september 2020 až máj 2021. Počas júlovej kontrolnej etapy nameraný vektor na hlavnej šmykovej ploche v hĺbke 5,61 m p. t. dosiahol 1,65 mm ( $2,62 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Oba etapové vektory mali juhovýchodný azimut. Výsledný vektor deformácie (za obdobie december 2014 – november 2021) dosiahol 11,95 mm ( $1,73 \text{ mm.rok}^{-1}$ ).

Vývoj zmien HPV je na lokalite sledovaný vo vrtoch BHJ-1 a BHJ-3. Z desiatich kontrolných meraní vyplýva, že hladiny mali prevažne ustálený vývoj s veľmi malou amplitúdou (max. kolísanie 0,76 m – BHJ-1). V porovnaní dlhodobými ukazovateľmi (ktoré sú odvodené z meraní zabezpečených v rokoch 2011 – 2020) vyplýva, že priemerné hodnoty HPV z roku 2021 v oboch monitorovaných vrtoch sa nachádzajú nad úrovňou dlhodobých priemerov.

Podzemná voda bola odvádzaná najmä horizontálnym vrtom HV-2 a čiastočne i vrtom VH-4. Priemerná výdatnosť vo vrte HV-2 dosahovala  $0,74 \text{ l.min}^{-1}$ , pričom maximálna hodnota bola nameraná v polovici marca ( $1,2 \text{ l.min}^{-1}$ ) a minimálna 20. augusta ( $0,20 \text{ l.min}^{-1}$ ). Vo vrte HV-4 sa výdatnosť pohybovala v intervale od 0,01 do  $0,2 \text{ l.min}^{-1}$ . V porovnaní s rokom 2020 došlo k nárastu priemernej hodnoty prietoku.

Na lokalite **Hodruša-Hámre** sa pohybová aktivita sleduje vo vrtoch IP-2 a PS-Z1. Na zosuve, ktorý je v priamom kontakte s Dolným Hodrušským jazerom, boli v hodnotenom období zabezpečené dve merania (apríl a september). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas septembrového merania vo vrte IP-2. V hĺbke 3,08 m p. t. bola nameraná deformácia 4,43 mm

(10,36 mm.rok<sup>-1</sup>). Nameraná deformácia predstavuje najvyššiu hodnotu zaznamenanú počas obdobia monitorovania. Celková deformácia, nameraná v období od decembra 2015 do septembra 2021 dosiahla 9,3 mm (1,61 mm.rok<sup>-1</sup>). Merania v uvedenom vrte sú však vážne ohrozené stavebnou činnosťou. Z tohto dôvodu, a to i napriek skutočnosti, že vrt podával kľúčové informácie o stabilitných pomeroch v oblasti kontaktu zosuvného územia s hydrotechnickým dielom, nebude možné v meraniach ďalej pokračovať. Merania vo vrte PS-Z1 na sledovaných šmykových plochách potvrdili relatívne uspokojivý stav. Etapové vektory sa pohybovali v intervale 0,14 až 0,36 mm (0,37 až 0,84 mm.rok<sup>-1</sup>).

HPV mala počas hodnoteného roka mierne zostupný trend. Výraznejšie vzostupné zmeny boli pozorované v zimných mesiacoch, najmä v druhej polovici januára a prvej polovici februára. Maximálna HPV bola nameraná 17. mája, a to v hĺbke 0,9 m p. t. Dôležitou skutočnosťou je, že v roku 2021 všetky zaznamenané hodnoty o hĺbke HPV presahovali maximálne stavy s predchádzajúceho obdobia. Priemerná HPV v roku 2021 – 1,9 m p. t. sa nachádza vysoko nad dlhodobým priemerom, ktorý je 4,14 m p. t. (vzostup až o 2,24 m p. t.). Uvedený stav považujeme z hľadiska stability zosuvného územia za vážny.

Ďalšou lokalitou v poradí, na ktorej boli počas roka 2021 zaznamenané relatívne nepriaznivé stabilitné pomery, je zosuvné územie v obci **Svätý Anton**. Monitorovanie pohybovej aktivity je v území zabezpečované v inklinometrickom vrte INK-1. Vrt sa nachádza v telese zosuvu, ktorý poškodzuje cestnú komunikáciu č. I/51 a ohrozuje prevádzku na nej. V roku 2021, vzhľadom na zvýšenú pohybovú aktivitu z predchádzajúceho roka 2020, boli zabezpečené tri etapy kontrolných meraní (február, apríl a september). Počas prvej kontrolnej etapy bol na šmykovej ploche 8,2 m p. t. nameraný prírastok deformácie 3,13 mm, čo predstavuje priemernú ročnú rýchlosť 14,43 mm.rok<sup>-1</sup> (azimut 279°). Zaznamenaná deformácia predstavuje najvyššiu rýchlosť v monitorovanom období. Výsledky meraní v aktuálne hodnotenom roku, ale tiež i v roku 2020, boli pravidelne predkladané obecnému zastupiteľstvu. Krízový štáb 8. februára 2021 vyhlásil v obci, v súvislosti so zosuvom, mimoriadnu situáciu. Následne boli v zosuvnom území zabezpečené záchranné práce zamerané na zachytenie a odvedenie povrchových, podpovrchových a podzemných vôd. Čelo zosuvu, ktoré priamo ohrozovalo premávku na cestnej komunikácii, bolo zabezpečené kotvenými oceľovými konštrukciami. V území bola doplnená sieť monitorovacích objektov.

Dôkaz o úspešnosti sanácie podávajú výsledky režimových meraní. HPV, dlhodobo monitorovaná vo vrte JSA-2, začala klesať najmä v súvislosti s realizovanými sanačnými opatreniami (hĺbkovým odvodnením). HPV klesala v etapách, v závislosti od realizácie odvodňovacích prvkov. Minimálny stav HPV bol dosiahnutý 17. decembra na úrovni 9,79 m p. t. Zaznamenaný minimálny stav predstavuje v porovnaní s dlhodobým minimom pokles o 1,74 m. Efektívnosť sanačných opatrení potvrdzujú i merania HPV vo vrte JSA-1, do ktorého bol automatický hladinomer inštalovaný pracovníkmi ŠGÚDŠ 18. februára. HPV v reakcii na budované odvodňovacie vrty najvýraznejšie klesla z 26. na 27. júla. Maximálny hodinový pokles dosiahol 0,13 m a denný 0,92 m. Minimálna HPV bola nameraná 21. decembra na úrovni 8,58 m p. t.

V zosuvnom území nad obcou **Vyšný Čaj** je monitorovanie pohybovej aktivity zabezpečené prostredníctvom vrtov VČI-1 a VČI-2. V hodnotenom roku boli v území zrealizované 2 etapy meraní (jún a november). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas júnového merania vo vrte VČI-2 (1,22 mm, 2,01 mm.rok<sup>-1</sup>). V rovnakom termíne bola mierne zvýšená pohybová aktivita aj vo vrte VČI-1 (1,00 mm, 1,64 mm.rok<sup>-1</sup>).

HPV je monitorovaná dvojicou piezometrických vrtov VČHG-2 a VČHG-3. Priemerná hĺbka HPV vo vrte VČHG-2 dosiahla 5,72 m p. t., čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrný vzostup, a to o 0,22 m. Vrt VČHG-3 bol počas viacerých kontrolných etáp suchý.

