

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA



Podsystem 01

Zosuvy a iné svahové deformácie

Správa za rok 2023

Názov geologickej úlohy: **Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory**

Číslo geologickej úlohy: **207**

Zodpovedný riešiteľ
geologickej úlohy: **RNDr. Peter Ondrus**

Zodpovedný riešiteľ podsystemu: **RNDr. Peter Ondrejka, PhD.**

Spoluriešitelia: **RNDr. Peter Ondrejka, PhD., RNDr. Peter Ondrus,
RNDr. Pavel Liščák, CSc., RNDr. Ivan Dananaj, PhD.,
Mgr. Eduard Mašlár, Mgr. Ingrid Mašlárová,
Ing. Ľubomír Petro, CSc., Mgr. Marián Stercz,
Mgr. Róbert Jelínek, PhD., Daniela Magalová,
RNDr. Ľubica Iglárová, Mgr. Daniel Grega,
Ing. Katarína Pačajová, Ing. Matej Gužík, PhD.,
Ing. Silvia Jajčíšiová, Mgr. Robert Žjak,
Mgr. et Mgr. Juraj Miškolczi, PhD.**

Zástupca zhotoviteľa
geologických prác: **RNDr. Pavel Liščák, CSc.**

Štatutárny zástupca zhotoviteľa
geologických prác: **Ing. Radovan Piško
generálny riaditeľ ŠGÚDŠ**

Obsah

1. ZOSUVY a INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE	2
1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete	2
1.2. Pozorované ukazovatele	7
1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov	12
1.4. Výsledky monitorovania.....	14
1.4.1. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko	15
1.4.2. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta	39
1.4.3. Lokalita Svätý Anton	42
1.4.4. Lokalita Hodruša-Hámre	51
1.4.5. Lokalita Slanec-TP	58
1.4.6. Lokalita Dolná Mičiná	73
1.4.7. Lokalita Okoličné	75
1.4.8. Lokalita Ďačov	77
1.4.9. Lokalita Bardejovská Zábava	86
1.4.10. Lokalita Čirč.....	94
1.4.11. Lokalita Vyšný Čaj.....	100
1.4.12. Lokalita Šenkvice	108
1.4.13. Lokalita Veľká Izra	113
1.4.14. Lokalita Sokol	116
1.4.15. Lokalita Košický Klečenov	119
1.4.16. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou	123
1.4.17. Lokalita Handlová-Baňa	127
1.4.18. Lokalita Demjata	130
1.4.19. Lokalita Bratislava-Železná studnička	135
1.4.20. Lokalita Pezinská Baba	138
1.4.21. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp.....	141
2. ZÁVER.....	162
LITERATÚRA	167

1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE

V rámci pod systému 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie sú prezentované výsledky monitorovania reprezentatívnych lokalít za roky 2022 a 2023 a prehľadne sú spracované výsledky pozorovaní za dlhšie časové obdobie meraní. V úvodnej časti kapitoly sú spracované zásady riešenia úlohy a podrobne je opísaná metodika zberu, spracovania a hodnotenia monitorovacích meraní. Nosnú časť kapitoly tvorí vlastný opis výsledkov monitorovania v roku 2023 a analýza výsledkov meraní za dlhšie obdobie, v ktorej sa pozornosť sústreďuje predovšetkým na zaznamenané vývojové trendy zmien jednotlivých pozorovaných ukazovateľov.

1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete

Základné metodické princípy monitorovania zosuvov a iných svahových deformácií sú opísané v príslušných častiach predchádzajúcich správ, spracovávaných každoročne od roku 1998.

Výber monitorovaných lokalít sa v priebehu riešenia upravuje podľa aktuálnych celospoločenských požiadaviek i podľa monitorovaním zhodnoteného stabilného stavu. Podľa tých istých kritérií sa upravuje i rozsah metód a frekvencia monitorovania, ako aj aktuálny stupeň celospoločenskej významnosti reprezentatívnych lokalít.

V roku 2023 sa pokračovalo v monitorovacích meraniach na identickom súbore zosuvov z roku 2022; vývoj zmien v počte monitorovaných lokalít v skupine zosuvov v rámci riešenia úlohy ČMS – GF je na obr. 1.1.

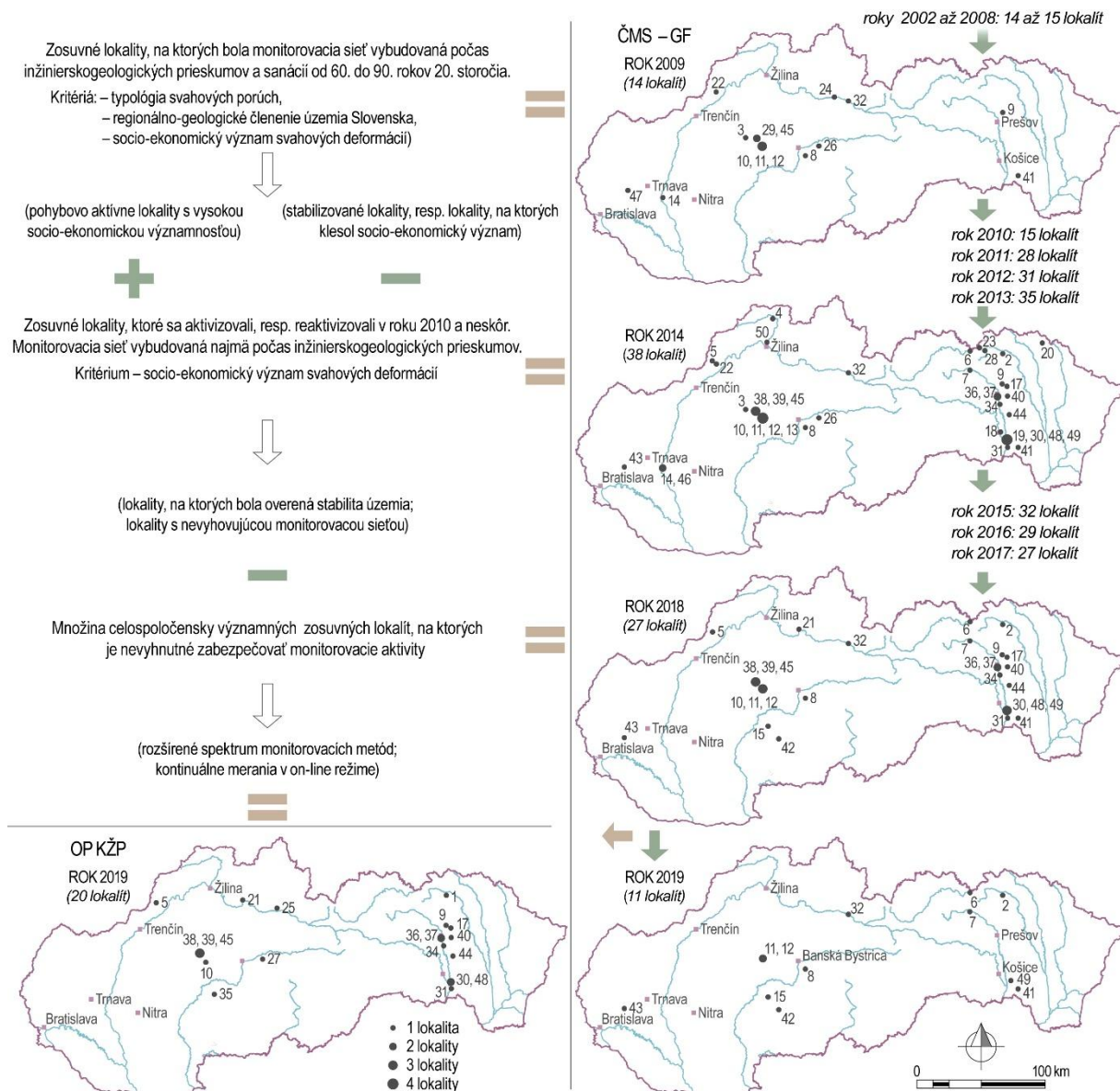
Rozsah použitých metód a frekvencia meraní bola rovnaká ako v roku 2022.

Podsystem 01 Zosuvy a iné svahové deformácie sa od začiatku riešenia od roku 1993 spracovával formou bodového monitorovania reprezentatívnych lokalít svahových pohybov. Výber monitorovaných lokalít bol založený na nasledujúcich kritériách:

- typologickom – podmieňujúcim zastúpenie základných typov svahových pohybov (zosúvania, plazenia a prognózovania pohybov typu rútenia),
- regionálno-geologickom – z ktorého vyplýva situovanie reprezentatívnych lokalít do základných inžinierskogeologických regiónov Západných Karpát (Matula a Pašek, 1986),
- celospoločenskej významnosti – podmieňujúcim výber z celospoločenského hľadiska najdôležitejších lokalít, na ktorých je už k dispozícii aspoň základná sieť monitorovacích objektov, vyžadujúcich si však trvalé udržiavanie, prípadne dopĺňovanie novými objektmi.

V súvislosti s aktivizáciou veľkého množstva zosuvov v roku 2010 bolo v nasledujúcom období preferované prevažne kritérium založené na spoločenskom hľadisku. Naopak, v roku 2019 boli v rámci pod systému 01 Zosuvy a iné svahové deformácie prerušené monitorovacie aktivity na zosuvných lokalitách s najvyššou socio-ekonomickou významnosťou. Prerušenie monitorovacích meraní súvisí so začlenením 16 zosuvných lokalít do geologickej úlohy, ktorá bola zameraná na monitoring svahových deformácií na celospoločensky najvýznamnejších zosuvných územiach v rámci Slovenskej republiky. Geologická úloha mala názov „Monitoring svahových deformácií“ a bola riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia (Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvnených zmenou klímy), jej realizácia začala v roku 2018 a ukončená bola v roku 2023.

Ďalším z kritérií výberu reprezentatívnych lokalít je ich rozmiestnenie vo všetkých oblastiach v zmysle inžinierskogeologickej rajonizácie územia slovenských Karpát. Ak však



Obr. 1.1. Monitorovacia sieť zosuvných lokalít na Slovensku v rámci riešenia úloh ČMS GF (podsystem 01 Zosuvy a iné svahové deformácie) a Monitoring svahových deformácií (riešená v rámci OP KŽP). Zobrazený vývoj zachytáva zmeny počtu lokalít od roku 2009 do roku 2019 v skupine zosúvania. 1 – Bardejov-pravoslávny chrám, 2 – Bardejovská Zábava, 3 – Bojnice, 4 – Čadca, 5 – Červený Kameň, 6 – Čirč, 7 – Ďačov, 8 – Dolná Mičiná, 9 – Fintice, 10 – Handlová-1960, 11 – Handlová-Kunešovská cesta, 12 – Handlová-Morovnianske sídlisko, 13 – Handlová-Žiarska ulica, 14 – Hlohovec-Posádka, 15 – Hodruša-Hámre, 16 – Chmiňany, 17 – Kapušany, 18 – Košice-Dargovských hrdinov, 19 – Košice-Krásna, 20 – Krajná Poľana, 21 – Kraľovany, 22 – Kvašov, 23 – Lenartov, 24 – Liptovská Mara, 25 – Liptovská Štiavnica, 26 – Ľubietová-1977, 27 – Ľubietová-nad ihriskom, 28 – Lukov, 29 – Malá Čausa, 30 – Nižná Hutka, 31 – Nižná Myšľa, 32 – Okoličné, 33 – Pečovská Nová Ves, 34 – Petrovany, 35 – Podhorie, 36 – Prešov-Horárska ul., 37 – Prešov-Pod Wilec Hôrkou, 38 – Prievidza-Hradec, 39 – Prievidza-Velká Lehôtka, 40 – Ruská Nová Ves, 41 – Slanec-TP, 42 – Svätý Anton, 43 – Šenkvice, 44 – Varhaňovce, 45 – Veľká Čausa, 46 – Vinohrady nad Váhom, 47 – Vištuk, 48 – Vyšná Hutka, 49 – Vyšný Čaj, 50 – Žilina-Vranie (Jánová, Liščák et al., 2021).

berieme do úvahy skutočnosť, že vývoj každého monitorovaného svahového pohybu primárne ovplyvňuje geologická stavba prostredia, v ktorom sa nachádza (a ktorá nemusí dostatočne vystihovať charakter danej oblasti podľa regionálneho inžinierskogeologického členenia), vytvorilo sa niekoľko účelovo zjednodušených modelov prostredia, v ktorých sa nachádzajú vybrané monitorované lokality:

- Neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentmi;

- Neogénne sedimenty (piesky, íly, slabo spevnené pieskovce, prachovce a ílovce);
- Sedimenty flyšového charakteru (striedanie pieskovcov a ílovcov prevažne paleogénneho veku);
- Skálne horniny mezozoického a predmezozoického veku.

Od roku 2019, v súvislosti s redukciou v množine monitorovaných svahových deformácií, došlo k zásadným zmenám v oblasti zastúpenia zosuvných lokalít v jednotlivých inžinierskogeologických regiónoch a oblastiach. V porovnaní s obdobím do roku 2018, kedy mierne prevládali zosuvy v horninovom prostredí flyšového charakteru, sú zosuvné lokality v jednotlivých inžinierskogeologických regiónoch zastúpené relatívne proporčne (tab. 1.1).

Tab. 1.1. Zaradenie reprezentatívnych lokalít podľa základných typov svahových pohybov a podľa regionálneho inžinierskogeologického členenia slovenských Karpát

Inžiniersko-geologický región	Inžiniersko-geologická oblasť	Lokality svahových pohybov			
		Zosúvanie	Plazenie	Rútenie (stabilita skalných zárezov)	Iné
Región jadrových pohorí	Oblasť jadrových stredohorí			- Bratislava Železná st. - Pezinská Baba	
Región karpatského flyša	Oblasť flyšových hornatín		- Jaskyňa pod Spišskou		
	Oblasť flyšových vrchovín	- Bardejovská Zábava - Čirč - Ďačov		- Demjata	
Región neovulkanitov	Oblasť vulkanických hornatín	- Slanec-TP - Hodruša-Hámre	- Košický Klečenov - Sokol - Veľká Izra	- Handlová-Baňa	
	Oblasť vulkanických vrchovín	- Dolná Mičiná			
Región neogénnych tektonických vkleslín	Oblasť vnútrohorských kotlín	- Handlová (Kunešovská cesta) - Handlová-Mor. sídlisko - Okoličné - Vyšný Čaj			- Handlová (Stabilizačný násyp)
	Oblasť vnútrokarpatských nížin	- Šenkvice			

Pri výbere reprezentatívnych lokalít je pravidelne aktualizovaná ich celospoločenská dôležitosť, ako aj stav monitorovacej siete. Uvedené skutočnosti podmieňujú najmä frekvenciu meraní, ale aj rozsah aplikovaných monitorovacích metód. Na základe celospoločenskej dôležitosti boli lokality rozdelené do troch skupín významnosti:

- **Lokality veľmi významné** – stupeň dôležitosti III (ide o svahové poruchy, ktoré aktuálne ohrozujú významné objekty technosféry, prejavy ich aktivity boli zaznamenané v nedávnej minulosti a existujúca monitorovacia sieť umožňuje aplikovať širší súbor monitorovacích meraní s dostatočnou frekvenciou);

- **Lokality významné** – stupeň dôležitosti II (predstavujú svahové poruchy čiastočne stabilizované alebo nachádzajúce sa mimo významných objektov technosféry s monitorovacou

sieťou, umožňujúcou vykonávať iba niektoré zo základného sortimentu monitorovacích meraní);

– **Lokality menej významné** – stupeň dôležitosti I (ide o svahové poruchy, ktoré sú stabilizované a ich význam je z celospoločenského hľadiska v súčasnosti nižší, nemožno však vylúčiť ich opätovnú aktivizáciu v súvislosti s rôznymi činiteľmi – napr. klimatickými faktormi, ale aj výstavbou nových objektov, zmenami v geometrii svahov alebo inými geogénnymi/antropogénnymi faktormi). Monitoring na týchto lokalitách má prevažne udržiavací charakter; v prípade potreby sa môže jeho rozsah i frekvencia zvýšiť a lokality môžu byť preradené do vyššej kategórie významnosti.

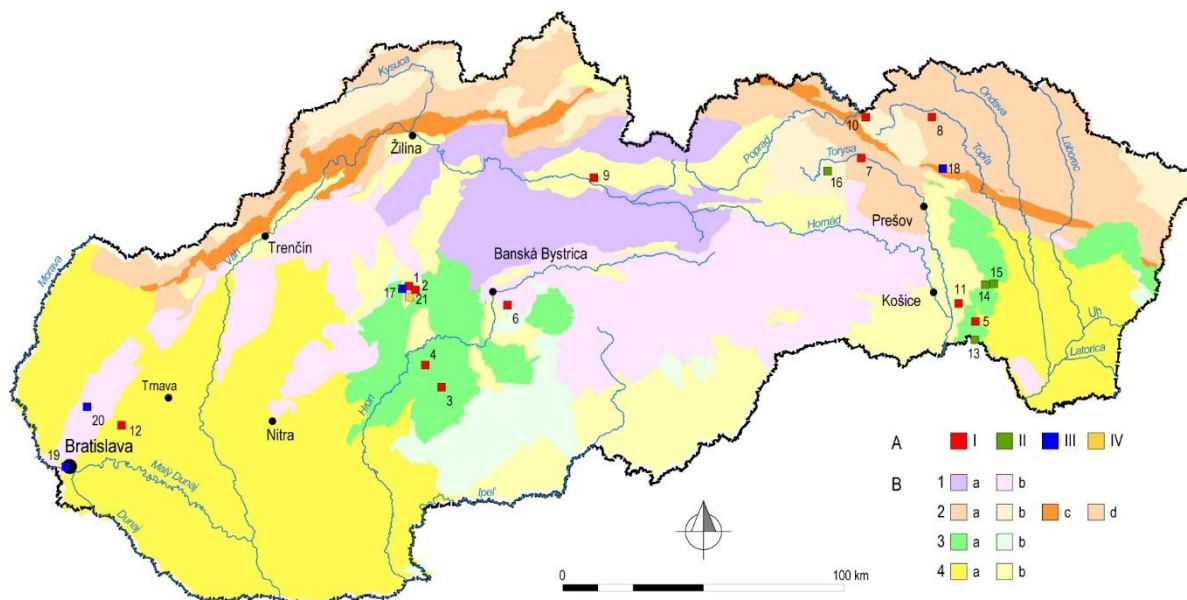
Tab. 1.2. Prehľad lokalít monitorovania zosuvov a iných svahových deformácií

Typ svahového pohybu	Geologická stavba	Celospoločenská dôležitosť	Lokality
Zosúvanie	Neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentmi	Veľmi významná	1. Handlová-Morovnianske sídlisko 2. Handlová-Kunešovská cesta 3. Svätý Anton 4. Hodruša-Hámre
		Významná	5. Slanec-TP 6. Dolná Mičiná
	Sedimenty flyšového charakteru	Veľmi významná	7. Ďačov 8. Bardejovská Zábava
		Významná	9. Okoličné 10. Čirč
	Neogénne sedimenty	Veľmi významná	11. Vyšný Čaj 12. Šenkvice
Plazenie	Neogénne vulkanity	Významná	13. Veľká Izra 14. Sokol 15. Košícký Klečenov
	Sedimenty flyš. char.	Významná	16. Jaskyňa p. Spišskou
Rútenie	Neogénne vulkanity	Menej významná	17. Handlová-Baňa
	Sedimenty flyšového charakteru	Významná	18. Demjata
	Skalné horniny paleozoického veku	Menej významná	19. Bratislava-Železná st. 20. Pezinská Baba
Iné: Stabilita vodohospodárskeho diela	Antropogénne sedimenty na kvartérnych a paleogén. horninách	Veľmi významná	21. Handlová-Stabilizačný násyp

Zoradenie jednotlivých monitorovaných lokalít (stav z roku 2023) na základe regionálneho inžinierskogeologického členenia Západných Karpát a podľa typu svahových pohybov je v tab. 1.1. Zoradenie lokalít podľa zjednodušených typových modelov horninového prostredia a celospoločenskej významnosti pozorovaných svahových porúch je v tab. 1.2 a ich situovanie je na obr. 1.2.

Vzhľadom na rozdielnosť monitorovacích metód, aplikovaných pre rôzne typy svahových deformácií, je práve typ svahovej poruchy primárnym kritériom členenia súboru lokalít. Rozmanitosť charakteru svahových pohybov v rôznych geologických prostrediach podmieňuje druhú úroveň členenia súboru hodnotených lokalít. Konečným kritériom je rozdelenie lokalít podľa celospoločenskej významnosti. Poradie reprezentatívnych lokalít, uvedené v tab. 1.2, zodpovedá postupnosti ich opisu v podkapitole 1.4.

Okrem napĺňania základných cieľov čiastkového monitorovacieho systému sa snažíme o optimalizáciu monitorovacích aktivít na základe kvalitatívnych vlastností monitorovacích objektov. Pre tento účel realizujeme analýzy, zamerané na verifikáciu spoľahlivosti nameraných údajov. Na základe výsledkov analýzy, ale aj dlhodobých skúseností, boli viaceré monitorované body vyhodnotené ako nereprezentatívne, resp. namerané výsledky na týchto bodoch za málo vierohodné. Monitorovacie aktivity na uvedených bodoch boli ukončené.



Obr. 1.2. Rozmiestnenie monitorovaných lokalít svahových deformácií na území SR (čísla lokalít zodpovedajú číslu v tab. 1.2); A – typologické členenie svahových pohybov: I – lokality zo skupiny zosúvania, II – lokality zo skupiny plazenia, III – lokality zo skupiny rútenia (stabilita skalných zárezov), IV – špeciálne lokality (Handlová-Stabilizačný násyp); B – regionálne inžinierskogeologické členenie slovenských Karpát (Hrašná a Klukanová, 2002 in Atlas krajiny SR, 2002): 1 – región jadrových pohorí: a – oblasť vysokých jadrových pohorí, b – oblasť jadrových stredohorí, 2 – región karpatského flyšu: a – oblasť flyšových vrchovín, subregión vonkajších flyšových Karpát, b – oblasť flyšových hornatín, subregión vonkajších flyšových Karpát, c – oblasť flyšových vrchovín, subregión bradlového pásma, d – oblasť flyšových vrchovín, subregión vnútorných flyšových Karpát, 3 – región neogénnych vulkanitov: a – oblasť vulkanických hornatín, b – oblasť vulkanických vrchovín, 4 – región neogénnych tektonických vkleslín: a – oblasť vnútrokarpatských nížin, b – oblasť vnútrohorských kotlín.

1.2. Pozorované ukazovatele

Súborný prehľad aktuálne používaných metód monitorovania svahových pohybov je uvedený v tab. 1.3. Vzhľadom na rozdielnu podstatu meraní sú v tabuľke 1.3 samostatne vyčlenené metódy monitorovania, používané pre rôzne typy svahových pohybov a pozorované ukazovatele, ktoré sa týmito meraniami získavajú.

A. Zosúvanie

a/ Merania posunov

Základným monitorovacím meraním na zosuvných územiach je meranie pohybu zosuvných hmôt, vykonávané prostredníctvom merania posunov bodov monitorovacej siete v určitých časových intervaloch.

Na meranie posunov bodov sa používa viacero metód; najpoužívanejšie z nich sú rôzne *terestrické geodetické metódy*, ktoré majú v tejto oblasti použitia najbohatšiu tradíciu. Podstata terestrických metód zostáva v zásade rovnaká, avšak vďaka výraznému progresu v kvalite meracej techniky i v spôsoboch spracovávania údajov sa postupne dosahuje čoraz väčšia presnosť meraní.

Terestrické metódy boli v poslednom období prakticky nahrádzané *presnou družicovou technológiou GNSS (Globálne navigačné satelitné systémy)*, často nie celkom správne označované skratkou GPS (z angl. „Global Positioning System“), ktorá je významne využívaná v geodézii na veľmi presné meranie priestorovej polohy diskretných bodov. Napriek nesporným výhodám a vývoju meracej technológie GNSS z hľadiska metodického i inštrumentálneho, nemôže na zosuvných územiach zatiaľ úplne nahradiť klasické terestrické metódy vzhľadom na to, že v prípade zalesnených častí územia je aplikovateľnosť metódy GNSS značne obmedzená. Preto i v budúcnosti možno za perspektívnu považovať vzájomnú kombináciu terestrických a GNSS metód v závislosti od charakteru meranej lokality. Obe uvedené metódy sa v minulosti hojne využívali pri sledovaní pohybovej aktivity. V súčasnosti, vzhľadom na charakter monitorovacej siete aktuálne monitorovaných lokalít, je ich aplikácia obmedzená len na jednu lokalitu – zosuvné územie Okoličné (meranie je vykonávané s frekvenciou raz za 2 až 3 roky).

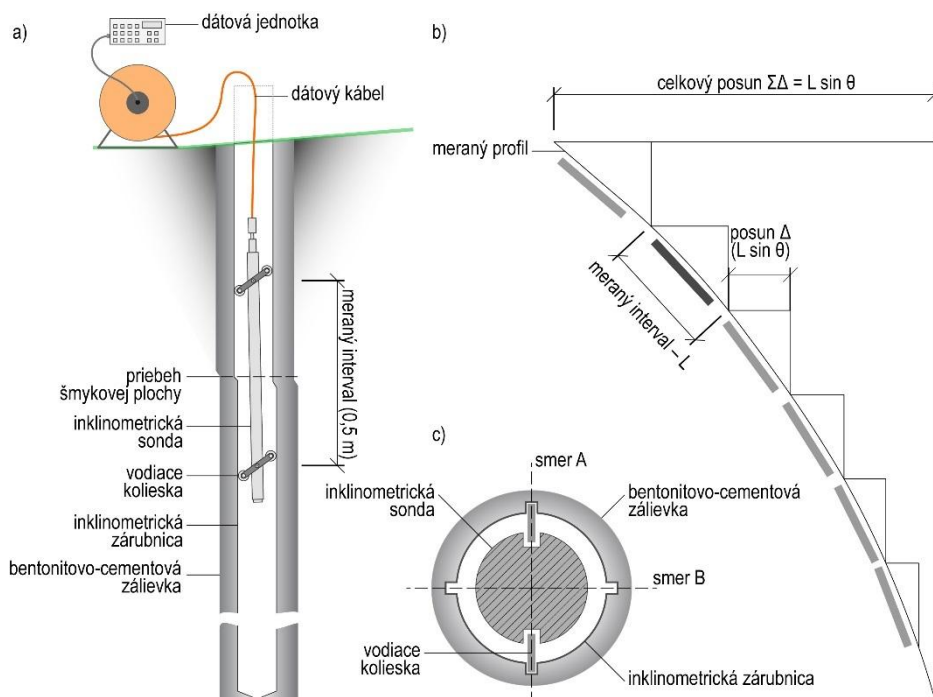
b/ Merania deformácií

Svojou podstatou sú merania deformácií veľmi príbuzné meraniam posunov; vykonávajú sa však v podpovrchových horizontoch zosuvných hmôt.

Z viacerých metód azda najviac overená a používaná je *metóda presnej inklinometrie* (Gajdoš a Wagner, 2005). Vzhľadom na kvalitu výstupov (úplná informácia o vektore deformácie v príslušnej hĺbke merania) táto metóda prakticky „vytlačila“ iné spôsoby merania, aplikované na tento účel v minulosti (napr. priechodomery, kyvadlá). Súčasne možno konštatovať, že prevažná väčšina novších metód merania deformácií je odvodená práve zo základného typu merania presnou inklinometriou.

Z metód, ktoré sa v súčasnosti začínajú čoraz viac uplatňovať treba uviesť *metódu stacionárnej inklinometrie*. Metóda umožňuje kontinuálne merať vývoj deformácií v určitej hĺbke, zvyčajne na úrovni šmykovej plochy. Merania stacionárnym inklinometrom majú podstatne vyššiu frekvenciu, ako merania prenosným inklinometrom, čo významne mení pohľad na vývoj deformácie v čase a umožňuje porovnávať výsledky s inými kontinuálnymi meraniami, a tak odvodiť prípadné závislosti medzi nimi. Nevýhodou tohto spôsobu monitorovania deformácie je, že získať informácie z celého profilu vrtu je technicky, a teda aj ekonomicky, veľmi náročné. Pozornosť sa preto venuje vybraným zónam – šmykovým plochám, ktoré treba určiť s vysokou presnosťou ešte pred inštaláciou zariadenia. Úspešne bola

táto metóda v rokoch 2009 – 2010 aplikovaná na lokalite Veľká Čausa (Ondrejka et al., 2011). Skúsenosti s monitorovaním stacionárnou inklinometrickou sondou počas riešenia úlohy ČMS – GF sú zo zosuvných území: Prievidza-Hradec, Handlová z roku 1960, Handlová-Kunešovská cesta, Handlová-Morovnianske sídlisko a Nižná Myšľa. V súčasnosti, vďaka riešeniu geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií, boli v jarňách mesiacoch roku 2023 inštalované stacionárne inklinometre do 101 vrtov.



Obr. 1.3. Princíp realizácie inklinometrických meraní; a – vertikálny rez inklinometrickým vrtom spolu s inklinometrickou sondou a príslušenstvom, b – schematický postup stanovenia veľkosti deformácie; c – horizontálny rez inklinometrickým vrtom so zavedenou inklinometrickou sondou (zostavené podľa Rozsypala, 2001).

c/ Merania zmien zosuvotvorných faktorov

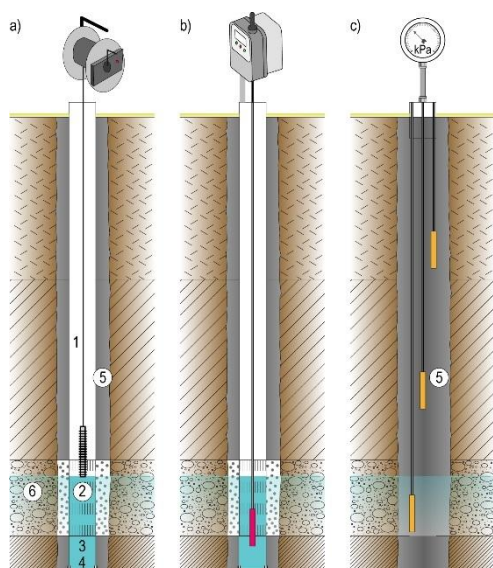
V rámci meraní zmien zosuvotvorných faktorov sa v našich podmienkach pozornosť tradične sústreďuje na režimové pozorovania zmien úrovne hladiny podzemnej vody v pozorovacích objektoch a zmien výdatnosti odvodňovacích zariadení (tab. 1.3).

Pri meraní zmien hĺbky hladiny podzemnej vody sa na všetkých významnejších lokalitách merania pozorovateľov nahrádzajú kontinuálnym zberom údajov pomocou automatických hladinomerov, ktoré navyše kontinuálne zaznamenávajú i zmeny teploty podzemnej vody, čo vytvára potenciál pre širšie analýzy medzi rôznymi pozorovanými faktormi. Na vybraných lokalitách bola vďaka špeciálnym automatickým hladinomerom zvýšená úroveň monitorovania na varovné systémy (ide o systém, ktorý v autonómnom režime poskytuje informácie o prekročení nastavených kritických hĺbok hladiny podzemnej vody; žiaľ v súčasnosti sú uvedené varovné systémy mimo prevádzky).

Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení vo všetkých prípadoch vykonávajú pozorovatelia. Na vybraných lokalitách možno v budúcnosti uvažovať tiež s inštaláciou kontinuálnych meracích zariadení – ich použitie však v značnej miere závisí od možností technickej inštalácie prístrojov na konkrétnej lokalite.

Úspešná prevádzka dvoch typov automatických prietokomerov, z ktorých jeden je založený na ultrazvukovom princípe, s použitím Dopplerovho javu (určený na sledovanie vyšších prietokov) a druhý, založený na stanovení počtu impulzov (člnkový preklápačí

prietokomer; určený na sledovanie nižších prietokov), inštalovaných vďaka spomenutej geologickej úlohe Monitoring svahových deformácií, prebieha na 5 lokalitách (spolu 17 automatických prietokomerov).



Obr. 1.4. Meranie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody. V otvorených systémoch: a – pomocou Rangovej pišťaly, b – pomocou automatického hladinomeru; v uzavretých systémoch – c – meranie pomocou snímačov pórového tlaku. 1 – neperforovaná časť pažnice, 2 – filtračná časť pažnice, 3 – kalník, 4 – dno vrtu, 5 – ílové tesnenie, 6 – zvodnená vrstva.

Tab. 1.3. Prehľad aktuálnych metód monitorovania svahových pohybov.

Typ svahového pohybu	Pozorované ukazovatele	Metódy monitorovania
Zosúvanie	a/ Posuny	– Geodetické – GNSS, terestrické
	b/ Deformácie	– Presná inklinometria (prenosný a stacionárny inklinometer)
	c/ Zosuvotvorné faktory (režimové pozorovania, klimatické faktory)	– Merania hĺbky hladiny podzemnej vody a jej teploty (terénni pozorovatelia, automatické hladinomery) – Meranie pórových tlakov – Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení – Merania zrážkových úhrnov – Meranie teploty vzduchu
Rútenie	a/ Posuny	– Dilatometrické (tyčovým meradlom Somet a meradlom posunov)
	b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu	– Merania zrážkových úhrnov – Záznam počtu mrazových dní
	c/ Zmeny morfológie skalnej steny	– Merania mikromorfologických zmien povrchu horniny
Plazenie	a/ Posuny	– Dilatometrické (opticko-mechanickým dilatometrom TM-71)
	b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu	– Merania zrážkových úhrnov

V tabuľke nie sú uvedené monitorovacie metódy založené na diaľkovom prieskume Zeme (InSAR a LiDAR), ktoré pri hodnotení stabilitných pomerov zosuvných území získavajú v celosvetovom meradle popredné miesto. V rámci riešenia úlohy ČMS – GF bola technológia InSAR využívaná do roku 2018, v súčasnosti je aplikovaná na viacerých lokalitách monitorovaných prostredníctvom geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií.

Nevyhnutnou súčasťou informácií o stave zosuvotvorných faktorov sú *údaje o zrážkach*. Táto informácia sa preberá zo siete staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu (ďalej SHMÚ); na celospoločensky dôležitých lokalitách je však snaha inštalovať lokálne zrážkomerné stanice, zaznamenávajúce i údaje o teplote vzduchu (v minulosti boli v prevádzke na zosuvných lokalitách Veľká Čausa a Okoličné).

B. Rútenie

Metódy monitorovania náznakov svahových pohybov typu rútenia majú špecifický charakter. V doterajšej praxi sa najčastejšie používali dva okruhy metód na meranie posunov bodov – metódy dilatometrické (tab. 1.3) a metódy fotogrametrické (používané do roku 2014 – lokalita Demjata). Možno konštatovať, že i napriek nesporným výhodám fotogrametrických metód sa v súčasnosti pozornosť sústreďuje výlučne len na dilatometrické merania.

a/ Merania posunov

Z *dilatometrických meraní* sa najčastejšie aplikujú *merania tyčovým meradlom Somet*, ktorými sa zisťuje zmena vzdialenosti medzi bodmi, pevne osadenými v horninovom masíve. Určitým zdokonalením tohto merania je použitie *meradla posunov*, ktorým možno zaznamenať posun bodov nielen v rovine merania, ale aj v priestore (Wagner et al., 2002). Napriek širokému rozsahu použitia dilatometrických metód pri hodnotení stability skalných svahov treba upozorniť na zásadný a všeobecne platný technický problém ich aplikácie – pevné meracie body možno osadiť iba v relatívne pevnom skalnom prostredí. V dôsledku toho sú zmeny v najproblematickejších častiach skalného masívu (poruchové pásma, výrazné diskontinuity a pod.) zvyčajne touto metódou nemerateľné.

b/ Merania zmien faktorov vplývajúcich na stabilitu svahu

Okrem tradičného zberu údajov o zrážkových úhrnoch zo staníc SHMÚ patria pri posudzovaní stability skalných svahov k dôležitým informáciám údaje o počte mrazových dní, ako aj vyčíslenie počtu náhlych extrémnych zmien teploty (prudké oteplenie, prudké ochladenie), významne vplývajúcich na fyzický stav hodnoteného skalného masívu.

c/ Merania zmien morfológie skalnej steny

Tieto merania možno považovať za doplnujúce, zamerané na zaznamenanie postupu zvetrávacích procesov na povrchu skalného masívu. Merania *mikromorfologických zmien* povrchu skalnej steny majú už pomerne dlhú tradíciu a preukázalo sa nimi viacero zaujímavých výsledkov (Jánová a Liščák, 2001).

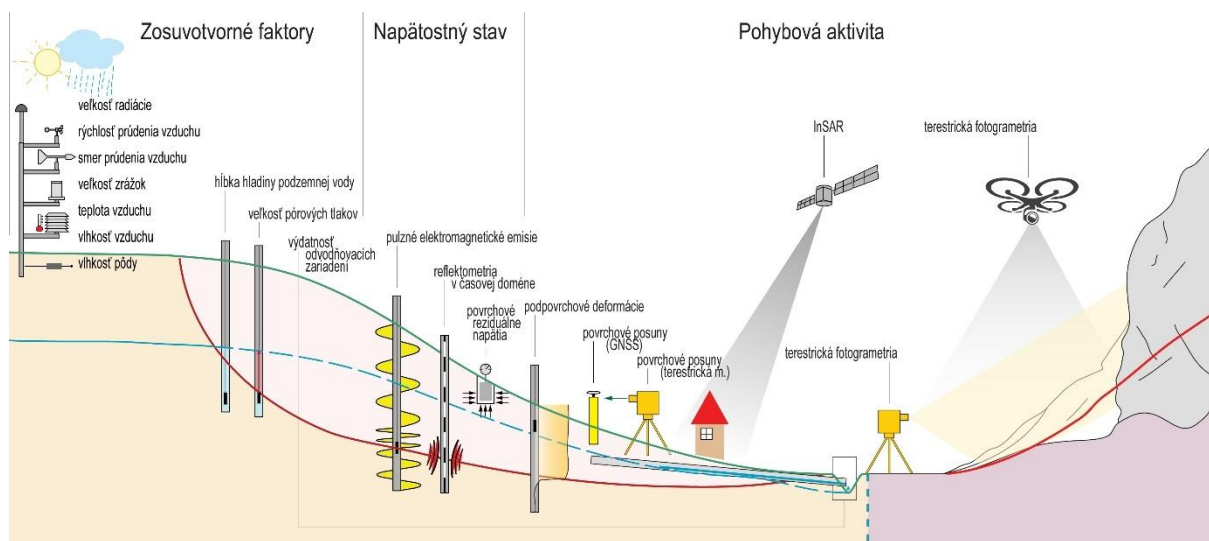
C. Plazenie

a/ Merania posunov

Pri monitorovaní svahových pohybov charakteru plazenia sa najčastejšie používa meranie *opticko-mechanickým dilatometrom TM-71* (Petro et al., 1999, 2004). Dilatometer umožňuje zaznamenať deformáciu medzi meranými blokmi v priestorových súradniciach s vysokou presnosťou (do 0,1 mm za rok). Doterajšie výsledky meraní a ich vyhodnotenia naznačujú, že ide o vhodný a dostatočne reprezentatívny spôsob monitorovania svahových pohybov tohto typu a možno odporučiť zachovanie uvedeného spôsobu merania i v budúcnosti.

b/ Merania zmien faktorov vplývajúcich na stabilitu svahu

V prípade lokalít charakteru plazenia sa vykonával zber údajov o zrážkových úhrnoch zo staníc SHMÚ.



Obr. 1.5. Prehľad metód používaných pri monitorovaní zosuvov (Janová, Liščák et al., 2021)

1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov

Základný spôsob zberu údajov je uvedený v predchádzajúcej kapitole a čiastočne naznačený i súpisom monitorovacích metód v tab. 1.3. Vo všeobecnosti možno konštatovať, že vývoj v oblasti spôsobov a frekvencie zberu údajov smeruje od jednorazových, prevažne mechanicky vykonávaných meračských operácií, ku kontinuálnym automatickým meraniam. Pretrvávajú snaha rozvíjať prenos údajov prostredníctvom on-line systémov, a to od monitorovacieho objektu až do centra monitorovania, kde by sa priebežne, ideálne automaticky, vyhodnocovali (uvedený postup bol v minulosti overený na dvoch zosuvných lokalitách v rámci subsystému 01 zosuvy a iné svahové deformácie a v súčasnosti je aplikovaný pri riešení geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií).

Dosiaľ používaná frekvencia zberu údajov je vo všeobecnosti podmienená viacerými faktormi:

- celospoločenskou dôležitosťou monitorovanej lokality,
- fyzikálnou podstatou monitorovaného javu,
- aktuálnym stupňom stability svahu,
- nákladnosťou monitorovacích meraní.

V nadväznosti na tieto faktory sa v predchádzajúcich rokoch, ale i v roku 2023, zaužívala nasledujúca frekvencia zberu údajov z lokalít svahových pohybov:

a/ Merania na zosuvoch

– Geodetické GNSS/terestrické merania boli naposledy realizované v roku 2022 na lokalite Okoličné. Merania sú zabezpečené v dvoj- až trojročnom intervale. V minulosti, do roku 2018, boli merania vykonávané na viacerých lokalitách, a to na konci jarneho obdobia, resp. na začiatku letného obdobia (apríl až júl), prípadne na konci jesenného obdobia (z dôvodu nižšieho pokrytia vegetačným porastom);

– Merania metódou presnej inklinometrie (prenosný variant) sa zvyčajne vykonávali raz ročne, najčastejšie v období apríl až jún príslušného roku. V prípade pohybovo najaktívnejších lokalít sa merania vykonávali častejšie. Frekvencia meraní do roku 2022 bola ustálená na dvoch meraniach za rok, výnimočne však i troch meraniach za rok (napr. lokalita Svätý Anton v rokoch 2021 a 2022). V súčasnosti, vzhľadom na finančné možnosti, sme sa vrátili k modelu jedno meranie za rok. V minulosti boli vystrojené viaceré vrty stacionárnymi inklinometrickými sondami, ktoré zaznamenávali deformácie s frekvenciou jeden deň.

Na viacerých zosuvných lokalitách došlo počas riešenia geologickej úlohy k zmenám, ktoré si vyžiadali ukončenie dlhého časového radu meraní a začatie nového, teda novej meracej epochy. Tieto udalosti najčastejšie súviseli s ukončením monitoringu formou subdodávok, ktorými sa zabezpečovali kontrolné merania (od roku 2011 sú inklinometrické merania realizované výlučne v réžii ŠGÚDŠ), ale aj v dôsledku zmeny inklinometrickej sondy (po roku 2014, po obstaraní druhej inklinometrickej sondy na ŠGÚDŠ, boli na viacerých lokalitách v snahe znížiť cestovné náklady, merania realizované novou sondou). Zmeny tohto charakteru si vždy vyžiadali realizáciu nultého merania. Pri uvedených zmenách bola zakaždým snaha o vykonanie tzv. „prepojovacieho etapového merania“, vďaka čomu jednotlivé etapové intervaly na seba nadväzujú, avšak celková deformácia na sledovaných šmykových plochách je hodnotená po epochách.

– Režimové pozorovania (merania hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení) sa vykonávajú v relatívne širokej škále frekvencií – od nepravidelných meraní (10-krát ročne), ktoré sú súčasťou obhliadok stavu monitorovacích zariadení, cez pravidelné merania s dvoj- alebo jednotýždenným intervalom, až po kontinuálny (hodinový) zber údajov prostredníctvom automatických hladinomerov;

– Zrážkové úhrny – denné, resp. mesačné, sú preberané zo zrážkomerných staníc siete SHMÚ.

b/ Merania náznakov pohybov typu rútenia

– Dilatometrické merania meradlom Somet a meradlom posunov sa v minulosti vykonávali pravidelne dvakrát ročne, v jarnom a jesennom cykle, v súčasnosti sa ich frekvencia znížila na jedno meranie za rok;

– Merania mikromorfologických zmien povrchu horniny sa uskutočňujú jeden až dvakrát ročne. V prípade, že sú merania vykonávané dvakrát za rok, zabezpečujú sa v jarnom a jesennom období;

– Informácie o zrážkach a počte mrazových dní sa preberajú z údajov poskytnutých SHMÚ.

c/ Merania svahových pohybov typu plazenia

– Odčítanie údajov z dilatometra TM-71 sa v súčasnosti uskutočňuje štyrikrát ročne. V minulosti frekvencia meraní dosahovala v niektorých prípadoch aj 5 meraní za rok.

– Zrážkové úhrny – denné, resp. mesačné, sú preberané zo zrážkomerných staníc siete SHMÚ.

Vo všeobecnosti platí, že frekvencia pozorovaní je o to hustejšia, čím je lokalita z celospoločenského hľadiska dôležitejšia, pričom je snaha postupne prejsť na kontinuálny spôsob merania.

Frekvencia rôznych monitorovacích meraní, uskutočnených v rokoch 2022 a 2023 na jednotlivých lokalitách, je uvedená v prehľadnej tabuľke pri opise každej z pozorovaných lokalít. Na základe zhodnotenia výsledkov meraní za určité obdobie sa odvodzuje rozsah a frekvencia meraní v nadchádzajúcom roku.

1.4. Výsledky monitorovania

Podrobný opis všetkých monitorovaných lokalít, vrátane geologickej situácie sa nachádza v správach z predchádzajúcich rokov, z ktorých niektoré boli publikované v článkoch (napr. Wagner et al., 2002, Petro et al., 2011, Ondrejka et al., 2011, atď.). Primárne informácie o svahových poruchách sú však v správach z prieskumov a sanácií. Z tohto dôvodu sa pri opise jednotlivých lokalít sústreďujeme najmä na opis výsledkov monitorovania z roku 2023 a na porovnanie uvádzame i výsledky meraní z roku 2022.

Štruktúra opisu jednotlivých monitorovaných lokalít je nasledujúca:

- Stručná charakteristika lokality (v snahe redukovať rozsah správy sa na dlhodobu hodnotených lokalitách uvádzajú iba základné informácie o monitorovanej svahovej poruche; podrobnejšie charakteristiky sú uvedené v správach z predošlého riešenia úlohy – napr. Ondrejka et al., 2012 až 2022);
- Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023 zhrnutý v tabuľkovej forme;
- Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023. Výsledky monitorovania sú opísané postupne podľa aplikovaných monitorovacích metód, vyjadrené sú v situáciách, grafoch a tabuľkách a charakterizujú stav pozorovaných parametrov do konca kalendárneho roka 2023, alebo – pri niektorých typoch meraní – do momentu posledného merania, uskutočneného v roku 2023;
- Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za dlhšie obdobie, vyjadrené vo vývojových grafoch zmien pozorovaných ukazovateľov. Vývojové grafy podávajú informáciu vždy za posledných 10 rokov; v prípade, že sledovaný parameter je hodnotený za kratšie obdobie, uvádzajú sa výsledky za celé monitorované obdobie;
- Zhrnutie výsledkov a upozornenia. Spracované sú najdôležitejšie poznatky z monitorovania, praktické upozornenia a návrh ďalšieho postupu pozorovania a hodnotenia lokality.

1.4.1. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko

Stručná charakteristika lokality

Morovnianske sídlisko sa nachádza na SZ okraji mesta Handlová. Na základe rozdielnych inžinierskogeologických a hydrogeologických podmienok sa celá pozorovaná oblasť (súborne nazvaná ako Morovnianske sídlisko) rozdeľuje na nasledujúce samostatné celky:

- oblasť nad železničným oblúkom bez bytovej výstavby;
- oblasť Malá Hôrka s individuálnou bytovou výstavbou;
- oblasť Jánošíkova cesta (v južnej časti pozorovaného územia).

Monitorovacie aktivity sa vykonávajú na vejárovite usporiadaných horizontálnych odvodňovacích vrtoch (celkovo ich je 64 ks, prevažná väčšina z nich sa nachádza v šiestich odvodňovacích šachtách, z ktorých boli v rokoch 2022 a 2023 monitorované dve – E a F) a väčšom množstve pozorovacích piezometrických vrtoch. V roku 2015 sa na lokalite začali realizovať inklinometrické merania. Posledné inklinometrické etapové meranie bolo zrealizované v roku 2022. Prerušenie meraní v roku 2023 súvisí s kritickou deformáciou v jedinom funkčnom vrte AH-3, situovanom na Jánošíkovej ul.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov a frekvencia meraní sú zhrnuté v tab. 4.1.1.

Tab. 4.1.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2022 a 2023.

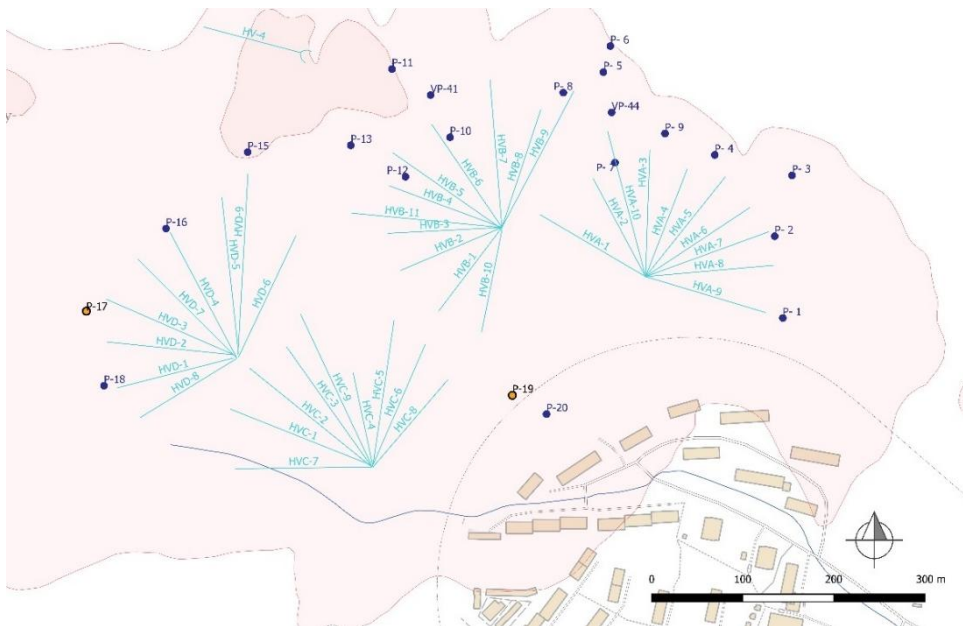
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	25	P-1 až 13, P-16, P-20, VP-41 (oblasť nad železničným oblúkom); P-21 až 24 (Malá Hôrka); P-31 až 38, 318 (Jánošíkova cesta)	47 (4x za mesiac)	52 (4x za mesiac)
	1	P-19 – automatické hladinomery	Kontinuálne (každú hodinu)	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	10	Malá Hôrka: E (7 vrtoch: HVE-1 až 7), F (9 vrtoch: HVF-1 až 9), HV-6, HV-7, HV-8a, HV-8b Jánošíkova cesta: JH-5, JH-6, HV-101, HV-102	24 (2x za mesiac)	26 (2x za mesiac)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

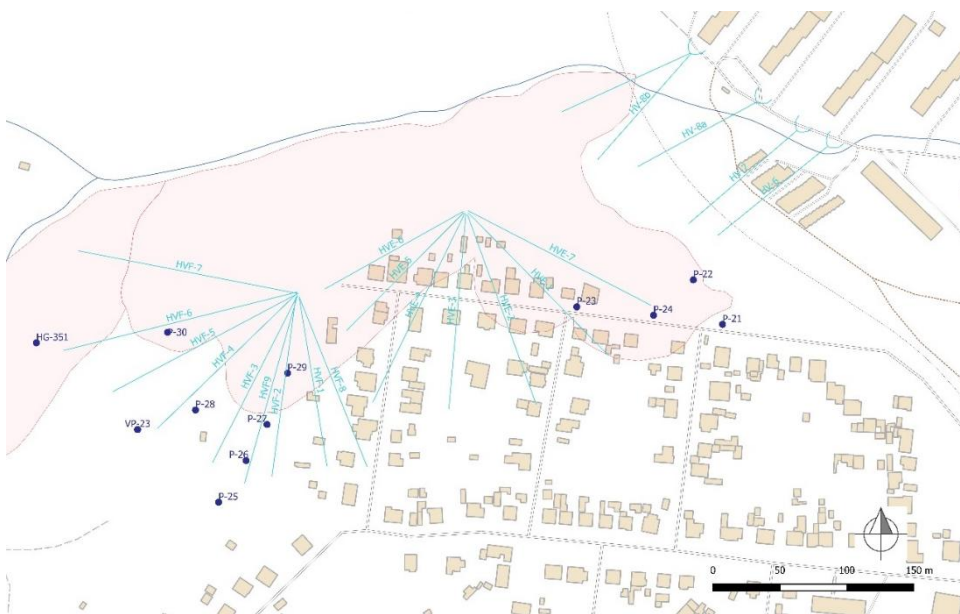
a1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Hladina podzemnej vody sa na lokalite meria v troch skupinách objektov – v starších vrtoch realizovaných prevažne v osemdesiatych rokoch (6 objektov – označených ako HG, J a VP), vo vrtoch z roku 2002 (23 objektov, označených písmenom P), z ktorých je vo vrte P-19 inštalovaný automatický hladinomer (výsledky meraní kontinuálneho záznamu o zmenách

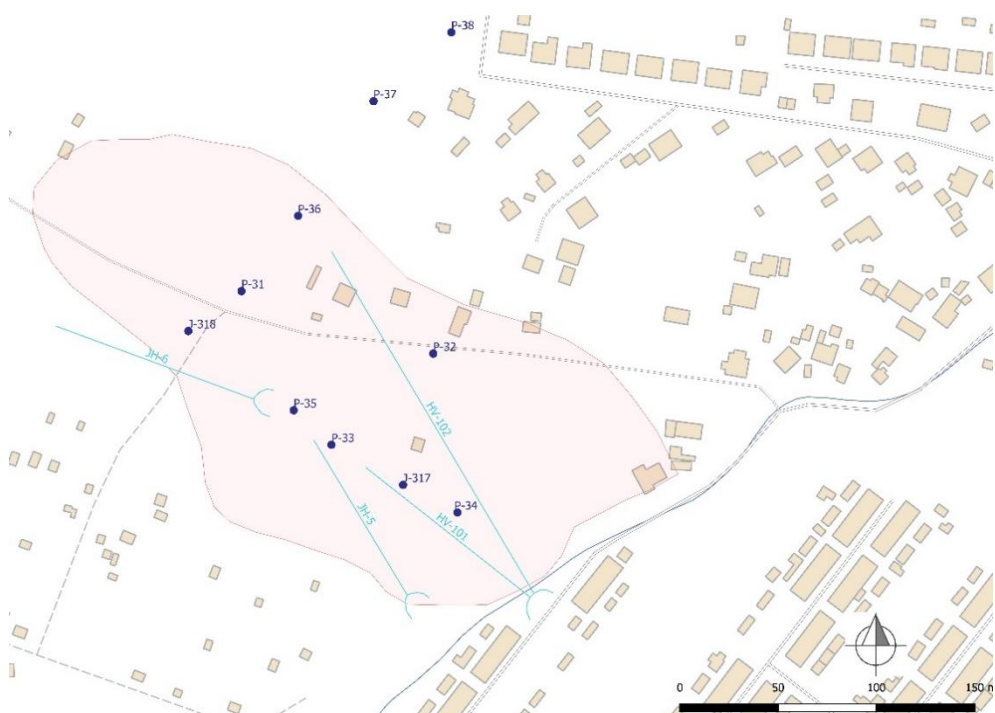


Obr. 4.1.1. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť nad železničným oblúkom bez bytovej výstavby – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrtý: modré – merané pozorovateľom, oranžové – s automatickými hladinomeri (vrt P-17 – merania boli v danom vrte zabezpečované od roku 2003 a prerušené v roku 2021); objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie subhorizontálnymi odvodňovacími vrtmi); mapový podklad: ZBGIS®.

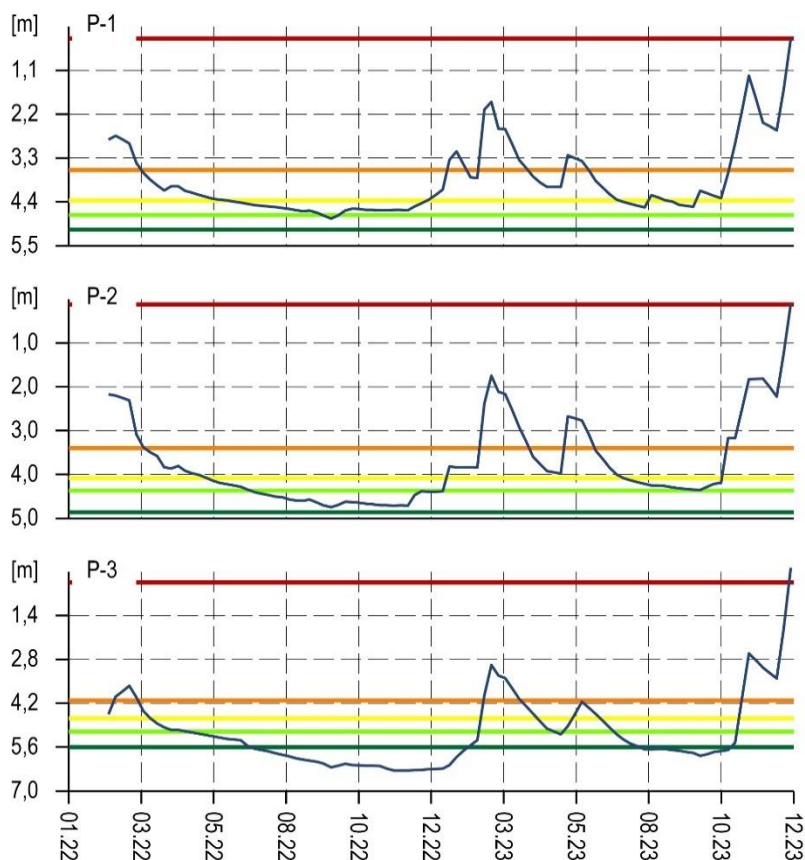
hĺbky hladiny podzemnej vody sú hodnotené samostatne). V roku 2022 došlo k zmene vo frekvencii realizácie kontrolných etapových meraní. Z dlhodobu zaužívaného dvojtýždňového intervalu sa od februára 2022 prešlo na týždenné merania, čím sa zdvojnásobil počet záznamov o zmenách úrovne hladiny podzemnej vody. V súvislosti s uvedenou zmenou došlo i k prehodnoteniu počtu monitorovacích objektov. Z pôvodného zoznamu 41 vrtov sa množina zúžila na 25 piezometrických vrtov. Merania boli prerušené na vrtoch, ktoré pri hodnotení výsledkov režimových meraní dlhodobo vykazovali značnú neistotu. Ide o vrtý, ktoré boli



Obr. 4.1.2. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Malá Hôrka s individuálnou bytovou výstavbou – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrtý, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.1.3. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Jánošíkovej ul. – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.1.4. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-1 až P-3, ktoré sa nachádzajú severovýchodne od železničného oblúka), namerané v rokoch 2022 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

dlhodobo suché, prípadne ich technické vystrojenie nezodpovedalo požiadavkám piezometrického monitorovacieho objektu. Zoznam monitorovaných vrtoch od roku 2022 je uvedený v tab. 4.1.2. Situovanie piezometrických vrtoch je na obr. 4.1.1 až 4.1.3 (na obr. sú uvádzané i vrty, ktoré boli monitorované do roku 2021). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch za roky 2022 a 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.1.4 až 4.1.9. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch za dlhšie obdobie monitorovania sú znázornené na obr. 4.1.10 až 4.1.15.

Tab. 4.1.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2022.

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-318	47	5,02	497,59	10. 3. 2022	5,76	496,85	22. 9. 2022	5,35	497,26	0,74
P-1	47	2,74	429,41	17. 2. 2022	4,82	427,33	22. 9. 2022	4,27	427,88	2,08
P-2	47	2,17	439,87	10. 2. 2022	4,74	437,30	22. 9. 2022	4,14	437,90	2,57
P-3	47	3,64	448,14	3. 3. 2022	6,35	445,43	24. 11. 2022	5,54	446,24	2,71
P-4	47	4,76	445,28	3. 3. 2022	11,83	438,21	29. 12. 2022	9,84	440,20	7,07
P-5	47	3,66	452,70	10. 2. 2022	4,85	451,51	15. 12. 2022	4,45	451,91	1,19
P-6	47	3,49	457,26	10. 2. 2022	6,34	454,41	8. 12. 2022	5,58	455,17	2,85
P-7	47	9,58	434,00	10. 3. 2022	10,96	432,62	29. 12. 2022	10,40	433,18	1,38
P-8	47	1,93	448,47	10. 2. 2022	6,29	444,11	29. 12. 2022	4,74	445,66	4,36
P-9	47	7,88	440,33	10. 2. 2022	10,93	437,28	22. 9. 2022	10,39	437,82	3,05
P-13	47	0,52	463,03	10. 2. 2022	suchý					
P-16	47	0,73	475,04	10. 2. 2022	6,31	469,46	29. 12. 2022	3,79	471,98	5,58
P-20	47	4,68	425,53	31. 3. 2022	6,10	424,11	29. 12. 2022	5,39	424,82	1,42
P-21	47	2,45	446,23	3. 3. 2022	4,11	444,57	8. 12. 2022	3,35	445,33	1,66
P-22	47	6,58	440,45	3. 3. 2022	9,45	437,58	22. 12. 2022	8,16	438,87	2,87
P-23	47	2,08	454,07	17. 2. 2022	2,80	453,35	8. 12. 2022	2,46	453,69	0,72
P-24	47	2,54	449,47	3. 3. 2022	5,05	446,96	8. 12. 2022	4,17	447,84	2,51
P-31	47	5,55	496,75	17. 2. 2022	6,35	495,95	22. 9. 2022	6,17	496,13	0,80
P-32	47	0,53	490,35	10. 2. 2022	1,77	489,11	28. 7. 2022	1,03	489,85	1,24
P-33	31	2,23	492,85	29. 12. 2022	3,82	491,26	31. 8. 2022	3,53	491,55	1,59
P-34	47	0,95	483,87	28. 4. 2022	3,29	481,53	22. 9. 2022	2,06	482,76	2,34
P-35	47	1,05	496,39	17. 2. 2022	2,33	495,11	25. 8. 2022	1,79	495,65	1,28
P-37	47	5,19	496,95	17. 2. 2022	suchý					
P-38	47	0,47	501,61	17. 2. 2022	4,18	497,90	22. 9. 2022	3,07	499,01	3,71
VP-41	47	5,80	445,83	17. 2. 2022	8,52	443,11	22. 9. 2022	7,31	444,32	2,72

V roku 2022 sa režimové pozorovania vykonávali v 25 vrtoch a počas roku bolo zabezpečených 47 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 10. februára do 29. decembra.

Najvyššie hladiny podzemnej vody vystúpili vo vrtoch P-38 (0,47 m pod terénom – 501,61 m n. m.; vrt sa nachádza nad Robotníckou ul.), P-13 (0,52 m pod terénom – 463,03 m n. m.), P-16 (0,53 m pod terénom – 490,35 m n. m.; vrty sa nachádzajú v nezastavanej oblasti nad železničným oblúkom v dosahu odvodňovacích zariadení, ústiacich do šácht B a D), P-32 (0,73 m pod terénom – 475,04 m n. m.) a P-34 (0,95 m pod terénom – 483,87 m n. m.; vrty sa nachádzajú na Jánošíkovej ul.). V uvedených objektoch boli maximálne hladiny podzemnej vody zaznamenané prevažne vo februári (10. a 17.). Rovnaké termíny s maximálnou hladinou podzemnej vody dominovali i v ostatných vrtoch, celkove, až v 15 objektoch boli maximálne stavy zaznamenané práve počas daných februárových meraní. Hladiny podzemnej vody v ostatných vrtoch dosiahli maximálne stavy v marci (vo 8 vrtoch) a ojedinele i v apríli (1 vrt) a decembri (1 vrt). Interval najvyšších hladín podzemnej vody sa v roku 2022 pohyboval od už spomenutých hodnôt 0,47 do 9,58 m pod terénom.

Z priebehov hladiny podzemnej vody v roku 2022, ktoré sú prezentované na obr. 4.1.7 až 4.1.10 vyplýva, že vývoj hladín podzemnej vody mal prevažne zostupný charakter. Minimálne

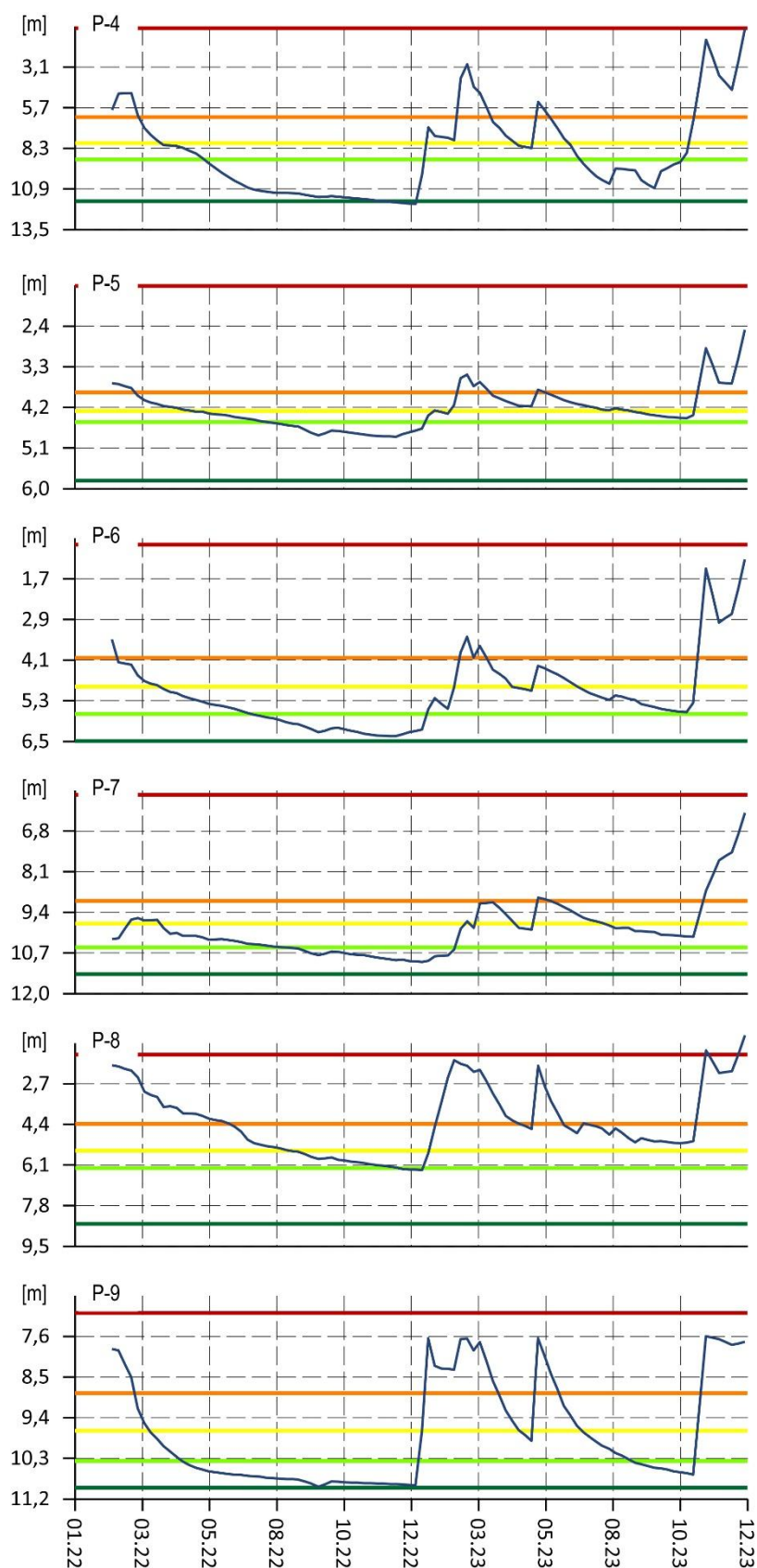
Tab. 4.1.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2023.

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-318	52	4,67	497,94	28. 12. 2023	5,46	497,15	5. 1. 2023	5,00	497,61	0,79
P-1	52	0,30	431,85	28. 12. 2023	4,54	427,61	3. 8. 2023	3,48	428,67	4,24
P-2	52	0,11	441,93	28. 12. 2023	4,39	437,65	5. 1. 2023	3,35	438,70	4,28
P-3	52	-0,13	451,91	28. 12. 2023	6,29	445,49	5. 1. 2023	4,74	447,05	6,42
P-4	52	0,65	449,39	28. 12. 2023	11,85	438,19	5. 1. 2023	7,31	442,73	11,20
P-5	52	2,48	453,88	28. 12. 2023	4,71	451,65	5. 1. 2023	4,03	452,33	2,23
P-6	52	1,13	459,62	28. 12. 2023	6,19	454,56	5. 1. 2023	4,58	456,17	5,06
P-7	52	6,22	437,36	28. 12. 2023	10,98	432,60	12. 1. 2023	9,54	434,04	4,76
P-8	52	0,68	449,72	28. 12. 2023	6,30	444,10	12. 1. 2023	3,82	446,58	5,62
P-9	52	7,60	440,61	16. 11. 2023	10,90	437,31	5. 1. 2023	9,15	439,06	3,30
P-13	52	0,41	463,14	28. 12. 2023	suchý					
P-16	52	0,09	475,68	16. 11. 2023	6,30	469,47	5. 1. 2023	2,63	473,14	6,21
P-20	52	4,16	426,05	28. 12. 2023	6,13	424,08	5. 1. 2023	5,25	424,96	1,97
P-21	52	2,26	446,42	28. 12. 2023	3,22	445,46	5. 1. 2023	2,59	446,09	0,96
P-22	52	5,02	442,01	28. 12. 2023	9,13	437,90	5. 1. 2023	6,99	440,04	4,11
P-23	52	1,92	454,23	18. 5. 2023	3,14	453,01	15. 6. 2023	2,24	453,91	1,22
P-24	52	1,40	450,61	28. 12. 2023	4,00	448,01	21. 9. 2023	2,87	449,14	2,60
P-31	52	2,23	500,07	16. 11. 2023	6,23	496,07	27. 4. 2023	5,72	496,58	4,00
P-32	52	0,30	490,58	19. 1. 2023	1,20	489,68	26. 7. 2023	0,81	490,07	0,90
P-33	52	1,23	493,85	18. 5. 2023	suchý, zapchatý/zamrznutý					
P-34	52	0,19	484,63	23. 2. 2023	2,77	482,05	19. 10. 2023	1,37	483,45	2,58
P-35	52	0,57	496,87	28. 12. 2023	2,15	495,29	19. 10. 2023	1,46	495,98	1,58
P-37	52	0,48	501,66	18. 5. 2023	7,42	494,72	5. 1. 2023	5,09	497,05	6,94
P-38	52	0,05	502,03	16. 11. 2023	3,29	498,79	19. 10. 2023	1,40	500,68	3,24
VP-41	52	4,95	446,68	28. 12. 2023	7,99	443,64	19. 10. 2023	6,66	444,97	3,04

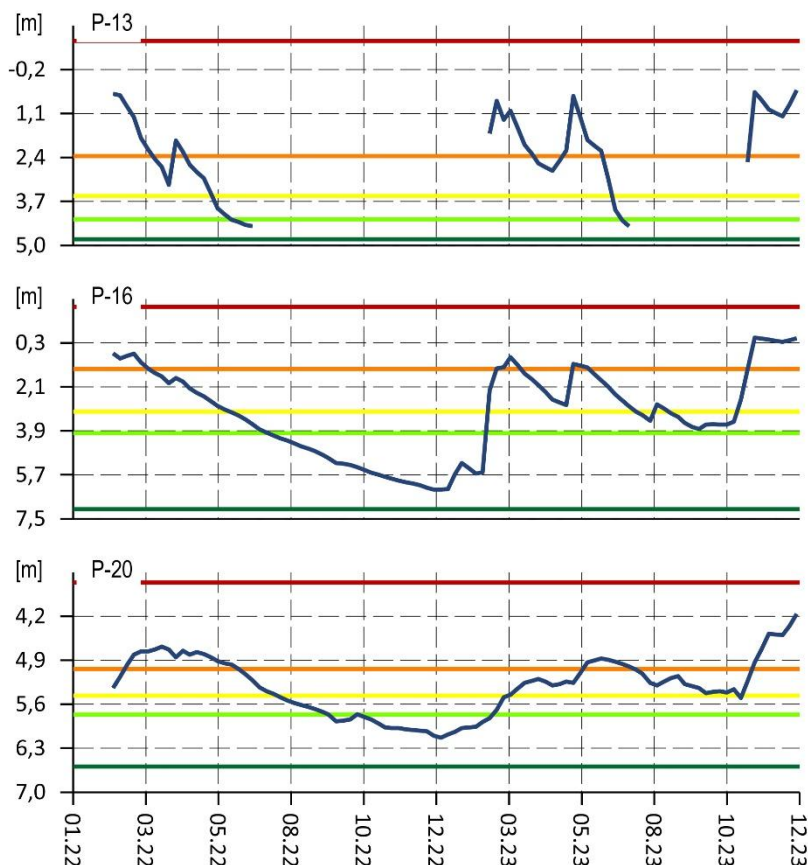
hladiny boli zaznamenané najmä v jesennom a zimnom období (prevažne 22. september a decembrové termíny etapových meraní) – september (9 vrtov) a december (11 vrtov). Hladina podzemnej vody klesla pod úroveň dna vrtu v 2 prípadoch (P-13 – počas 25 meraní; P-37 – počas 3 meraní).

Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2022 dosiahla úroveň 5,05 m pod terénom. V jednotlivých vrtoch sa priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody pohybovali v rozsahu od 1,03 (vrt P-32) do 10,40 m pod terénom (vrt P-7). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo, podobne ako i v predchádzajúcom období, pozorované vo vrte P-4 (9,84 m; hodnotené neboli vrty, ktoré boli počas roka suché). Kolísanie hladiny podzemnej vody nad 2 m bolo zaznamenané aj vo vrtoch P-1, P-37, P-34, P-24, P-2, P-3, VP-41, P-6, P-22, P-9, P-38, P-13, P-8 a P-16. Minimálne zmeny hladiny podzemnej vody boli pozorované vo vrtoch P-23, J-318 a P-31 (v intervale od 0,72 do 0,80 m).

V roku 2023 režimové pozorovania pokračovali na množine 25 vrtov. Počas roku bolo zabezpečených 52 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 5. januára do 28. decembra. Najvyššie hladina podzemnej vody vystúpila vo vrte P-3. Počas posledného merania sa dostala až nad úroveň terénu (-0,13 m). Vrt P-3 sa nachádza v severovýchodnej časti zosuvného územia nad železničným oblúkom. Do tesnej blízkosti terénu sa dostali i hladiny podzemnej vody vo vrtoch P-38 (0,05 m pod terénom – 502,03 m n. m.; vrt sa nachádza nad Robotníckou ul.), P-16 (0,09 m pod terénom – 475,68 m n. m.; vrt sa nachádza západne od železničného oblúka), P-2 (0,11 m pod terénom – 441,39 m n. m.; vrt sa nachádza v nezastavanej oblasti severne od železničného oblúka, a to v dosahu odvodňovacích zariadení, ústiach do šácht B a D), P-34 (0,19 m pod terénom – 484,63 m n. m.; vrt sa nachádza na Jánošíkovej ul.). Pomerne vysoko vystúpili hladiny podzemnej vody aj vo vrtoch P-1 (0,3 m pod terénom – 431,85 m n. m. – 28. december), P-32 (0,3 m pod terénom – 490,58 m n. m. – 19. január), P-13 (0,41 m pod terénom – 463,14 m n. m. – 28. december), P-37 (0,48 m pod terénom – 501,66 m n. m. – 18. máj), P-35 (0,57 m pod terénom – 496,87 m n. m. – 28. december), P-4 (0,65 m pod terénom – 449,39 m n. m. – 28. december) a P-8 (0,68 m pod



Obr. 4.1.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-4 až P-9, ktoré sa nachádzajú v severnej časti železničného oblúka), namerané v rokoch 2022 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

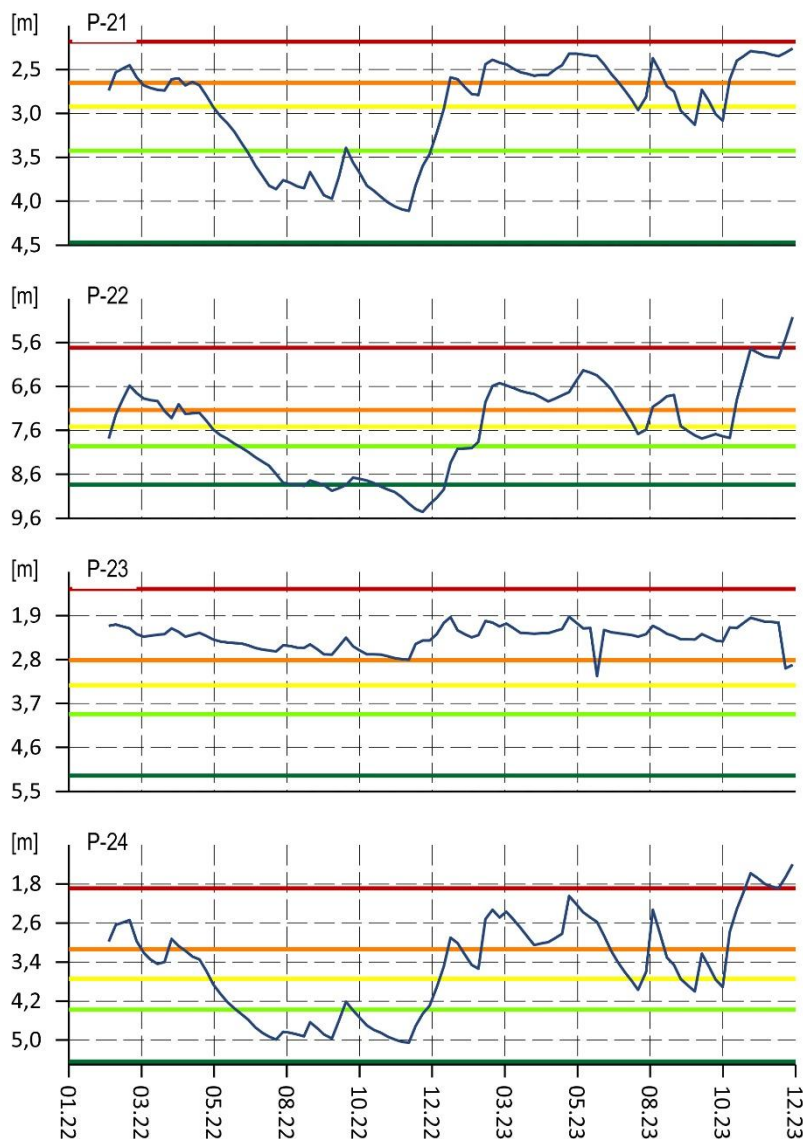


Obr. 4.1.6. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-13, P-16 – transportná oblasť zosuvu, nachádzajúceho sa západne od železničného oblúka a P-20 – v blízkosti železničného oblúka), namerané v rokoch 2022 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

terénom – 449,72 m n. m. – 28. december). Maximálne hladiny podzemnej vody boli zaznamenané prevažne počas posledného decembrového merania, a to až v 16 (P-3, P-2, P-1, P-13, P-35, P-4, P-8, P-6, P-24, P-21, P-5, P-20, J-318, VP-41, P-22 a P-7) z 25 monitorovacích objektov (tab. 4.1.3). Medzi významnejšie termíny s výskytom maximálnych stavov boli 16. november (maximálne stavy namerané vo vrtoch: P-9, P-16, P-31 a P-38) a 18. máj (vrty: P-37, P-23 a P-33).

Z priebehov hladiny podzemnej vody v roku 2023, ktoré sú prezentované na obr. 4.1.4 až 4.1.9 vyplýva, že hladiny podzemnej vody v mnohých vrtoch začali stúpať na konci predchádzajúceho roka, resp. na začiatku roka 2023. Išlo o reakciu na zvýšené úhrny zrážok, ktoré boli zaznamenané počas zimného obdobia (stanica SHMÚ Handlová s indikativom 30080 zaznamenala v januári zrážkový úhrn až 108,7 mm). Po miernom zostupe hladín, ktorý trval približne do konca apríla, došlo k ďalšiemu vzostupu hladín podzemnej vody. Opätovne došlo k zaznamenaní zvýšených zrážkových úhrnov. Na stanici SHMÚ Handlová bol v máji nameraný zrážkový úhrn 109,9 mm. V nasledujúcom polroku mali hladiny podzemnej vody zostupný alebo vyrovnaný charakter. K poslednému vzostupu podzemnej vody došlo na konci roka.