I napriek uspokojivej stabilitej situácii, naďalej pretrvávajú problémy v oblasti odvádzania vôd zo zariadení podpovrchového odvodnenia. V obdobiach so zvýšenými prietokmi vybudované

potrubie kapacitne nepostačuje, vďaka čomu dochádza k zaplavovaniu zbernej šachty a znižovaniu účinnosti sanačného opatrenia. V roku 2021 boli zberné šachty zaplavené počas všetkých kontrolných meraní.

Na lokalitách Okoličné, Šenkvice, Dolná Mičiná, Slanec-TP, Čirč a Handlová-Kunešovská cesta sú monitorovacie aktivity zamerané len na sledovanie režimových ukazovateľov. Merania HPV podávajú informáciu o vývoji najvýznamnejšieho zosuvotvorného faktora.

Na lokalite **Okoličné** je kolísanie HPV sledované automatickým hladinomerom, umiestneným v čele prúdového zosuvu (vo vrte J-1), ktorý ohrozuje železničnú trať, spájajúcu Bratislavu a Košice. Priemerná hĺbka HPV v roku 2021 dosiahla 5,81 m p. t., čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup až o 1,23 m. Maximálny stav bol nameraný 1. júna (4,57 m p. t.).

Na lokalite **Šenkvice** je HPV monitorovaná v troch piezometrických vrtoch. Počas prvých dvoch mesiacov pretrvával vzostupný trend z predchádzajúceho roka. Predpokladáme, že hlavnou príčinou uvedeného stavu je znefunkčnené (upchaté) potrubie, ktoré má slúžiť na odvádzanie podzemných vôd do povrchového recipientu. Na odvodňovacie potrubie bolo v minulosti nelegálne pripojené kanalizačné potrubie so splaškovými vodami z príľahlého rodinného domu. Meraním HPV v roku 2021 sa preukázala zásadná zmena v charaktere kolísania. Vo všetkých monitorovaných vrtoch došlo 1. júna k poklesu HPV, čo potvrdzuje obnovenie efektívnosti drenážneho systému.

V **Dolnej Mičinej** je HPV monitorovaná automatickým hladinomerom vo vrte JM-6. V roku 2021 HPV dosiahla úroveň 4,34 m p. t., čo predstavuje najvyššiu úroveň od roku 2010. Maximálny stav bol nameraný 10. februára. Priemerná HPV, v porovnaní s r. 2020, stúpala o 2,11 m.

Na lokalitách Slanec-TP a Čirč je hlavná pozornosť venovaná sledovaniu efektívnosti odvodňovacích zariadení. V prípade zosuvného územia **Slanec-TP** je dlhodobým problémom skutočnosť, že viaceré odvodňovacie vrty sú počas roka zaplavované vodou vytekajúcou z drenážnych zariadení (odvodňovacie zariadenia V2 a V4). Spomenutý jav znižuje účinnosť hĺbkového odvodnenia. Z odvodňovacích zariadení, ktoré spoľahlivo odvádzali podzemnú vodu, bol najvyšší prietok nameraný na vrte V3/3 (2,1 l.min<sup>-1</sup>).

Pri hodnotení zmien hĺbky HPV, ktoré sú monitorované v 11 vrtoch, možno konštatovať, že priemerná HPV v hodnotenom roku (odvodená zo všetkých meraní) dosiahla hĺbku 5,52 m p. t., čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrný vzostup (o 0,09 m).

Na lokalite **Čirč** je možné odvodňovací systém hodnotiť ako relatívne efektívny. V roku 2021 priemerný prietok z výtokového objektu dosahoval 8,71 l.min<sup>-1</sup>, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazný vzostup (o 1,48 l.min<sup>-1</sup>). Priemerná HPV v hodnotenom roku dosiahla 6,87 m p. t., čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup o 0,12 m.

Na lokalite **Handlová-Kunešovská cesta** sa stav HPV monitoruje v pravidelnej dvojtýždňovej frekvencii na sieti 9 piezometrických vrtoch. Z výsledkov meraní vyplýva, že do blízkosti terénu sa HPV dostala len vo vrte MK-8, čo je v porovnaní z predchádzajúcim rokom priaznivý výsledok. Priemerná hĺbka HPV v roku 2021 dosiahla 3,92 m p. t., čo predstavuje pokles o 0,49 m oproti predchádzajúcemu roku.

### **Svahové pohyby charakteru plazenia**

Aj v roku 2021 pokračovali monitorovacie práce s využitím 5 mechanicko-optických dilatometrov TM-71 na štyroch lokalitách: Veľká Izra 1, Košický Klečenov (2 prístroje), Sokol a Jaskyňa pod Spišskou. Na lokalite Veľká Izra 1, napriek stagnácii poklesu bloku (os Z) v tomto roku, je dlhodobý trend zrejмый (celkovo 2,556 mm), šmykový posun (os Y) sa zvýšil o 0,033 mm na celkových 1,234 mm; otváranie trhliny (os X) stagnuje od roku 2011. V lokalite Košický Klečenov sa dlhodobo prejavuje pohyb spodného bloku (KK1) vo všetkých troch smeroch, hoci pokles v roku 2021 stagnoval. Celkové hodnoty posunov (X, Y, Z) dosahujú 7,931 mm, 7,541 mm, 12,979 mm. V prípade vrchného bloku (KK2) narástol hlavne pokles (os Z) o 0,594 mm na celkových 13,963 mm, otvorenie trhliny (os X) sa zvýšilo iba o 0,085 mm na celkových 0,223 mm

a šmykový posun (os Y) stagnuje cca od roku 2017 pri hodnote 4,255 mm. Celkovo platí, že vrchný blok klesá rýchlejšie než spodný. V lokalite Sokol (Bačkovská dolina) potvrdil prístroj pohyb v smere všetkých troch osí. Trhlina sa rozšírila (os X) o 0,268 mm (celkovo 13,248 mm), blok sa posunul pozdĺž trhliny (os Y) o 0,034 mm (celkovo 8,992 mm) a poklesol (os Z) o 0,001 mm (celkovo 1,881 mm). Prevláda výrazný a dlhodobý trend v smeroch osí X a Y. V Jaskyni pod Spišskou otvorenie trhliny (os X) narástlo o 0,085 mm na celkových 0,995 mm, dlhodobý pokles spodného bloku (os Z) stagnoval pri hodnote 0,820 mm, šmykový posun pozdĺž trhliny (os Y) stagnoval pri hodnote cca 0,065 mm.

### **Názznaky aktivizácie rúťových pohybov a monitorovanie mikromorfologických zmien**

V roku 2021 boli monitorovacie aktivity realizované na štyroch lokalitách. Pri meraniach boli aplikované metódy dilatometrického a mikromorfologického merania. V rámci pozorovaných lokalít sa spracovávali aj informácie o významných zosuvotvorných faktoroch (zrážky, počet mrazových dní).

Na lokalite **Demjata**, na pravej strane skalného zárezu cestnej komunikácie z Demjaty do Raslavič, pokračovalo pomalé rozvoľňovanie oddelených skalných lavíc, situovaných v južnom ukončení zárezu. Posuny vrchnej okrajovej lavice sú pozorované už od roku 2016 v rozsahu cca 0,5 mm za rok, oproti tomuto trendu bol v roku 2021 zaznamenaný menší posun o 0,14 mm. V uvoľnenom horninovom bloku v jej podloží sa naopak posuny po stagnácii v roku 2020 zintenzívnili, v roku 2021 nastal posun o 0,32 mm. Kontinuálne rozvoľňovanie menšieho uvoľneného bloku v severnejšej časti zárezu pokračovalo aj v roku 2021 v rozsahu 10,88 mm za rok, nepredstavuje však bezpečnostné riziko.

Na lokalitách **Handlová-Baňa, Bratislava-Železná studnička, Pezinská Baba 2 a 3**, na ktorých sa vykonávajú merania mikromorfologických zmien, boli zaznamenané zmeny v rozsahu odvodených dlhodobých trendov.

Dlhodobé pozorovania mikromorfologických zmien realizované na typických horninových komplexoch Slovenska poskytujú údaje, ktoré môžu v blízkej budúcnosti vstupovať do rozhodnutí ohľadne významných investičných zámerov, napr. geologických úložísk nebezpečných odpadov.

Do špecifickej skupiny lokalít hodnotenia stability prostredia je zaradený objekt **Stabilizačného násypu v Handlovej** (Príloha 2). Ide o hydrotechnické dielo (klasifikované ako vodná stavba), ktoré rozopiera dva zosuvné svahy, stabilizuje Európsku cestu E572 a zabezpečuje stabilitu obytnej zástavby v južnej časti mesta.

Na Stabilizačnom násype boli v roku 2021 zabezpečené merania HPV a výdatnosti Hlavného drénu. V priebehu roka 2021 boli pravidelne raz mesačne vykonávané obhliadky všetkých objektov Stabilizačného násypu. Výsledky boli mesačne predkladané organizácii, poverenej MŽP SR výkonom TBD – Vodohospodárskej výstavbe, š. p. Bratislava.

Z analýzy režimových ukazovateľov vyplýva, že v priestore Stabilizačného násypu dosiahla priemerná hodnota hĺbky HPV (odvodená z jednotlivých meraní) 6,60 m p. t., čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom zostup o 0,29 m. Najvyššia priemerná ročná HPV bola nameraná vo vrte N-1 (0,14 m p. t.). V rámci monitorovacej siete bola na tomto vrte nameraná zároveň i najvyššia úroveň HPV za rok 2021. Jej maximálny stav bol zaznamenaný 5. februára s piezometrickou úrovňou 0,44 m nad terénom. Do blízkosti terénu sa dostala HPV vo vrtoch M- 2, N-3, N-4 a N-2 (maximálne stavy HPV sa nachádzali v intervale od 0,24 do 0,73 m p. t.). Tieto vysoké úrovne HPV boli namerané v zimných mesiacoch. V ostatných vrtoch bol výskyt maximálnych stavov HPV zaznamenaný prevažne v októbri (až 14 vrtoch) a v marci (4 vrty). Naopak, najnižšie úrovne HPV boli pozorované najmä novembri a decembri, kedy HPV poklesla najhlbšie až v 18 vrtoch. Najhlbšie HPV klesla vo vrtoch NV-112, NV-110, PV-112, INV-4, IN-4 a PV-107 (minimálne počas jedného merania dosiahla hĺbku väčšiu ako 10 m p. t.). Najväčšie kolísanie hĺbky HPV bolo zaznamenané vo vrte NV-110 – 7,4 m, pričom minimálny stav bol v tomto vrte nameraný 30. decembra s hodnotou 11,57 m p. t. a maximálny stav bol zaznamenaný 25. mája s hodnotou 4,16 m p. t.

Maximálny prietok ( $1312,80 \text{ l.min}^{-1}$ ) na Hlavnom dréne bol nameraný 5. februára, teda v termíne maximálnych stavov HPV. Naopak, najnižšia výdatnosť ( $175,80 \text{ l.min}^{-1}$ ) bola nameraná 26. novembra. V tomto termíne boli namerané aj najnižšie úrovne HPV. Priemerná výdatnosť dosiahla  $551,5 \text{ l.min}^{-1}$ , čo je v porovnaní s rokom 2020 zostup o  $57,25 \text{ l.min}^{-1}$ .

### Nové zosuvy v roku 2021

V roku 2021 pracovníci ŠGÚDŠ vykonali obhliadku/registráciu **14 nových alebo reaktivovaných svahových deformácií** (*Čirč, Hrhov, Králiky, Krušinec, Ličartovce, Malá Čausa, Myjava-Hlinická, Ostrý Grúň, Pavlovce, Rankovce, Strečno-ulica Lesná, Tepličany, Tiesňavy, Vyšné Opátske-Prvosienková*). Pri aktivizácii uvedených svahových deformácií sa dominantne uplatňovali klimatické pomery v kombinácii s nevhodnými antropogénnymi aktivitami. Z uvedených registrácií svahových porúch boli zostavené „obhliadkové správy“, resp. listy adresované samospráve a sekcii geológie a prírodných zdrojov MŽP SR, prípadne občanom, ktorí nahlásili havarijný stav; uvedené dokumenty sú vhodným podkladom pre realizáciu inžinierskogeologických prieskumov, resp. okamžitých protihavarijných opatrení. Niektoré z lokalít, na ktorých boli vykonané obhliadky aktuálneho stabilitného stavu, môžu byť v súčinnosti so sekciou geológie a prírodných zdrojov MŽP SR navrhnuté do aktualizovaných zoznamov dokumentu „Program prevencie zosuvných rizík – aktualizácia“ v rámci OP KŽP 2021 – 2023.

## 2.2 Podsystem 02 – Tektonická a seizmická aktivita územia

**Pohyby povrchu územia** – v roku 2021 neboli zaznamenané výraznejšie problémy s realizáciou permanentných meraní GNSS. V stratégii spracovania sa aplikuje referenčný systém ITRS a jeho realizácia ITRF2014, ktorá lepšie zohľadňuje sezónne variácie v polohe a postseizmické deformácie. Tieto zmeny však z pohľadu dlhodobého monitorovania predmetných bodov z územia Slovenska nepredstavujú významnú zmenu ich celkovo ustáleného a stabilného charakteru pohybu. Okrem bodov zaradených do Európskej permanentnej siete sa na našom území nachádzajú ďalšie permanentné stanice GNSS (15 bodov) vhodné na dlhodobé monitorovanie pohybov. Ide o body s vhodnou stabilizáciou, zaradené do siete SKPOS, resp. do siete bodov Národného centra diagnostikovania deformácií zemského povrchu na území Slovenska (Katedra globálnej geodézie a geoinformatiky, STU v Bratislave-KGGI). Táto množina bola v roku 2021 rozšírená o ďalšie nové kolokačné stanice DVCN (Devičany) a VRAN (Vranov n. Topľou) integrujúce techniku GNSS s technológiou družicovej radarovej interferometrie InSAR. Podobne bol inštalovaný aktívny radarový transpondér pre technológiu InSAR v tesnej blízkosti permanentnej stanice GANP (Gánovce pri Poprade). Predbežné spracovanie údajov za rok 2021 nepreukázalo na žiadnom z bodov významnú pohybovú aktivitu.