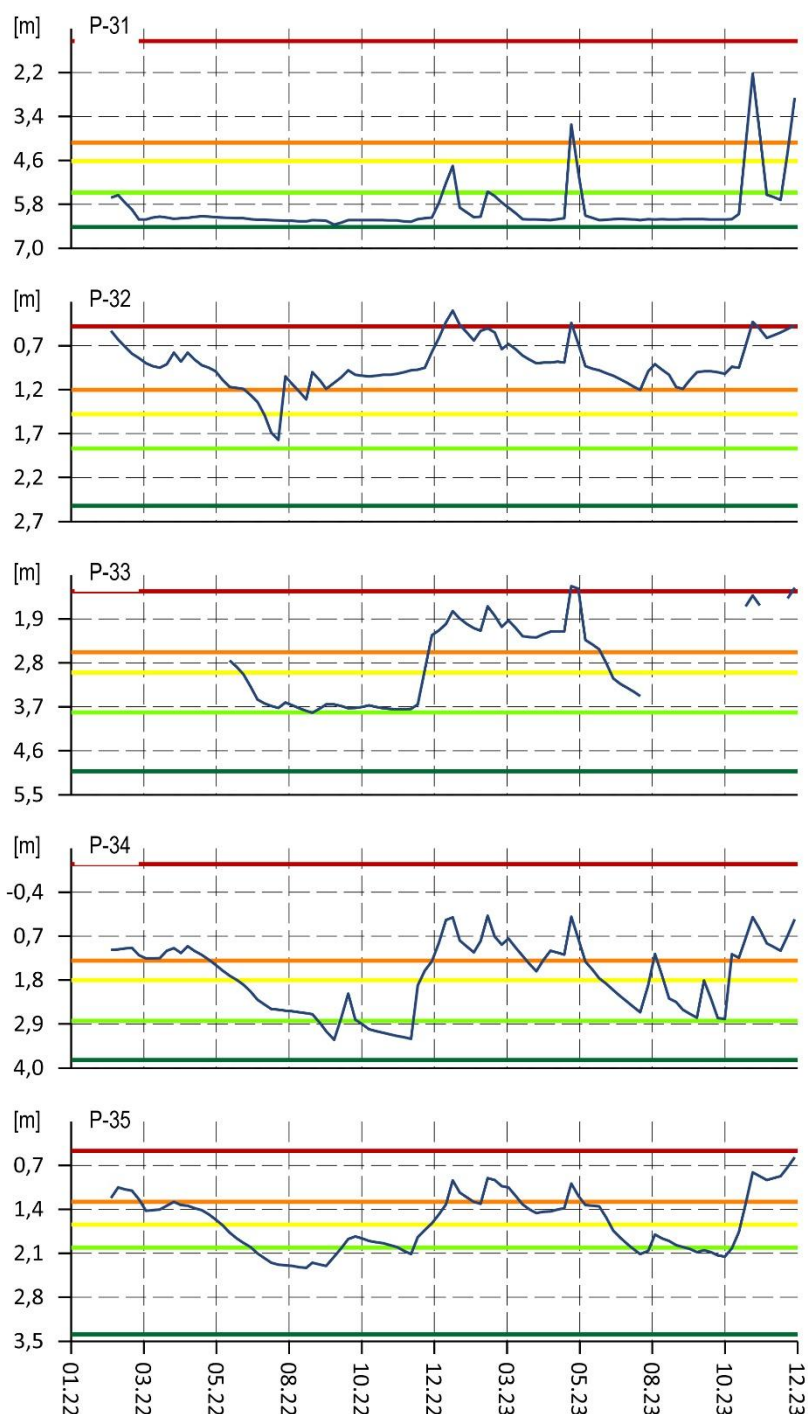
V súvislosti s hodnotením maximálnych stavov hladiny podzemnej vody vo vrtoch je potrebné upozorniť na skutočnosť, že v roku 2023 boli vo vrtoch P-3, P-8, P-22 a P-24 namerané najvyššie hladiny podzemnej vody za celé obdobie monitorovania (merania sú vykonávané od januára 2003).



Obr. 4.1.7. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-21 až P-24, ktoré sa nachádzajú v oblasti Malej Hôrky), namerané v rokoch 2022 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

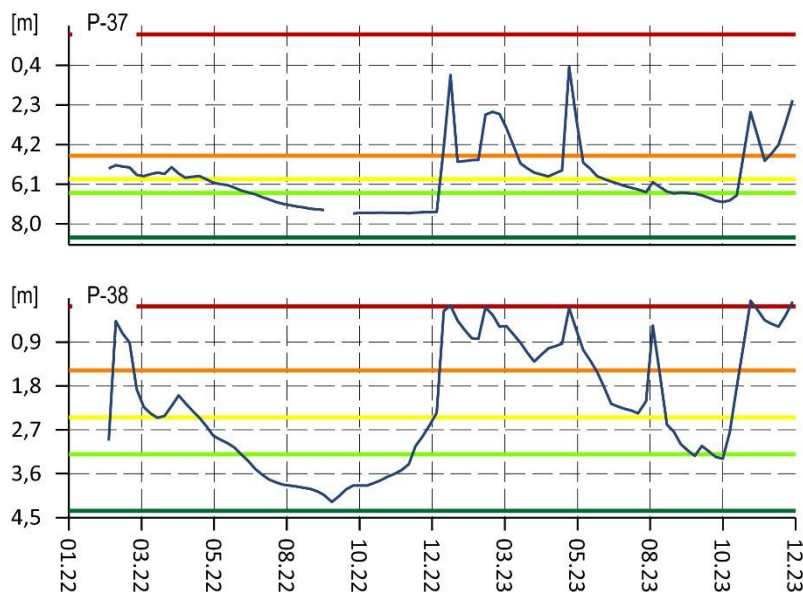
Minimálne hladiny boli zaznamenané prevažne na začiatku hodnoteného roka (5. január), taktiež, v niektorých vrtoch i počas jarného, letného a jesenného obdobia. Posledné minimálne hladiny boli zaznamenané v druhej polovici októbra. Minimálne stavy hladiny podzemnej vody sa pohybovali v intervale od 1,2 m pod terénom (489,68 m n. m.) vo vrte P-32 do 11,85 m (438,19 m n. m.) vo vrte P-4. Hladina podzemnej vody klesla pod úroveň dna vrtu v 2 prípadoch (P-13 – počas 22 meraní; P-33 – počas 12 meraní).

Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2023 dosiahla úroveň 4,16 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,89 m. V jednotlivých vrtoch sa priemerné hĺbky pohybovali v rozsahu od 0,81 (vrt P-32) do 10,40 m pod terénom (vrt P-7). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo i v roku 2023 pozorované vo vrte P-4 (11,2 m; hodnotené neboli vrty, ktoré boli počas roka suché). Kolísanie hladiny podzemnej vody nad 2 m bolo zaznamenané aj vo vrtoch P-1, P-2, P-3, P-5, P-6, P-7, P-8, P-9, P-13, P-16, P-22, P-24, P-31, P-33, P-34, P-37, P-38 a VP-41. Minimálne zmeny hladiny podzemnej vody boli pozorované vo vrtoch P-21, P-32 a J-318 (v intervale od 0,79 do 0,96 m).

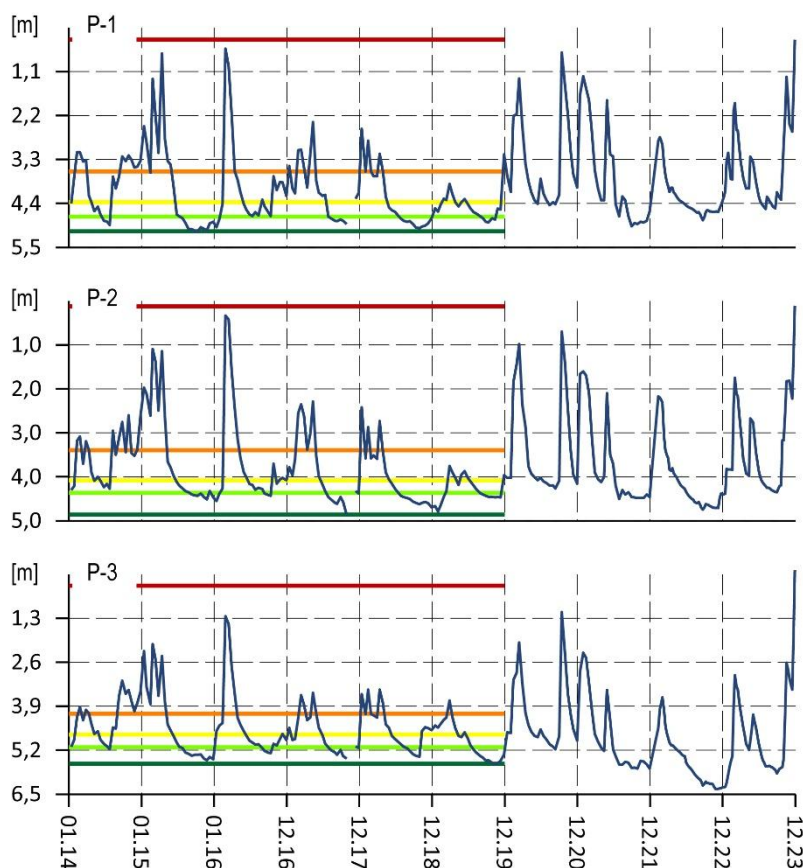


Obr. 4.1.8. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-31 až P-35, ktoré sa nachádzajú v oblasti Jánošíkovej ul.), namerané v rokoch 2022 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

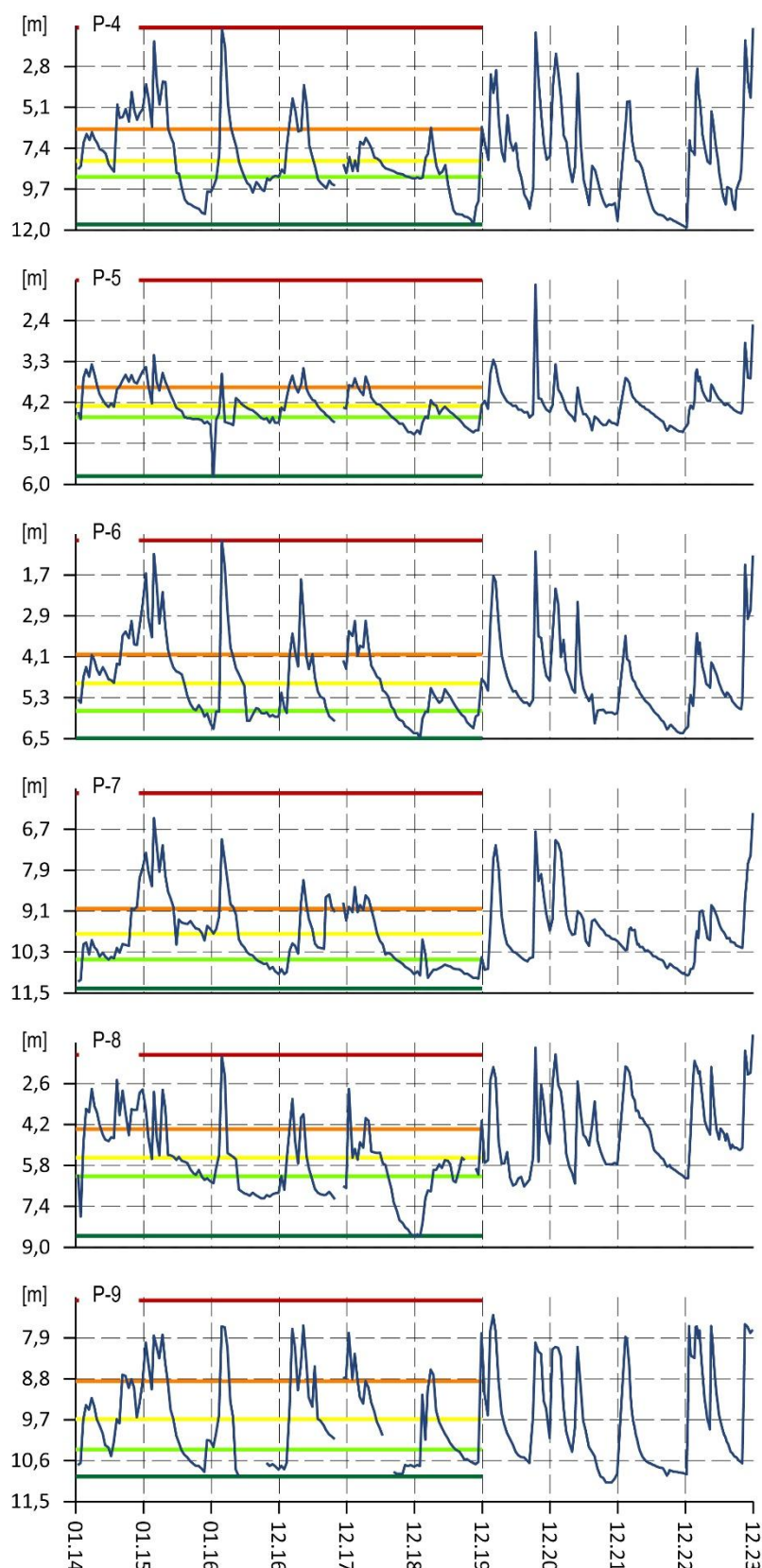
Z vývoja sledovaných ukazovateľov na obr. 4.1.10 a 4.1.15 vyplýva určitá periodicitá ročného cyklu zmien hladiny podzemnej vody. Najvyššie úrovne hladiny podzemnej vody sú zvyčajne spojené s topením snehovej pokrývky a jarnými zrážkovými úhrnmi. Z tohto dôvodu je ich výskyt spätý s mesiacmi marec a apríl. Výskyt minimálnych stavov hladiny podzemnej vody sa taktiež vyznačuje určitou periodicitou, varujú v období jesenného a zimného obdobia.



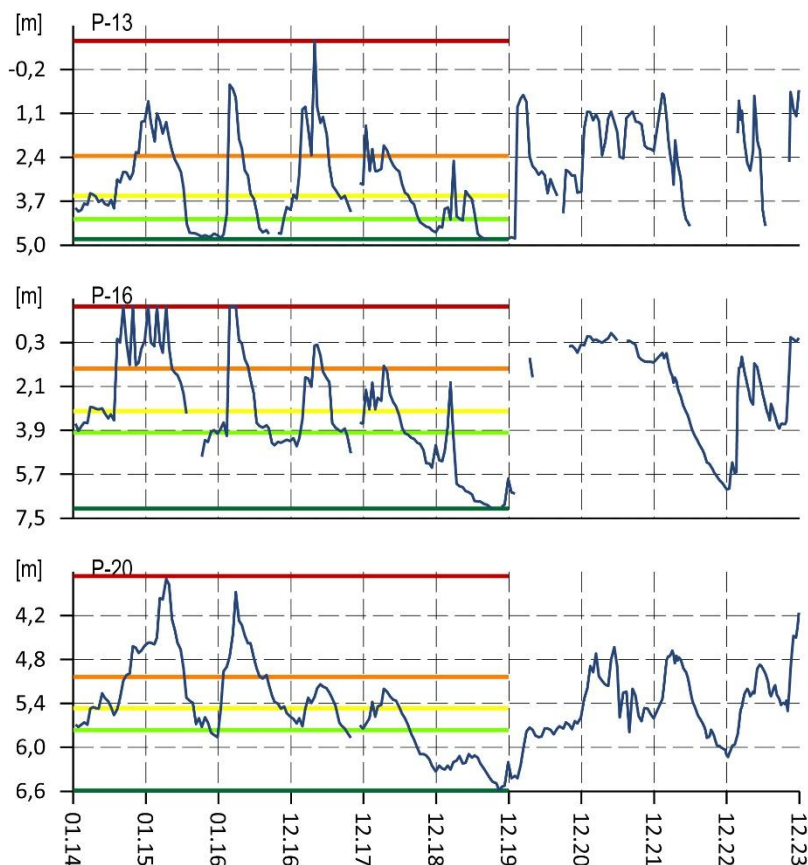
Obr. 4.1.9. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-37 a P-38, ktoré sa nachádzajú v oblasti Jánošíkovej ul.), namerané v rokoch 2022 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.1.10. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-1 až P-3, ktoré sa nachádzajú severovýchodne od železničného oblúka), namerané v rokoch 2014 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

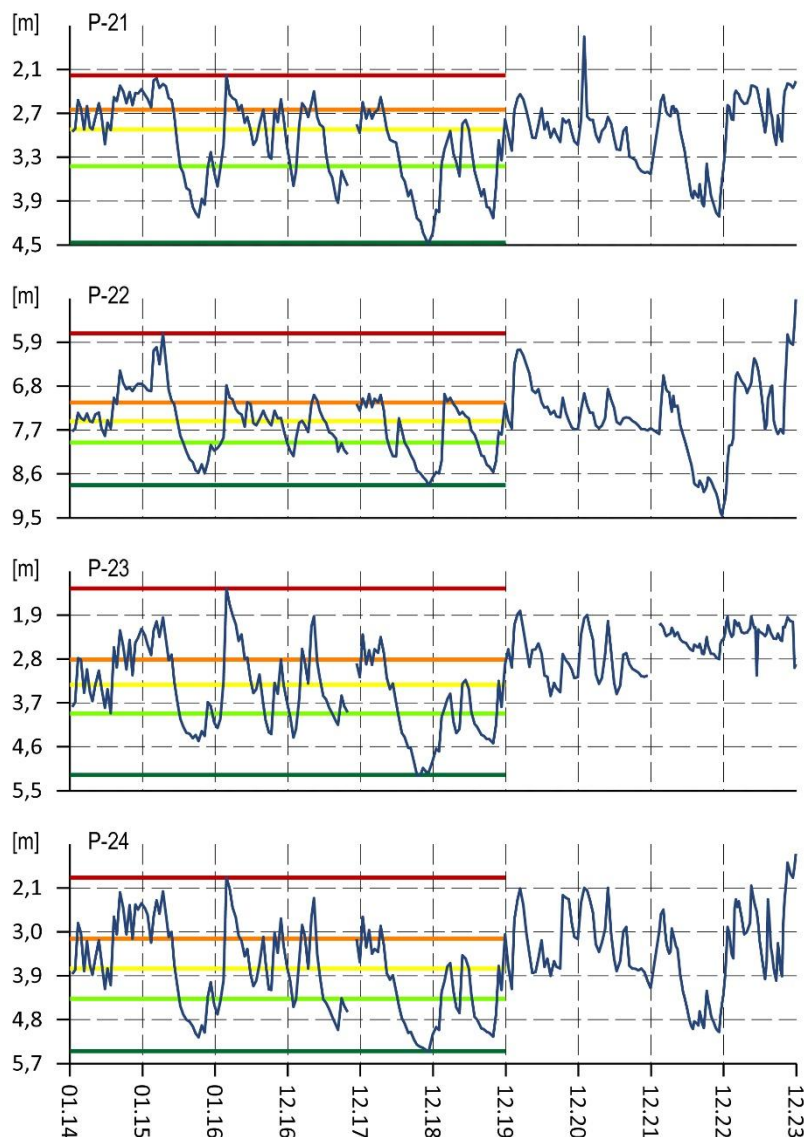


Obr. 4.1.11. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-4 až P-9, ktoré sa nachádzajú v severnej časti železničného oblúka), namerané v rokoch 2014 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

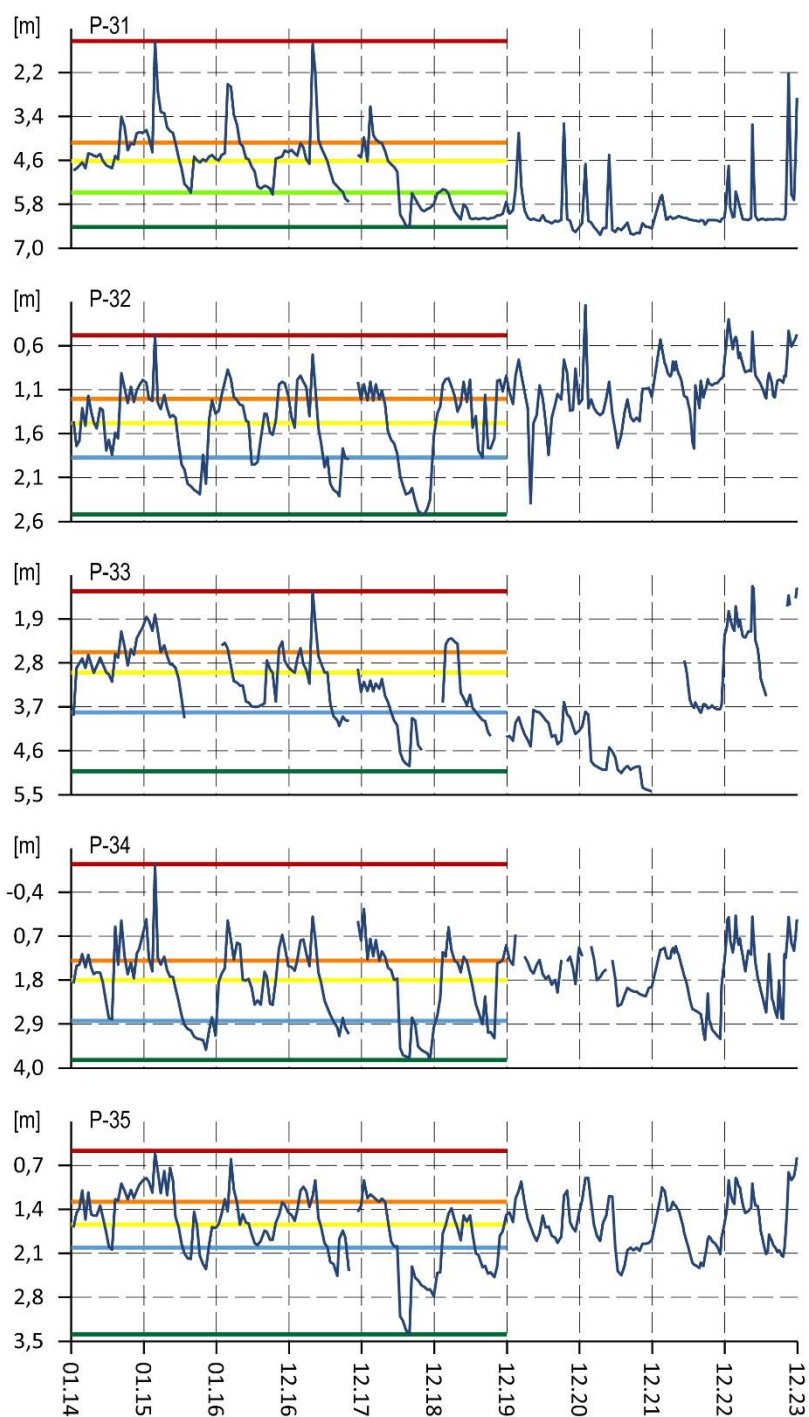


Obr. 4.1.12. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-13, P-16 – transportná oblasť zosuvu, nachádzajúceho sa západne od železničného oblúka a P-20 – v blízkosti železničného oblúka), namerané v rokoch 2014 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

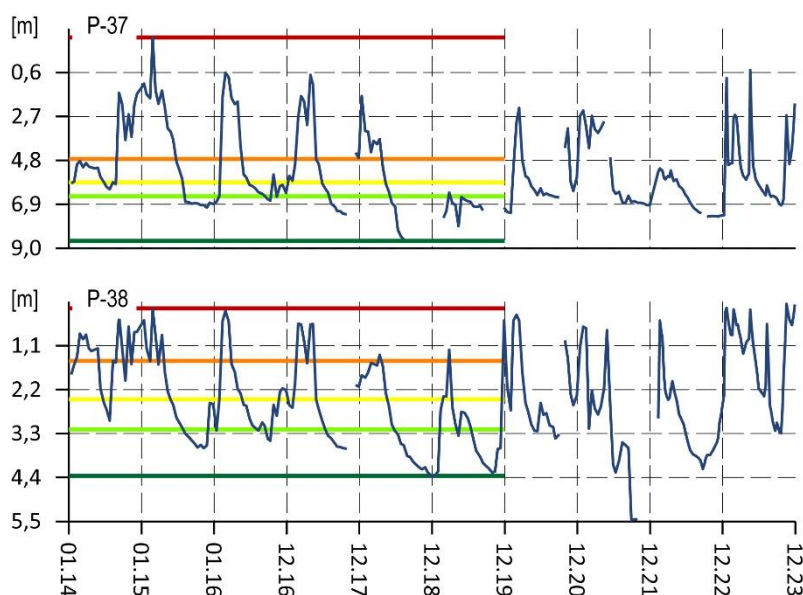
V hodnotenej dekáde sa maximá hladiny podzemnej vody vyskytli najmä v roku 2015 (až v 5 vrtoch – P-26, P-27, P-28, P-34 a P-37). Prekročenia dlhodobých maximálnych úrovní hladiny v období monitorovania boli pozorované i v roku 2021, a to vo vrtoch P-21 a P-25 (v oboch vrtoch súčasne 29. januára). Vo viacerých vrtoch sa hladiny podzemnej vody dostávajú do blízkosti terénu, prípadne vystupujú nad terén. Najnepriaznivejší stav – preliv podzemnej vody cez ústie pažnice, bol v poslednom desaťročí zaznamenaný počas 192 kontrolných etáp (na množine 8 vrtoch – P-11, P-13, P-16, P-18, P-28, P-34, P-37 a P-38). Najčastejšie sa preliv podzemnej vody na ústí pažnice vyskytuje vo vrtoch P-11 (za posledných 10 rokov je to až v 101 prípadoch) a P-18 (64 prípadov), zriedkavejšie vo vrtoch P-16 (13 prípadov), P-34 (8 prípadov), P-37 (3 prípady). Vo vrtoch P-38, P-28 a P-13 bol zaznamenaný 1 prípad prelivu podzemnej vody. Do blízkosti terénu sa dostávajú hladiny podzemnej vody aj vo vrtoch P-1, P-2, P-3, P-4, P-6, P-32, P-35, P-36 a J-317.



Obr. 4.1.13. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-21 až P-24, ktoré sa nachádzajú v oblasti Malej Hôrky), namerané v rokoch 2014 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.1.14. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-31 až P-35, ktoré sa nachádzajú v oblasti Jánošíkovej ul.), namerané v rokoch 2014 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.1.15. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (vo vrtoch P-37 a P-38, ktoré sa nachádzajú v oblasti Jánošíkovej ul.), namerané v rokoch 2014 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko je automatickým hladinomerom zabezpečované meranie vo vrte P-19 (situovanie vrtu je na obr. 4.1.1). Počas hodnotených rokov 2022 a 2023 bolo zariadenie, podobne ako v predchádzajúcom období, nastavené na záznam s hodinovým intervalom. V roku 2023 v dôsledku technickej chyby pri sťahovaní údajov došlo k výpadku meraní od 13. februára do konca roka.

Dlhodobým problémom monitorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v uvedenom vrte je jej mimoriadne intenzívne kolísanie, a to až nad úroveň terénu. Spôsobené je v dôsledku prestupu podzemných vôd z viacerých horizontov s odlišnými hydraulickými gradientmi. Monitorovacie zariadenie nie je schopné zaznamenávať záporné hodnoty hladiny podzemnej vody (nad úrovňou terénu). To znamená, že pri pozitívnej vztlakovej hladine dochádza k výpadku záznamu. Z tohto dôvodu sú spracované len údaje, ktoré boli priamo namerané (pod úrovňou terénu).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2022 a 2023 sú znázornené na obr. 4.1.16 a výsledky za dlhšie obdobie monitorovania, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, na obr. 4.1.17. Základné štatistické hodnotenia sú prezentované v tab. 4.1.4 a 4.1.5.

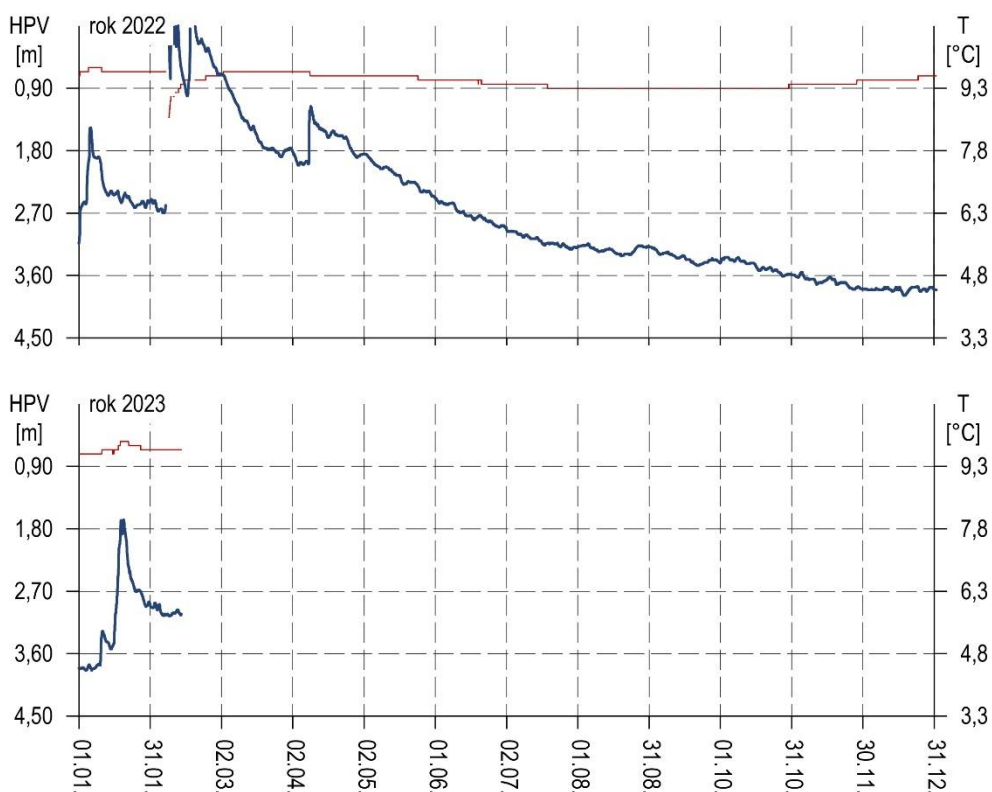
Tab. 4.1.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2022.

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
P-19	8622	0,00	435,43	9. 2. 2022	3,89	431,54	17. 12. 2022	2,70	432,73	3,89

V roku 2022 hladina podzemnej vody dosiahla úroveň terénu (435,43 m n. m.) 6. februára. Následne, v nasledujúcich dňoch počas februára sa hladina podzemnej vody dostala na/nad úroveň terénu ešte 4-krát, naposledy 19. februára. Od tohto termínu mala hladina podzemnej vody zostupný trend, ktorý bol prerušený v prvej polovici apríla jej náhlým vzostupom. Minimálna hladina bola nameraná 17. decembra (3,89 m pod terénom – 431,54 m n. m.).

V letnom období sa zrážkové udalosti prejavovali na zmenách hladiny podzemnej vody len minimálne. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2022 dosiahla 2,70 m pod terénom (432,73 m n. m.), čo je oproti roku 2021 zostup o 0,84 m. Kolísanie hladiny podzemnej vody počas roka dosiahlo 3,89 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 3,40 m pod terénom, 2. kvartil 2,97 m pod terénom a 3. kvartil 2,02 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,8 °C počas 8. februára, naopak, najnižšia teplota (8,6 °C) bola nameraná 5. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,5 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody v roku 2022 predstavovala 1,2 °C.



Obr. 4.1.16 Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2022 a 2023 vo vrte P-19 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), bordová línia – teplota podzemnej vody (pravá os – T).

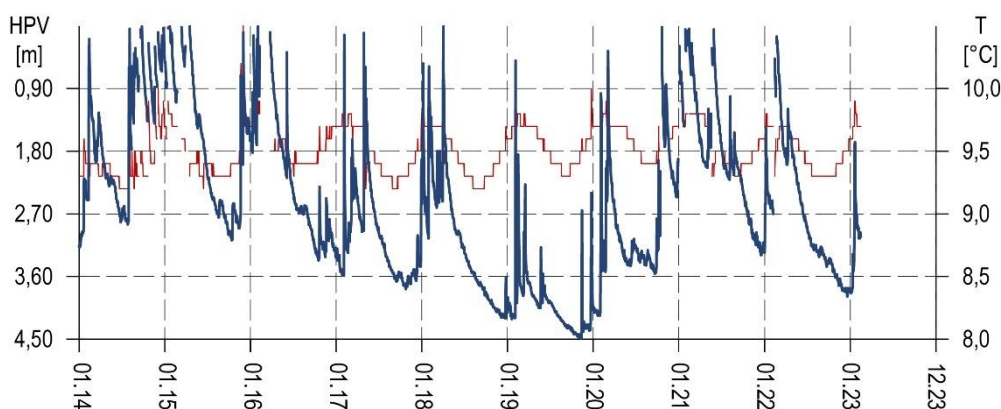
Tab. 4.1.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2023.

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
P-19	1048	1,67	433,76	19. 1. 2023	3,84	431,59	3. 1. 2023	3,05	432,38	2,17

Namerané hodnoty v roku 2023 zachytávajú obdobie od 1. januára do 13. februára. V dôsledku technickej poruchy došlo k výpadku meraní počas zvyšnej časti roka. Celkovo bolo zrealizovaných 1048 meraní. Počas monitorovaného obdobia bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 19. januára s hĺbkou 1,67 m pod terénom (433,76 m n. m.). Minimálna hladina bola zaznamenaná 3. januára v hĺbke 3,84 m pod terénom (431,59 m n. m.). Priemerná hodnota hĺbky hladiny podzemnej vody v hodnotenom období dosiahla 3,05 m pod terénom (432,38 m n. m.).

Maximálna teplota podzemnej vody v roku 2023 dosiahla hodnotu 9,9 °C a najnižšia teplota (9,7 °C).

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia možno konštatovať, že zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody majú periodický charakter. Hladina podzemnej vody pravidelne dosahuje úroveň terénu, najmä v období jarného topenia snehovej pokrývky. Minimálne stavy hladín podzemnej vody boli zaznamenané počas roka 2019 (11. november – 4,5 m pod terénom). Za negatívny aspekt v monitorovaní zmien hladiny podzemnej vody považujeme častý výskyt vztlakovej vody, dosahujúcej úroveň terénu, čo je spôsobené nesprávnym zabudovaním vrtu. Technický nedostatok súvisí s neprimerane dlhou filtračnou časťou vrtu, vďaka čomu je sledované kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody ovplyvňované zmenami v ďalších zvodnených horizontoch.



Obr. 4.1.17. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody v rokoch 2014 až 2023, zaznamenané automatickým hladinomerom, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), červená línia – teplota podzemnej vody (pravá os).

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

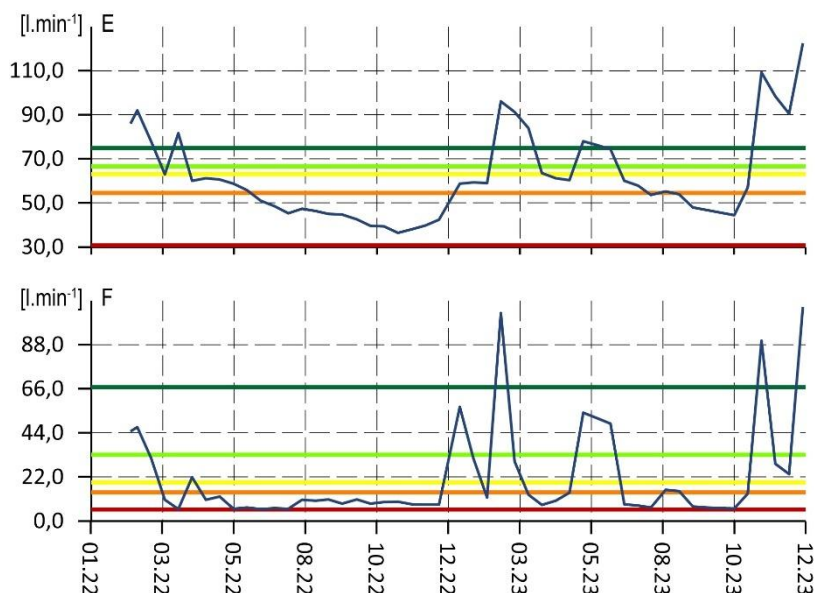
Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko je pozorovaných 11, resp. 10 odvodňovacích zariadení (do roku 2023 – tab. 4.1.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.1.6 a 4.1.7; situovanie odvodňovacích vrtov je na obr. 4.1.1, 4.1.3 a 4.1.3).

Tab. 4.1.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2022.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
E	24	92,00	17. 2. 2022	36,40	10. 11. 2022	54,31	54,31
F	24	46,87	17. 2. 2022	5,92	31. 3. 2022	13,32	13,32
HV-101	24	0,06	17. 2. 2022	0,00	30. 6. 2022	suchý počas 12 kontrolných etáp	
HV-102	24	2,40	10. 2. 2022	0,05	8. 12. 2022	0,54	0,54
HV-6	24	0,64	3. 3. 2022	0,12	21. 7. 2022	0,30	0,30
HV-7	24	17,00	17. 3. 2022	5,96	8. 12. 2022	9,25	9,25
HV-8a	24	1,62	17. 2. 2022	0,00	9. 6. 2022	suchý počas 13 kontrolných etáp	
HV-8b	24	0,71	17. 2. 2022	0,29	17. 3. 2022	0,39	0,39
JH-2	24	0,45	14. 4. 2022	0,09	8. 12. 2022	0,24	0,24
JH-5	24	78,00	17. 2. 2022	0,00	17. 3. 2022	suchý počas 15 kontrolných etáp	
JH-6	24	1,94	22. 12. 2022	1,14	3. 3. 2022	1,42	1,42

V roku 2022 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 10. februára do 22. decembra. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na skupinách vrtov – šachty E a F (92,0 a 46,87 l.min⁻¹). Veľmi vysoké hodnoty výdatnosti boli namerané aj vo vrte JH-5 (78,0 l.min⁻¹), ktorý sa nachádza v oblasti Jánošíkovej ul. a pomerne vysoký maximálny prietok bol zaznamenaný i vo vrte HV-7. Celkove sa maximálne prietoky vyskytovali v intervale od 0,06 (HV-101) do 92,0 l.min⁻¹ (v spomínanom objekte E). K výskytu

maximálnych prietokov došlo prevažne v jarnom období, najčastejšie však 17. februára; výnimočne, a to len vo vrte JH-6, bola maximálna hodnota nameraná 22. decembra. Pri hodnotení maximálnych prietokov je potrebné uviesť, že v roku 2022 boli na viacerých odvodňovacích vrtoch namerané najvyššie hodnoty za poslednú dekádu. Ide najmä o objekty E a JH-5.



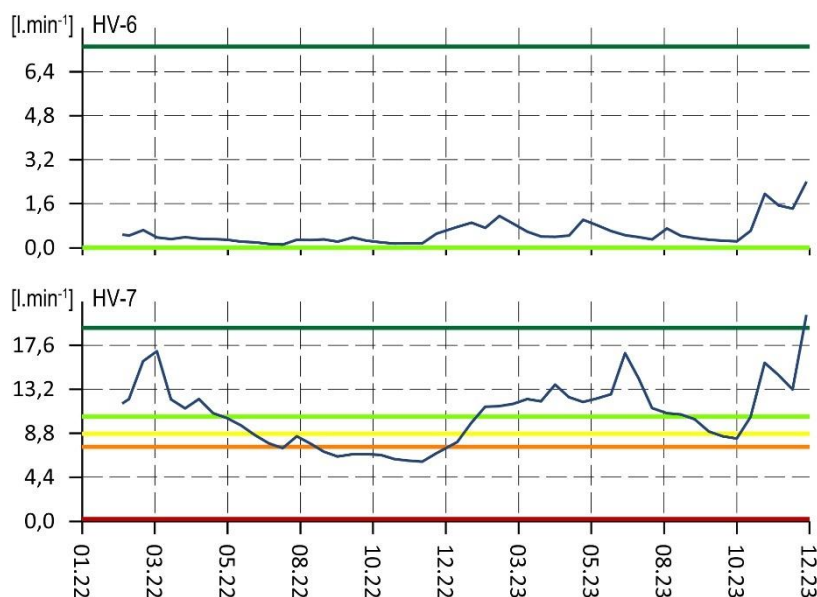
Obr. 4.1.18 Vývoj výdatnosti meraný na odvodňovacích zariadeniach (ústie potrubia zo šácht) E a F na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (časť Malá Hôrka) v rokoch 2022 a 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho zariadenia), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: roky 2012 – 2019.

Tab. 4.1.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2023.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
E	26	122,40	28. 12. 2023	44,40	19. 10. 2023	69,43	78,00
F	26	106,80	28. 12. 2023	6,24	19. 10. 2023	29,83	100,56
HV-101	26	1,22	16. 11. 2023	0,01	5. 10. 2023	0,38	1,21
HV-102	26	2,44	18. 5. 2023	0,07	19. 10. 2023	0,67	2,37
HV-6	26	2,40	28. 12. 2023	0,24	19. 10. 2023	0,77	2,16
HV-7	26	20,64	28. 12. 2023	7,92	12. 1. 2023	12,09	12,72
HV-8a	26	3,98	18. 5. 2023	0,00	26. 7. 2023	suchý počas 6 kontrolných etáp	
HV-8b	26	1,08	23. 2. 2023	0,24	26. 7. 2023	0,46	0,84
JH-5	26	109,20	18. 5. 2023	0,94	23. 3. 2023	suchý počas 15 kontrolných etáp	
JH-6	26	2,00	12. 1. 2023	1,14	28. 12. 2023	1,41	0,86

Výskyt minimálnych hodnôt výdatnosti je rozdelený do viacerých termínov; najpočetnejšie bol zaznamenaný v marci a v decembri. Jesenné termíny sú viazané na pokles hladiny podzemnej vody, ktorý bol vo viacerých piezometroch pozorovaný až koncom roka. Minimálne hodnoty sa pohybovali v intervale od 0,01 (HV-8a) do 36,4 l.min⁻¹ (šachta E).

Sumárna priemerná výdatnosť všetkých objektov s merateľnými prietokmi v roku 2022 dosiahla 100,58 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny nárast, a to o 9,81 l.min⁻¹ (medziročné porovnanie bolo vykonané na základe výsledkov, nameraných na množine odvodňovacích zariadení:). Maximálne kolísanie prietoku drénovanej vody bolo zaznamenané vo vrte JH-5 (77,91 l.min⁻¹), pričom vrt vykazoval prevažne nulové výdatnosti a občasné nárazové stúpnutia prietoku. Množstvo odvádzanej vody v rokoch 2022 a 2023 na vybratých odvodňovacích zariadeniach je znázornené na obr. 4.1.18 až 4.1.20.



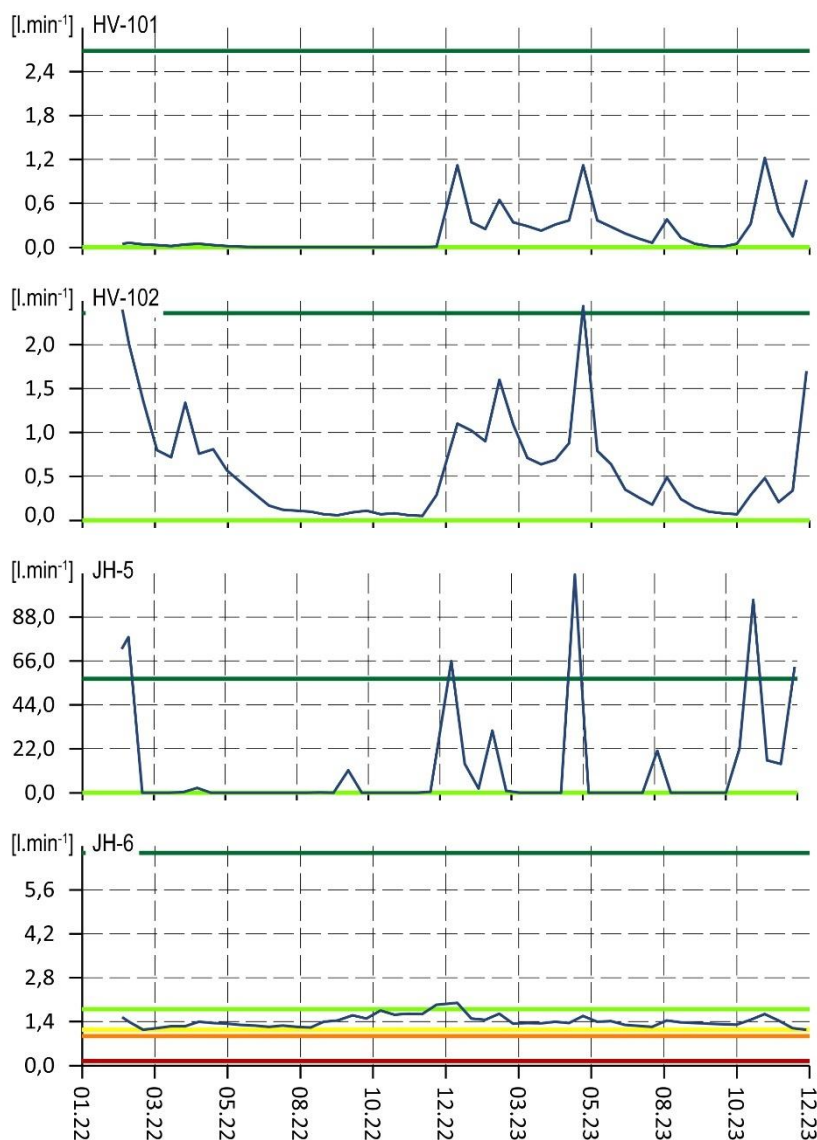
Obr. 4.1.19 Vývoj výdatnosti meraný na odvodňovacích vrtoch HV-6 a HV-7 na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (časť Malá Hôrka, severovýchodná časť zosuvného územia) v rokoch 2022 a 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho zariadenia), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: roky 2012 – 2019.

V roku 2023 bolo zabezpečených 26 kontrolných meracích etáp. Merania sa realizovali v období od 12. januára do 28. decembra. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na ústiach potrubí, ktoré odvádzajú vodu zo šacht E ($122,4 \text{ l.min}^{-1}$) a F ($106,8 \text{ l.min}^{-1}$), ale aj z vrtu JH-5 ($109,2 \text{ l.min}^{-1}$). Prietok nad 20 l.min^{-1} bol nameraný vo vrte HV-7, v ostatných vrtoch boli maximálne prietoky v intervale $1,08$ (HV-8b) až $3,98 \text{ l.min}^{-1}$ (HV-8a). Najvyššie výdatnosti boli namerané počas 18. mája (vo vrtoch: HV-102, HV-8a a JH-5), čo koreluje s výskytom intenzívnych májových zrážok, ale aj maximálnymi stavmi hladiny podzemnej vody; ešte výraznejší vzostup výdatnosti na odvodňovacích vrtoch bol pozorovaný na konci decembra (vo vrtoch: E, F, HV-6 a HV-7).

Minimálne hodnoty výdatnosti na úrovni stotín l.min^{-1} boli sledované vo vrtoch HV-101, HV-102 a HV-8a (od $0,01$ do $0,07 \text{ l.min}^{-1}$). Navyše, vrt JH-5 bol až počas 15 meraní suchý. Pomerne často bola nulová výdatnosť pozorovaná aj vo vrte HV-8a (počas 6 kontrolných meraní).

Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2023 dosiahla $154,15 \text{ l.min}^{-1}$. Najvyššia priemerná výdatnosť bola nameraná na výtoku zo šachty E, a to až $69,44 \text{ l.min}^{-1}$. Vysoká hodnota priemernej výdatnosti bola nameraná aj na výtokovom potrubí zo šachty F – $29,83 \text{ l.min}^{-1}$. Za zmienku stojí aj priemerná výdatnosť nameraná na samostatne stojacom odvodňovacom vrte JH-5. V roku 2023, a to i napriek tomu, že vrt bol počas 13 meraní suchý, priemerná výdatnosť vo vrte dosiahla $38,11 \text{ l.min}^{-1}$.

Maximálne kolísanie prietoku drénovanej vody bolo zaznamenané na spomenutom vrte JH-5 ($108,26 \text{ l.min}^{-1}$). Podobná hodnota amplitúdy bola stanovená aj pre výtokový objekt zo šachty F – $100,56 \text{ l.min}^{-1}$. Množstvo odvádzanej vody z vybraných odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.1.18 až 4.1.20.

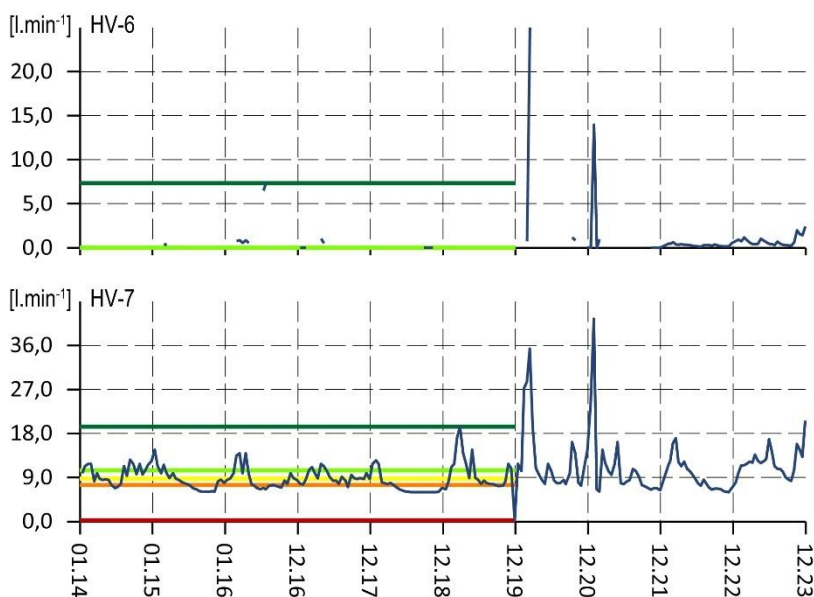


Obr. 4.1.20 Vývoj výdatnosti meraný na odvodňovacích vrtoch HV-101, HV-102, JH-5 a JH-6 na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (Jánošíkova ulica) v rokoch 2022 a 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho zariadenia), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: roky 2012 – 2019.

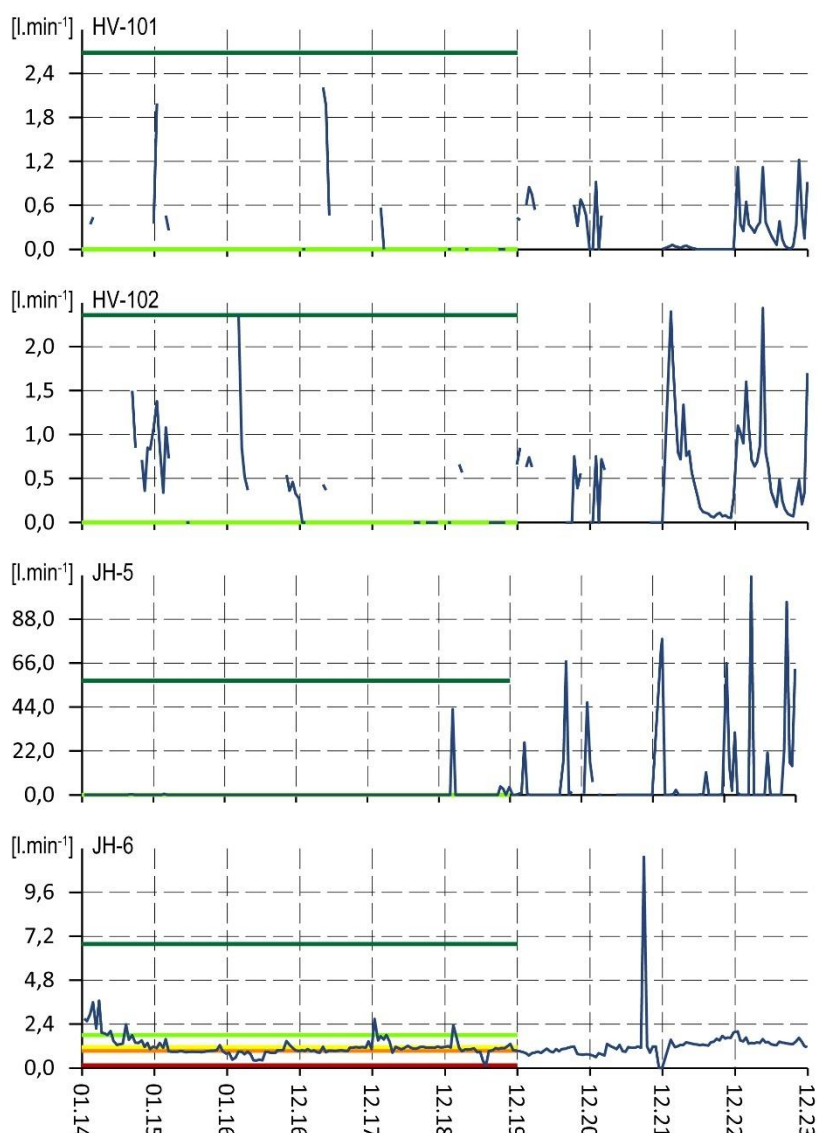
Pri analýze záznamov z posledného desaťročia (obr. 4.1.21 až 4.1.23) možno konštatovať, že vyššie hodnoty sledovanej spoločnej výdatnosti sú dosahované prevažne v zimných a jarných mesiacoch. Sezónne zmeny výdatnosti súvisia s režimom kolísania hladiny podzemnej vody. Najvyššie hodnoty výdatnosti sú zaznamenávané najmä v prvej polovici roka a naopak, najnižšie hodnoty počas mesiacov október a november. V rokoch 2022 a 2023 boli vo viacerých vrtoch pozorované vzostupy prietokov a tiež prekročenie maximálnej referenčnej hodnoty. Týka sa to najmä výtokových potrubí zo šácht E a F, ale aj odvodňovacích vrtoch HV-102, HV-7 a JH-5. Maximálne výdatnosti namerané v roku 2023 na objektoch E a JH-5 predstavujú najvyššie hodnoty v rámci lokality počas celého obdobia monitorovania (E – 122,40 l.min⁻¹ – 28. december, 109 l.min⁻¹ – 16. november; JH-5 – 109,2 l.min⁻¹ – 18. máj). Celkove je možné konštatovať, že v posledných dvoch rokoch, v rámci hodnoteného desaťročného intervalu, došlo k vzostupu výdatnosti, sledovanej na odvodňovacích zariadeniach.



Obr. 4.1.21 Dlhodobý vývoj výdatnosti meraný na odvodňovacích zariadeniach (ústie potrubia zo šácht) E a F na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (časť Malá Hôrka) v rokoch 2014 a 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho zariadenia), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: roky 2012 – 2019.



Obr. 4.1.22 Dlhodobý vývoj výdatnosti meraný na odvodňovacích vrtoch HV-6 a HV-7 na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (časť Malá Hôrka, severovýchodná časť zosuvného územia) v rokoch 2022 a 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho zariadenia), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: roky 2012 – 2019.



Obr. 4.1.23 Dlhodobý vývoj výdatnosti meraný na odvodňovacích vrtoch HV-101, HV-102, JH-5 a JH-6 na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (Jánošíkova ulica) v rokoch 2022 a 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho zariadenia), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: roky 2012 – 2019.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Handlová s indikativom 30080. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2022 predstavuje 837,03 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1 328,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 69,8 mm a maximálny mesačný úhrn 288,2 mm (august 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 16. júla 2010 do 15. augusta 2010) dosiahol 335,8 mm.

V roku 2023 bol nameraný zrážkový úhrn 1148,90 mm, čo zodpovedá 137,26 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas novembra (167,2 mm) a najvyšší denný úhrn 5. augusta (46,8 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 44,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. októbra do 17. novembra (233,60 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 18. augusta do 17. septembra), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 12,1 mm.

Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 11 dní (od 10. do 20. novembra) s úhrnom 65,7 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko sú monitorovacie aktivity zabezpečované v troch samostatných zosuvných územiach (západná časť intravilánu mesta Handlová).

V roku 2023 sa pokračovalo so zredukovaným sortimentom monitorovacích metód. Po kritickej deformácii inklinometrického vrtu AH-3 na Jánošíkovej ul., zaznamenananej v roku 2022, sú monitorovacie merania zamerané výlučne na sledovanie hlavného zosuvotvorného faktora – hĺbky hladiny podzemnej vody a tiež výdatnosti odvodňovacích zariadení. V roku 2022 bolo zabezpečené zvýšenie frekvencie režimových pozorovaní z pôvodnej dvojtýždennej na týždennú, čo prinieslo lepší obraz o vývoji hlavného zosuvotvorného faktora. Pri hodnotení výsledkom meraní hĺbky hladiny podzemnej vody možno konštatovať, že maximálne hladiny boli dosahované v máji a na začiatku zimného obdobia (prevažne posledné etapové meranie). Nad úroveň terénu vystúpila hladina podzemnej vody vo vrte P-3. Do tesnej blízkosti povrchu terénu vystúpili hladiny podzemnej vody vo vrtoch P-2, P-16, P-34 a P-38. Pomerne vysoko vystúpili aj hladiny podzemnej vody vo vrtoch P-1, P-4, P-8, P-13, P-32, P-35 a P-37. V uvedených vrtoch sa počas roka maximálne stavy hladiny podzemnej vody nachádzali v intervale od -0,13 (P-3) do 0,68 m pod terénom (P-8).

Z hľadiska hodnotenia stabilitných pomerov za nepriaznivé považujeme najmä tie prípady, kedy hladina podzemnej vody vystupuje nad úroveň terénu. V roku 2023, podobne ako po minulé roky, bol preliv okrem vrtu P-3 pozorovaný aj vo vrte P-19, ktorý je od roku 2003 inštrumentovaný automatickým hladinomerom. Vrt je priamo v kontakte s ochranným pásom železnice, v oblasti nad bytovou výstavbou. Interval zaznamenaných hladín podzemnej vody sa v roku 2023 pohyboval od 1,67 do 3,84 m pod terénom (merania boli v dôsledku technickej poruchy vykonávané len v období od 1. januára do 13. februára). Dva vrty boli počas niekoľkých etáp suché (P-13 a P-33). Vo väčšine vrtov bol však pozorovaný vzostupný trend hladiny podzemnej vody.

V súvislosti s režimovými meraniami na vybudovanej sieti pozorovacích (piezometrických) vrtov je potrebné upozorniť na viacero vážnych problémov. Tak ako sme už viackrát naznačili, monitorovacie objekty boli vybudované za účelom sledovania podzemnej vody, avšak ich filtračné časti sú v mnohých prípadoch neúmerne dlhé, čo spôsobuje problémy pri správnej interpretácii kolísania hladiny podzemnej vody. V mnohých prípadoch došlo vybudovaním monitorovacieho objektu k prepojeniu dvoch, prípadne viacerých zvodnených horizontov. Uvedená skutočnosť sa prejavuje skreslením nameraných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody.

Na základe pravidelných rekognoskácií možno konštatovať, že v zosuvnom území postupne dochádza k poškodzovaniu vybudovanej monitorovacej siete. Veľmi zlá situácia je v oblasti zosuvného územia na Jánošíkovej ulici. Vandalizmom došlo k odstráneniu viacerých ochranných pažníc piezometrických vrtov, čo zhoršuje, a v niektorých prípadoch i znemožňuje, výkon monitorovacích meraní. Navyše, vplyvom spomenutého vandalizmu dochádza k zasypávaniu vrtov.

V prípade odvodňovacích vrtov došlo k vzostupu výdatnosti. Prekročené boli dlhodobé maximálne hodnoty prietoku na viacerých odvodňovacích zariadeniach. Zároveň boli namerané absolútne najvyššie hodnoty prietoku za celé monitorované obdobie na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Ide o odvodňovacie zariadenie – šachtu, do ktorej ústi 7 subhorizontálnych odvodňovacích vrtov s označením HVE-1 až HVE-7. Odvodňovacie zariadenie sa nachádza v oblasti Malej Hôrky a merania sú zabezpečované na výtokovom

objekte s označením „E“. Mimoriadne vysoké hodnoty výdatnosti boli namerané aj na odvodňovacom vrte JH-5, ktorý sa nachádza v čele zosuvu v časti Jánošíkova ulica.

Po kritickej deformácii – „ustrihnutí“ inklinometrického vrtu AH-3, ktorý sa nachádza v oblasti Jánošíkovej ul., boli v roku 2022 ukončené merania pohybovej aktivity zosuvného územia. V súvislosti s nameranou deformáciou na úrovni šmykovej plochy, ktorá sa nachádza v hĺbke 5,57 m pod terénom, bolo zosuvné územie v oblasti Jánošíkovej ul. zaradené do zoznamu lokalít navrhnutých na inžinierskogeologický prieskum, následnú sanáciu a prípadné monitorovanie v rámci Programu prevencie a manažmentu zosuvných rizík na roky 2021 až 2029.

V roku 2024 plánujeme na zosuvnej lokalite pokračovať v monitorovaní režimových ukazovateľov – meranie hĺbky hladiny podzemnej vody a množstva vody odvádzanej odvodňovacími zariadeniami. Okrem terénnych meraní bude zabezpečený zber údajov z automatického zariadenia a spracované budú aj klimatické údaje zo stanice SHMÚ.

1.4.2. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta

Stručná charakteristika lokality

Zosuv na Kunešovskej ceste sa nachádza v intraviláne mesta Handlová, na jeho JV okraji. V súvislosti s aktivizáciou zosuvu v roku 1998 bol na lokalite vykonaný inžinierskogeologický prieskum (Jadroň a Mokrá, 1999). V rámci prieskumu bola vybudovaná sieť objektov, umožňujúcich vykonávať inklinometrické merania, ako aj režimové pozorovania. K jej modernizácii došlo počas roka 2014. Do existujúceho inklinometrického vrtu bola inštalovaná stacionárna inklinometrická sonda. Modernizácia monitorovacích zariadení prebehla v rámci riešenia projektu „Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza“ (Ilkanič et al., 2014 in Ondrejka et al., 2014). Súčasťou geologickej úlohy bola i revízia a rekonštrukcia odvodňovacích zariadení.

Po období overovania pohybovej aktivity zosuvného územia, bola stacionárna inklinometrická sonda v roku 2016 odinštalovaná a premiestnená v rámci monitorovacej siete na zosuv Prievidza-Hradec. Zosuvné územie Prievidza-Hradec v uvedenom období predstavovalo vážnu hrozbu pre viaceré obytné objekty.

V roku 2022 bol na zosuvnej lokalite upravený rozsah a frekvencia režimových pozorovaní. Výlučne ručné merania boli nahradené automatickým záznamom s hodinovou frekvenciou.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2022 a 2023, sú zhrnuté v tab. 4.2.1.

Tab. 4.2.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2022 a 2023.

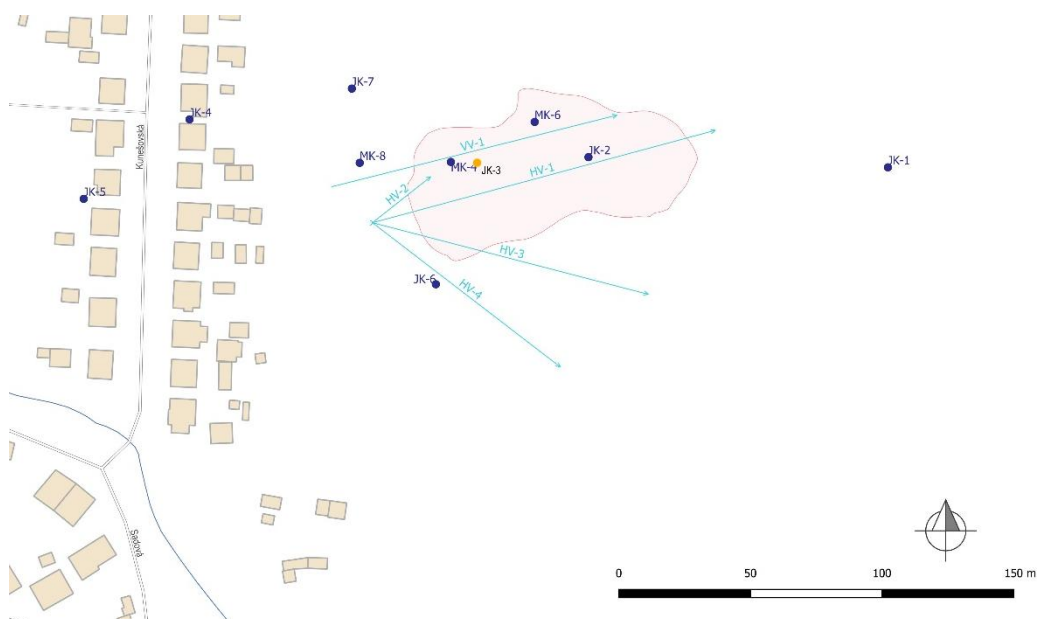
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1 (rok 2022)	JK-3 – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	Kontinuálne (každú hodinu)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickým hladinomerom

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta boli do roku 2021 zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 9 vrtoch (situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.2.1). Od 31. mája 2022 sú merania zabezpečované vo vrte JK-3 automatickým hladinomerom. Počas hodnoteného obdobia od 31. máj do 31. december 2023 bolo zariadenie nastavené na záznam s hodinovým intervalom. Žiaľ, v roku 2023 došlo k poruche na automatickom hladinomery. Z tohto dôvodu boli merania realizované len v mesiacoch január, február, november a december. Celkovo bolo v roku 2023 zabezpečených 1997 meraní.



Obr. 4.2.1. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta – situácia monitorovaných objektov, na ktorých boli do roku 2021 zabezpečované režimové pozorovania (od roku 2022 sú merania zabezpečované prostredníctvom automatického hladinomeru vo vrte JK-3, ktorý je označený oranžovým bodom; objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie subhorizontálnymi odvodňovacími vrtmi); ohraničenie zosuvov podľa Jadroňa a Mokrej (1999), mapový podklad: ZBGIS®.

Z nameraných údajov z roku 2022 vyplýva, že hladina podzemnej vody mala počas jarného, letného a značnú časť jesenného obdobia klesajúci trend. K miernemu vzostupu došlo až na konci roka. Minimálny stav bol zaznamenaný na konci jesenného obdobia 5. decembra s hĺbkou 4,17 m pod terénom (482,6 m n. m.). Následne, najmä v súvislosti s intenzívnymi zrážkami hladina začala po tomto termíne pozvoľne stúpať. Uvedený vzostup trval až do konca roka. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla hodnotu 3,74 m pod terénom (483,02 m n. m.). Celkové kolísanie hladiny počas monitorovaného obdobia sa nachádzalo na úrovni 1,21 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody dosiahol 4,03 m pod terénom, 2. kvartil 3,84 m pod terénom a 3. kvartil 3,51 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,3 °C počas 31. mája; naopak, najnižšia teplota (10,1 °C) bola zaznamenaná 18. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,1 °C.

Tab. 4.2.2. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2022.

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JK-3	5146	2,96	483,81	31. 5. 2022	4,17	482,60	5. 12. 2022	3,74	483,02	1,21

V roku 2023 hladina podzemnej vody mala vzostupný charakter. Najhlbšie pod terénom bola nameraná 3. januára (3,84 m pod terénom; 482,93 m n. m.). V súvislosti s intenzívnymi januárovými zrážkami došlo v prvej polovici mesiaca k jej vzostupu, a to na úroveň 2,45 m pod terénom (27. január). Výraznejší vzostup bol pozorovaný na konci roka. Podobne, vplyvom zrážkovej činnosti, došlo k nárastu hladiny podzemnej vody na úroveň 0,57 m pod terénom. Ide o najvyššiu úroveň nameranú v danom vrte od začiatku monitorovania (december 1999). V minulosti bola najvyššia hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 0,9 m pod terénom (v septembri 2010).

Priemerná hodnota z nameraných hĺbok hladiny podzemnej vody dosiahla 2,32 m pod terénom a celkové kolísanie 3,27 m.

Tab. 4.2.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2023.

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JK-3	1997	0,57	486,20	22. 12. 2023	3,84	482,93	3. 1. 2023	2,31	484,46	3,27

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou lokality Handlová-Morovnianske sídlisko.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Handlová-Kunešovská cesta sa monitorovacie aktivity zabezpečujú v území nad zástavbou rodinných domov (juhovýchodná časť intravilánu mesta Handlová). Merania v roku 2023, na rozdiel od predchádzajúceho obdobia, boli sústredené na sledovanie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom vo vrte JK-3. Prechodom na kontinuálny záznam zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola zabezpečená vyššia úroveň monitorovania hlavného zosuvotvorného faktora. Žiaľ, v roku 2023, v dôsledku technickej poruchy, došlo k výpadku meraní počas 9 mesiacov. Automatickým hladinomerom bol zachytený vývoj počas stabilítnej najnepriaznivejších mesiacov. Išlo o zrážkovú činnosť na začiatku roka a tiež i na jeho konci. Práve koncoročný vzostup hladiny podzemnej vody poukazuje na najvyššiu úroveň za sledované obdobie. Tu treba podotknúť, že do roku 2021 boli hladiny sledované s nižšou frekvenciou, a teda podobné stavy nemuseli byť zachytené.

Rekognoskácia územia potvrdzuje úspešnosť vykonaných sanačných opatrení z 90-tych rokov minulého storočia.

V roku 2024 je plánované pokračovať v monitorovaní úrovne podzemnej vody prostredníctvom automatického hladinomeru. Zároveň je plánované priebežne vyhodnocovať a spracovávať klimatické údaje zo stanice SHMÚ.

1.4.3. Lokalita Svätý Anton

Stručná charakteristika lokality

Monitorované zosuvné územie sa nachádza v južnej časti obce Svätý Anton. Zosuv sa vyvinul v oblasti násypu, ktorý bol vytvorený pri budovaní futbalového ihriska – odlučná oblasť zosuvu (zosuv má plošný tvar s rozmermi 115 m – šírka x 110 m – dĺžka). Akumulačná časť je v kontakte s cestnou komunikáciou I. triedy číslo 51. V akumuláčnej časti došlo v roku 2012 k pretrhnutiu vodovodného potrubia. V roku 2021 v dôsledku zintenzívnenia svahového pohybu a priameho ohrozenia premávky na komunikácii I. triedy číslo 51, ktorá je súčasťou významnej regionálnej infraštruktúry, ale aj inžinierskych sietí, ako sú plynovod, vodovod, elektrické vedenie a tiež niekoľkých stavebných objektov, bola starostom obce dňa 8. februára vyhlásená mimoriadna situácia. Následne boli v zosuvnom území zabezpečené sanačné práce, ktoré boli orientované prevažne na zníženie hladiny podzemnej vody (subhorizontálne odvodňovacie vrty, z ktorých je voda odvádzaná priamo do príľahlého povrchového recipientu – rieka Štiavnica). Počas riešenia geologickej úlohy boli v priestore zosuvu vybudované monitorovacie objekty – inklinometrické (vrt SVA-1-INK je od roku 2021 zaradený do monitorovacej siete ČMS – GF; 23. septembra bolo zabezpečené nulté meranie) a piezometrické vrty (snímače pórových tlakov) a meteorologická stanica (Csizmadia et al., 2022). V minulosti boli v zosuvnom území zabezpečené viaceré inžinierskogeologické prieskumy (Bednarik et al., 2012 a 2013; Laurenčík a Sluka, 2015 in Šimeková et al., 2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2022 a 2023, sú zhrnuté v tab. 4.3.1.

Tab. 4.3.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Svätý Anton v rokoch 2022 a 2023.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Inklinometrické	2	INK-1, SVA-1-INK	2 (5. máj, 21. september)	1 (16. august)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	JSA-1 a 2 – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Banská Štiavnica (indikatív 40260)	Denné úhrny zrážok	

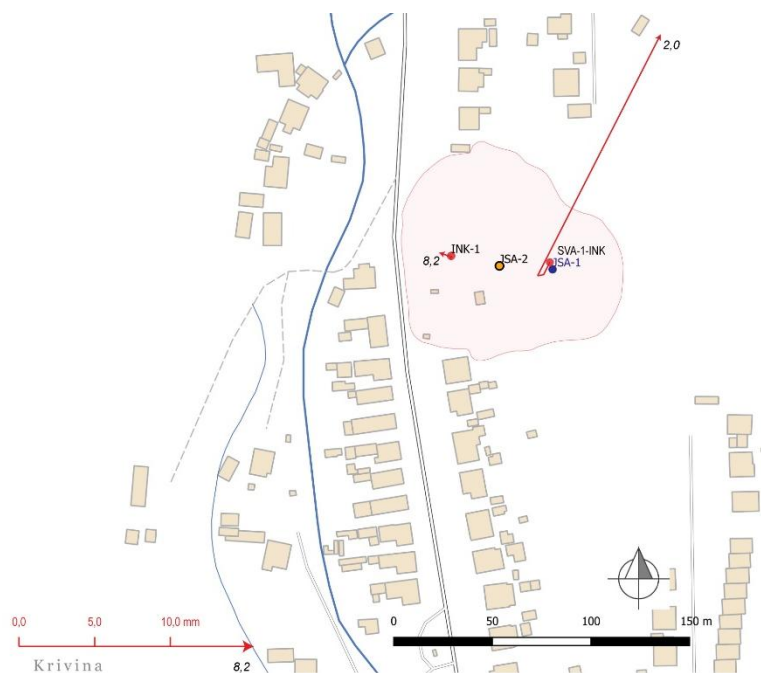
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na zosuvnej lokalite sa inklinometrické merania vykonávajú od apríla 2015 (nulté meranie) vo vrte INK-1; v roku 2021, vďaka vybudovaniu nových inklinometrických vrtov, sa rozšírili monitorovacie aktivity o merania vo vrte SVA-1-INK. Nulté meranie bolo vo vrte zrealizované v roku 2021, počas septembrovej etapy.

Výsledky meraní vo vrte INK-1, vykonané počas predchádzajúceho obdobia, preukázali šmykovú plochu v hĺbke 8,2 m pod terénom (informácie o pohybovej aktivite za posledné dva roky sú zhrnuté v tab. 4.3.2 a na obr. 4.3.1 a 4.3.2; hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.3.3).

V roku 2022 boli etapové merania vykonávané v dvoch inklinometrických vrtoch, ktoré zachytávajú pohybovú aktivitu počas jesenného, zimného a jarného obdobia 2021/2022 a jarného a letného obdobia 2022. Z výsledkov meraní vyplýva, že v zosuvnom území, vďaka sanačným prácam, ktoré boli zrealizované v roku 2021, došlo k výraznému poklesu pohybovej aktivity. V sledovaných horizontoch (tab. 4.3.2) neboli počas jednotlivých etapových meraní zaznamenané deformácie nad 1 mm. Maximálna hodnota bola nameraná relatívne plytko, a to v hĺbke 2,0 m pod terénom s hodnotou 0,92 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $1,5 \text{ mm.rok}^{-1}$.



Obr. 4.3.1. Lokalita Svätý Anton – vektory deformácií namerané v rokoch 2022 a 2023 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.3.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenatej deformácie od povrchu terénu v m; vrty JSA-1 a 2 slúžia na monitorovanie režimových ukazovateľov – oba vrty sú vystrojené automatickými hladinomeri); ohraňenie zosuvu podľa Laurenčíka a Sluku (2015 in Šimeková et al., 2015), mapový podklad: ZBGIS®.

Počas roka 2023 bolo vo vrtoch INK-1 a SVA-1-INK zabezpečené jedno kontrolné etapové meranie, a to 18. augusta. Namerané údaje zachytávajú pohybovú aktivitu zosuvného územia počas približne 11 mesačného obdobia.

Z výsledkov meraní vo vrte INK-1 vyplýva, podobne ako počas predchádzajúcich dvoch etáp z roku 2022, že hodnota nameraného vektora je nízka a poukazuje na relatívne priaznivý stabilný vývoj v oblasti šmykovej plochy (ktorá sa nachádza v hĺbke 8,2 m pod terénom). Zároveň treba však poznamenať, že nameraná deformácia, a to i napriek tomu, že jej hodnota je pomerne nízka, má orientáciu v smere spádnicе svahu, teda i v smere pohybu zosuvného telesa. Práve v dôsledku tejto skutočnosti došlo k nárastu celkovej deformácie za monitorované obdobie (merania sú vykonávané od 24. apríla 2015) na 15,36 mm, čo v rámci monitorovaného obdobia predstavuje priemernú rýchlosť $1,85 \text{ mm.rok}^{-1}$.

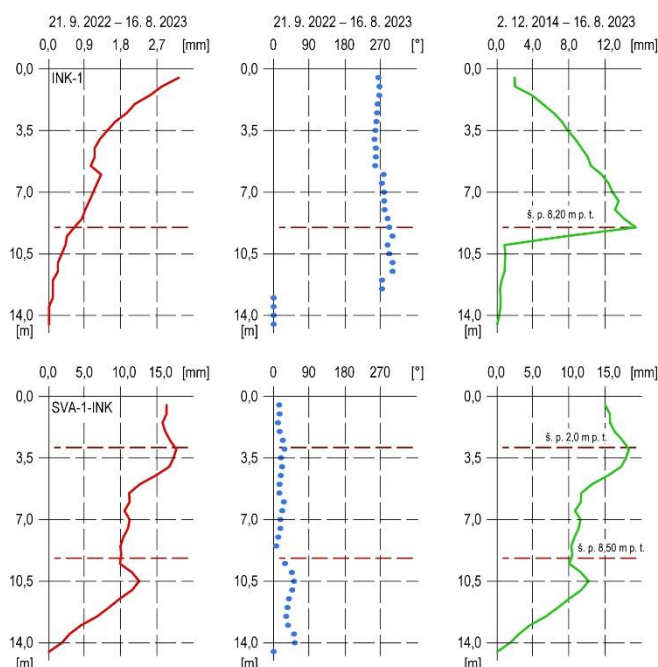
Vo vrte SVA-1-INK je situácia iná. Nameraná deformácia naznačuje, že v oblasti hornej časti zosuvného svahu (v blízkosti telesa násypu futbalového ihriska) dochádza k pomerne výraznej pohybovej aktivite. Počas obdobia od 21. septembra 2022 do 16. augusta 2023 bola v hĺbke 2,0 m pod terénom nameraná deformácia 17,64 mm (čo predstavuje rýchlosť $19,56 \text{ mm.rok}^{-1}$) a v hĺbke 8,5 m pod terénom nameraná deformácia 9,82 mm ($10,90 \text{ mm.rok}^{-1}$). Vzhľadom na azimuty nameraných vektorov nie je možné jednoznačne usúdiť, či v území došlo vplyvom nepriaznivých klimatických pomerov k rozvoju pohybovej

aktivity alebo ide len o chybu merania. Merania sa vo vrte vykonávajú relatívne krátke obdobie, a teda nie je možné sa jednoznačne vyjadriť ku kvalite zabudovania inklinometrického vrtu. Zároveň nie je možné vylúčiť, že vplyvom nadmerných zrážkových úhrnov, najmä v januári, mohlo dôjsť k nasýteniu odlučnej oblasti – územie s vybudovaným futbalovým ihriskom (ktoré umožňuje dostatočne dobrú infiltráciu zrážkových vôd do telesa násypu; treba zároveň podotknúť, že v roku 2021 boli sanačné práce – odvodnenie – sústredené i do tejto oblasti), čo mohlo viesť i k vzostupu pohybovej aktivity v oblasti monitorovacieho objektu.

Tab. 4.3.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Svätý Anton v rokoch 2022 a 2023.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	23. 9. 2021 – 5. 5. 2022			5. 5. 2022 – 21. 9. 2022			21. 9. 2022 – 16. 8. 2023		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-1	8,20	14,78	0,22	207	14,73	0,14	45	15,36	0,63	288
SVA-1-INK	2,00	0,92	0,92	3	0,92	0,40	260	18,25	17,64	27
SVA-1-INK	8,50	0,76	0,76	327	0,64	0,22	197	9,99	9,82	28

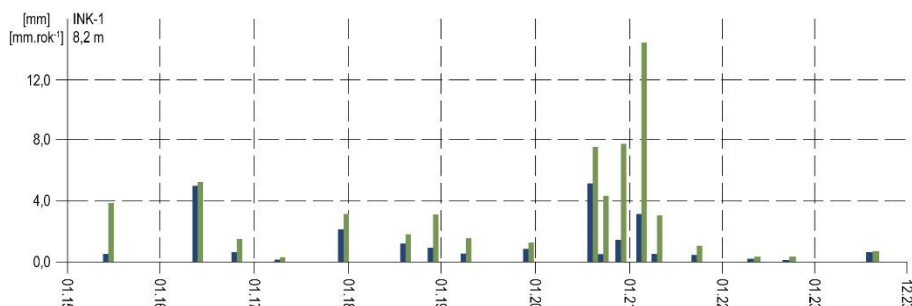
CD – celková deformácia od nultého merania (24. 4. 2015 – vrt INK-1; 23. 9. 2021 – vrt SVA-1-INK); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



Obr. 4.3.2. Diferenciálny priebeh deformácie v inklinometrických vrtoch na lokalite Svätý Anton (označenie vrtov je vľavo hore). Červená línia – spojnice etapových vektorov, modré body – etapové hodnoty azimutov nameraných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania, (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), hnedá prerušovaná línia – orientačná hĺbka šmykovej plochy.