**Seizmické javy** – v roku 2021 bolo zo záznamov 13 seizmických staníc interpretovaných 10656 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov a určených bolo takmer 40100 seizmických fáz. Lokalizovaných bolo cca 70 – 80 zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky. Makroseizmicky bolo v roku 2021 na území Slovenska pozorovaných 7 zemetrasení, z toho 4 zemetrasenia s epicentrom na Slovensku (zemetrasenie s epicentrom **pri Handlovej 28. 1. 2021**, zemetrasenie s epicentrom **pri Komárne 29. 8. 2021**, zemetrasenie s epicentrom **na Záhorí 6. 10. 2021** a zemetrasenie s epicentrom **na Horehroní 13. 10. 2021**), zemetrasenie s epicentrom **v Chorvátsku 6. 1. 2021** a 2 zemetrasenia s epicentrom **v Rakúsku 30. 3. 2021 a 20. 4. 2021**.

**Neotektonické pohyby** – **Branisko** – pokračoval dlhodobý trend posunu centrálneho masívu pohoria Branisko pozdĺž šindliarskeho zlomu na SSV (pravostranný pohyb pozdĺž osi Y). Posun sa v roku 2021 zväčšil o 0,016 mm na celkových 2,328 mm. Posuny pozdĺž osi X (rozširovanie trhliny) a Z (pokles východného bloku) sa zväčšili minimálne. V **Demänovej** stagnoval pohyb vo všetkých troch smeroch aj v roku 2021. Z dlhodobého hľadiska (20 rokov) je trend posunu zrejмый vo všetkých osiach, hoci je minimálny (do 0,1 mm). Na muránskom zlome (štôlna Izabela – **Ipeľ**) bol v roku 2021 posun v smere osi X (otváranie zlomu) a Y (šmykový

posun pozdĺž zlomu) len minimálny. V prípade poklesu (os Z) došlo k reverznému pohybu (oscilácia). Celkový doterajší pokles (21 rokov) jedného z blokov dosahuje 1,772 mm. V **Banskej Hodruši** sa prejavuje dlhodobá (16 rokov) stagnácia pohybu v smere osi Z (pokles). Pohyby v smere osi X (otváranie trhliny) a Y (pokles bloku) vykazujú narastajúci trend, ale celkové hodnoty neprekročili 0,25 mm. V roku 2021 posuny neprekročili 0,06 mm. V lokalite **Vyhne** pohyb vo všetkých troch osiach stagnoval. Od roku 2005 je však trend narastania posunu viditeľný najmä pozdĺž zlomu (os Y) a rozširovania trhliny (os X). Celkové hodnoty v uvedených smeroch dosiahli 1,016 mm a 0,082 mm. V lokalite **Dobrá Voda** sa výraznejšie prejavuje iba otváranie trhliny (os X), a to od roku 2014. Hoci kvôli teplotným zmenám došlo k opačnému posunu o 0,133 mm, celkové otvorenie trhliny dosiahlo 0,736 mm. Pohyb v ostatných dvoch smeroch stagnoval, resp. bol inverzný (oscilácie spôsobené zmenami teploty).

### 2.3 Podsystem 03 – Antropogénne sedimenty charakteru starých environmentálnych zátŕaží

Po skončení obdobia riešenia projektu Monitoring environmentálnych zátŕaží a po uplynutí obdobia udržateľnosti meraní na lokalitách tohto projektu, bola časť významných lokalít implementovaná do podsystemu 03 – Antropogénne sedimenty charakteru environmentálnych zátŕaží. Sieť monitorovania je zostavená na základe výsledkov monitorovania v rokoch 2014 – 2020.

Monitorovacia sieť v roku 2021 je situovaná na 60 lokalitách environmentálnych zátŕaží, na ktorých bolo realizovaných 527 terénnych meraní a 143 odberov vzoriek na chemickú analýzu. Frekvencia terénnych meraní a vzorkovania bola 1 krát ročne. Monitorovanie environmentálnych zátŕaží bolo zamerané najmä na zisťovanie chemického zloženia a kvality podzemných a povrchových vôd. Pri hodnotení prekročení IT a ID hodnôt v podzemných vodách podľa Smernice MŽP SR č.1/2015 sa v roku 2021 najviac vyskytovali prekročenia IT hodnôt v prípade **TOC** (45 lokalít), čo je však ovplyvnené aj pomerne nízkou limitnou IT hodnotou (5, resp. 2 mg.l<sup>-1</sup>). Na druhej strane je znečistenie organickými látkami (ktoré indikuje TOC) pomerne bežné, a to najmä na lokalitách typu komunálnych skládok, ropného znečistenia, prípadne iných zdrojov znečistenia.

So znečistením zo skládok, ako aj z niektorých iných zdrojov kontaminácie, súvisí častý výskyt zvýšených obsahov **bóru** (prekročenia ID/IT kritéria na 16 lokalitách), **Cl<sup>-</sup>** (na 20 lokalitách), **NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** (na 22 lokalitách).

Zo špecifických organických látok sa na sledovaných lokalitách EZ javia ako najproblematickejšie **chlórované alifatické uhľovodíky** (prekročenia príslušných ID/IT hodnôt na 13 lokalitách), najmä cis 1,2-dichlóretén, tetrachlóretén, trichlóretén, chlórétén. Látky zo skupiny PAU (**polycyklické aromatické uhľovodíky**) boli nad príslušné ID/IT kritériá identifikované na 3 lokalitách. Silné znečistenie zapríčinené ropnými látkami prejavujúce sa vysokými obsahmi uhľovodíkového indexu (NELui) nad ID/IT kritérium bolo zistené na 7 lokalitách.

Zo stopových anorganických prvkov bolo najčastejšie prekročenie ID/IT kritérií pre **As** (6 lokalít), **Cd** (3 lokality), **Mo** (3 lokality), **Ni** (4 lokality), **Sb** (2 lokality), **V** (2 lokality), **Zn** (2 lokality).

Významné znečistenie podzemných alebo povrchových vôd, prejavujúce sa vysokými obsahmi viacerých znečisťujúcich látok, bolo v roku 2021 sledované na viacerých lokalitách: 21 Nové Mesto nad Váhom – skládka KO Mnešice – Tušková, 22 Piešťany – Chirana, 24 a 25 Sereď – Niklová huta, 26 Piešťany – bývalá Tesla – kontaminačný mrak pod sídliskom, 30 Sliač – Letisko – juh, 36 Zvolen – Bučina – čierna impregnácia, 38 Banská Bystrica – Uľanka – areál Chemika a.s., 40 Detva – PPS Group, 43 Zvolen-Bučina – biela impregnácia, 49 Trnovec nad Váhom – skládka RSTO (Duslo), 66 Lednické Rovne – skládka Podstránie, 71 Lučenec – Práčovne a čistiarne pri mestskom parku, 81 Zvolen – Bučina – stará depónia, 85 Bojná – skládka TKO A (stará), 96 Banská Bystrica – bývalá galvanizovňa LOBB, 103 Rožňava – mrak chlórovaných uhľovodíkov pri kasárňach, 104 Plešivec – retenčné nádrže, 106 Nové Zámky – bývalé kasárne



SA – Novocentrum, 116 Hnúšťa – areál bývalých SLZ, 137 Trnovec nad Váhom – odkalisko Amerika I (Duslo Šaľa), 142 Žiar nad Hronom – kalové pole ZSNP, 147 Smolenice – areál Chemolak, 156 Medzev – Strojsmalt, 165 Hlohovec – Šulekovo – Fe-kaly.