Z dlhodobého vývoja deformácie vo vrte INK-1 (obr. 4.3.3) vyplýva, že najvyššie prírastky deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané v roku 2020 a o niečo nižšie v roku 2016; najvyššia etapová rýchlosť bola zaznamenaná v roku 2021. Mierne zvýšená hodnota etapovej deformácie bola nameraná aj v prvej polovici roka 2021 a v druhej polovici roka 2017. Generálny azimut nameraných deformácií počas monitorovaného obdobia má západný až severozápadný smer. Pomer medzi dĺžkou trajektórie etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu v hĺbke šmykovej plochy (8,2 m pod terénom) je aktuálne 63,59 %, čo naznačuje pohyb po aktívnej šmykovej ploche, hlavne v predsanačnom období. Etapy aktivizácie svahového pohybu sú spojené so vzostupom hladiny podzemnej vody, najmä jej náhlymi vzostupnými zmenami. Celková deformácia na hlavnej šmykovej ploche, sledovaná od 24. apríla 2015 do 16. augusta 2023 (teda medzi nultým a posledným

kontrolným meraním), dosiahla 15,36 mm. Z uvedeného vyplýva, že priemerná rýchlosť pohybu zosuvného telesa je na úrovni 1,85 mm.rok⁻¹. V súvislosti s výsledkami meraní, zaznamenanými po septembri 2021, je potrebné uviesť, že výrazný pokles pohybovej aktivity súvisí s vybudovanými sanačnými opatreniami, zameranými na hĺbkové a povrchové odvodnenie zosuvného svahu, ale aj vybudovanie stabilizačných konštrukcií v čele zosuvného telesa.



Obr. 4.3.3. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Svätý Anton vo vrte INK-1 v období rokov 2015 až 2023; modrá – etapové deformácie a zelená – etapové rýchlosti sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore).

b/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickým hladinomerom

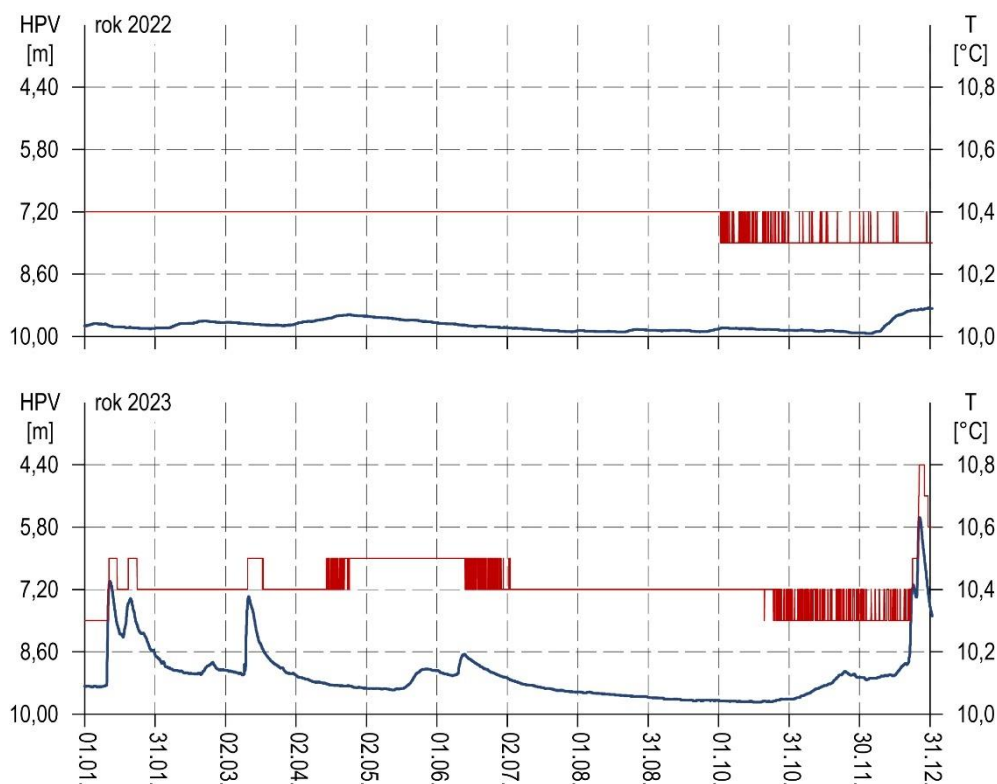
Na lokalite Svätý Anton sú automatickými hladinomerami zabezpečované merania vo vrtoch JSA-2 (od 9. júna 2016) a JSA-1 (od 18. februára 2021). Štatistické zhodnotenie nameraných údajov o hĺbkach hladín podzemnej vody za posledné dvojročné obdobie je zhrnuté v tab. 4.3.3 a 4.3.4 a taktiež na obr. 4.3.4 a 4.3.5. Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie sú graficky znázornené na obr. 4.3.6.

Tab. 4.3.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Svätý Anton v roku 2022.

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JSA-1	8759	7,51	409,46	10. 12. 2022	8,63	408,34	19. 8. 2022	8,51	408,46	1,12
JSA-2	8760	9,36	405,89	30. 12. 2022	9,93	405,32	3. 12. 2022	9,76	405,49	0,57

Počas roka 2022 bolo automatické zariadenie, ktoré je umiestnené vo vrte JSA-2, v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale. Z nameraných výsledkov vyplýva, že hladina podzemnej vody vo vrte JSA-2 mala mimoriadne ustálený charakter s minimálnou amplitúdou. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná na konci roka, a to 30. decembra v hĺbke 9,36 m pod terénom (405,89 m n. m.; čo je v porovnaní s rokom 2021 pokles o 6,04 m). Minimálna úroveň bola dosiahnutá 3. decembra s hĺbkou hladiny podzemnej vody 9,93 m pod terénom, čo predstavuje nadmorskú výšku 405,32 m n. m. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2022 dosiahla 9,76 m pod terénom (405,49 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2021 predstavuje významný zostup, a to až o 2,56 m (v porovnaní s rokom 2020 ide o pokles o 3,38 m). Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo však len 0,57 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa v roku 2022 nachádzal na úrovni 9,86 m pod terénom, 2. kvartil 9,80 m pod terénom a 3. kvartil 9,69 m pod terénom. Priaznivý vývoj hladiny podzemnej vody je výsledkom odvodnenia svahu pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrto, realizovaných v rámci záchranných (sanačných) prác, vzniknutej mimoriadnej udalosti. K poklesu hladiny podzemnej vody prispievajú i objekty povrchového a podpovrchového odvodnenia situované v odľučnej oblasti a tiež i futbalového ihriska.

Kolísanie teploty malo minimálnu amplitúdu, maximálna teplota podzemnej vody bola zaznamenaná na úrovni 10,4 °C; naopak, minimálna teplota na úrovni 10,3 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,40 °C.



Obr. 4.3.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom JSA-2 v rokoch 2022 a 2023. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), červená línia – teplota podzemnej vody (T; pravá os).

Tab. 4.3.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Svätý Anton v roku 2023.

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JSA-1	8760	4,07	412,90	25. 12. 2023	8,46	408,51	21. 10. 2023	8,02	408,95	4,39
JSA-2	8760	5,58	409,67	26. 12. 2023	9,73	405,52	15. 10. 2023	9,15	406,10	4,15

V roku 2023 sa pri meraniach vo vrte JSA-2 pokračovalo v rovnakom režime ako v predchádzajúcom období. Maximálna hladina podzemnej vody nameraná 26. decembra v hĺbke 5,58 m pod terénom (409,67 m n. m.) predstavuje najvyššiu úroveň od júna 2021, to znamená pred realizácie sanačných opatrení. V porovnaní s maximálnou hladinou nameranou v predchádzajúcom roku ide o vzostup až o 3,78 m. Pomerne výrazné vzostupy hladiny podzemnej vody boli pozorované aj v prvej polovici roka. Prvé zreteľné stúpnutie hladiny podzemnej vody bolo namerané 11. januára (7,01 m pod terénom), následne, po období zostupu – druhá polovica januára a február, došlo k opätovným vzostupom 12. marca (7,36 m pod terénom) a v druhej polovici mája a v prvej polovici júna. Najintenzívnejší vzostup bol nameraný na konci roka – 25. december (4,07 m pod terénom; 412,09 m n. m.). Uvedené vzostupy hladiny podzemnej vody, predovšetkým decembrový, sa výrazne odlišujú od priebehu hladiny podzemnej vody v predchádzajúcom roku, resp. jej priebehu po vykonaní sanačných prác. Predpokladáme, že zmeny hladiny podzemnej vody súvisia s mimoriadne intenzívnymi zrážkami.

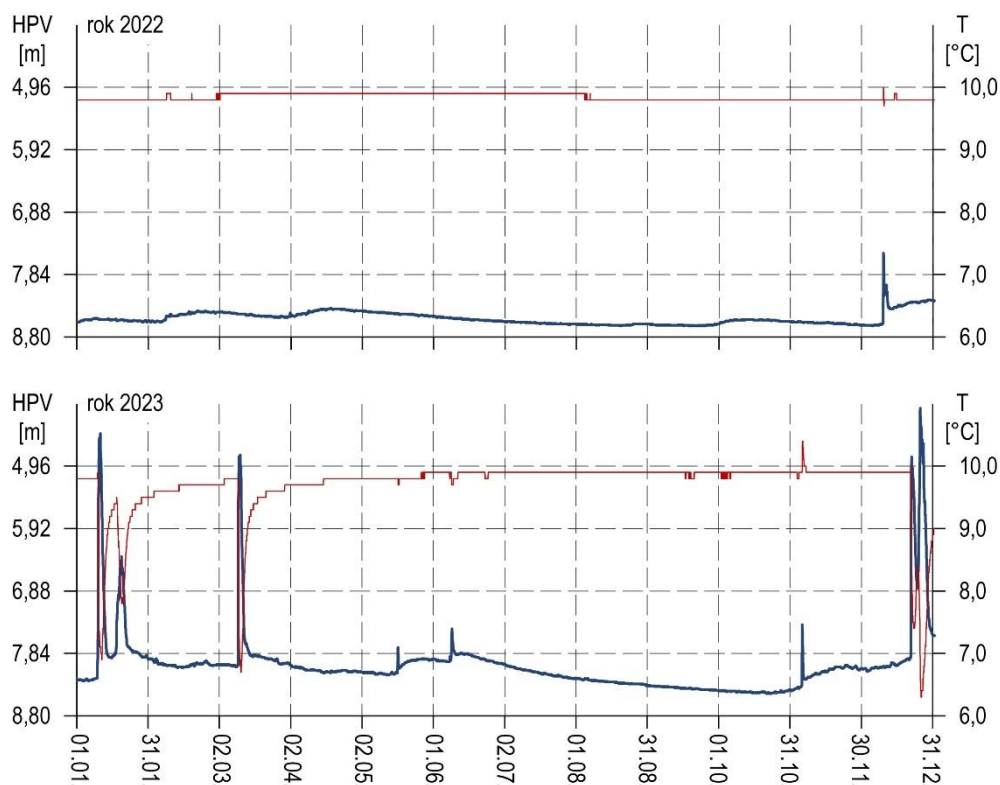
Hladina podzemnej vody mala od mája až do polovice októbra mierne klesajúci charakter. Práve v októbri bola nameraná minimálna hladina podzemnej vody v hodnotenom roku – 15. október – 9,73 m pod terénom (405,52 m n. m.).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2023 hodnotu 9,15 m pod terénom (406,10 m n. m.). V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo teda k vzostupu o 0,61 m.

Celková amplitúda ročných zmien dosiahla 4,15 m. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody dokumentuje výrazný vzostup – 0,22 m – 10. marec. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 9,02 m pod terénom, 2. kvartil 9,29 m pod terénom a 3. kvartil 9,53 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,8 °C počas 26. decembra, naopak, najnižšia teplota (10,3 °C) bola zaznamenaná 1. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,41 °C.

Vo vrte JSA-1 sú merania vykonávané od 18. februára 2021 (prostredníctvom automatického hladinomeru). Priebeh hladiny v roku 2022 bol v hodnotenom monitorovacom objekte do veľkej miery zhodný s vývojom jej zmien vo vrte JSA-2. To znamená, že kolísanie podzemnej vody sa prejavilo len minimálne. Mimoriadne ustálený charakter hladiny podzemnej vody čiastočne narušil jej náhly vzostup 10. decembra, kedy bola nameraná jej maximálna úroveň v hodnotenom roku (7,51 m pod terénom; 409,46 m n. m.). Z vývoja teploty podzemnej vody je možné predpokladať, že došlo k výraznej dotácii podzemných vôd zrážkami. Z nameraných údajov na stanici SHMÚ Svätý Anton vyplýva, že dňa 9. decembra bol nameraný zrážkový úhrn 44,5 mm, vďaka čomu sa 30-dňové zrážky v období od 9. decembra do konca roka nachádzali v intervale 77,5 až 112,3 mm.



Obr. 4.3.5. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom JSA-1 v rokoch 2022 a 2023). Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (pravá os – T).

Minimálna úroveň bola dosiahnutá 19. augusta s hĺbkou 8,63 m pod terénom, čo predstavuje nadmorskú výšku 408,34 m n. m. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku

2022 dosiahla 8,51 m pod terénom (408,46 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2021 predstavuje zostup, a to až o 1,26 m. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 1,12 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa v roku 2022 nachádzal na úrovni 8,59 m pod terénom, 2. kvartil 8,54 m pod terénom a 3. kvartil 8,45 m pod terénom. Podobne i tu je možné konštatovať, že z hľadiska stability zosuvného územia bol vývoj hladiny podzemnej vody v roku 2022 priaznivý.

Zmeny teploty mali veľmi malú amplitúdu; maximálna teplota podzemnej vody bola zaznamenaná na úrovni 10,0 °C a naopak, minimálna teplota na úrovni 9,7 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,8 °C.

V roku 2023, podobne ako v predchádzajúcom roku, sa vývoj hladiny podzemnej vody do veľkej miery zhoduje so zmenami vo vrte JSA-2. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná až v druhej polovici decembra (4,07 m pod terénom – 412,90 m n. m. – 25. december), ale pomerne výrazné vzostupy boli zaznamenané už počas januára a marca a taktiež, ale v menšom rozsahu, aj počas mája, júna a novembra. Prvý výrazný vzostup hladiny podzemnej vody (10. január) súvisel s intenzívnymi zrážkami z 9. januára, kedy počas 24 hodín spadlo 39,1 mm zrážok (stanica SHMÚ Svätý Anton – indikatív 40280). Zimné obdobie bolo všeobecne bohaté na zrážky a k termínu 10. januára dosahoval 30-dňový zrážkový úhrn až 102,9 mm. Reakciou na intenzívnu zrážkovú udalosť z 9. januára bol výrazný nárast hladiny podzemnej vody. Z hodnotenia hodinových údajov vyplýva, že vzostupné zmeny hladiny v období od 2:00 do 10:00 hod. sa pohybovali v intervale od 0,20 do 0,48 m. Ešte výraznejšie zmeny hladiny podzemnej vody boli pozorované 10. marca. Hladina podzemnej vody vystúpila v priebehu 1 hodiny až o rekordných 1,79 m. Následne sa tempo vzostupu hladiny mierne spomalilo (0,70 m a menej). Opäť aj v tomto prípade išlo o odozvu na zrážky (10. marca 2023 spadlo na stanici SHMÚ Svätý Anton 27,7 mm a 30-dňový úhrn dosahoval 60,7 mm zrážok). Májové, júnové a novembrové vzostupy mali rovnakého menovateľa, avšak veľkosť vzostupu v týchto prípadoch bola podstatne menšia. Posledné výrazné vzostupy hladiny podzemnej vody spojené s atmosférickými zrážkami boli pozorované v decembri. Hodinové hodnoty vzostupu sa pohybovali od 0,20 do 0,66 m, priemerne 0,41 m (v dňoch 1. a 25. december).

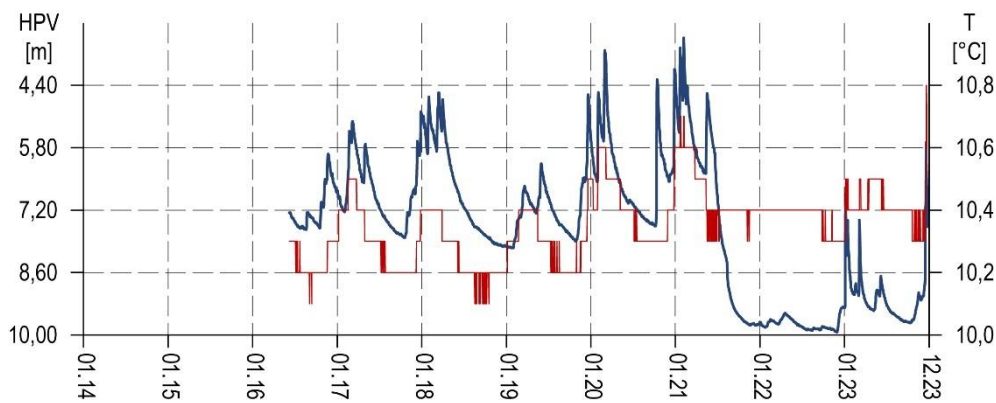
Z hľadiska dopĺňania zásob podzemnej vody sú pozoruhodné mesiace október a november. Denné zrážkové úhrny v októbri dosahovali od 0,2 do 47,2 mm a celkový úhrn za mesiac bol 140,4 mm; v novembri sa denné zrážkové úhrny nachádzali v intervale od 0,1 do 25,5 mm a mesačný úhrn 143,6 mm. 30-denný úhrn k 17. novembru dosiahol 244,2 mm. Uvedené zrážky sa na vývoji hladiny prejavili len miernym vzostupom. Predpokladáme, že vzostup hladiny podzemnej vody bol v danom období kompenzovaný postupnou saturáciou oblasti aerácie. K výraznejšiemu kolísaniu došlo až neskôr po jej dostatočnom nasýtení.

Minimálna hladina podzemnej vody bola nameraná dňa 21. októbra v hĺbke 8,46 m pod terénom (408,51 m n. m.).

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2023 dosiahla 8,02 m pod terénom (408,95 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,49 m. Amplitúda ročných zmien sa nachádzala na úrovni 4,39 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody dosiahol úroveň 7,96 m pod terénom, 2. kvartil 8,09 m pod terénom a 3. kvartil 8,25 m pod terénom.

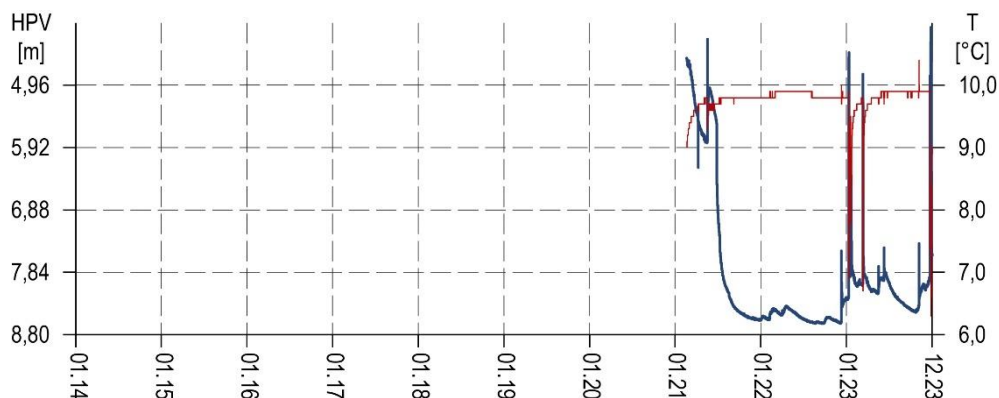
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,4 °C počas 5. novembra; naopak, najnižšia teplota (6,3 °C) bola zaznamenaná 26. decembra. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,69 °C.

Na základe dlhodobého vývoja zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte JSA-2 je možné monitorované obdobie rozdeliť na dve samostatné etapy. Prvá etapa je charakteristická periodickým kolísaním hladiny podzemnej vody, ktoré súvisí so sezónnymi zmenami. Táto etapa končí realizáciou sanačných odvodňovacích vrtov v polovici júna 2021. Maximálna



Obr. 4.3.6. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom, inštalovaným vo vrte JSA-2, v rokoch 2016 až 2023 na lokalite Svätý Anton. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (pravá os – T).

hladina podzemnej vody v tomto období bola zaznamenaná v roku 2021 (obr. 4.3.6). Následne, po zrealizovaní sanačných opatrení, sa režim podzemnej vody zásadne zmenil. Hladina má prevažne vyrovnaný priebeh. Zmeny hladiny sú náhle a súvisia s mimoriadnymi zrážkovými úhrnmi. Uvedený opis je charakteristický i pre vrt JSA-1. Vybudované odvodnenie do významnej miery eliminuje dotácie zrážok, avšak v hodnotenom roku došlo k niekoľkým výrazným stúpnutiam podzemnej vody.



Obr. 4.3.7. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom, inštalovaným vo vrte JSA-1, v rokoch 2021 až 2023 na lokalite Svätý Anton. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (pravá os – T).

c/ Merania zrážkových úhrnov

Klimatologické údaje sú preberané zo stanice SHMÚ Svätý Anton s indikativom 40280 od roku 2017. Ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2017 do 31. decembra 2022 predstavuje 761,77 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 918,10 mm (rok 2020); priemerný mesačný úhrn 63,5 mm a maximálny mesačný úhrn 179,2 mm (október 2020). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 18. septembra do 18. októbra 2019) dosiahol 215,8 mm.

V roku 2023 bol nameraný zrážkový úhrn 1086,40 mm, čo zodpovedá 142,62 % dlhodobého priemeru, a teda ide o mimoriadne vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas januára (148,0 mm) a najvyšší denný úhrn 27. októbra (47,2 mm). Najsuchším mesiacom bol júl s 32,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. októbra do 17. novembra (244,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 24. júna do 24. júla) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 17,8 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 11 dní (od 10. do 20. novembra) s úhrnom 46,0 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2021 prebehla v zosuvnom území rozsiahla sanácia, ktorej súčasťou bolo i dobudovanie monitorovacej siete. V rámci riešenia úlohy Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory podsystem 01 Zosuvy a iné svahové deformácie bola pôvodná množina monitorovacích objektov rozšírená o jeden inklinometrický vrt. Nulté meranie bolo vo vrte zabezpečené v septembri roku 2021.

V roku 2023 sa merania pohybovej aktivity vykonávali v dvoch inklinometrických a dvoch piezometrických vrtoch. Z výsledkov inklinometrických meraní, realizovaných v auguste vyplýva, že vo vrte INK-1 bola na šmykovej ploche (v hĺbke 8,2 m pod terénom) nameraná relatívne malá deformácia, avšak vďaka jej azimutu, ktorý má smer spádnicovej svahu, došlo k nárastu celkovej hodnoty deformácie za monitorované obdobie na 15,36 mm. V oblasti monitorovacieho vrtu SVA-1-INK, na úrovni šmykovej plochy (8,5 m pod terénom), bola nameraná deformácia 9,99 mm. Ešte vyššia hodnota bola nameraná v hĺbke 2,0 m pod terénom 18,25 mm. Azimuty vektorov nameraných vo vrte SVA-1-INK jednoznačne nepotvrdzujú, že došlo k svahovému pohybu.

Vybudované odvodňovacie vrty sa podieľajú na znižovaní úrovne hladiny podzemnej vody v oblasti zosuvu, čo dokumentujú priebehy zmien hladín podzemnej vody, sledované automatickými hladinomerami. Hladiny podzemnej vody v roku 2023, a to i napriek vybudovanému odvodňovaciemu systému, pomerne výrazne kolísali. Vzostupy podzemnej vody boli pozorované na začiatku roka a tiež na jeho konci. Nárast hladín podzemnej vody bol spojený s nameranými vysokými zrážkovými úhrnmi na stanici SHMÚ Svätý Anton.

Zosuvné územie po realizovanej sanácii je možné hodnotiť ako relatívne stabilizované. Na sledovanej šmykovej ploche vo vrte INK-1 pohybová aktivita poklesla. Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality, ktorá súvisí s ohrozením významnej cestnej komunikácie, trasy plynovodu, vodovodu, elektrického vedenia, ale aj niekoľkých stavebných objektov, plánujeme v monitorovacích aktivitách pokračovať aj v roku 2024. Rozsah a frekvencia meraní budú zachované z roku 2023, to znamená že bude zabezpečená jedna etapa meraní metódou presnej inklinometrie a vykonávaný bude aj pravidelný zber a vyhodnocovanie údajov z automatických hladinomerov. Rovnako budú analyzované klimatické údaje zo stanice SHMÚ Svätý Anton.

1.4.4. Lokalita Hodruša-Hámre

Stručná charakteristika lokality

Monitorované zosuvné územie sa nachádza východne od obce a je v priamom kontakte s Dolným Hodrušským jazerom.

Posúdeniu zosuvného územia na brehu vodnej nádrže sa venovali Šimeková et al., 2014. Podkladom pre vypracovanie projektovej dokumentácie sanácie zosuvného územia (Gomolčák et al., 2015) bol podrobný inžinierskogeologický prieskum (Bednarik et al., 2014). Podrobnejšie informácie o monitorovanej lokalite sú súčasťou správy za rok 2015 (Ondrejka et al., 2016).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Monitorovacie merania sa na lokalite vykonávajú od roku 2015, avšak systematicky sa lokalita monitoruje od roku 2016, kedy bola zaradená do úlohy ČMS – GF. Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2022 a 2023, sú zhrnuté v tab. 4.4.1.

Tab. 4.4.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2022 a 2023.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Inklinometrické	2	IP-2, PS-Z1	2 (5. máj ¹ , 21. september)	2 (16. august)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	PS-H1 – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Žarnovica (indikatív 36340)	Denné úhrny zrážok	

¹ – meranie bolo realizované len vo vrte PS-Z1, vrt IP-2 bol z dôvodu terénnych prác neprístupný

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

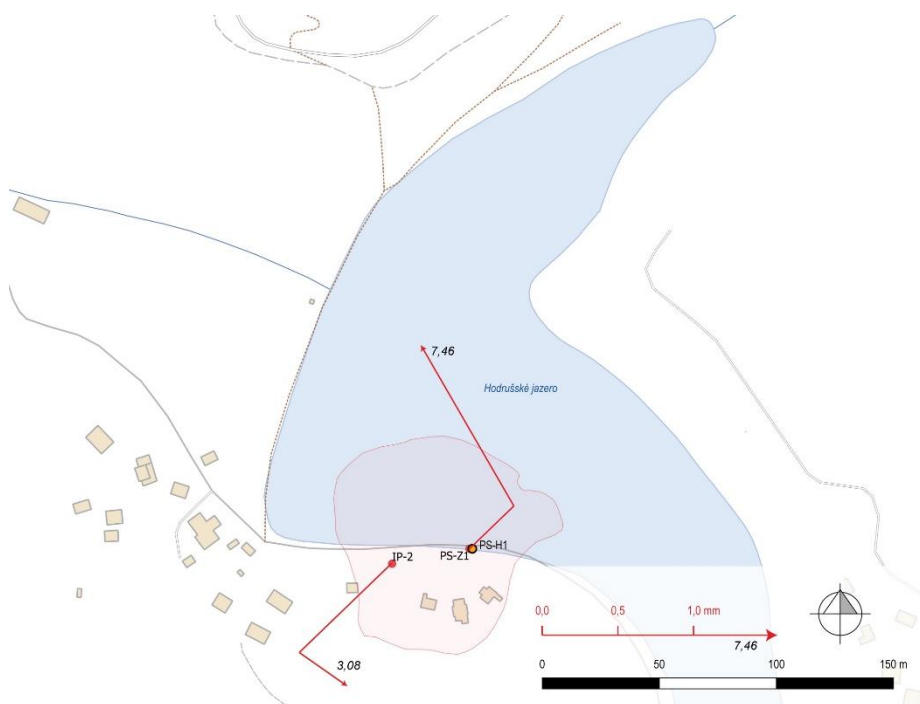
a/ Inklinometrické merania

Na lokalite sa merania vykonávajú v dvoch funkčných vrtoch. Nulté merania boli vo vrtoch zabezpečené v roku 2015. Výsledky meraní z rokov 2022 a 2023 sú zhrnuté v tab. 4.4.2. a na obr. 4.4.1, 4.4.2 a 4.4.3. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.4.4.

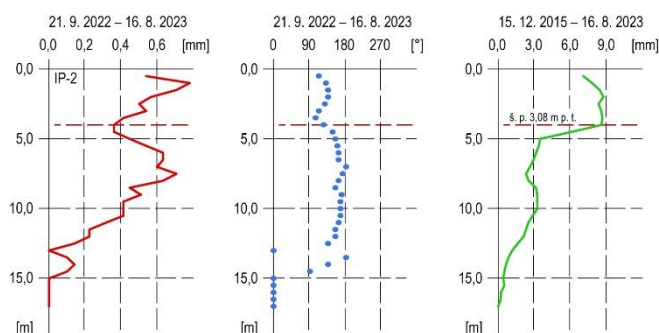
Tab. 4.4.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2022 a 2023.

Bod	Hĺbka [m]	23. 9. 2021 – 5. 5. 2022			5. 5. 2022 – 21. 9. 2022			21. 9. 2022 – 16. 8. 2023		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IP-2	3,08				8,86 ¹	0,85 ¹	2261	8,59	0,36	125
IP-2	8,08				3,75 ¹	0,92 ¹	1681	3,24	0,51	170
PS-Z1	4,96	0,28	0,54	82	0,89	0,63	42	1,92	1,17	350
PS-Z1	7,46	4,40	0,36	26	4,62	0,41	46	5,76	1,20	330

CD – celková deformácia od nultého merania (15. 12. 2015 – vrt IP-2; 6. 11. 2015 – vrt PS-Z1); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; ¹ – namerané hodnoty charakterizujú etapu od 23. septembra 2021 do 21. septembra 2022



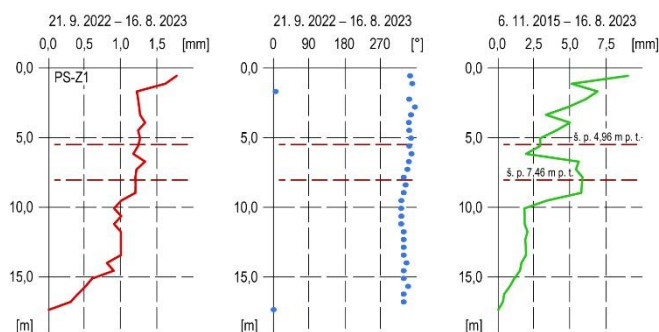
Obr. 4.4.1. Lokalita Hodruša-Hámre – vektory deformácií namerané v rokoch 2022 a 2023 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.4.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m; objekty označené ako body – monitorovacie objekty – červené – inklinometrické vrty, oranžové – piezometrický vrt s automatickým hladinomerom); ohraničenie zosuvu podľa Šimekovej a Martinčekovej et al. (2006); mapový podklad: ZBGIS®



Obr. 4.4.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte IP-2 na lokalite Hodruša-Hámre. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), hnedá prerušovaná línia – grafické označenie orientačnej hĺbky šmykovej plochy.

V roku 2022 boli merania na zosuve, ktorý je v priamom kontakte s Dolným Hodrušským jazerom, zabezpečené s rovnakou frekvenciou dve merania za rok: jarná etapa – obdobie od 29. septembra 2021 do 5. mája 2022 a jesenná etapa – od 5. mája do 21. septembra 2022. Výsledky oboch etáp poukazujú na stabilne priaznivý stav v monitorovanej oblasti zosuvného územia. Namerané hodnoty v sledovaných horizontoch ani v jednom prípade nepresiahli 1 mm. Najvyššia deformácia bola zaznamenaná vo vrte IP-2 v hĺbke 8,08 m pod terénom s hodnotou 0,92 mm (za obdobie približne 1 roka; májové meranie v uvedenom vrte nebolo zrealizované z dôvodu neprístupnosti vrtu, zapríčinené stavebnými činnosťami a terénnymi úpravami v okolí monitorovacieho objektu; od septembra, vďaka inštalovanej podzemnej šachte v mieste monitorovacieho objektu, je možné opätovne realizovať monitorovacie merania). Vo vrte PS-Z1 sa prírastky deformácie pohybovali v intervale 0,36 až 0,63 mm (v sledovaných hĺbkach

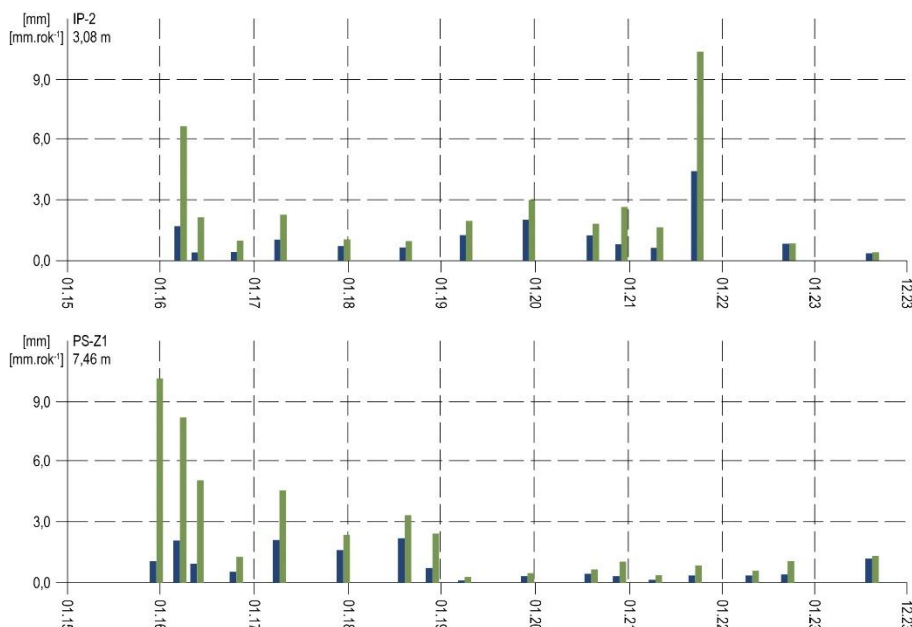
4,96 m pod terénom a 7,46 m pod terénom). Azimuty nameraných vektorov predstavovali interval 26 – 226°.



Obr. 4.4.3. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte PS-Z1 na lokalite Hodruša-Hámre. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), hnedá prerušovaná línia – grafické označenie orientačnej hĺbky šmykovej plochy.

V roku 2023 bolo v zmysle platného Programu monitorovania na rok 2023 zrealizované jedinom meranie. Výsledky merania zachytávajú pohybovú aktivitu približne 11-mesačného obdobia (od 21. septembra 2022 do 16. augusta 2023). Deformácie vo vrte IP-2, ktorý je situovaný západnejšie, boli v sledovaných hĺbkach (3,08 a 8,08 m pod terénom) namerané vektormi v intervale 0,36 mm a 0,51 mm. Najvyššia deformácia bola nameraná v hĺbke 6,58 m pod terénom (0,71 mm; 0,78 mm.rok⁻¹). Vektor má azimut na juho-juhovýchod. Podobná orientácia je i v prípade vektora v hĺbke 8,08 m pod terénom. Plytšie nameraná deformácia mala azimut 125°.

Vo vrte PS-Z1 boli namerané o niečo vyššie hodnoty pohybovej aktivity. Veľkosti vektorov v sledovaných hĺbkach (4,96 a 7,46 m pod terénom) sa pohybovali od 1,17 do 1,20 mm. Oba namerané vektory smerujú do priestoru Dolnohodruškého tajchu.



Obr. 4.4.4. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Hodruša-Hámre vo vrtoch IP-2 a PS-Z1 v období rokov 2015 až 2023; modrá – etapové deformácie, zelená – rýchlosti sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore).

Z hodnotenia dlhšieho časového obdobia vo vrte IP-2 (obr. 4.4.4) vyplýva, že najvyššie prírastky deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané v roku 2021; mierne zvýšené hodnoty etapových deformácií boli namerané i v rokoch 2016 a 2019. Etapové deformácie nad 1 mm boli namerané aj v rokoch 2017 a 2020. Minimálna hodnota etapového prírastku bola zaznamenaná v aktuálne hodnotenom roku.

Generálny azimut etapových deformácií, nameraných počas monitorovaného obdobia, má severný až severozápadný smer. Pomer medzi trajektóriou nameraných etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu v hĺbke šmykovej plochy (3,08 m pod terénom) aktuálne dosahuje 51,93 %, čo naznačuje pohyb po šmykovej ploche v určitých obdobiach. Výsledná deformácia od nultého merania (15. december 2015) po ostatné meranie dosiahla 8,59 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie $1,12 \text{ mm.rok}^{-1}$.

Z hodnotenia meraní vo vrte PS-Z1 vyplýva, že najvyššia pohybová aktivita bola nameraná počas decembrového merania v roku 2017 (v hĺbke 3,46 m pod terénom: 3,04 mm; $4,46 \text{ mm.rok}^{-1}$); o niečo nižšia deformácia bola nameraná v auguste 2018 (v hĺbke 3,46 m pod terénom: 2,51 mm; $3,79 \text{ mm.rok}^{-1}$). Etapové deformácie nad 2 mm boli zaznamenané aj v roku 2016 (v hĺbke 7,46 m pod terénom). V oboch sledovaných hĺbkach dochádza k pomerne častým zmenám v azimutoch nameraných vektorov. V hĺbke 3,46 m bol do mája 2016 výsledný azimut deformácie na sledovanej šmykovej ploche orientovaný na severovýchod, následne od októbra 2016 sa jeho orientácia viackrát zásadne zmenila. Vďaka tejto skutočnosti dosiahla hodnota, ktorá je vypočítaná ako pomer medzi dĺžkou trajektórie etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu, 24,02 %. Relatívne nízka hodnota posudzovaného pomeru naznačuje, že deformácie v sledovanom horizonte nie sú priamočiare, ale naopak, striedajú sa tu rôzne smery pohybu. Na základe uvedenej skutočnosti vyvstáva otázka, či v sledovanom hĺbkovom horizonte je možné predpokladať priebeh šmykovej plochy. V tejto súvislosti je však potrebné uviesť, že počas monitorovaného obdobia prebehla v zosuvnom území sanácia s použitím predpätých zemných kotiev, ktoré mohli do určitej miery ovplyvniť vývoj deformácie na úrovni šmykovej plochy. Spresnenie informácie o hĺbke šmykovej plochy bude možné až na základe realizácie ďalších inklinometrických meraní, ktoré sú plánované v nasledujúcom monitorovacom období. Celková deformácia od nultého merania (6. november 2015) po ostatné meranie (16. augusta 2023) na sledovanej potenciálnej šmykovej ploche v hĺbke 3,46 m pod terénom dosiahla 4,03 mm ($0,52 \text{ mm.rok}^{-1}$); v hĺbke 7,46 m pod terénom je výsledná deformácia na úrovni 5,76 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $0,67 \text{ mm.rok}^{-1}$.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Hodruša-Hámre bol automatický hladinomer inštalovaný 19. novembra 2015 do vrtu PS-H1. V rokoch 2022 a 2023 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

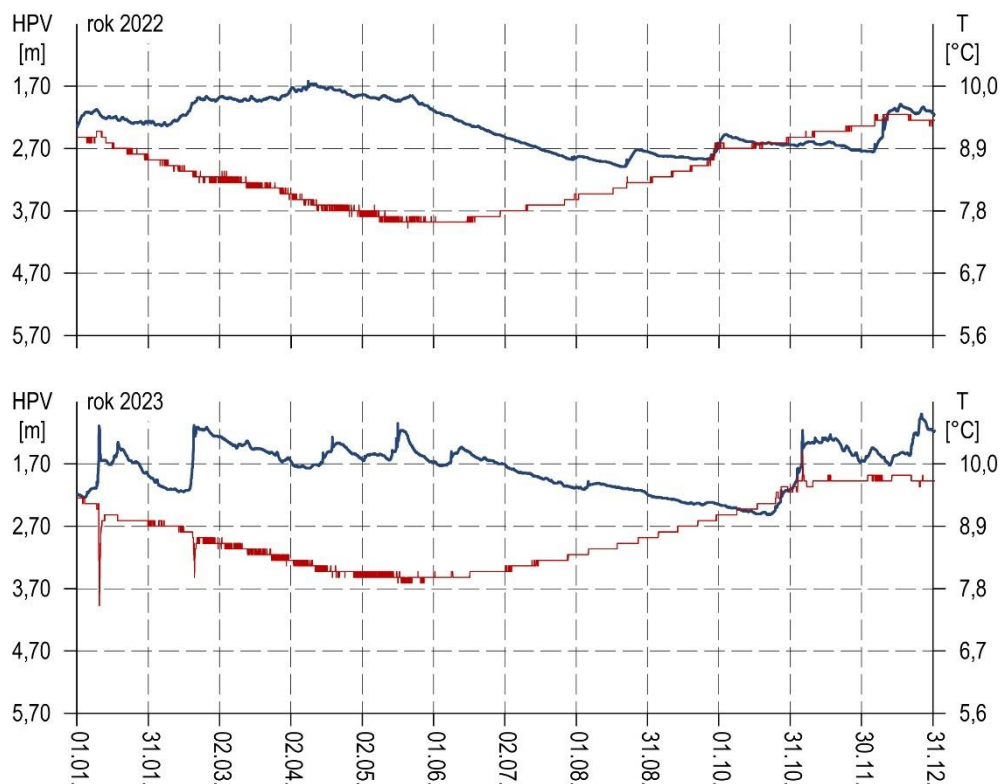
V roku 2022 mali zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sínusoidálny priebeh. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná 9. apríla, a to v hĺbke 1,62 m pod terénom (528,58 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2021 pokles o 0,72 m (obr. 4.4.5). Počas roka mala hladina podzemnej vody plynulý vývoj bez výraznejších náhlych vzostupných/zostupných zmien, ktoré bolo možné sledovať v minulosti. Vzhľadom na absenciu záznamov o zmenách hladiny v priehrade nevieme posúdiť do akej miery ovplyvňuje napúšťanie/vypúšťanie priehrady kolísanie hladiny podzemnej vody, ktorá je sledovaná v piezometrickom vrte.