## 2.4 Podsystem 04 – Vplyv ťažby nerastov na životné prostredie

Monitorovacie práce v roku 2021 nadväzovali na doterajšie obdobie monitorovania 2007 – 2020. Štátny monitoring inžinierskogeologických, hydrogeologických a geochemických aspektov vplyvov ťažby na abiotické zložky životného prostredia, ktorého súčasťou sú i vlastné terénne práce, bol realizovaný na 13 rizikových banských lokalitách.

V rámci monitoringu inžinierskogeologických aspektov, súvisiacich s vplyvom podrúbania a prítomnosťou banských diel pri ťažbe nerastov, boli sledované lokality Rudňany – Poráč, Novoveská Huta, Nižná Slaná – ložisko Kobeliarovo, Pezinok – ložisko Nádej, Podrečany a Prešov – Solivary, na ktorých dlhodobejšie pretrvávajú prejavy nestability povrchu územia. V porovnaní s predchádzajúcim obdobím boli v roku 2021 zaznamenané významnejšie zmeny v týchto prejavoch na troch lokalitách. Na lokalite **Nižná Slaná – ložisko Kobeliarovo** bola zaznamenaná geodynamická aktivita v pásme trhlín závalového pásma v podobe vzniku značného počtu trhlín v severovýchodnej až severozápadnej časti, a tiež v západnej až severozápadnej časti pri vzniku niekoľkých nových trhlín a otvorov v línii priebehu zastretých trhlín. Na lokalite **Podrečany** poukázalo sledovanie lokality na ďalšiu aktivizáciu odlučnej oblasti zosuvu na severozápadnom svahu ťažobného lomu (v blízkosti cesty III/2664), čo potvrdzuje vznik nových aktivizačných trhlín a zaznamenané poklesy merných bodov. Monitorovanie na lokalite **Prešov – Solivary** poukázalo na medziročné nepatrné poklesávanie územia s maximálnymi poklesmi v strednej a severnej časti dobývacieho priestoru lúhovacích polí. Do sledovania bola zaradená v r. 2021 lokalita Baňa Dolina, v rámci ktorej sa práce sústreďovali na archívny výskum.

Monitoring hydrogeologických aspektov vplyvov ťažby na životné prostredie bol aj v roku 2021 zameraný hlavne na kontrolné merania veľkosti odtoku z najvýznamnejších odvodňovacích banských objektov na 10 banských lokalitách. Tieto merania poukazujú na pretrvávajúci hydrodynamicky ustálený režim odtoku, úzko naviazaný na sezónne zmeny zrážkovo-odtokových pomerov územia. Neboli zaznamenané zmeny režimu odtoku, spôsobené umelými zásahmi alebo zavalovaním stropu chodieb v banských priestoroch. Hydrogeologicky neustálený režim je v súčasnosti na **sideritovom ložisku Manó v Nižnej Slanej**, kde od augusta 2011 prebieha zatápanie bane. Stúpajúca hladina v jame Gabriela tu dosiahla koncom roka 2021 úroveň 10 m pod horizontom štôlne Marta, ktorou bude po zatopení bane – ktoré nastane pravdepodobne už koncom januára 2022 – voda vytekať na povrch.

Nepriaznivý stav odvodňovania s rozvojom krasovatenia síranovej polohy prerazenej štôľňou pretrváva na **Novej štôlni pri Tepličke nad Hornádom** (ložisková oblasť Novoveskej Huty). Odvodňovanie bane čerpaním banskej vody pokračuje v nezmenenom režime na ložisku sadrovca v Novoveskej Hute a na bani Mária v Rožňave. Na lokalite **Podrečany** pokračuje zvyšovanie úrovne hladiny vody v ťažobnom lome (potvrdené GNSS meraním), čo zvyšuje riziko aktivizácie vyššie spomínaného aktívneho zosuvu (v blízkosti cesty III/2664) a predstavuje potenciálny faktor rizika ohrozenia stability územia okrajovej oblasti lomu a infraštruktúry (najmä železničná trať Zvolen – Lučenec).

V roku 2021 bol v monitorovaných oblastiach potvrdený pretrvávajúci stav negatívneho ovplyvnenia kvality miestnych povrchových tokov banskými vodami, drenážnymi vodami odkalísk a priesakovými vodami hald a prírodných ložiskových (geochemických) anomálií. Najnepriaznivejšia situácia je naďalej v oblastiach s výskytom rudných ložísk. Na lokalite **Smolník** je voda potoka Smolník kontaminovaná Fe, Mn, Al, Zn, Cu a Cd. Hlavným zdrojom kontaminácie je tu kyslá banská voda šachty Pech, prekračujúca takmer 150-násobne IT (intervenčné kritérium, v zmysle smernice MŽP SR č. 1/2015-7) pre podzemnú vodu obsahom hliníka, mierne i obsahom Zn a Co. Na lokalite **Slovinky – Gelnica** pretrváva znečistenie vody Slovinského a Turzovského potoka

antimónom. Na lokalite **Rudňany** je Rudniansky potok kontaminovaný antimónom, mangánom, báriom a meďou. Na lokalite **Špania Dolina** je voda miestnych tokov kontaminovaná meďou, arzénom a antimónom – IT pre obsah antimónu je vo vode miestnych štôlní a v drenážnej vode odkaliska dlhodobo prekročené 2 až 10-násobne. Keďže obsah antimónu vo vode štôlní lokality **Dúbrava** v Nízkych Tatrách je stabilne 20 až 150 násobne vyšší ako IT pre podzemné vody, tá výrazne kontaminuje potok Paludžanka, ústiaci do VN Liptovská Mara. V oblasti **Banskej Štiavnice** toky Štiavnica a Hodrušský potok obsahujú nadlimitnú úroveň zinku a síranového aniónu. Vysoké obsahy Al, Zn a Cd sú dlhodobo charakteristické pre banskú vodu Voznickej dedičnej štôlnie. Kvalitu vody rieky Hron, do ktorej táto banská voda vteká, však môže významne negatívne ovplyvniť v období nízkych riečnych prietokov len v obsahu Zn. Potok Blatina pred vstupom do areálu nemocnice **nad Pezinkom** má trvale zvýšené obsahy arzénu a antimónu, v dôsledku výskytu banských diel a odkalísk v jeho povodí. Zvýšené koncentrácie kontaminantov (hlavne arzénu a antimónu), uvoľňovaných z ťažbou rúd rozrušeného horninového prostredia do vodného roztoku, spôsobujú i kontamináciu sedimentov akumulovaných v miestnych povrchových tokoch. Na lokalite **Prešov-Solivary** úniky soľanky z poškodených vrtov nepriaznivo ovplyvňujú kvalitu vody Barackého a Soľného potoka.

## 2.5 Podsystem 05 – Monitoring objemovej aktivity radónu v geologickom prostredí

Monitorovanie OAR je zamerané do troch oblastí: pôdny radón na referenčných plochách (RP) v miestach so zvýšeným radónovým rizikom, pôdny radón nad tektonikou a radón v podzemných vodách.

Monitoring **OAR v pôdnom vzduchu** na RP bol v sezóne 2021 realizovaný s rôznou frekvenciou na piatich lokalitách: Bratislava – Vajnory (2x v roku), Banská Bystrica – Podlavice (2x ročne), Spišská Nová Ves (Novoveská Huta a Teplička; po 7x v roku) a Hnilec (4x za rok). Pri monitoringu pôdneho radónu na RP bolo v roku 2021 vykonaných celkom 22 monitorovaní.

Pri mapovaní koncentrácií pôdneho **radónu nad tektonickou dislokáciou** na lokalite Dobrá Voda bol na ploche D1.2 zrealizovaný súbor detailných meraní OAR (sieť 5 x 5 m, profily P1 – P7, 49 sond). Overovaná bola výrazná anomália obsahov pôdneho radónu v mieste prieniku plôch P2, P3, D1 a D1.1, preskúmaných v predošlých monitorovacích obdobiach.

**Objemová aktivita radónu v zdrojoch podzemných vôd** v sezóne 2021 sledovala v prameňoch v oblasti Malých Karpát v extraviláne Bratislavy (pramene: Mária, Zbojnička – 2x ročne a Himligárka – 1x ročne); v prameni sv. Ondreja na Sivej Brade pri Spišskom Podhradí (12x za rok); v prameni Boženy Němcovej severne od obce Bacúch (8x v priebehu roka) a v prameniisku pri vrte OZ-1 Oravice – Jašterčie (2x ročne), t. j. 28 monitorovaní OAR v podzemných vodách.

Komplexné výsledky monitorovania radónu sezóny 2021 a tiež predchádzajúcich období dokumentujú skutočnosť, že zmeny OAR v geologickom prostredí sú jednak krátkodobé (sezónne), dlhodobé (rádovo roky), ale aj náhodné (miestne, časové, klimatické, meteorologické a pod.). Doposiaľ získané poznatky majú ďalekosiahly praktický význam pre objektívnejšie hodnotenie radónového rizika z geologického prostredia, pretože poukazujú napr. aj na možnosť významného podhodnotenia radónového rizika stavebného pozemku pri meraniach realizovaných za nevhodných podmienok (dlhodobé sucho, výrazné teplotné rozdiely medzi atmosférou a pokryvnými sedimentmi hlavne skoro na jar, neskoro na jeseň, prípadne v zime). Nevyhnutné je aj dôkladné posúdenie geologického prostredia (hlavne vo zvrstvených sedimentoch so zvýšeným podielom ílovitej frakcie, prítomnosť tektonických dislokácií a pod.) pri vyhodnocovaní výsledkov radónového prieskumu. Štatistickým spracovaním dlhodobo realizovaných monitorovacích systémov možno získať relevantné podklady pre prijímanie obecných záverov v predmetnej oblasti, čo je aj cieľom pri realizácii projektu monitorovania OAR v geologickom prostredí.

## 2.6 Podsystem 06 – Stabilita horninových masívov pod historickými objektmi

V roku 2021 monitorovaných 7 hradov – ich skalné bralá (hrady Trenčiansky, Pajštúnsky, Uhrovský, Plavecký, Oravský, Spišský a Strečniansky) vrátane porúch v stavebných objektoch. Na monitorovanie sú používané dva typy dilatometrov – Somet (Spišský, Trenčiansky, Uhrovský, Plavecký a Pajštúnsky), ktorým je pozorovaná zmena šírky poruchy v meranom profile a TM-71 (Oravský, Strečniansky a Spišský hrad), ktorý zaznamenáva priestorovú zmenu polohy uvoľnených horninových blokov v masíve a aj ich rotáciu. Merania prebehli s frekvenciou 4x ročne.

Aj v roku 2021 prebiehali merania stability podlažia pod historickými objektmi siedmymi prístrojmi TM-71 osadenými na 3 lokalitách – Oravský hrad (1 prístroj), hrad Strečno (1 prístroj) a Spišský hrad (5 prístrojov). Na každej z uvedených lokalít boli uskutočnené 4 merania (odčítania), a to vizuálne alebo fotograficky. Na **Oravskom hrade** sa opakovane potvrdila stabilita monitorovaného bloku. V žiadnom smere nepresiahol pohyb v roku 2021 hodnotu vyššiu ako 0,022 mm. Od roku 2005 je zrejmy veľmi pomalý pokles jedného z blokov, ktorého celková hodnota je 0,103 mm. Napriek tejto skutočnosti možno potvrdiť vysokú účinnosť sanačných opatrení realizovaných na hrade v roku 1995. Rovnako aj sanácia hradu **Strečno**, uskutočnená v období od konca roka 2016 do začiatku roka 2018, sa zatiaľ javí ako úspešná. Svedčia o tom výsledky meraní do konca roka 2021. Okrem kolísavých pohybov ( $\leq 1,35$  mm) spôsobených výkyvmi teploty sa nepotvrdilo pôvodné otváranie trhliny. Nepatrný šmykový posun pozdĺž trhliny (os Y) v danom roku (0,131 mm) zatiaľ nemožno komentovať. Na **Spišskom hrade** sa v roku 2021 výraznejšie pohyby preukázali iba v prípade Perúnovej skaly (TM-h1, resp. TM-1 a TM-2) a v západnej časti II. nádvorja (TM-múr). Pokračoval dlhodobý trend (od roku 1980 resp. 1992) nakláňania bloku Perúnovej skaly smerom na SV, jej pomalé klesanie a veľmi malú pravotočivú rotáciu v rovine XY. Celkové hodnoty posunov v osiach X (rozširovanie a zužovanie trhliny) dosahujú 15,593 mm, resp. 13,093 a 8,651 mm. Prírastky posunov v roku 2021 sa pohybovali v intervale 0,019 – 0,456 mm. Prístroj TM-múr opäť potvrdil rozšírenie spodnej časti trhliny pod obvodovým múrom o 0,332 mm a celkovo dosahuje hodnotu 8,423 mm (od roku 1997). Trhlina je už viditeľná voľným okom. Tento dlhodobý trend je znepokojivý. O celkovej stabilite situácii monitorovaných blokov či príslušných múrov hradu informoval člen Kontrolnej komisie pre NKP Spišský hrad (poradný orgán generálneho riaditeľa SNM v Bratislave), Ing. Ľ. Petro, CSc., ostatných kolegov na jej druhom riadnom zasadnutí priamo na hrade dňa 22. 10. 2021. V priebehu roka pokračovali sanačné práce najmä v severnej časti hradu (pod Románskym palácom), na vstupnej bráne do hradu a obvodových múroch v jeho východnej časti.

Oproti prevažnej stagnácii pohybov v roku 2020, v monitorovacom cykle roku 2021 boli pozorované na monitorovaných diskontinuitách Uhrovského, Pajštúnskeho, Plaveckého a Trenčianskeho hradu zmeny šírky diskontinuit v meraných profiloch s rozsahom od ich zúženia o 0,226 mm do rozšírenia o 0,544 mm. Na **Uhrovskom hrade** sa rozšírila porucha v murive spodného podlažia kaplnky o 0,136 mm, trhlina v skalnom brale sa zúžila o 0,192 mm. Na **Trenčianskom hrade** sa všetky monitorované diskontinuity skalného brala zúžili v rozsahu do 0,20 mm, šírka trhliny v mure Južného opevnenia stagnovala. Na **Plaveckom hrade** sa oproti predchádzajúcim obdobiam stagnácie pohybov rozšírila výrazná trhlina skalného brala o 0,232 mm, šírka priebežnej diskontinuity oddeľujúcej menší skalný blok od samotného skalného brala sa v ročnom cykle rozšírila v meraných profiloch od 0,082 mm do 0,544 mm. Zmeny dilatácie diskontinuit skalného brala **Pajštúnskeho hradu** sa pohybovali v ročnom cykle od ich stagnácie až po zúženie o 0,346 mm.