Minimálny stav bol nameraný 19. augusta v hĺbke 2,99 m pod terénom (527,21 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2022 dosiahla 2,34 m pod terénom (527,86 m n. m.), teda o 0,44 m nižšie ako v roku 2021. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,37 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody dosiahol 2,66 m pod terénom, 2. kvartil 2,31 m pod terénom a 3. kvartil 1,94 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody mala hodnotu 9,5 °C (6. decembra), naopak, najnižšia teplota len 7,5 °C (21. máj). Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,4 °C.

Tab. 4.4.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2022.

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PS-H1	8760	1,62	528,58	9. 4. 2022	2,99	527,21	19. 8. 2022	2,34	527,86	1,37



Obr. 4.4.5. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom, umiestneným vo vrte PS-H1 v rokoch 2022 a 2023 na lokalite Hodruša-Hámre. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (pravá os – T).

V roku 2023 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 0,90 m pod terénom (529,30 m n. m.; 26. december – obr. 4.4.5), čo je najvyššia hodnota za monitorované obdobie (rovnaká hodnota bola nameraná 17. mája 2021). Podobné hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody boli pozorované viackrát počas prvej polovice roka, v druhej polovici roka len ojedinele, a to v druhej dekáde novembra. Spomenuté kolísanie, spojené s relatívne náhlymi vzostupmi hladiny podzemnej vody, súvisí s intenzívnymi, ale aj dlhotrvajúcimi zrážkami. Prvý výrazný vzostup hladiny podzemnej vody (max. hodinová zmena 0,17 m) bol nameraný 10. januára o 6:00, čo súvisí s dlhodobými zrážkami (30-dňový úhrn dosiahol 90,9 mm) a aktuálnou zrážkou nameranou 9. januára – 35,2 mm (stanica SHMÚ Banská Štiavnica – indikatív 40260). Maximálny 24-hodinový vzostup v danom termíne dosiahol 0,91 m (od 9. januára 11:00 do 10. januára 10:00). Ďalšie výraznejšie vzostupy hladiny podzemnej vody (viac ako 10 cm za hodinu), ktoré priamo súviseli s výskytom atmosférických zrážok boli namerané: 19. februára, 19. apríla, 16. a 17. mája, 9. júna, a 3. a 5. novembra.

V období od polovice júna do 21. októbra mala hladina zostupný charakter. Minimálna hladina bola nameraná v hĺbke 2,52 m pod terénom (527,68 m n. m.) počas spomenutého októbrového termínu. Na základe hodnotenia minimálnych hladín podzemnej vody je možné konštatovať, že ide o najvyššiu minimálnu hladinu za celé monitorované obdobie. Táto

skutočnosť sa prejavila i na priemernej ročnej hodnote hĺbky hladiny podzemnej vody, ktorá v roku 2023 dosiahla 1,77 m pod terénom. Aj v tomto prípade ide o najvyššiu (priemernú) hodnotu za monitorované obdobie. V porovnaní s predchádzajúcim rokom ide o vzostup o 0,57 m.

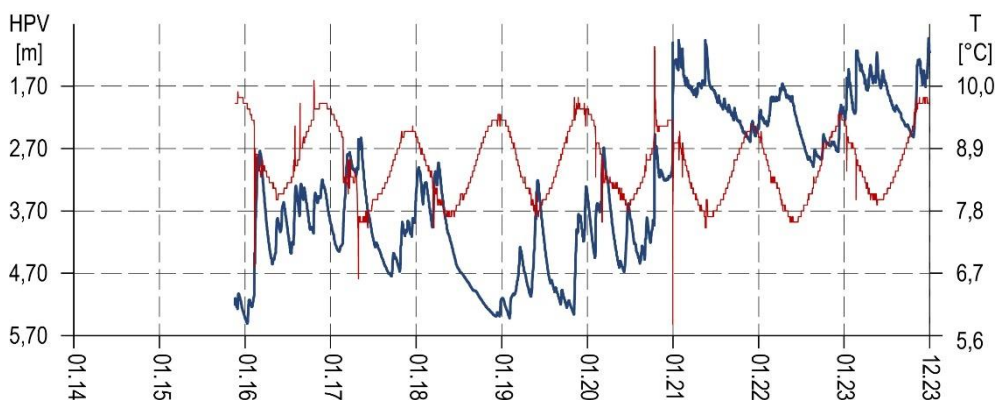
Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody počas roku dosiahlo 1,62 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 1,50 m pod terénom, 2. kvartil 1,69 m pod terénom a 3. kvartil 2,09 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,2 °C počas 5. novembra, naopak, najnižšia teplota 7,5 °C (10. január). Priemerná teplota v hodnotenom roku sa nachádzala na úrovni 8,7 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody dosiahla 2,7 °C.

Tab. 4.4.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2023.

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PS-H1	8760	0,90	529,30	26. 12. 2023	2,52	527,68	21. 10. 2023	1,77	528,43	1,62

Z hodnotenia dlhšieho obdobia monitoringu vyplýva, že maximálna hladina, zaznamenaná v roku 2021 s hĺbkou 0,90 m pod terénom (obr. 4.4.6) bola dosiahnutá i v roku 2023 (26. decembra). Opačným príkladom je 10. január 2016, kedy bola v monitorovanom období nameraná najnižšia úroveň hladiny podzemnej vody (5,51 m pod terénom). Priemerná hodnota hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia dosiahla 3,35 m pod terénom s celkovým kolísaním 4,61 m.



Obr. 4.4.6. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2015 až 2023 spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Hodruša-Hámre. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte PS-H1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (pravá os – T).

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 40260) a Svätý Anton (indikatív 40280). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici Svätý Anton SHMÚ sú súčasťou hodnotenia lokality Svätý Anton.

Na stanici SHMÚ Banská Štiavnica sa začali preberať informácie o mesačných zrážkových úhrnoch v roku 2001. Ročný zrážkový priemer nameraný v období od januára 2001 do decembra 2021 predstavuje 807,3 mm (uvedený údaj nezahrňuje ročný úhrn z roku 2016, počas ktorého došlo k výpadku meraní v mesiacoch október a november) a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1 295,5 mm (rok 2010), opačne, minimálny ročný úhrn bol

zaznamenaný v roku 2003 (490,9 mm); priemerný mesačný úhrn 68,1 mm, maximálny mesačný úhrn 339,7 mm (február 2010) a minimálny mesačný úhrn 0,8 mm (apríl 2007).

V roku 2023 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 1000,7 mm, čo zodpovedá 123,96 % dlhodobému priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas novembra (147,2 mm). Najsuchším mesiacom bol júl s 35,8 mm zrážok.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Hodruša-Hámre sú monitorovacie aktivity zabezpečované na severnom svahu nad Dolným Hodrušským jazerom.

Výsledky meraní metódou presnej inklinometrie počas jedinej kontrolnej etapy poukázali na nárast pohybovej aktivity v oblasti vrtu PS-Z1. Vektor s hodnotou 1,2 mm bol nameraný v hĺbke 7,46 m pod terénom a bol orientovaný na severozápad, to znamená, že smeroval do oblasti tajchu. Vo vrte IP-2 bola najvyššia deformácia nameraná v hĺbke 8,08 m pod terénom – 0,51 mm s azimutom 170°. Na základe nameraných výsledkov je možné konštatovať, že zosuvné teleso sa pohybuje veľmi pomaly, s priemernou rýchlosťou na úrovni desiatín milimetra až prvých mm za rok.

Merania hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2023 potvrdzujú relatívne pravidelné zmeny sínusoidálneho charakteru. V roku 2023, v rámci hodnotenia celého monitorovaného obdobia, boli dosiahnuté viaceré významné stavy: nameraná bola najvyššia hladina podzemnej vody; (rovnaká ako v roku 2021), najvyššia priemerná hladina a najvyššia minimálna hladina. Priebeh kolísania hladiny podzemnej vody v roku 2023 je odrazom nepriaznivých klimatických pomerov. Zvýšené hladiny boli pozorované v zimnom, jarnom a tiež jesennom období. Maximálny stav podzemnej vody bol nameraný na konci roku, v zimnom období 2023/2024. Všetky zaznamenané vzostupy súviseli zo zrážkovou činnosťou. Zároveň treba uviesť, že zmeny hladiny podzemnej vody monitorované v vrte PS-H1 sú do veľkej miery determinované kolísaním hladiny vo vodnej nádrži (informáciami o kolísaní nedisponujeme).

V roku 2024 vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality (ohrozenie vodnej stavby) je plánované pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a režime ako v predchádzajúcom roku 2023.

1.4.5. Lokalita Slanec-TP

Stručná charakteristika lokality

Zosuvný svah sa nachádza na juhozápadnom okraji obce Slanec. Do súboru monitorovaných lokalít bol zaradený v roku 2003 v súvislosti s tým, že na predmetnom zosuvnom svahu sa nachádza viacero podzemných vedení (5 tranzitných plynovodov – TP, medzištátny plynovod, 2 línie ropovodov, optické káble, telekomunikačné káble, vysokotlaková odbočka plynu pre obec Slanec), ako aj nadzemné elektrické vedenie. Vzhľadom na extrémnu preťaženosť daného geologického prostredia antropogénnymi zásahmi a veľkú citlivosť podzemných vedení na prípadné prejavy nestability svahu bol na lokalite vykonaný inžinierskogeologický prieskum a uskutočnené boli i rozsiahle sanačné opatrenia (Míka a Bolha, 2000). V súčasnosti vykonávané monitorovacie práce sa sústreďujú na merania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení po uskutočnenej sanácii, čím sa overuje jej funkčnosť.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Na lokalite Slanec-TP sa v rokoch 2022 a 2023 vykonávali len režimové pozorovania. Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2022 a 2023, sú zhrnuté v tab. 4.5.1.

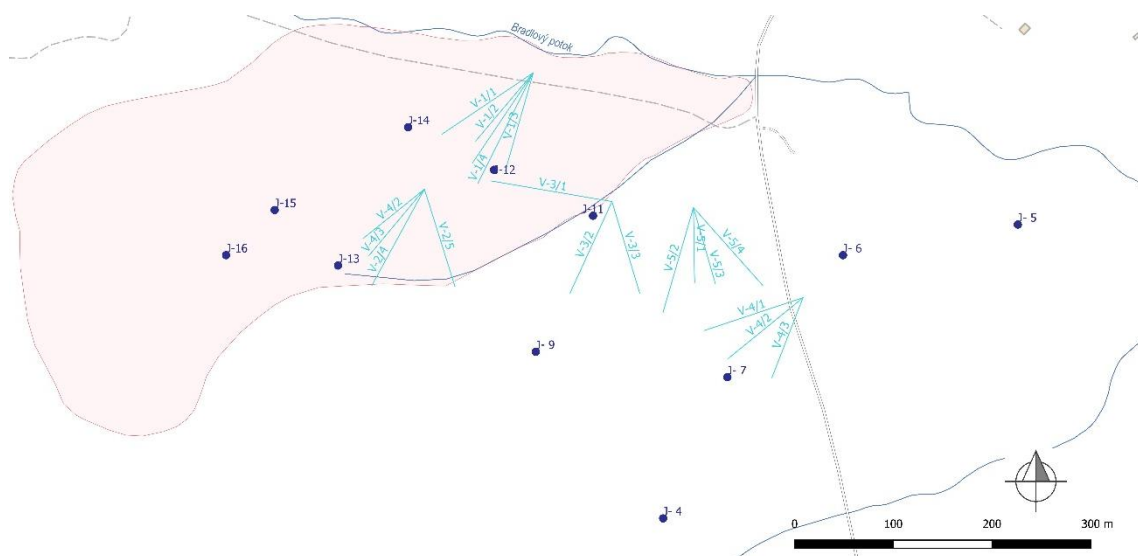
Tab. 4.5.1. *Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Slanec-TP v rokoch 2022 a 2023.*

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	11	J-4, J-5, J-6, J-7, J-9, J-11, J-12, J-13, J-14, J-15, J-16	10 (28. február, 29. marec, 28. apríl, 31. máj, 27. jún, 19. júl, 22. august, 29. september, 27. október, 28. november)	10 (23. február, 29. marec, 21. apríl, 29. máj, 29. jún, 20. júl, 23. august, 28. september, 2. november, 12. december)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	20	V-1/1 až 1/5, V-2/1 až 2/5, V-3/1 až 3/3, V-4/1 až 4/3, V-5/1 až 5/4	10 (28. február, 29. marec, 28. apríl, 31. máj, 27. jún, 19. júl, 22. august, 29. september, 27. október, 28. november)	10 (23. február, 29. marec, 21. apríl, 29. máj, 29. jún, 20. júl, 23. august, 28. september, 2. november, 12. december)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Slanská Huta (indikatív 51160)	Mesačné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Slanec-TP sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 11 vrtoch (tab. 4.5.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.5.2 a 4.5.3; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.5.1). Priebehy vývoja hĺbky hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.5.2 a 4.5.3, dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.5.4 a 4.5.5.



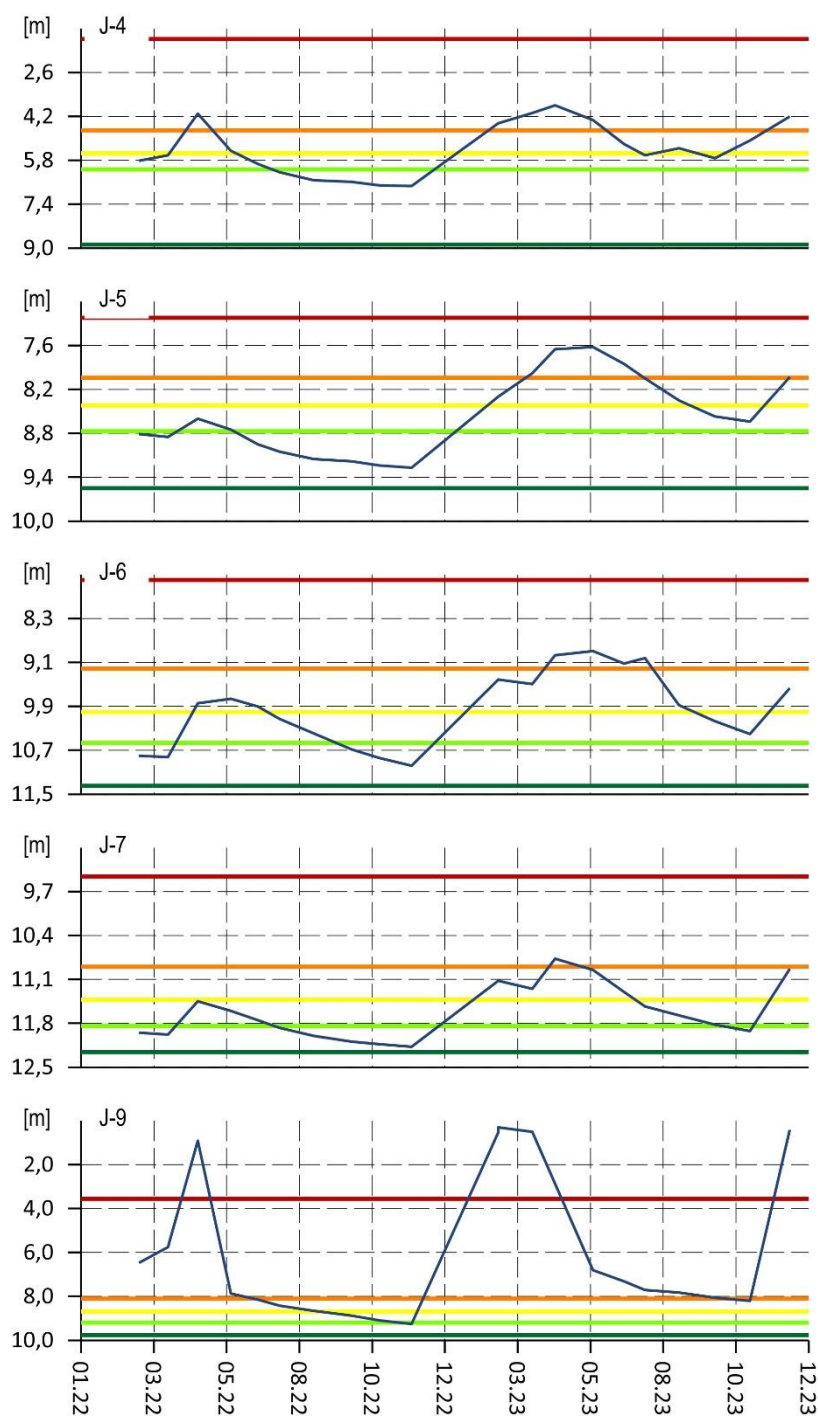
Obr. 4.5.1. Lokalita Slanec-TP – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtovej); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.5.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2022.

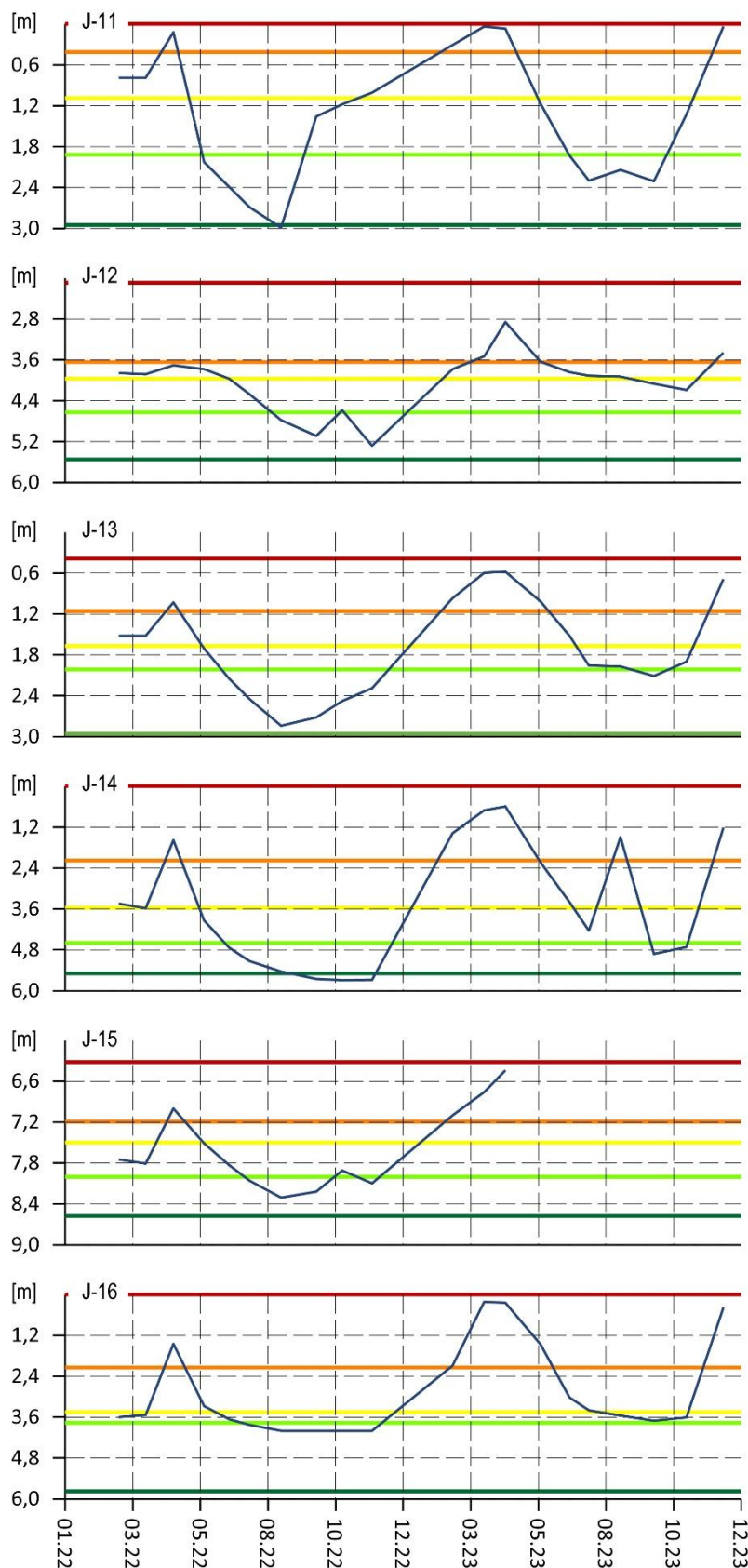
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-4	10	4,10	338,40	28. 4. 2022	6,74	335,76	28. 11. 2022	5,97	336,53	2,64
J-5	10	8,60	294,19	28. 4. 2022	9,27	293,52	28. 11. 2022	8,99	293,81	0,67
J-6	10	9,76	305,56	31. 5. 2022	10,98	304,34	28. 11. 2022	10,41	304,91	1,22
J-7	10	11,45	323,20	28. 4. 2022	12,17	322,48	28. 11. 2022	11,90	322,75	0,72
J-9	10	0,92	344,96	28. 4. 2022	9,25	336,63	28. 11. 2022	7,35	338,53	8,33
J-11	10	0,12	324,86	28. 4. 2022	2,99	321,99	22. 8. 2022	1,54	323,45	2,87
J-12	10	3,71	331,90	28. 4. 2022	5,28	330,33	28. 11. 2022	4,32	331,29	1,57
J-13	10	1,03	351,76	28. 4. 2022	2,84	349,95	22. 8. 2022	2,07	350,72	1,81
J-14	10	1,58	338,11	28. 4. 2022	5,69	334,00	27. 10. 2022	4,49	335,20	4,11
J-15	10	7,00	354,13	28. 4. 2022	8,31	352,82	22. 8. 2022	7,85	353,28	1,31
J-16	10	1,45	356,84	28. 4. 2022	4,00	354,29	22. 8. 2022	3,54	354,75	2,55

V roku 2022 sa pokračovalo, podobne ako v predchádzajúcom období, v meraniach v 11 vrtoch, a to od 28. februára do 28. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte J-11 (0,12 m pod terénom – 324,86 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol zaznamenaný 28. apríla. V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale od 0,92 (J-9) do 11,45 m pod terénom (J-7). Do blízkosti úrovne terénu sa okrem vrtovej J-11 a J-9 priblížila hladina podzemnej vody aj vo vrtoch J-13 (1,03 m pod terénom) a J-16 (1,45 m pod terénom). Tieto vysoké stavy hladiny podzemnej vody boli dosiahnuté rovnako 28. apríla. Počas uvedeného termínu boli maximálne úrovne podzemnej vody zaznamenané i v ostatných vrtoch. Výnimku predstavuje len vrt J-6, v ktorom sa uplatňuje hlbší obeh podzemnej vody a v ktorom bol maximálny stav nameraný 31. mája.

Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2022 dosiahla hĺbku 6,22 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku zostup o 0,70 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,54 (vrt J-11) do 11,90 m pod terénom (vrt J-7). Výrazné kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrtoch J-9 (8,33 m), J-14 (4,11 m), J-11 (2,87 m), J-16 (2,64 m) a J-4 (2,55 m). V ostatných vrtoch bolo kolísanie hladiny podzemnej vody od 0,54 do 1,81 m.



Obr. 4.5.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP (vo vrtoch: J-4, J-5, J-6, J-7 a J-9, ktoré sú situované vo východnej časti zosuvného územia), namerané v rokoch 2022 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.5.3. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP (vo vrtoch: J-11 až J-16, situovaných prevažne v strednej časti zosuvu), namerané v rokoch 2022 a 2023, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

V roku 2023 boli merania zabezpečované v 11 vrtoch, a to od 23. februára do 12. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody, podobne ako v predchádzajúcom období, bola nameraná vo vrte J-11 (0,04 m pod terénom – 324,94 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol nameraný 29. marca. Pomerne vysoké stavy hladiny podzemnej vody boli namerané aj vo vrtoch J-16, J-9, J-13 a J-14 (maximálne stavy v intervale od 0,23 do 0,59 m pod terénom). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale od 2,86 (J-12) do 10,77 m pod terénom (J-7). Ich výskyt bol pozorovaný výlučne počas prvého polroku. Prevládajúcim termínom bol 21. apríl (v 6 vrtoch: J-4, J-7, J-12, J-13, J-14 a J-15). Maximálne hladiny podzemnej vody boli namerané aj 29. marca (3 vrty: J-9, J-11 a J-16) a 29. mája (2 vrty: J-5 a J-6).

Naopak, najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej vody vo vrte J-7. Jej minimálna hladina sa nachádzala na úrovni 11,72 m pod terénom (322,73 m n. m.; 2. november). Pod úroveň desiatich metrov klesla hladina podzemnej vody aj vo vrte J-6 (10,4 m pod terénom; 304,92 m n. m.; 23. november). Minimálne hladiny podzemnej vody sa vyskytovali zväčša na konci septembra (vrty: J-4, J-11, J-13, J-14 a J-16), resp. začiatku novembra (vrty: J-5, J-6, J-7, J-9 a J-12), len ojedinele bol ich výskyt spojený s koncom februára (vrt J-15).

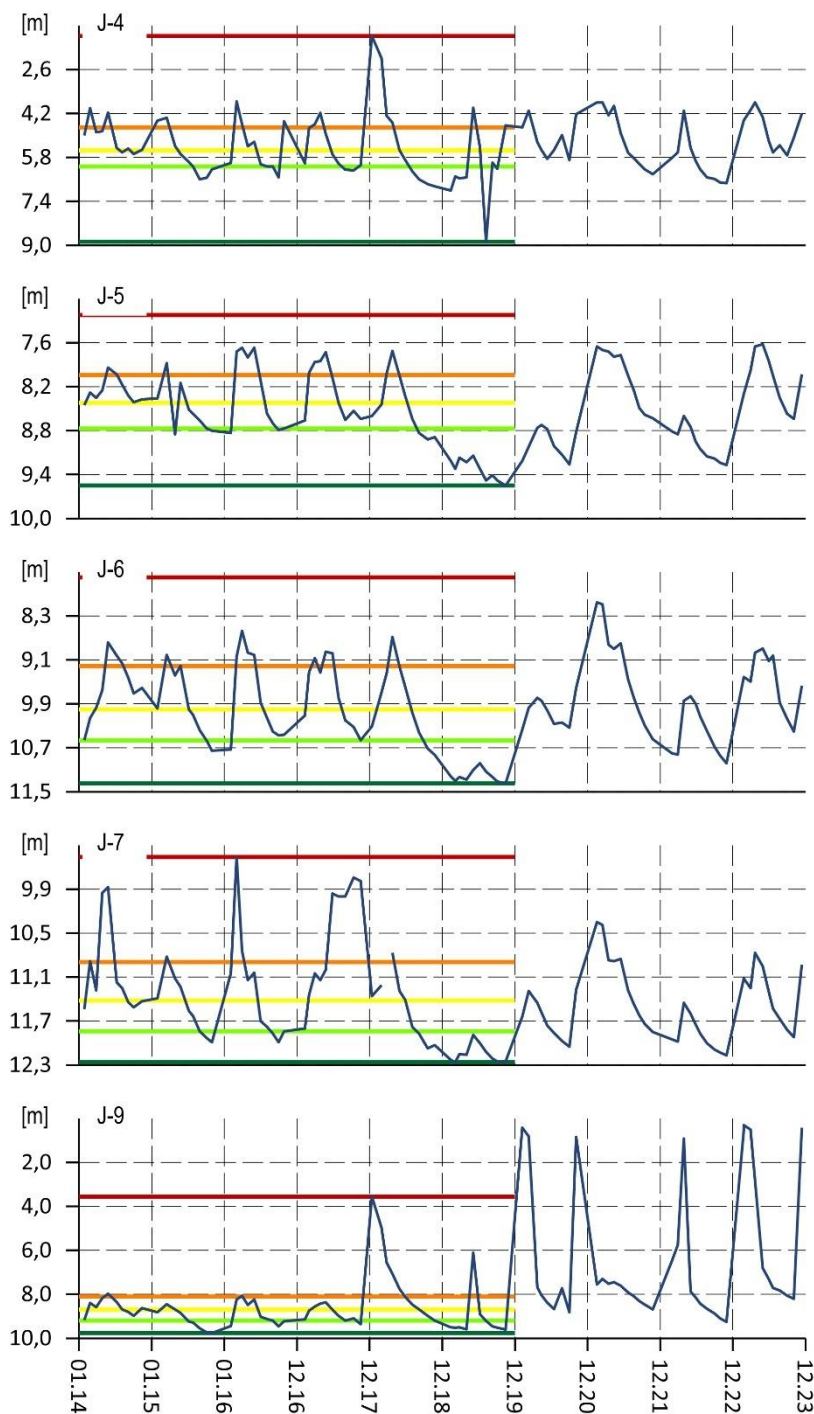
Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2023 dosiahla hĺbku 5,10 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup (o 1,12 m). Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,16 (vrt J-11) do 11,33 m pod terénom (vrt J-7). Výrazné kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrtoch J-9 (7,91 m) a J-14 (4,33 m). V ostatných vrtoch bolo namerané kolísanie hladiny podzemnej vody v rozsahu od 1,22 do 3,49 m.

Tab. 4.5.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2023.

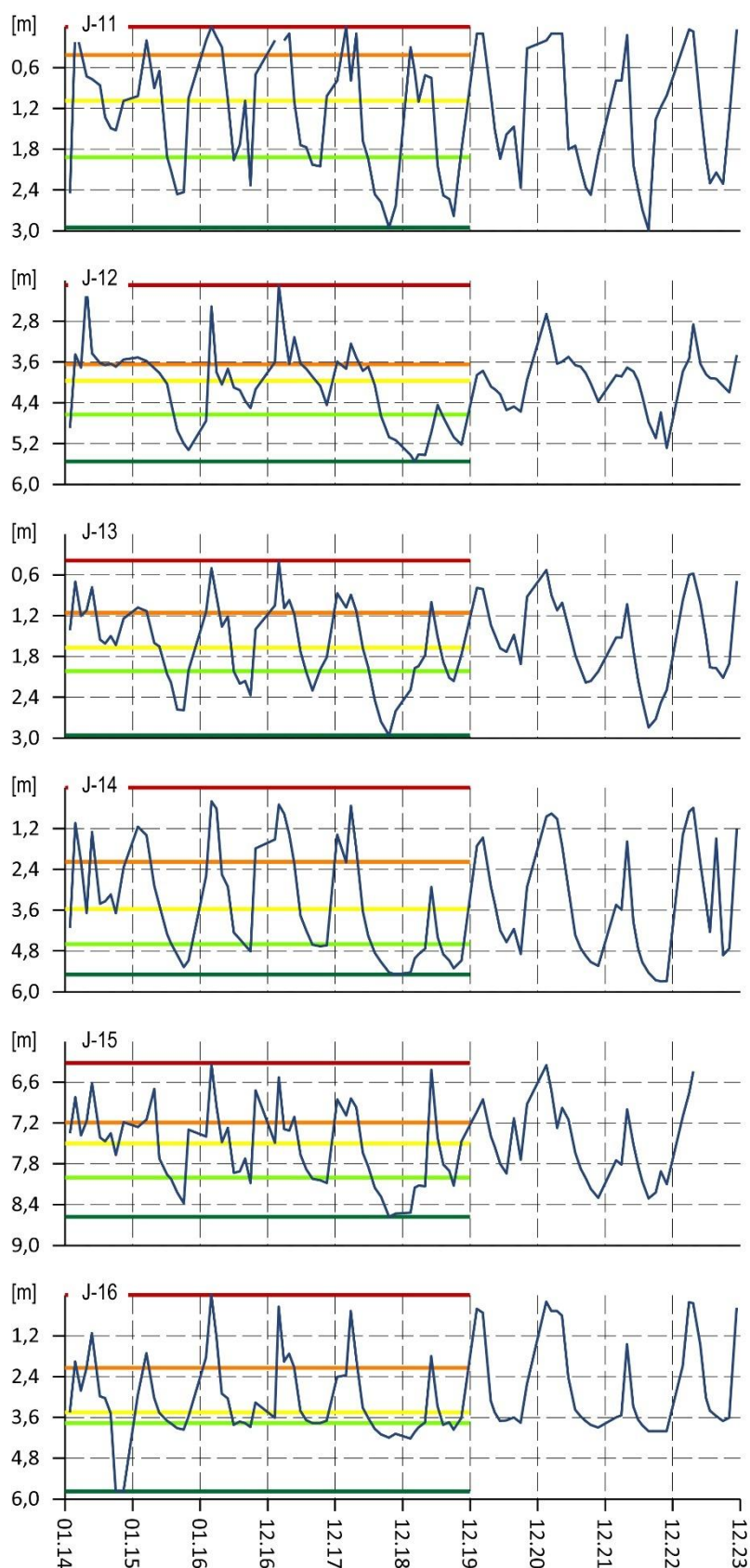
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-4	10	3,80	338,70	21. 4. 2023	5,72	336,78	28. 9. 2023	4,78	337,72	1,92
J-5	10	7,62	295,17	29. 5. 2023	8,64	294,15	2. 11. 2023	8,10	294,69	1,02
J-6	10	8,89	306,43	29. 5. 2023	10,40	304,92	2. 11. 2023	9,49	305,83	1,51
J-7	10	10,77	323,88	21. 4. 2023	11,92	322,73	2. 11. 2023	11,33	323,32	1,15
J-9	10	0,30	345,58	29. 3. 2023	8,21	337,67	2. 11. 2023	4,77	341,11	7,91
J-11	10	0,04	324,94	29. 3. 2023	2,31	322,67	28. 9. 2023	1,16	323,82	2,27
J-12	10	2,86	332,75	21. 4. 2023	4,19	331,42	2. 11. 2023	3,72	331,89	1,33
J-13	10	0,58	352,21	21. 4. 2023	2,11	350,68	28. 9. 2023	1,33	351,46	1,53
J-14	10	0,59	339,10	21. 4. 2023	4,92	334,77	28. 9. 2023	2,49	337,20	4,33
J-15	10	6,44	354,69	21. 4. 2023	7,10	354,03	23. 2. 2023	6,77	354,36	0,66
J-16	10	0,22	358,07	29. 3. 2023	3,71	354,58	28. 9. 2023	2,17	356,12	3,49

Z dlhodobého hľadiska (v období 2014 až 2023 – obr. 4.5.4 a 4.5.5) boli najvyššie namerané hladiny podzemnej vody – na úrovni terénu – vo vrtoch J-11 (február 2014, marec 2016 a marec 2018) a J-16 (marec 2016). Pomerne vysoká hladina podzemnej vody bola počas hodnoteného obdobia sledovaná i vo vrte J-13. Pravidelne počas každého roku, najmä v zimnom a jarnom období, stúpa hladina podzemnej vody v tomto vrte k úrovni terénu. V období rokov 2014 až 2023 hladina podzemnej vody vystúpila najvyššie 2. marca 2017, a to do hĺbky 0,40 m pod terénom. Od roku 2019, ale najmä v rokoch 2021 a 2022, sú pozorovateľné výrazné vzostupy hladiny i vo vrte J-9.

Najväčší počet dlhodobých maximálnych stavov bol nameraný v roku 2016, a to až v 5 prípadoch (J- 7, J-13, J-14, J-15 a J-16). Z hľadiska posudzovania aktuálne hodnoteného roku 2023 stoja za zmienku hladiny podzemnej vody namerané vo vrtoch J-5 a J-9. V oboch vrtoch boli dosiahnuté najvyššie hladiny za posledné desaťročné obdobie.



Obr. 4.5.4. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2014 až 2023 vo vrtoch: J-4, J-5, J-6, J-7 a J-9, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.5.5. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2014 až 2023 vo vrtoch: J-11, J-12, J-13, J-14, J-15 a J-16, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Slanec-TP je pozorovaných 20 odvodňovacích zariadení, ktoré sú rozdelené do piatich stanovišť (tab. 4.5.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.5.4 a 4.5.5; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení je na obr. 4.5.1). Počas hodnotených rokov 2022 a 2023 bolo 2. a 4. stanovište (zberné šachty) zatápané vodou. Výsledky meraní za posledné dva roky sú graficky prezentované na obr. 4.5.6 a 4.5.8; podobným spôsobom je zhodnotená i posledná monitorovacia dekáda (obr. 4.5.9 a 4.5.11).

Tab. 4.5.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2022.