## 2.7 Podsystem 07 – Monitorovanie riečnych sedimentov

Riečny sediment reprezentuje častice odvodené z hornín alebo biologických materiálov, ktoré boli transportované kvapalnou fázou, alebo pevnú, resp. suspendovanú fázou usadzovanú z vody. Štúdium vlastností a genézy riečnych sedimentov umožňuje robiť dôležité závery v rámci

prospektorských, geochemických a environmentálnych hodnotení. Cieľom monitorovacieho podsystemu riečnych sedimentov je identifikácia časových zmien a priestorových rozdielov obsahov vybraných ukazovateľov chemického zloženia **v aktívnom riečnom sedimente hlavných tokov Slovenska**, a to vplyvom primárnych (geogénnych) ako aj antropogénnych podmienok.

Analyzovaná asociácia ukazovateľov chemického zloženia v 42 vzorkách predstavovala v roku 2021 **stopové prvky** (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, V, Zn, Zr) a stanovenia organických ukazovateľov C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, PAU, PCB, organochlórovaných pesticídov a TOC.

Z pohľadu kontaminácie sú dlhodobo znečistené **toky Nitra** (odberové miesta Chalmová, Lužianky, Nitriansky Hrádok), **Štiavnica** (ústie), **Hron** (odberové miesta Kalná nad Hronom, Kamenica), **Hornád** (odberové miesto Krompachy) a **Hnilec** (odberové miesto prítok do nádrže Ružín). 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 (Zn, Pb, As, Sb) svedčia o pomerne značnom zaťažení oblastí potenciálnymi nebezpečnými látkami, ktoré pretrvávajú aj po útlme baníctva na Slovensku. Závažné sú aj obsahy ortuti a arzénu na rieke Nitra (odberové miesta Chalmová, Lužianky) pochádzajúce z intenzívnej priemyselnej činnosti na hornom Ponitří. Sledovanie vývoja znečistenia v riečnych sedimentoch v týchto oblastiach aj v ďalšom období má vzhľadom k uvedeným faktom veľký význam. Zvýšený obsah uvedených potenciálne toxických prvkov môže mať negatívny dopad na zdravotný stav obyvateľstva v týchto regiónoch, keďže nie je vylúčené, že kontaminanty môžu prestupovať aj do potravinového reťazca.

Zo zisťovaných obsahov organických látok sa javia závažné predovšetkým pretrvávajúce zvýšené koncentrácie **PCB v riečnych sedimentoch Laborca** (stanovište Lastomír). PCB sú nebezpečné látky patriace do skupiny chlórovaných polycyklických aromatických uhlíkovodíkov, majúce vysoký toxický potenciál pre vodné prostredie. Opakovane boli zistené vysoké koncentrácie polycyklických aromatických uhlíkovodíkov v riečnych sedimentoch **Kysuce** (stanovište Považský Chlmec), **Latorice** (stanovište Leleš), **Uhu** (Pinkovce), **Turca** (Vrútky). Riečny sediment patrí medzi významné zdroje ale aj receptory perzistentných organických polutantov, a preto je vzhľadom k stanoveným cieľom monitorovacieho subsystemu dôležité vo vybraných riečnych sedimentoch Slovenska sledovať vybrané organické látky aj naďalej.

V rámci monitorovania **snehovej pokrývky** bolo v roku 2021 odobratých 41 vzoriek snehov (z plánovaných 44 vzoriek). Vzhľadom k nepriaznivej snehovej situácii neboli vzorky snehov odobraté na 3 pôvodne plánovaných lokalitách. Analyzované boli základné fyzikálno-chemické ukazovatele (CHSK-Mn, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Fe<sub>celkom</sub>, Mn<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, F<sup>-</sup>, Li<sup>+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, SiO<sub>2</sub>), stopové prvky (As, Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Sb, Se, Co, Ag) a vypočítaná bola hodnota celkovej mineralizácie. Chemické zloženie snehovej pokrývky na Slovensku stanovené na základe výsledkov monitorovania v roku 2021 v nepravidelnej sieti odberových miest je pomerne variabilné. V našich geograficko-klimatických podmienkach variabilita chemického zloženia snehovej pokrývky odráža predovšetkým pôvod vzduchových hmôt, synoptickú situáciu, množstvo zrážok, resp. globálne, regionálne a lokálne znečistenie atmosféry, charakter suchého spádu (morská, terestrická, antropogénna emisia), dĺžku trvania snehovej pokrývky a priebeh teploty vzduchu. Z hľadiska celkového zaťaženia atmosféry v porovnaní s predchádzajúcimi rokmi (pri porovnaní s priemernými hodnotami vybraných zložiek za celé predchádzajúce obdobie pozorovania) môžeme hovoriť oproti priemerným koncentráciám o nižšej záťaži bez lokálne extrémne zvýšených anomálií. Prejavilo sa to hlavne na celkovo nízkych hodnotách celkovej mineralizácie snehových roztokov (väčšinou menej ako 10 mg.l<sup>-1</sup>). Najvyššia hodnota celkovej mineralizácie na úrovni 43,06 mg.l<sup>-1</sup> bola zistená na lokalite Bratislava – Slovnaft.

### 3 ZÁVER

Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia je dôležitou súčasťou Monitoringu životného prostredia Slovenskej republiky. Výber podsystémov ČMS je zameraný na geologické faktory (geohazardy) a na takú formu výstupov, ktoré poskytujú relevantné informácie pri riešení problémov ochrany životného prostredia.

V poslednom desaťročí, v dôsledku nepriaznivých klimatických pomerov, došlo postupne v rôznych obdobiach, vo viacerých častiach Slovenska, k aktivizácii, resp. reaktivácii viac ako **700 zosuvov**, ktoré v mnohých prípadoch priamo ohrozili životy a majetok obyvateľov a vyžiadali si vyhlásenie mimoriadnej situácie. V rámci podsystému „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2021 na 21 lokalitách vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – zosúvanie (12 lokalít), plazenie (4 lokality) a náznaky aktivizácie rúťivých pohybov (4 lokality). Samostatnou špecifickou skupinou hodnotenia stability prostredia je lokalita **Stabilizačného násypu v Handlovej**.

Na základe výsledkov pohybovej aktivity z inklinometrických meraní z roku 2021 možno za najaktívnejšiu považovať lokalitu **Handlová-Morovnianske sídlisko** v oblasti Jánošíkovej cesty. Namerané hodnoty predstavujú najvyššie etapové deformácie v období monitorovania. O nepriaznivých stabilitných pomeroch bola informovaná primátorka mesta Handlová. V priebehu roka bola mierne zvýšená pohybová aktivita zaznamenaná aj na zosuvných lokalitách **Ďačov, Bardejovská Zábava, Hodruša-Hámre a Svätý Anton**. Viaceré merania potvrdili akceleráciu svahového pohybu. Za najvážnejšiu situáciu považujeme nárast deformácie nad Hodrušským jazerom. Naopak, kontrolné septembrové meranie v obci Svätý Anton potvrdili účinnosť sanačných opatrení na zosuve, ktorý poškodzoval cestnú komunikáciu č. I/51 a inžinierske siete.

V roku 2021 bol na viacerých zosuvných lokalitách zaznamenaný vzostup HPV a zároveň boli pozorované i prekročenia dlhodobých maximálnych stavov HPV. Nárast HPV a jej vztlakové účinky spôsobujú zníženie stability v zosuvných územiach. Ako znepokojujúci hodnotíme výrazný vzostup HPV v oblasti Hodrušského jazera. Pozitívne však hodnotíme pokles HPV na lokalitách Šenkvice a Svätý Anton.

Do špecifickej skupiny lokalít hodnotenia stability prostredia je zaradený objekt **Stabilizačného násypu v Handlovej** (Príloha 2). Z meraní režimových ukazovateľov v roku 2021 bol v porovnaní s predchádzajúcim rokom pozorovaný mierny pokles priemernej úrovne HPV. Vo viacerých vrtoch vystúpila HPV nad úroveň terénu alebo sa dostala do jeho blízkosti. Priemerná hodnota výdatnosti drenážneho objektu v roku 2021, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, výraznejšie stúpla.

V roku 2021 pracovníci ŠGÚDŠ vykonali obhliadku/registáciu **14 nových/reaktivovaných svahových deformácií**. Pri ich aktivizácii sa dominantne uplatňovali klimatické pomery v kombinácii s nevhodnými antropogénnymi aktivitami. Niektoré z lokalít môžu byť navrhnuté do aktualizovaných zoznamov dokumentu „**Program prevencie zosuvných rizík - aktualizácia**“.

Z hľadiska monitoringu neotektonických pohybov výsledky meraní v roku 2021 potvrdili dlhodobý trend pravostranného šmykového posunu v **tuneli Branisko** prejavujúci sa rozširovaním trhliny; posun v priebehu roka narástol o 0,016 mm na celkových 2,328 mm.

V roku 2021 bolo zo záznamov 13 seizmických staníc interpretovaných 10 656 teleseizmických, regionálnych alebo lokálnych seizmických javov a určených bolo takmer 40 100 seizmických fáz. Lokalizovaných bolo cca 70-80 zemetrasení s epicentrom na území Slovenskej republiky. Makroseizmicky bolo v roku 2021 na území Slovenska pozorovaných 7 zemetrasení, z toho 4 zemetrasenia s epicentrom na Slovensku (zemetrasenie s epicentrom **pri Handlovej 28. 1. 2021**, zemetrasenie s epicentrom **pri Komárne 29. 8. 2021**, zemetrasenie s epicentrom **na Záhorí 6. 10. 2021** a zemetrasenie s epicentrom **na Horehroní 13. 10. 2021**), zemetrasenie s epicentrom **v Chorvátsku 6. 1. 2021** a 2 zemetrasenia s epicentrom **v Rakúsku 30. 3. 2021 a 20. 4. 2021**.

Monitorovanie na 60 lokalitách environmentálnych záťaží bolo zamerané najmä na zisťovanie chemického zloženia a kvality podzemných a povrchových vôd. Znečistenie z antropogénnych zdrojov sa prejavuje zvýšenými obsahmi **bóru** (16 lokalít), **Cl<sup>-</sup>** (20 lokalít), **NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** (22 lokalít). Zo špecifických organických látok sa ako najproblematickejšie javí znečistenie **chlórovanými alifatickými uhl'ovodíkmi**, najmä 1,2-dichlóreténom, tetrachlóreténom, trichlóreténom, chlóreténom (13 lokalít). **Polycyklické aromatické uhl'ovodíky** boli ako znečistenie identifikované na 3 lokalitách. Silné znečistenie zapríčinené ropnými látkami bolo zistené na 7 lokalitách. Zo stopových anorganických prvkov boli prekročené kritériá obsahov **As** (6 lokalít), **Cd** (3 lokality), **Mo** (3 lokality), **Ni** (4 lokality), **Sb** (2 lokality), **V** (2 lokality), **Zn** (2 lokality).

Na monitorovaných 13 rizikových banských lokalitách dlhodobo pretrvávajú prejavy nestability územia najmä v *Nížnej Slanej – ložisko Kobeliarovo* (aktívne trhliny v závalovom pásme). Na lokalite *Podrečany* bola identifikovaná aktivizácia odlučnej oblasti zosuvu na severozápadnom svahu opusteného ťažobného lomu v blízkosti cesty III/2664.

Z hydrogeologických aspektov vplyvov ťažby na životné prostredie bol pozorovaný neustálený režim na sideritovom *ložisku Manó v Nížnej Slanej*, kde od augusta 2011 prebieha zatápanie bane. Nepriaznivý stav odvodňovania s rozvojom krasovatenia síranovej polohy pretrváva na *Novej stôlni pri Tepličke nad Hornádom* (ložisková oblasť Novoveskej Huty). Na lokalite *Podrečany* pokračuje zvyšovanie úrovne hladiny vody v bývalom ťažobnom lome, čo zvyšuje riziko aktivizácie zosuvu na severozápadnom svahu.

V monitorovaných oblastiach banskej ťažby bol potvrdený pretrvávajúci stav negatívneho ovplyvnenia kvality miestnych povrchových tokov banskými vodami, drenážnymi vodami odkalísk a priesakovými vodami hald a prírodných ložiskových (geochemických) anomálií na lokalitách *Smolník* (Fe, Mn, Al, Zn, Cu, Cd), *Slovinky – Gelnica* (Sb), *Rudňany* (Sb, Mn, Ba, Cu), *Špania Dolina* (Cu, As, Sb), *Dúbrava* (Sb), *Banská Štiavnica* (Zn, SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Al, Cd), *Pezinok* (As, Sb), *Prešov – Solivary* (úniky soľanky z poškodených vrtov).

Pri monitorovaní stability horninových masívov pod historickými objektmi sa výraznejšie pohyby preukázali na *Spišskom hrade* v prípade Perúnovej skaly a v západnej časti II. nádvorja. Pohyby sa prejavujú nakláňaním bloku Perúnovej skaly na SV, jej pomalým klesaním a rozširovaním trhliny a takisto rozširovaním spodnej časti trhliny pod obvodovým múrom. Z vykonávaných meraní na hrade *Strečno* sa sanácia uskutočnená v období od konca roka 2016 do začiatku roka 2018 zatiaľ javí ako úspešná.

Z pohľadu kontaminácie sú dlhodobo znečistené toky *Nitra* (odberové miesta Chalmová, Lužianky, Nitriansky Hrádok), *Štiavnica* (ústie), *Hron* (Kalná nad Hronom, Kamenica), *Hornád* (Krompachy) a *Hnilec* (prítok do nádrže Ružín).

Z organických látok sa javia závažné predovšetkým pretrvávajúce zvýšené koncentrácie PCB v riečnych sedimentoch *Laborca* (stanovište Lastomír). Opakovane boli zistené vysoké koncentrácie **polycyklických aromatických uhl'ovodíkov** v riečnych sedimentoch *Kysuce* (stanovište Považský Chlmec), *Latorice* (Leleš), *Uhu* (Pinkovce), *Turca* (Vrútky).

Na základe výsledkov monitorovania je možné sledovať vzniknuté ohrozenie a následne prijať opatrenia, ktoré umožňujú s dostatočným predstihom predchádzať mimoriadnym udalostiam a tak chrániť životy a zdravie ľudí a predchádzať škodám na majetku. Je preto nevyhnutné naďalej pokračovať v monitorovaní **geologických hazardov**, predovšetkým **havarijných zosuvov**.