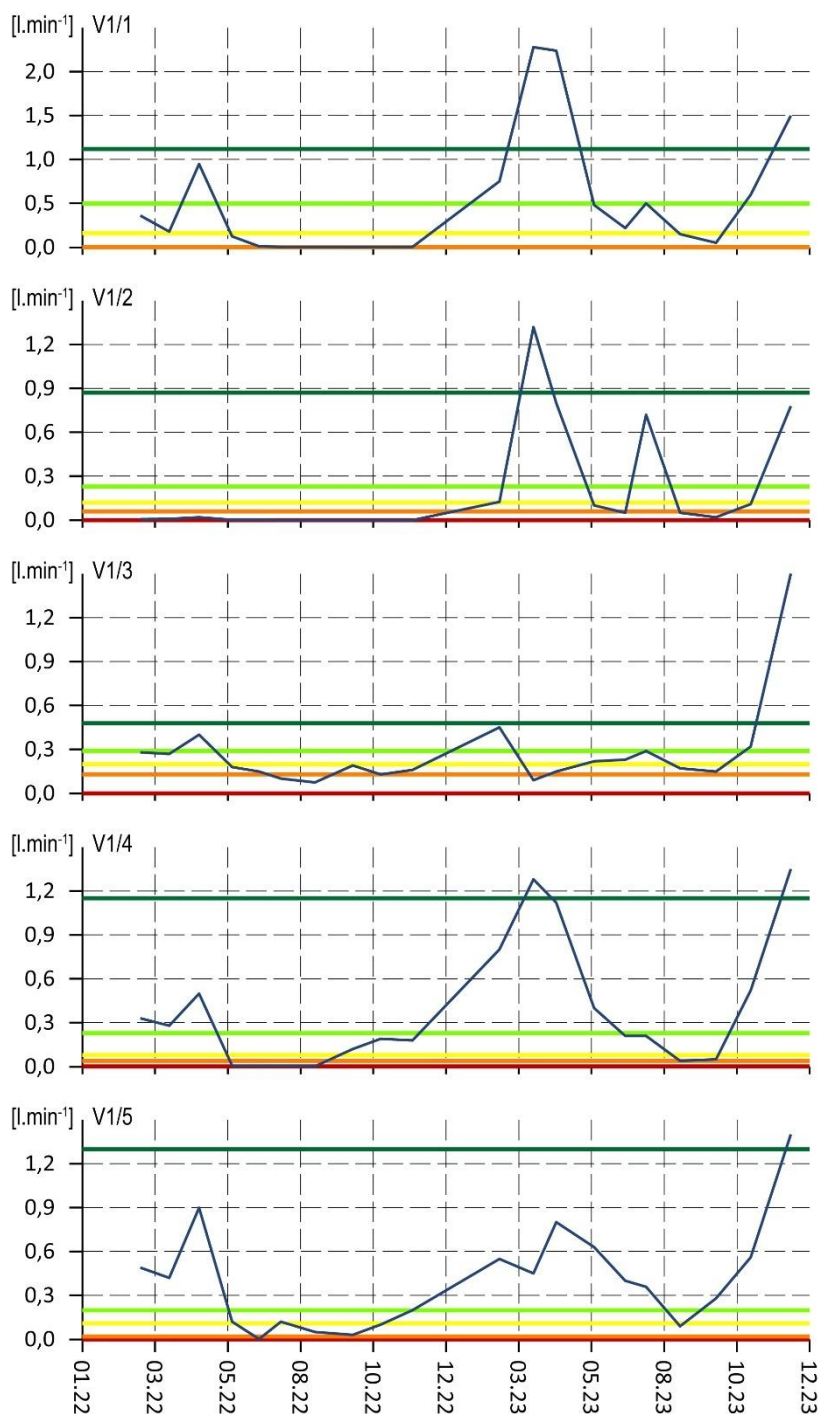
úd. 4.3.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokálne stanice 11 v roku 2022.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
V1/1	10	0,95	28. 4. 2022	0,01	27. 6. 2022	0,21	0,94
V1/2	10	0,30	29. 3. 2022	0,00	19. 7. 2022	0,07	0,30
V1/3	10	0,40	28. 4. 2022	0,08	22. 8. 2022	0,19	0,33
V1/4	10	0,50	28. 4. 2022	0,05	22. 8. 2022	0,22	0,45
V1/5	10	0,90	28. 4. 2022	0,03	29. 9. 2022	0,25	0,87
V2/1	10	0,01	22. 8. 2022	0,00	27. 10. 2022	ústia odvodňovacích vrtov, nachádzajúcich sa v zberanej šachte, boli prevažnú časť roka zliate vodou	
V2/2	10	0,01	22. 8. 2022	0,00	27. 10. 2022		
V2/3	10	0,10	22. 8. 2022	0,10	22. 8. 2022		
V2/4	10	0,05	22. 8. 2022	0,03	27. 10. 2022		
V2/5	10	ústie odvodňovacieho vrtu bolo počas všetkých etapových merní zaliate vodou					
V3/1	10	0,48	28. 4. 2022	0,00	27. 6. 2022	0,13	0,48
V3/2	10	0,55	28. 4. 2022	0,00	27. 6. 2022	0,09	0,55
V3/3	10	1,10	28. 4. 2022	0,00	27. 6. 2022	0,29	1,10
V4/1	10	ústia odvodňovacích vrtov, nachádzajúcich sa v zbernej šachte, boli počas všetkých meraní zaliate vodou					
V4/2	10						
V4/3	10						
V5/1	10	0,66	31. 5. 2022	0,00	19. 7. 2022	0,11	0,66
V5/2	10	0,12	28. 4. 2022	0,00	27. 10. 2022	0,04	0,12
V5/3	10	0,12	29. 3. 2022	0,01	27. 10. 2022	0,05	0,11
V5/4	10	0,23	19. 7. 2022	0,02	31. 5. 2022	0,10	0,21

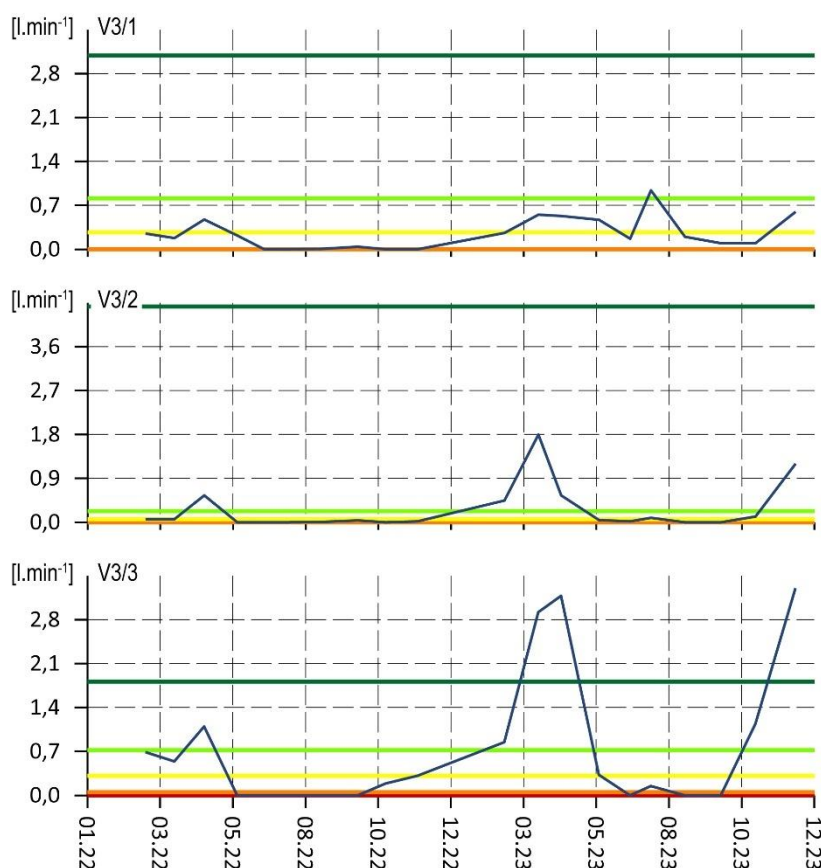
V hodnotenom roku 2022 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 28. februára do 11. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná vo vrte V3/3 (1,10 l.min⁻¹). Tento stav bol zaznamenaný 28. apríla; v rovnakom termíne boli zaznamenané najvyššie výdatnosti aj vo vrtach V5/2 (0,12 l.min⁻¹), V1/3 (0,4 l.min⁻¹), V3/1 (0,475 l.min⁻¹), V1/4 (0,5 l.min⁻¹), V3/2 (0,55 l.min⁻¹), V1/5 (0,9 l.min⁻¹), V1/1 (0,95 l.min⁻¹) a V3/3 (1,1 l.min⁻¹). V ostatných odvodňovacích vrtach sa maximálne prietoky vyskytovali v auguste alebo v marci, ojedinele však i v máji a júli.

Tab. 4.5.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2023

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
V1/1	10	2,28	29. 3. 2023	0,05	28. 9. 2023	0,88	2,23
V1/2	10	1,32	29. 3. 2023	0,02	28. 9. 2023	0,41	1,30
V1/3	10	1,50	12. 12. 2023	0,09	29. 3. 2023	0,36	1,41
V1/4	10	1,35	12. 12. 2023	0,04	23. 8. 2023	0,60	1,31
V1/5	10	1,40	12. 12. 2023	0,09	23. 8. 2023	0,55	1,31
V2/1	10	ústia odvodňovacích vrtov, nachádzajúcich sa v zbernej šachte, boli počas častí jednotlivých monitorovacích etáp zliate vodou					
V2/2	10						
V2/3	10						
V2/4	10						
V2/5	10	ústie odvodňovacieho vrtu bolo počas všetkých etapových merní zaliate vodou					
V3/1	10	0,94	20. 7. 2023	0,10	28. 9. 2023	0,39	0,84
V3/2	10	1,80	29. 3. 2023	0,00	28. 9. 2023	0,48	1,80
V3/3	10	3,30	12. 12. 2023	0,00	23. 8. 2023	1,48	3,30
V4/1	10	ústia odvodňovacích vrtov, nachádzajúcich sa v zbernej šachte, boli počas častí jednotlivých monitorovacích etáp zliate vodou					
V4/2	10						
V4/3	10						
V5/1	10	0,40	29. 3. 2023	0,00	20. 7. 2023	0,17	0,40
V5/2	10	0,05	29. 3. 2023	0,00	23. 8. 2023	0,01	0,05
V5/3	10	1,02	29. 3. 2023	0,00	28. 9. 2023	0,16	1,02
V5/4	10	0,40	29. 3. 2023	0,03	28. 9. 2023	0,17	0,37



Obr. 4.5.6. Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V1/1, V1/2, V1/3, V1/4 a V1/5) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2022 a 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

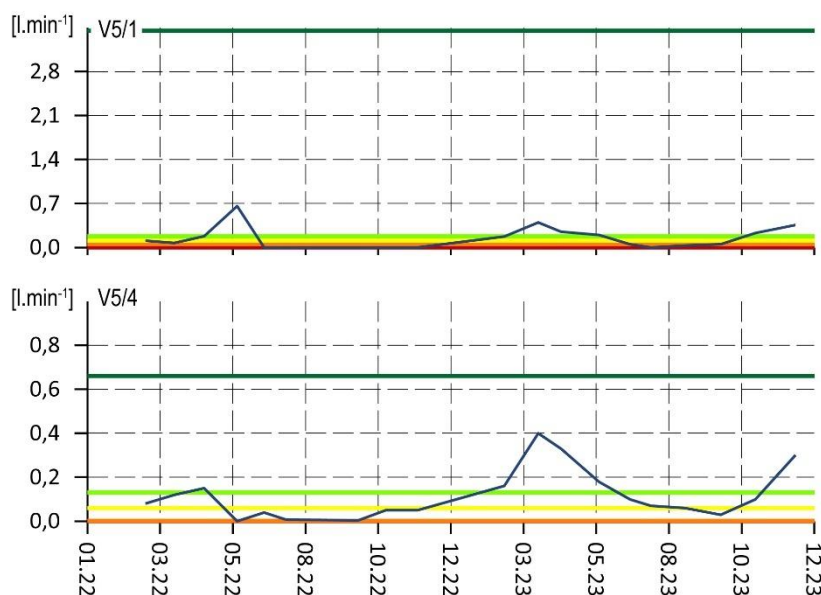


Obr. 4.5.7. Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V3/1, V3/2 a V3/3) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2022 a 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrty), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

V množine vrto V1/5, V1/4, V5/4, V1/1, V5/3, V5/2, V1/2, V3/2, V3/3, V5/1 a V3/1 sa počas roka minimálne jedenkrát vyskytol veľmi nízky prietok na úrovni kvapkania, mnohé z uvedených vrto boli však i dlhšiu dobu suché. Sumárna priemerná hodnota výdatnosti vrto, na ktorých bolo možné v roku 2022 realizovať merania, dosiahla 6,14 l.min⁻¹.

V aktuálne hodnotenom roku 2023 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 23. februára do 12. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 12. decembra na vrte V3/3 (3,30 l.min⁻¹). Pomerne vysoká výdatnosť bola nameraná aj vo vrte V1/1 – 2,88 l.min⁻¹ (29. marec). Maximálne prietoky nad 1 l.min⁻¹ boli namerané aj vo vrtoch V1/2, V1/3, V1/4, V1/5, V3/2 a V5/3 (od 1,02 do 1,80 l.min⁻¹). Naopak najnižšie maximálne výdatnosti boli namerané na odvodňovacích zariadeniach V3/1, V5/1, V5/2 a V5/4 (od 0,05 do 0,94 l.min⁻¹). Maximálne hodnoty výdatností boli najčastejšie namerané na konci marca (na 7 vrtoch: V1/1, V1/2, V3/2, V5/1, V5/2, V5/3 a V5/4). Nárast výdatnosti dokumentujú i merania z prvej polovice decembra kedy boli maximálne hodnoty prietokov namerané na 4 vrtoch (V1/3, V1/4, V1/5 a V3/3). K prekročeniu dlhodobých maximálnych hodnôt prietoku došlo vo vrte V1/1, V1/2, V1/3, V1/4, V1/5 a V3/3.

Minimálne hodnoty sledovaného prietoku sa pohybovali od 0,00 (na úrovni kvapkania, a to vo vrtoch: V3/2, V3/3, V5/1, V5/2 a V5/3) do 0,1 l.min⁻¹ (V3/1). Prevládajúcimi termínmi s minimálnymi hodnotami výdatností odvodňovacích vrto boli 23. august (V1/4, V1/5, V3/3 a V5/2) a 28. september (V1/1, V1/2, V3/1, V3/2, V5/3 a V5/4). Počas roka 2023 boli suché minimálne počas jedného merania vrty V3/2 a V3/3; vo vrtoch V5/2 a V5/3 bol prietok prevažne na úrovni kvapkania.



Obr. 4.5.8 Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V5/1 a V5/4) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2022 a 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

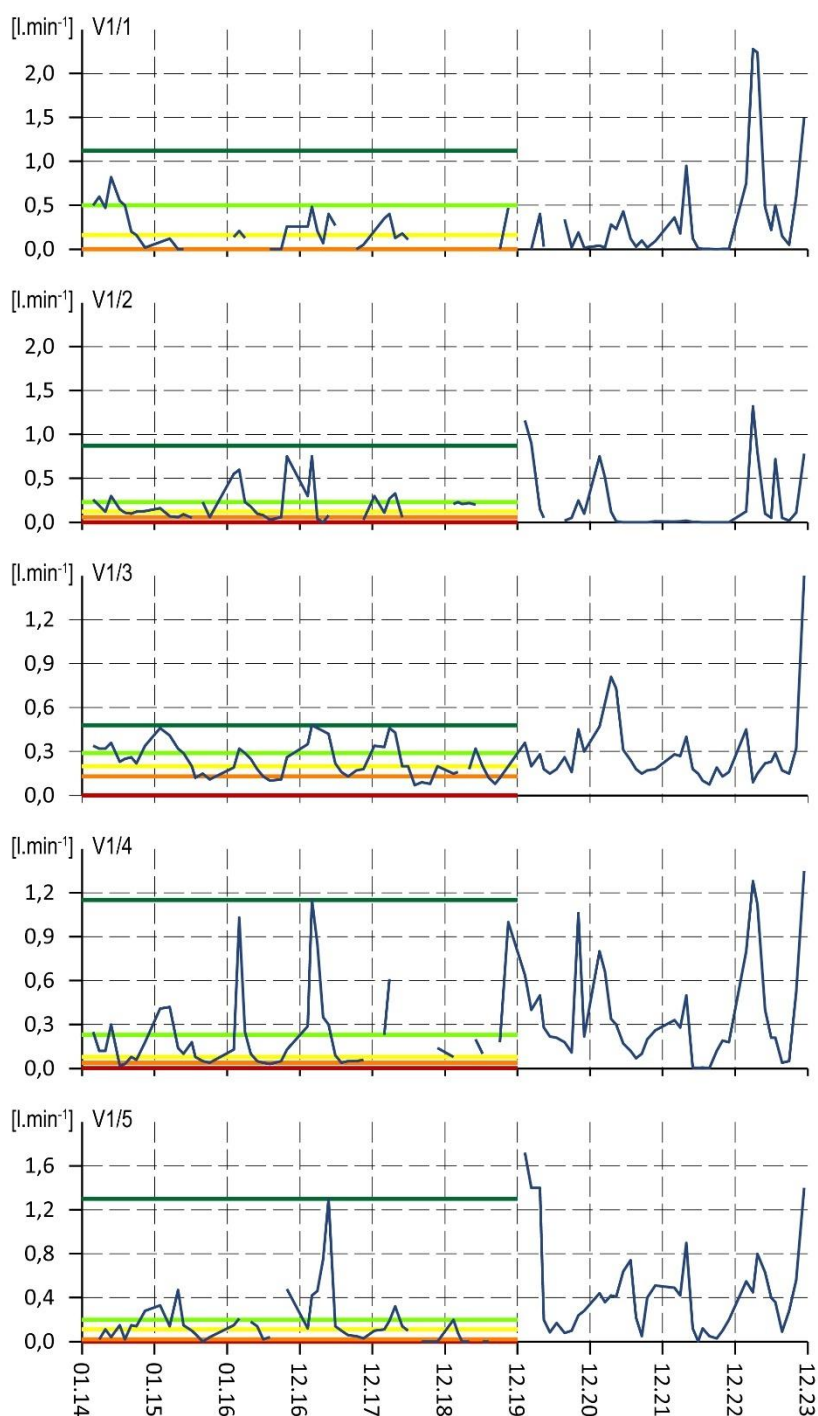
Najhoršia situácia, podobne ako po minulé roky panovala vo vrtoch: V2/1, V2/2, V2/3, V2/4, V2/5, V4/1, V4/2 a V4/3. Ústia vrtov boli počas terénnych meraní zaliata vodou a nebolo ich možné merať.

Sumárna priemerná hodnota výdatnosti u vrtov, ktoré vykazovali merateľné hodnoty, je $5,66 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s rokom 2022 pokles o $0,48 \text{ l.min}^{-1}$.

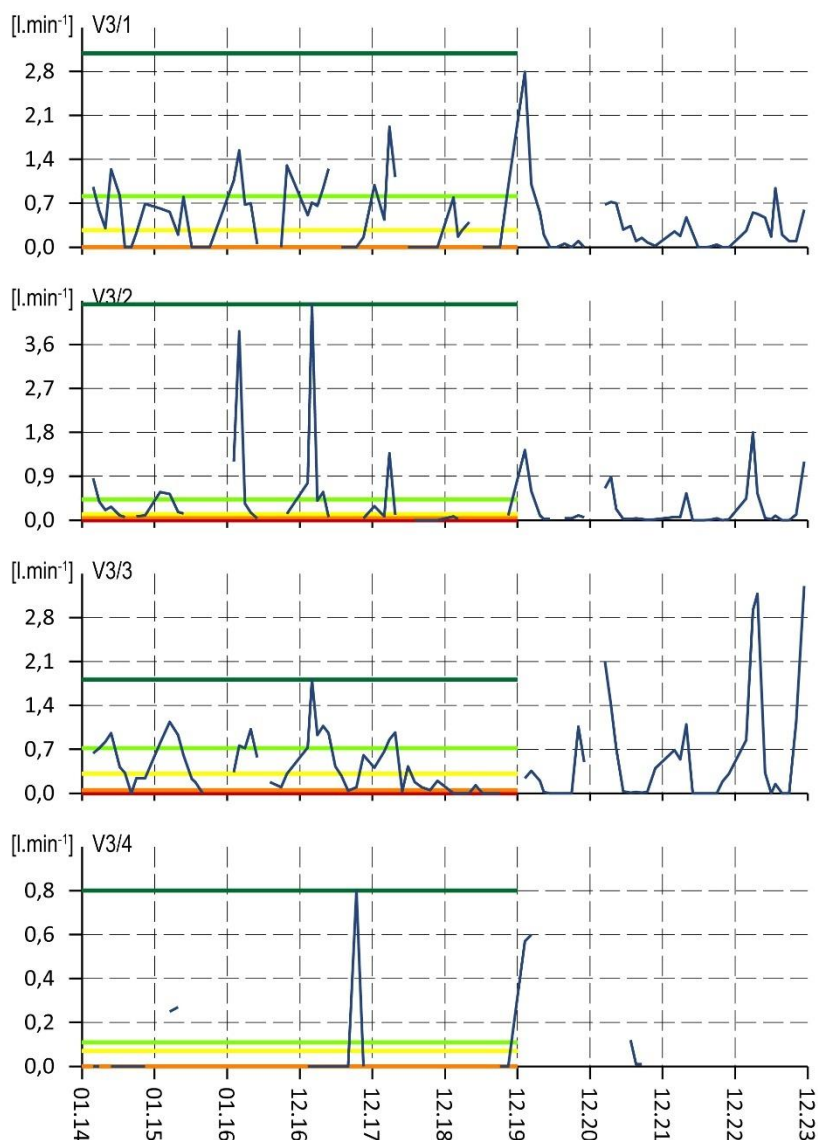
Pri hodnotení časového obdobia od roku 2014 do 2023 možno konštatovať, že v rámci odvodňovacej siete vrtov sa najefektívnejšie prejavujú vrty označené ako V2. Ich priemerná výdatnosť za poslednú dekádu dosahuje $0,48 \text{ l.min}^{-1}$. Problémom však je, že vrty ústia do šachty, ktorá je prakticky permanentne zaliata vodou, čo jednak znemožňuje výkon monitorovacích meraní, ale predovšetkým znižuje účinnosť vybudovaného sanačného opatrenia. Vyššia efektivita odvodňovacích zariadení je monitorovaná v šachtách V3 a V1. V šachte V3 sa spoločná priemerná výdatnosť za poslednú dekádu pohybuje na úrovni $0,38 \text{ l.min}^{-1}$ a v šachte V1 $0,24 \text{ l.min}^{-1}$.

V jednotlivých skupinách vrtov boli najvýznamnejšie hodnoty výdatnosti namerané počas rokov 2016, 2017, 2020, 2021 a 2023. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli namerané v roku 2016, a to vo vrtoch V5/2 ($6,24 \text{ l.min}^{-1}$ – 2. marca) a V2/1 ($6,0 \text{ l.min}^{-1}$ – 30. marca). V roku 2016 bol zaznamenaný zároveň najväčší počet nameraných maximálnych výdatností za poslednú hodnotenú dekádu, a to až vo 8 vrtoch (V2/1, V2/2, V2/4, V2/5, V5/1, V5/2, V5/3 a V5/4). Z hľadiska hodnotenia počtu dlhodobých maximálnych prietokov je významný i aktuálne hodnotený rok 2023. K prekročeniu najvyšších hodnôt z predchádzajúceho obdobia došlo až v 5 vrtoch (V1/1, V1/2, V1/3, V1/4 a V3/3).

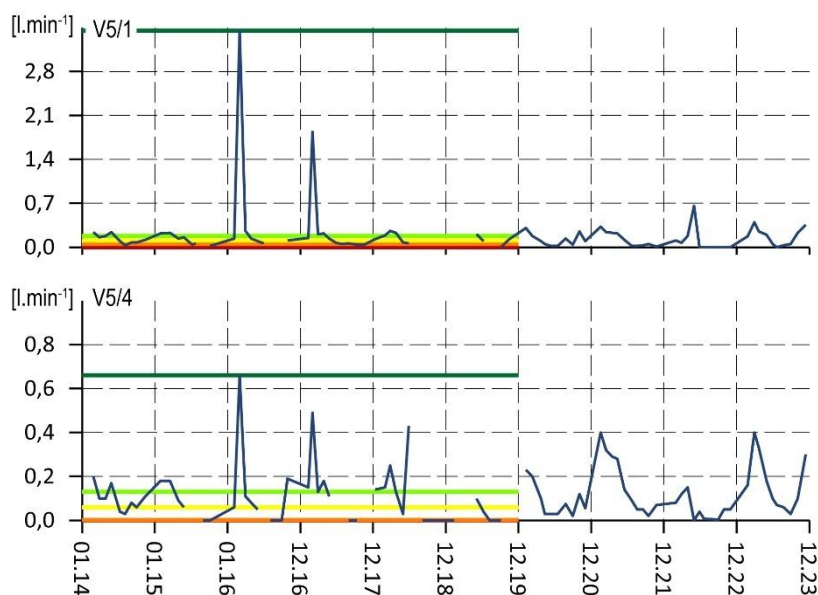
Tak ako už bolo naznačené, problémom monitorovania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-tranzitný plynovod je, že viaceré vrty bývajú zaplavované vytekajúcou vodou z drenážnych zariadení. V dôsledku tohto stavu nie je možné sledovať množstvo odtekajúcej vody zo zosuvného územia, čo je však ešte horšie, zaplavením zberných šacht, teda zlými odtokovými pomermi, dochádza k znižovaniu účinnosti jediného sanačného opatrenia, ktorým je hĺbkové odvodnenie.



Obr. 4.5.9 Dlhodobý vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V1/1, V1/2, V1/3, V1/4 a V1/5) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2014 až 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.



Obr. 4.5.10 Dlhodobý vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V3/1, V3/2, V3/3 a V3/4) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2014 až 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.



Obr. 4.5.11 Dlhodobý vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V5/1 a V5/4) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2014 až 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Slanská Huta s indikatívom 51160. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od januára 2001 do decembra 2021 predstavuje 758,5 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1 204,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 63,2 mm, maximálny mesačný úhrn 314,9 mm (máj 2010) a minimálny mesačný úhrn 0,0 mm (november 2011).

V roku 2023 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k nárastu ročných zrážok až o 384,2 mm. Ročný zrážkový úhrn dosiahol 967,5 mm, čo zodpovedá 127,55 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas novembra (134,0 mm). O niečo nižšia hodnota mesačného úhrnu bola zaznamenaná v januári (120,0 mm). Mesačný zrážkový úhrn nad 100 mm bol nameraný aj počas júla (114,8 mm). Naopak, najsušším mesiacom bol február s 13,9 mm zrážok. V ostatných mesiacoch mesačné zrážkové úhrny neklesli pod hranicu 58 mm. Priemerný mesačný zrážkový úhrn sa nachádzal na úrovni 80,6 mm, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom o 32,0 mm viac.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Slanec-TP sú monitorovacie aktivity zamerané prevažne na sledovanie najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Zároveň je sledovaná i efektívnosť sanačného opatrenia – výdatnosť subhorizontálnych odvodňovacích vrtov. Analyzované sú tiež údaje zo zrážkomernej stanice Slanská Huta.

Na základe spracovania nameraných údajov možno konštatovať, že v prípade sledovaných hĺbok hladiny podzemnej vody bol pozorovaný vzostup. Priemerná hladina, odvodená zo štatistického spracovania poukazuje na medziročný vzostup hladiny podzemnej vody o 1,12 m. V roku 2023 mali hladiny sínusoidálny priebeh; prvý výraznejší vzostup bol zaznamenaný na konci zimného a začiatku jarného obdobia. V nasledujúcom období hladiny podzemnej vody prevažne klesali. Jesenné merania opätovne preukázali vzostup hladiny podzemnej vody, čo bola reakcia na intenzívne zrážkové úhrny v mesiaci november.

Z hľadiska dlhodobého vývoja sledovaných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody stoja za zmienku jej priebehy vo vrtoch J-5 a J-9. Namerané maximálne stavy predstavujú najvyššie hladiny podzemnej vody zaznamenané za posledné desaťročné obdobie (od roku 2014).

Pri hodnotení výdatnosti odvodňovacích zariadení možno konštatovať, že v roku 2023 boli v 5 prípadoch zaznamenané najvyššie prietoky v rámci posudzovanej dekády. Išlo o vrty V1/1, V1/2, V1/3, V1/4 a V3/3. Najvyššie výdatnosti boli namerané vo vrtoch V3/3 ($3,30 \text{ l.min}^{-1}$), V1/1 ($2,88 \text{ l.min}^{-1}$) a prietoky nad 1 l.min^{-1} boli namerané aj vo vrtoch V1/2, V1/3, V1/4, V1/5, V3/2 a V5/3.

V súvislosti s monitorovaním hĺbkového odvodnenia je nevyhnutné opätovne konštatovať, že mnohé vrty ústiace do šachty V2 a V4 boli počas celého roka ponorené pod vodou. Uvedený stav výrazne znižuje efektívnosť hĺbkového odvodnenia, ktoré predstavuje jediné stabilizačné opatrenie v zosuvnom území a znemožňuje meranie výdatnosti uvedených vrtoch.

Vzhľadom na mimoriadne riziko spojené s potenciálnym pretrhnutím tranzitného plynovodu alebo ropovodu zdôrazňujeme naliehavú potrebu komplexnej sanácie celého zosuvného územia (svahov po oboch stranách miestneho potoka). Jej realizácia by si vyžiadala združené investície subjektov – vlastníkov či prevádzkovateľov všetkých produktovodov a inžinierskych sietí (diaľkového a optického kábla). V tejto súvislosti opakovane upozorňujeme, že monitorovacie aktivity, ktoré sú v zosuvnom území zabezpečované, sú sústredené výlučne len na sledovanie režimových ukazovateľov, a teda sú nepostačujúce. V území úplne absentujú monitorovacie metódy, ktoré by poskytovali informácie o veľkosti pohybovej aktivity. Z tohto dôvodu považujeme za nevyhnutné rozšírenie monitorovacej siete o inklinometrické vrty, vďaka ktorým bude možné s vysokou presnosťou stanoviť hĺbky šmykových plôch a sledovať vývoj deformácie v čase. K zvýšeniu úrovne monitorovania by určite prispela aj inštalácia kútových odrážačov pre technológiu InSAR, vďaka čomu by bolo možné prejavy zosuvného pohybu sledovať s frekvenciou cca 12 dní.

V roku 2024 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2023, teda 10 etáp režimových meraní na piezometrických vrtoch a odvodňovacích zariadeniach.

1.4.6. Lokalita Dolná Mičiná

Stručná charakteristika lokality

Zosuvné územie sa nachádza na severnom okraji obce Dolná Mičiná, približne 10 km južne od Banskej Bystrice. V súvislosti s aktivizáciou zosuvu bol v roku 1995 v území realizovaný inžinierskogeologický prieskum (Jadroň et al., 1998) a v lete o rok neskôr rozsiahla sanácia svahu (prísypy, zárubný a oporný múr). Súčasťou geologických a sanačných prác bolo vybudovanie siete monitorovacích objektov, na ktorej sa monitoring uskutočňuje prakticky od začiatku geologických prác (jar 1995). Detailnejšie informácie o monitorovanej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu Jadroň et al. (1998), ako aj správ z nasledujúcich rokov (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Lokalita je monitorovaná od roku 1995. Postupne, s preukázaním úspešnosti sanácie, bol na lokalite redukovaný sortiment monitorovacích metód. Režimové etapové merania boli na lokalite ukončené v roku 2014 a inklinometrické merania v roku 2015. Od roku 2016 bola v zosuvnom území sledovaná len hladina podzemnej vody vo vrte JM-6 prostredníctvom automatického hladinomera. V roku 2022 došlo k poruche na automatickom hladinomery; v roku 2023 bola vykonaná revízia automatického zariadenia s úmyslom obnoviť monitorovacie aktivity. Vzhľadom na vek monitorovacieho zariadenia (viac ako 20 rokov; inštalácia automatického hladinomera do vrtu JM-6 bola realizovaná v roku 2002) nebolo možné zariadenie opraviť a tým pádom boli merania prerušené. Z tohto dôvodu sa v roku 2023 pozornosť sústredila len na analýzu nameraných zrážkových úhrnov na stanici SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300 – tab. 4.6.1).

Tab. 4.6.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Dolná Mičiná v rokoch 2022 a 2023.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Banská Bystrica (indikatív 34300)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

Merania zrážkových úhrnov

Údaje o zrážkach sú preberané zo stanice SHMÚ Banská Bystrica s indikátivom 34300. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2000 do 31. decembra 2022 predstavuje 860,71 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1 289,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 71,7 mm a maximálny mesačný úhrn 228,9 mm (október 2000). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 19. septembra 2000 do 19. októbra 2000) dosiahol 294,10 mm.

V roku 2023 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 1110,9 mm, čo zodpovedá 129,07 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas novembra (151,2 mm) a najvyšší denný úhrn 27. októbra (43,8 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 43,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 17. októbra do 16. novembra 249,6 mm a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 9. augusta do 8. septembra) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 5,1 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 7 dní (od 6. do 12. marca) s úhrnom 35,4 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Dolná Mičiná boli dlhodobo zabezpečované monitorovacie aktivity v jednom piezometrickom vrte JM-6. Monitorovacie zariadenie sa v roku 2023 nepodarilo opraviť, a tým pádom boli terénne merania fyzikálnych veličín na lokalite ukončené. Počas roka 2023 bola zabezpečená pravidelná terénna rekognoskácia za účelom posúdenia morfologických zmien v oblasti zárubného múra, pozostávajúceho z gabiónových košov. Zároveň boli spracované a vyhodnotené klimatické ukazovatele zo zrážkomernej stanice SHMÚ Banská Bystrica.

Z výsledkov nameraných veľkostí zrážkových úhrnov vyplýva, že rok 2023 bol zrážkovo výrazne nadpriemerný a bol vyhodnotený ako veľmi vlhký rok. Z hľadiska hodnotenia klimatických pomerov možno za najnepriaznivejšie obdobie považovať posledný kvartál, počas ktorého spadlo až 413,1 mm zrážok (37,19 % ročného úhrnu; treba podotknúť, že ide o mesiace s nižším až veľmi nízkym evapotranspiračným potenciálom). Najhoršia situácia bola počas novembra kedy spadlo až 151,2 mm. Nepriaznivý vývoj klimatických ukazovateľov bol pozorovaný i na začiatku roka. V januári bol nameraný mesačný úhrn 132,2 mm. Veľmi vysoká hodnota mesačného úhrnu bola zaznamenaná aj v mesiaci máj (150,9 mm).

V roku 2024, vzhľadom na skutočnosť, že sa nepodarilo obnoviť monitorovacie merania hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte JM-6, plánujeme na lokalite monitorovacie merania prerušiť.

1.4.7. Lokalita Okoličné

Stručná charakteristika lokality

Zosuv sa nachádza na SV okraji mesta Liptovský Mikuláš a je súčasťou rozsiahleho zosuvného územia, ktoré sa v minulosti vyvinulo v súvislosti s laterálnou eróznou činnosťou rieky Váh. Monitorovaný zosuv je výsledkom nesprávneho antropogénneho zásahu pri realizácii odrezu v akumuláčnej časti zosuvu. Monitorovacie merania sa na lokalite vykonávali krátkodobo počas prieskumov a sanácií (výnimkou sú iba geodetické merania, realizované priebežne už 51 rokov – od roku 1971); systematicky sa svah monitoruje od roku 1993. Detailnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia monitorovania, ale hlavne práce Fussgängera a Jadroňa (1977).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Na lokalite boli od roku 2016 merania hladiny podzemnej vody zabezpečované v jednom piezometrickom vrte. Merania boli vykonávané automatickým hladinomerom, ktorý bol inštalovaný vo vrte J-1 v čele zosuvu. Merania boli vykonávané dlhodobo, avšak počas prevádzky automatického zariadenia došlo k viacerým poruchám. Poslednú poruchu, ktorá bola detegovaná v roku 2022 sa počas hodnoteného roku 2023 nepodarilo odstrániť. Z uvedeného dôvodu boli merania hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte prerušené.

V intervale 2 až 3 rokov sú prostredníctvom technológie GNSS v zosuvnom území zabezpečované merania pohybovej aktivity na sieti geodetických bodov. Posledné meranie bolo zabezpečené v roku 2022. Najbližšie plánované meranie je na rok 2025.

V aktuálne hodnotenom roku bolo zabezpečované spracovanie a analýza údajov zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130). Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2022 a 2023, sú zhrnuté v tab. 4.7.1.

Tab. 4.7.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Okoličné v rokoch 2022 a 2023.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2022	2023
Geodetické merania	15	P5, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P18, P19, P22, P24	1 (jún)	–
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	J-1 automatický hladinomer	Kontinuálne ¹ (každú hodinu do 4. februára)	–
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanica SHMÚ: Lipt. Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130)	Denné úhrny zrážok	

¹ – v roku 2022 došlo k technickej poruche na automatickom hladinomery

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

Merania zrážkových úhrnov

Údaje o zrážkach sú preberané zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová s indikatívom 21130. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2022 predstavuje 636,48 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 774,50 mm (rok 2017); priemerný mesačný úhrn 53,5 mm a maximálny mesačný úhrn 166,8 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 27. júna 2011 do 27. júla 2011) dosiahol 202,00 mm.

V roku 2023 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 807,40 mm, čo zodpovedá 126,85 % dlhodobého priemeru, a teda išlo o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas augusta (115,9 mm) a najvyšší denný úhrn 17. júla (33,1 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 21,4 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 10. júla do 9. augusta (170,0 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 11. marca do 10. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 16,1 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie trvalo 6 dní, a to od 15. do 20. januára s úhrnom 36,9 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Okoličné sa monitorovacie činnosti postupne zredukovali na zber a analýzu dôležitého zosuvotvorného faktora – zrážkových úhrnov. Geodetické merania sa na lokalite vykonávajú s dvoj- až trojročnou frekvenciou. Naposledy boli realizované v roku 2022.

Na základe hodnotenia klimatických faktorov je možné usúdiť, že rok 2023 bol stabilne nepriaznivý. Počas roku 2023 boli kumulatívne 30-dňové zrážkové úhrny nad 100 mm pozorované počas 40 dní. 30-dňové kumulatívne zrážky prvýkrát v roku prekročili hranicu 100 mm na začiatku februára (s maximálnou hodnotou 103,7 mm), následne, vplyvom júnových a júlových zrážok, od 17. júla počas 4 dní (s maximálnou hodnotou 105,2 mm). Najdlhšie obdobie s kumulatívnymi zrážkami nad 100 mm trvalo od 4. do 24. augusta. Počas tohto obdobia maximálny 30-dňový úhrn dosiahol až 170,0 mm. Na spomenuté obdobie nadväzuje oktáva, ktorá začína 26. augusta (namerané maximum 30-denných kumulatívnych zrážok dosiahlo 115,9 mm). Posledným obdobím v roku 2023, v ktorom bol prekročený 100 mm 30-denný kumulatívny úhrn je interval od 15. do 19. novembra. Stabilne nepriaznivé boli najmä zrážkové úhrny zaznamenané počas chladnejšieho obdobia, kedy dochádza k poklesu evapotranspirácie.

Na základe terénnych rekognoskácií je i v súčasnosti možné pozorovať deformáciu v čele akumulácie zosuvu na línii nespevneného chodníka vedúceho popri trati a taktiež aj na odvodňovacom rigole, umiestnenom paralelne so železničnou traťou.

Vzhľadom na vysoký celospoločenský význam lokality, súvisiaci s trvalým ohrozením hlavnej železničnej trate, ktorá predstavuje spojnicu viacerých krajských miest, plánujeme v budúcnosti (v roku 2025) zabezpečiť geodetické merania. V roku 2024 bude zabezpečené hodnotenie klimatických pomerov, sledovaných na stanici SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová.

1.4.8. Lokalita Ďačov

Stručná charakteristika lokality

Zosuv, ktorý sa inicioval v roku 2010, sa nachádza v obci Ďačov, na úpätí svahu (s kótou 486,3 m n. m.) a je potenciálnou hrozbou pre zástavbu domov, hospodárskych budov a príľahlých plôch na ľavej strane Ďačovského potoka (obr. 4.8.1). Ide o svahovú poruchu frontálneho charakteru. V postihnutom území sa vyskytujú samostatné menšie parciálne prúdové zosuvy, ako aj deformácie blokového charakteru.

Monitorovacie práce sa vykonávajú na vybudovanej sieti inklinometrických a piezometrických vrtov. Bližšie informácie o lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Tupý et al., 2010b), ako i monitorovania za rok 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2022 a 2023, sú zhrnuté v tab. 4.8.1.

Tab. 4.8.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ďačov v rokoch 2022 a 2023.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Inklinometrické	3	DA-1, 7, 9	1 – 2 (19. máj, 11. november)	1 (4. máj – DA-7 a 9, 16. október – DA-1)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	DA-5, DA-8, DA-10	10 (1. marec, 30. marec, 29. apríl, 27. máj, 30. jún, 21. júl, 23. august, 30. september, 28. október, 29. november)	10 (24. február, 31. marec, 24. apríl, 26. máj, 30. jún, 21. júl, 25. august, 29. september, 31. október, 1. december)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Lipany (indikatív 59100)	Denné úhrny zrážok	

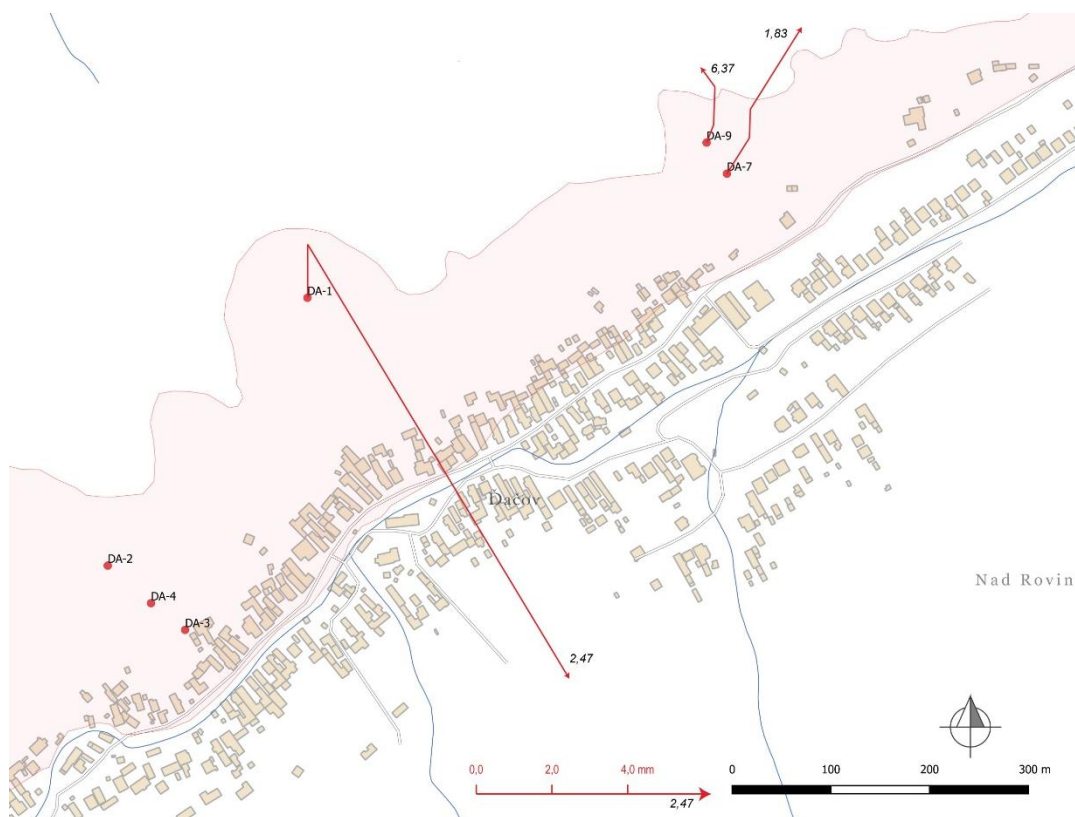
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

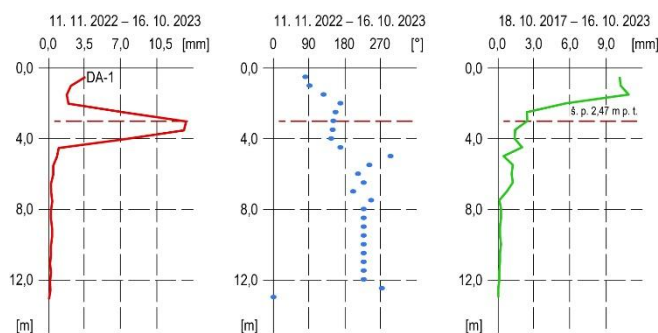
Na lokalite Ďačov bolo v roku 2010 vybudovaných viacero inklinometrických vrtov, z ktorých sa v súčasnosti systematicky monitorujú už len vrty DA-1, DA-7 a DA-9 (vo vrte DA-1 boli merania obnovené 12. decembra 2019). Vrty sú situované v severovýchodnej časti obce a sledujú pohybovú aktivitu parciálneho aktívneho zosuvu (obr. 4.8.1). V apríli 2017 došlo na lokalite k výmene meracej sondy, čo si vyžiadalo realizáciu nultého merania, teda začatie novej monitorovacej epochy. Výsledky meraní z rokov 2022 a 2023 sú zhrnuté v tab. 4.8.2 a graficky prezentované na obr. 4.8.1 až 4.8.4. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je zobrazené na obr. 4.8.5 až 4.8.8.

V roku 2022 boli zabezpečené 1 až 2 merania – jarná (vo vrtoch DA-7 a DA-9 – od 12. novembra 2021 do 19. mája 2022) a jesenná etapa (vo vrte DA-1 – od 12. novembra 2021 do 11. novembra 2022; vo vrtoch DA-7 a DA-9 – od 19. mája 2022 do 11. novembra 2022).

Na sledovaných potenciálnych šmykových plochách boli namerané prírastky deformácie v rozsahu od 0,51 mm (DA-9 v hĺbke 6,37 m pod terénom; čo predstavuje priemernú rýchlosť 0,99 mm.rok⁻¹) do 2,15 mm (DA-7 v hĺbke 1,83 m pod terénom; 4,18 mm.rok⁻¹).



Obr. 4.8.1. Lokalita Dačov – vektory deformácií namerané v rokoch 2022 a 2023 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.8.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

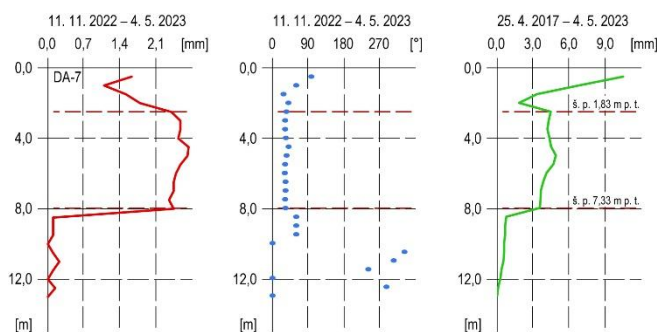


Obr. 4.8.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte DA-1 na lokalite Dačov. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), hnedá čiarkovaná línia – grafické označenie orientačnej hĺbky šmykovej plochy.

Tab. 4.8.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Dačov v rokoch 2022 a 2023.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	12. 11. 2021 – 19. 5. 2022			19. 5. 2022 – 11. 11. 2022			11. 11. 2022 – 4. 5. 2023			11. 11. 2022 – 16. 10. 2023		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
DA-1	2,47				10,92 ¹	1,41 ¹	0 ¹				2,42	13,32	149
DA-7	1,83	3,18	2,15	37	2,13	1,08	183	4,49	2,42	35			
DA-7	7,33	1,91	1,12	32	1,22	0,76	216	3,58	2,46	32			
DA-9	1,87	0,91	2,20	2	1,71	0,81	309	5,59	4,06	340			
DA-9	6,37	2,19	0,51	21	3,10	1,00	218	2,82	0,54	324			

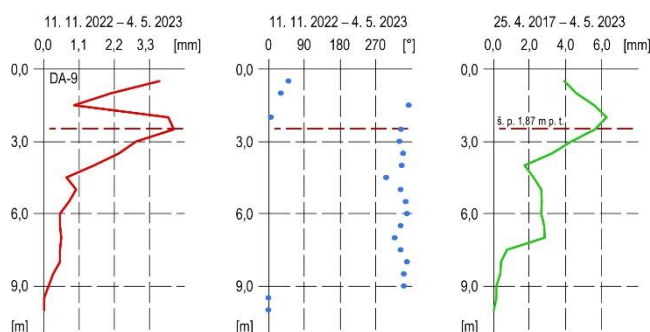
CD – celková deformácia od nultého merania druhej epochy – 25. 4. 17 – vrt DA-7 a DA-9; 18. 10. 2017 – vrt DA-1; ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; ¹ – namerané hodnoty sú za obdobie: 12. 11. 2021 – 11. 11. 2022.



Obr. 4.8.3. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte DA-7 na lokalite Ďačov. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), hnedá čiarkovaná línia – grafické označenie orientačnej hĺbky šmykovej plochy.

Vo vrte DA-1 bola za obdobie jedného roka nameraná deformácia 1,14 mm. Počas jarného merania mali vektory severozápadný až severo-severozápadný smer. Podobný, na sever orientovaný vektor, bol nameraný i vo vrte DA-1 (novembrové meranie). Vo vrtoch DA-7 a DA-9 boli v rámci jesennej etapy namerané južné až juhozápadné azimuty vektorov.

V roku 2023 sa pokračovalo jedným etapovým meraním, ktoré bolo zabezpečené počas dvoch termínov. V skoršom termíne boli vykonané merania vo vrtoch DA-7 a DA-9 (4. máj) a v neskoršom vo vrte DA-1 (16. október). Namerané výsledky vo vrtoch DA-7 a DA-9 charakterizujú pohybovú aktivitu približne v polročnom období a vo vrte DA-1 v cca 11-mesačnom období.



Obr. 4.8.4. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte DA-9 na lokalite Ďačov. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), hnedá čiarkovaná línia – grafické označenie orientačnej hĺbky šmykovej plochy.

Z nameraných výsledkov vo vrte DA-1 vyplýva, že etapový prírastok deformácie v sledovanej hĺbke dosiahol 13,32 mm, čo predstavuje rýchlosť $14,33 \text{ mm.rok}^{-1}$. Azimut nameraného vektora mal juhovýchodný smer, teda priamo v smere spádnicе svahu. Treba však podotknúť, že pri monitorovaní v danom vrte dochádza opakovane k situácii, kedy rozdiely v orientácii nameraných vektorov počas jednotlivých, po sebe nasledujúcich etáp, sú blízke 180° . Podobne, i v tomto prípade má nameraný vektor opačnú orientáciu ako vektor z predchádzajúceho kontrolného merania. Aktuálna hodnota celkovej deformácie dosiahla veľkosť len 2,42 mm.

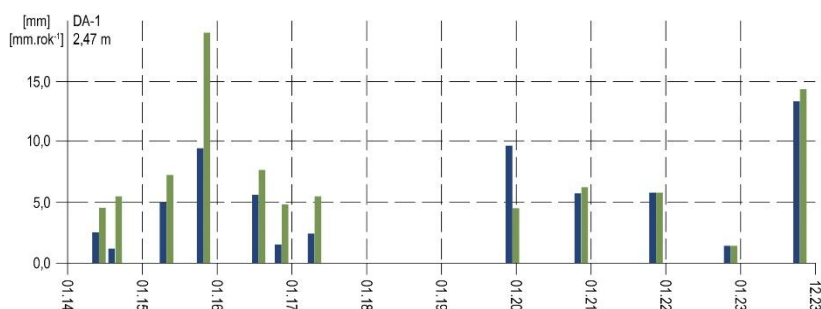
Počas kontrolnej etapy vo vrte DA-7 bola na sledovanej šmykovej ploche v hĺbke 1,83 m pod terénom nameraná etapová deformácia 2,42 mm ($5,07 \text{ mm.rok}^{-1}$; azimut 35° – severovýchod). Z prezentovaných etapových meraní v tab. 4.8.2 a na obr. 4.8.1 vyplýva pomerne výrazný pohyb po šmykovej ploche. Azimut naznačuje vychýlenie od spádnicе svahu

smerom na sever. Predpokladáme, že inklinometrický vrt nie je vybudovaný priamo v najaktívnejšej časti zosuvného telesa, čo sa prejavuje „odtláčaním vrtu do strany“. Výsledný pohyb za obdobie poslednej epochy je 4,49 mm.

V hlbšom horizonte v 7,33 m pod terénom bola nameraná deformácia 2,46 mm (rýchlosť pohybu 5,16 mm.rok⁻¹). Azimut nameraného vektora mal, podobne ako v plytšom horizonte, severovýchodný smer.

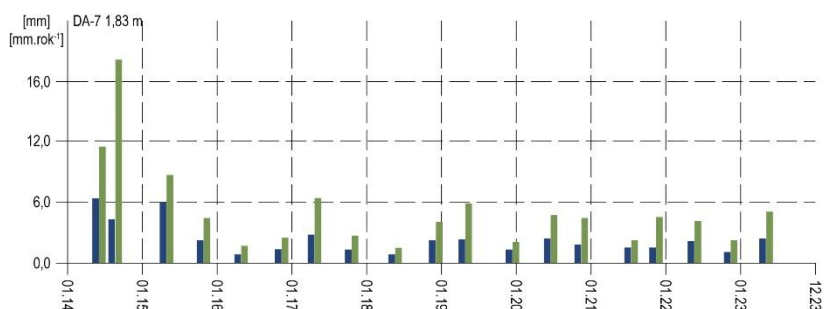
Vo vrte DA-9 sú na základe dlhodobého sledovania pohybovej aktivity vybraté hĺbky (1,87 a 6,37 m pod terénom) s predpokladanou šmykovou plochou. V roku 2023 bola výraznejšia deformácia nameraná v plytšom horizonte. Počas etapového merania dosiahol prírastok deformácie hodnotu 4,06 mm (8,51 mm.rok⁻¹). Orientácia nameraného vektora mala severo-severozápadný smer.

Zo spracovania dlhšieho časového radu nameraných deformácií na predpokladanej šmykovej ploche vo vrte DA-1 (obr. 4.8.5) vyplýva, že najvyššie etapové hodnoty boli namerané v roku 2023 a o niečo nižšie v rokoch 2015, 2019, 2020 a 2021. V prvej epoche inklinometrických meraní (ktorá trvala do roku 2017) mal azimut výsledného vektora severozápadný smer a pomer medzi dĺžkou trajektórie etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu bol 49,8 %. Počas druhej epochy, ktorá trvá od roku 2017, dosiahla hodnota uvedeného pomeru 6,73 %. Nízka hodnota posudzovaného pomeru naznačuje, že deformácie v sledovanom horizonte nie sú priamočiare, ale naopak, v priebehu monitorovaného obdobia sa často menia azimuty etapových vektorov.



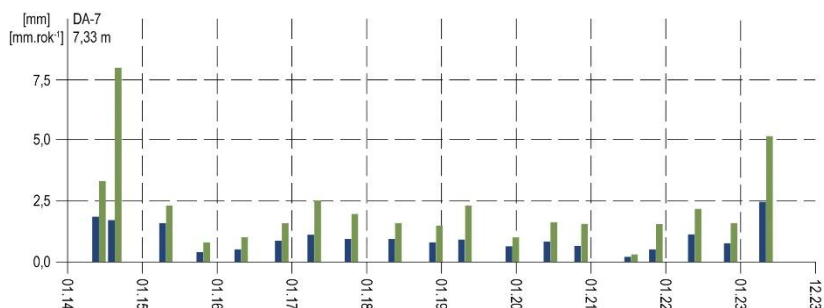
Obr. 4.8.5. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-1 v období rokov 2014 až 2023; modrá – etapové deformácie a zelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

Z dlhodobého hodnotenia deformácie, ktorá je sledovaná vo vrte DA-7 (obr. 4.8.6) v hĺbke 1,83 m pod terénom, vyplýva, že najväčšie etapové deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané v roku 2014 a 2015. K svahovému pohybu v oblasti monitorovaného vrtu dochádzalo len počas prvej epochy inklinometrických meraní (do roku 2017). Azimuty nameraných deformácií mali prevažne juhovýchodný smer. Pomer medzi dĺžkou trajektórie nameraných etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu v hĺbke šmykovej plochy (1,83 m pod terénom) bol 78,0 %. Počas druhej epochy, ktorá trvá od roku 2017, dosiahla hodnota uvedeného pomeru len 21,53 %. Z uvedeného vyplýva, že v monitorovanej oblasti postupne dochádza k prirodzenej stabilizácii zosuvu, najmä v obdobiach so stabilnými priaznivými klimatickými pomermi. Celkový vektor, nameraný v období aktuálnej epochy (za obdobie apríl 2017 – november 2023), dosiahol hodnotu 4,49 mm a priemerná rýchlosť deformácie dosahuje 0,75 mm.rok⁻¹.



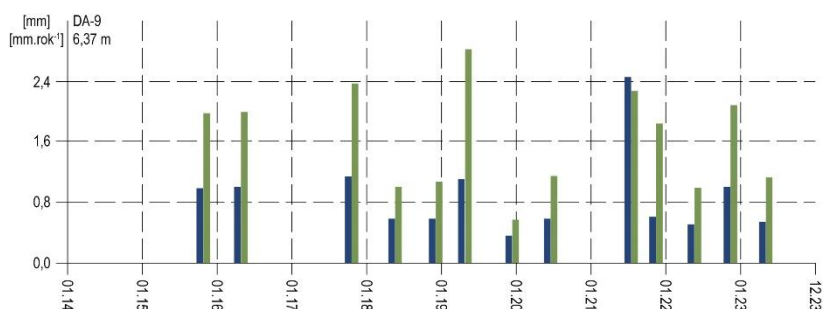
Obr. 4.8.6. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-7 v hĺbke 1,83 m pod terénom v období rokov 2014 až 2023; modrá – etapové deformácie a zelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

V hĺbke 7,33 m pod terénom, kde na základe priebehu deformácie inklinometrickej pažnice predpokladáme priebeh hlbšej šmykovej plochy, sa veľkosti etapových vektorov nachádzajú v intervale od 0,2 (rok 2021) do 2,46 mm (rok 2023; obr. 4.8.7). Maximálna priemerná rýchlosť ($7,97 \text{ mm.rok}^{-1}$) bola nameraná v období od júna 2014 do augusta 2014. Azimuty etapových vektorov sú veľmi rôznorodé, v dôsledku čoho sú pomerné hodnoty medzi trajektóriou a výsledným premiestnením sledovaného bodu relatívne nízke (prvá epocha – 26,4 %, druhá epocha – 33,39 %).



Obr. 4.8.7. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-7 v hĺbke 7,33 m pod terénom v období rokov 2014 až 2023; modrá – etapové deformácie a zelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

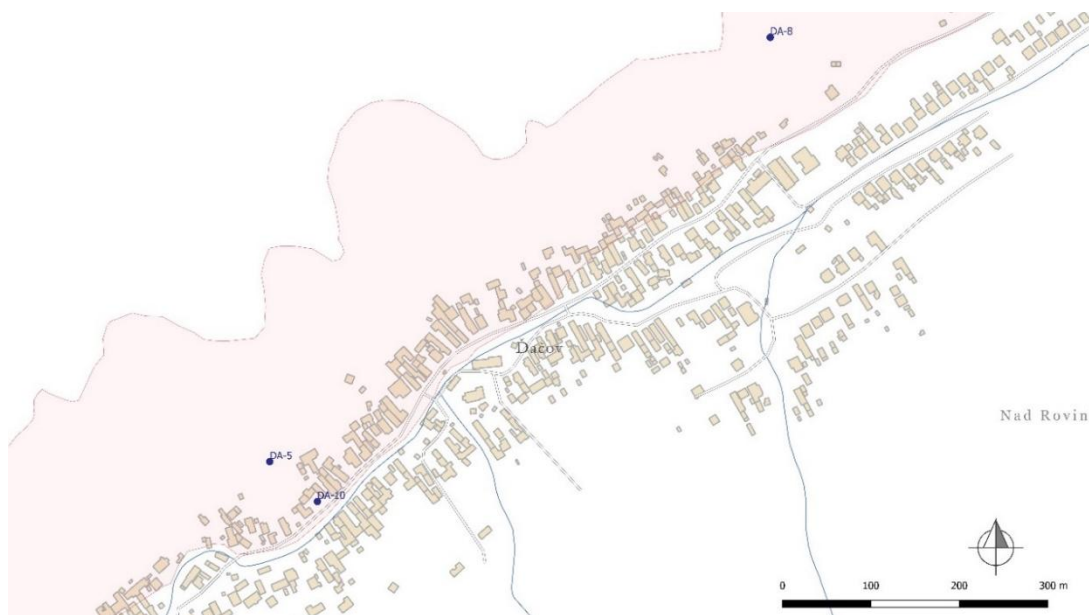
Vo vrte DA-9, na základe výsledkov dlhodobého monitoringu na úrovni predpokladanej šmykovej plochy v hĺbke 6,37 m pod terénom (obr. 4.8.8), možno konštatovať, že najväčšia etapová deformácia inklinometrickej pažnice bola nameraná v roku 2021 (2,45 mm; $2,27 \text{ mm.rok}^{-1}$). Azimut výslednej deformácie, nameranej počas obdobia prvej epochy, bol orientovaný na juhovýchod. Počas druhej epochy sa smer výslednej deformácie zmenil na východ. Vypočítaný pomer medzi dĺžkou trajektórie nameraných etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu bol počas prvej epochy 97,7 %. Počas druhej epochy, ktorá trvá od roku 2017, dosiahla hodnota vypočítaného pomeru už len 29,74 %. Nízka hodnota posudzovaného pomeru naznačuje, že svahový pohyb v sledovanom horizonte nie je priamočiary, ale naopak, etapové vektory často menia svoj smer, a teda namerané deformácie nie je možné jednoznačne prisudzovať zosuvnému javu. Výsledný vektor nameraný počas prvej epochy inklinometrických meraní (za obdobie apríl 2015 – apríl 2016) dosiahol hodnotu 10,85 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie $10,8 \text{ mm.rok}^{-1}$. Počas druhej epochy (v období od apríla 2017 do mája 2023) bol nameraný výsledný vektor 2,8 mm, teda vypočítaná priemerná rýchlosť deformácie dosiahla $0,51 \text{ mm.rok}^{-1}$.



Obr. 4.8.8. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-9 v hĺbke 6,37 m pod terénom v období rokov 2015 až 2023; modrá – etapové deformácie a zelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Ďačov sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 3 vrtoch (tab. 4.8.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.8.3 a 4.8.4). Situovanie monitorovacích objektov v zosuvnom území je znázornené na obr. 4.8.9, priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2022 a 2023 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.8.10, dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.8.11.



Obr. 4.8.9. Lokalita Ďačov – situácia objektov na monitorovanie hĺbky hladiny podzemnej vody; mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2022 sa pokračovalo v meraniach vo všetkých 3 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 1. marca do 29. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte DA-10 (0,60 m pod terénom – 429,46 m n. m.), a to dňa 30. septembra. Výskyt maximálnych stavov v rámci monitorovacej siete bol nejednotný, vo vrte DA-5 bol zaznamenaný dňa 1. marca na úrovni 4,02 m pod terénom (438,09 m n. m.) a vo vrte DA-8 29. apríla (10,07 m pod terénom; 426,74 m n. m.).

Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody už dlhodobo nachádza vo vrte DA-8 (v roku 2022 dosiahla v jesennom období úroveň 11,41 m pod terénom, čo predstavuje 425,40 m n. m. – 29. november). V ostatných vrtoch sa minimálne hladiny podzemnej vody pohybovali na úrovni 4,19 m pod terénom (vrt DA-5) až 0,88 m pod terénom vo vrte (vrt DA-10).

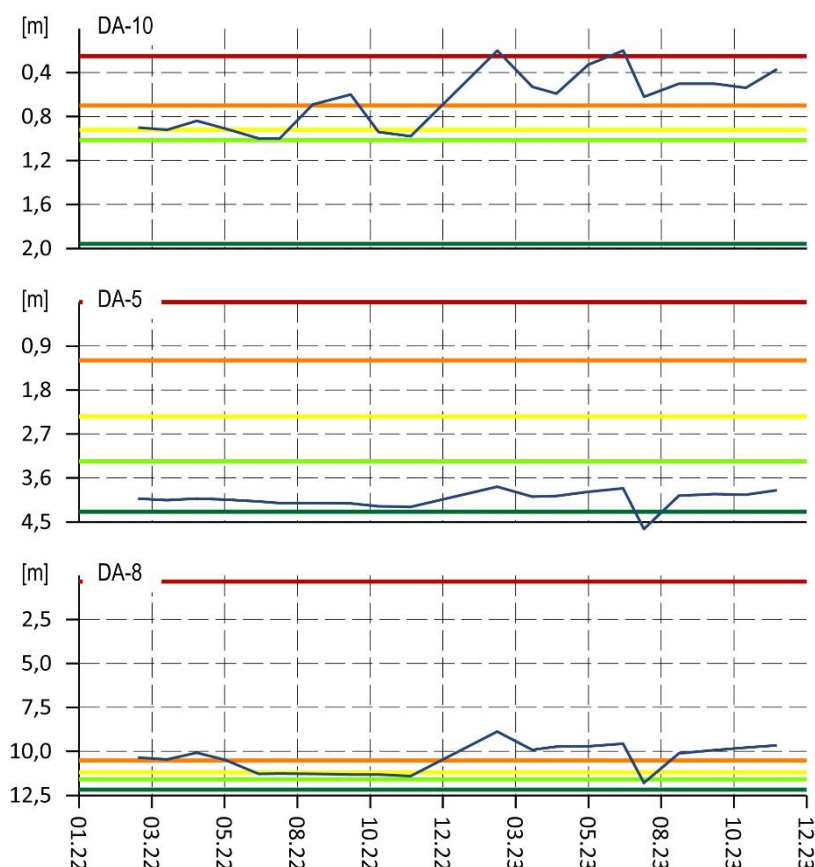
Tab. 4.8.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2022.

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
DA-10	10	0,60	429,46	30. 9. 2022	1,00	429,06	30. 6. 2022	0,88	429,18	0,40
DA-5	10	4,02	438,09	1. 3. 2022	4,19	437,92	29. 11. 2022	4,09	438,02	0,17
DA-8	10	10,07	426,74	29. 4. 2022	11,41	425,40	29. 11. 2022	10,92	425,89	1,34

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2022 hĺbku 5,33 m pod terénom, čo je oproti roku 2021 zostup o 0,45 m. Zostup priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody bol ovplyvnený najmä výrazným zrážkovým deficitom. Zostupný trend hĺbky hladiny podzemnej vody sa môže prejavovať i v nasledujúcom období. Maximálne kolísanie hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané vo vrte DA-8 – 1,34 m. Vo vrtoch DA-5 a DA-10 neprekročila ročná amplitúda 0,40 m.

V roku 2023 bolo vo všetkých troch vrtoch zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 24. februára do 1. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte DA-10 (0,20 m pod terénom – 429,86 m n. m.), a to dňa 24. februára. Počas uvedeného kontrolného merania, boli pozorované maximálne stavy hladiny podzemnej vody aj vo vrtoch DA-5 (3,78 m pod terénom) a DA-8 (8,87 m pod terénom).

Naopak, najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala 21. júla. Podobne ako v predchádzajúcich rokoch, najhlbšie klesla vo vrte DA-8, a to do hĺbky 11,79 m pod terénom; v najplytšom monitorovanom horizonte sa hladina počas jej minimálneho stavu dostala do hĺbky 0,62 m pod terénom.

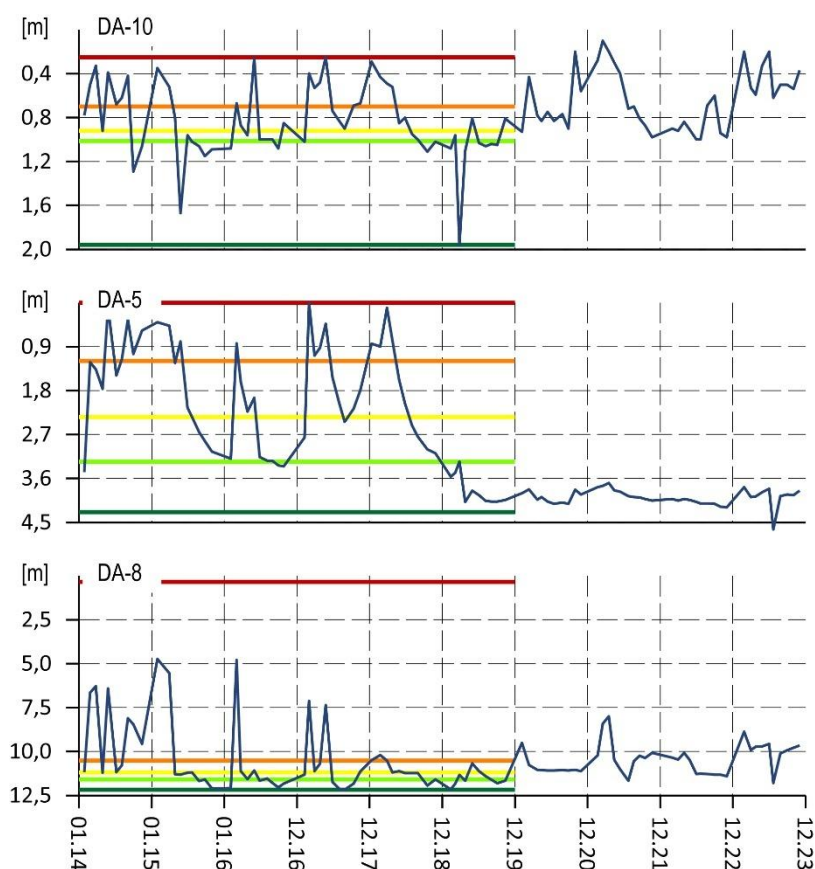


Obr. 4.8.10. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Ďačov, nameranej v rokoch 2022 a 2023 vo vrtoch: DA-5, DA-8 a DA-10, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: apríl 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Tab. 4.8.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2023.

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
DA-10	10	0,20	429,86	24. 2. 2023	0,62	429,44	21. 7. 2023	0,44	429,62	0,42
DA-5	10	3,78	438,33	24. 2. 2023	4,64	437,47	21. 7. 2023	3,97	438,14	0,86
DA-8	10	8,87	427,94	24. 2. 2023	11,79	425,02	21. 7. 2023	9,91	426,91	2,92

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla v roku 2023 hodnotu 4,77 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2022 vzostup o 0,56 m. V jednotlivých vrtoch sa priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale od 0,44 (DA-10) do 9,91 m pod terénom (vrt DA-8). Najvýraznejšia ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte DA-8 (2,92 m).



Obr. 4.8.11. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Ďačov v rokoch 2014 až 2023 vo vrtoch: DA-5, DA-8 a DA-10, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: apríl 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Pri hodnotení dlhodobých záznamov o hĺbke hladiny podzemnej vody je potrebné uviesť, že merania boli vykonávané zvyčajne od februára do novembra, ale s nízkou frekvenciou – 10-krát za rok. Z tohto dôvodu, a to i napriek dlhému časovému radu, nie je možné jednoznačne definovať presný režim kolísania podzemnej vody. Počas poslednej dekády boli v jednotlivých vrtoch namerané najvyššie hladiny podzemnej vody v rokoch 2017 vo vrte DA-5 – 0,00 m pod terénom (442,11 m n. m.), 2021 vo vrte DA-10 – 0,10 m pod terénom (429,96 m n. m.) a 2015 vo vrte DA-8 – 4,73 m pod terénom (432,08 m n. m.). Naopak najnižšie hladiny v monitorovaných vrtoch boli namerané v rokoch 2019 vo vrte DA-10 – 1,96 m pod terénom (428,10 m n. m.), 2023 vo vrte DA-5 – 4,64 m pod terénom (437,47 m n. m.) a 2017 vo vrte DA-8 – 12,16 m pod terénom (424,65 m n. m.).

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Lipany s indikatívom 59100. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2022 predstavuje 629,93 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 770,6 mm (rok 2020); priemerný mesačný úhrn 52,9 mm a maximálny mesačný úhrn 175,1 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdenný úhrn (zaznamenaný v období od 17. septembra 2020 do 17. októbra 2020) dosiahol 180,3 mm.

V roku 2023 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 791,0 mm, čo zodpovedá 125,57 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júna (148,3 mm) a najvyšší denný úhrn 23. júna (89,4 mm). Najsuchším mesiacom bol február s 26,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 17. júna do 17. júla (122,4 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 19. februára do 21. marca) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 10,3 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 6 dní (od 15. do 20. januára) s úhrnom 50,5 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Ďačov sú monitorovacie činnosti zamerané na hodnotenie stabilného stavu, a to priamymi meraniami pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie, ako aj nepriamymi meraniami, založenými na sledovaní hlavného zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody.

V posledných rokoch sa merania vykonávajú na upravenom súbore inklinometrických vrtoch. Týmto krokom malo dôjsť k optimalizácii inklinometrických meraní; nespoľahlivé vrty, ktoré nepodávali jednoznačné výsledky, boli z monitorovacích meraní vylúčené.

V roku 2023 boli inklinometrické merania zabezpečené vo vrtoch DA-1, DA-7 a DA-9. Vo všetkých vrtoch, v porovnaní s predchádzajúcim obdobím, bola zaznamenaná zvýšená pohybová aktivita. Najvyššia nameraná deformácia bola vo vrte DA-1 v hĺbke 2,47 m pod terénom – 13,32 mm (uvedená hodnota charakterizuje pohybovú aktivitu počas približne 11-mesačného obdobia). Azimut nameraného vektora bol v súlade so spádnou svahu, avšak vzhľadom na skúsenosti s predchádzajúceho obdobia nie je možné potvrdiť, či ide o svahový pohyb. V minulosti totiž dochádzalo v uvedenom vrte k častým zmenám v orientácii nameraných vektorov. Výsledkom je pomerne dlhá trajektória premiestnenia pozorovaného bodu, ale veľmi malá celková deformácia – 2,42 mm.

Z výsledkov meraní vo vrte DA-7 možno usúdiť, že po dlhšom období útľmu došlo k miernemu oživeniu pohybovej aktivity. Na šmykovej ploche, ktorá sa nachádza v hĺbke 7,33 m pod terénom bola v druhej dekáde mája nameraná deformácia 2,46 mm. Azimut nameranej deformácie ale priamo nesúvisí so svahovým pohybom. Pomerne vysoká deformácia bola nameraná aj vo vrte DA-9 plytko pod terénom v hĺbke 1,87 m. Za približne polročné obdobie došlo k deformácii 4,06 mm.

Monitorované piezometrické vrty zachytávajú hladinu podzemnej vody vo viacerých hĺbkových úrovniach. V roku 2023 vystúpila najvyššia hladina podzemnej vody vo vrte DA-10 (0,2 m pod terénom). V porovnaní s predchádzajúcim rokom 2022 je to vyššie o 0,4 m. Naopak, najhlbšie pod terén hladina podzemnej vody klesla vo vrte DA-8 (11,79 m pod terénom). V roku 2023 bola vo vrte DA-5 nameraná najnižšia hladina podzemnej vody. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2023, v porovnaní s rokom 2022, stúpila o 0,56 m.

V roku 2024 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach (cca 10 krát ročne) a inklinometrických meraniach (1-krát za rok).

1.4.9. Lokalita Bardejovská Zábava

Stručná charakteristika lokality

Zosuv, ktorý vznikol v roku 2010 v Bardejove, v mestskej časti Bardejovská Zábava, ohrozuje zástavbu rodinných domov (obr. 4.9.1). Zosuv má prúdový tvar s rozmermi 20 m (šírka) krát 40 m (dĺžka) a je súčasťou rozsiahlejšieho zosuvného územia. Monitorovacie merania sa vykonávajú na monitorovacej sieti, ktorá bola na lokalite vybudovaná v rámci geologických a sanačných prác (Havčo et al., 2010 a Havčo, 2012). Bližšie informácie o zosuve sú súčasťou správy z prieskumu (Havčo et al., 2010) a monitorovacej správy za rok 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2022 a 2023, sú zhrnuté v tab. 4.9.1.

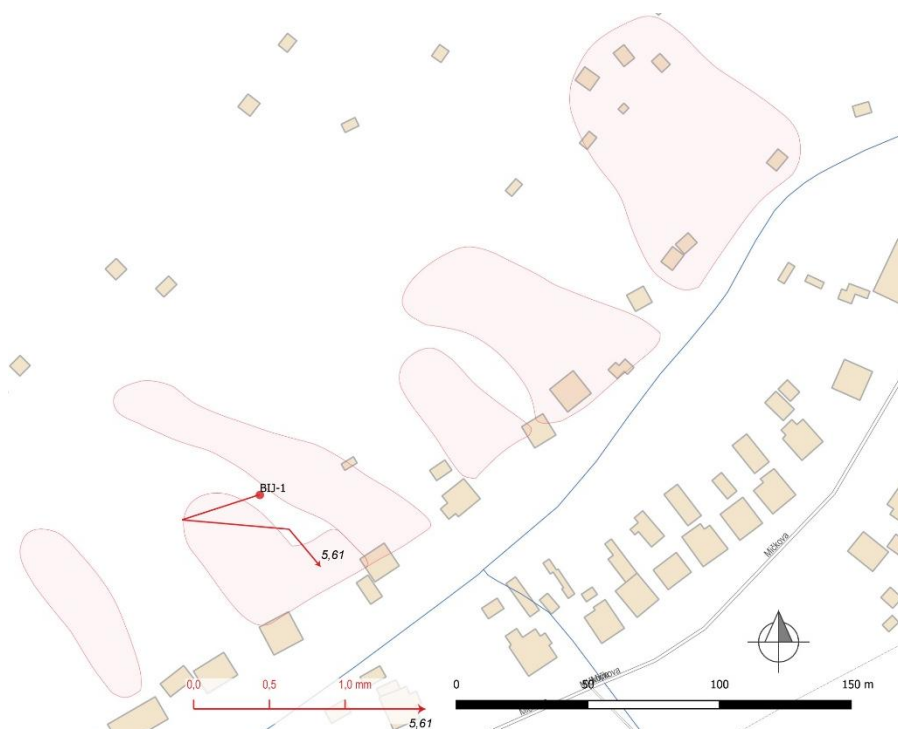
Tab. 4.9.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2022 a 2023.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Inklinometrické	1	BIJ-1	2 (13. júl, 14. november)	1 (4. máj)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	BHJ-1, BHJ-3	10 (1. marec, 30. marec, 29. apríl, 27. máj, 30. jún, 21. júl, 23. august, 30. september, 28. október, 29. november)	10 (24. február, 31. marec, 24. apríl, 26. máj, 30. jún, 21. júl, 25. august, 29. september, 31. október, 1. december)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	HV-1, HV-2, HV-3, HV-4	10 (1. marec, 30. marec, 29. apríl, 27. máj, 30. jún, 21. júl, 23. august, 30. september, 28. október, 29. november)	10 (24. február, 31. marec, 24. apríl, 26. máj, 30. jún, 21. júl, 25. august, 29. september, 31. október, 1. december)
Merania zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Bardejov (indikatív 49120)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na zosuvnej lokalite v katastri obce Bardejovská Zábava sa nachádza jeden inklinometrický vrt BIJ-1. Monitorovaný je od decembra 2011, merania sú však rozdelené do dvoch samostatných epoch. Prvá epocha trvala do decembra 2014; v uvedenom termíne sa začala druhá epocha, v rámci ktorej je lokalita monitorovaná i v súčasnosti. Posledné etapové meranie bolo realizované v prvej dekáde mája 2023. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Bardejovská Zábava sú kvantifikované prostredníctvom tab. 4.9.2 a graficky vyjadrené na obr. 4.9.1 a 4.9.2. Veľkosti vektorov a ich rýchlosti, namerané vo vrte BIJ-1 počas poslednej dekády, sú prezentované graficky na obr. 4.9.3.



Obr. 4.9.1. Lokalita Bardejovská Zábava – vektory deformácií namerané v rokoch 2022 a 2023 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.9.2; hĺbka zaznamenatej deformácie je 5,61 m pod povrchom terénu); obrisy zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.9.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2022 a 2023.

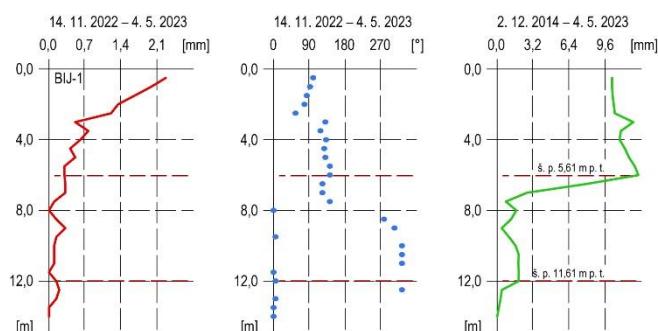
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	3. 11. 2021 – 13. 7. 2022			13. 7. 2022 – 14. 11. 2022			14. 11. 2022 – 4. 5. 2023		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
BIJ-1	2,11	9,80	0,41	244	10,10	1,12	203	10,43	1,20	55
BIJ-1	5,61	11,61	0,54	252	12,24	0,71	95	12,52	0,30	140
BIJ-1	11,61	1,71	0,22	257	1,77	0,30	50	1,90	0,14	5

CD – celková deformácia od nultého merania druhej epochy (3. 12. 2014); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

V roku 2022, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, boli zabezpečené 2 etapy kontrolných meraní (letná – od 3. novembra 2021 do 13. júla 2022 a jesenná – od 13. júla do 14. novembra 2022). Na základe nameraných výsledkov je možné vo všeobecnosti konštatovať stabilizáciu priaznivý vývoj v monitorovanej oblasti zosuvného územia. Mierne zvýšená pohybová aktivita bola zaznamenaná počas novembrového merania na úrovni potenciálnej šmykovej plochy v hĺbke 2,11 m pod terénom (nameraný prírastok deformácie dosiahol 1,12 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $3,29 \text{ mm.rok}^{-1}$). Na hlavnej šmykovej ploche (v hĺbke 5,61 m pod terénom) bol nameraný etapový prírastok deformácie s hodnotou 0,71 mm ($2,08 \text{ mm.rok}^{-1}$). Počas júlovej kontrolnej etapy nepresiahli namerané vektory 0,54 mm ($0,78 \text{ mm.rok}^{-1}$). Na potenciálnej šmykovej ploche v hĺbke 11,61 m pod terénom dosiahla maximálna deformácia hodnotu 0,22 mm.

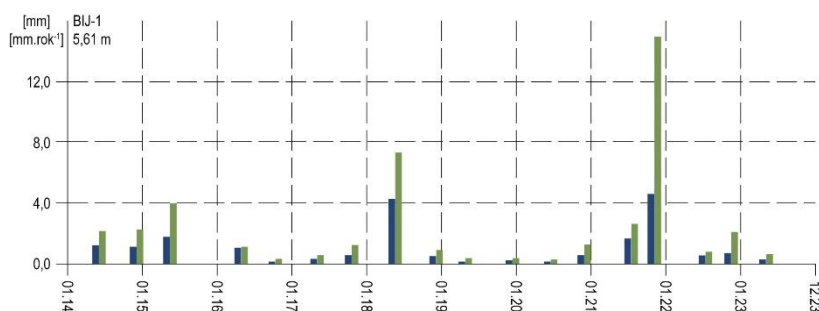
V roku 2023 namerané výsledky pohybovej aktivity potvrdzujú relatívne stabilný stav z predchádzajúceho roku. Veľmi mierny nárast deformácie bol zaznamenaný v hĺbke 2,11 m pod terénom. Počas májového merania bola na plytkej šmykovej ploche zaznamenaná deformácia 1,2 mm, čo predstavuje $2,57 \text{ mm.rok}^{-1}$. Azimut deformácie mal 55° , čo je pohyb v severovýchodnom smere.

Hodnoty deformácie v hlbších horizontoch nepresiahli 0,3 mm, vďaka čomu je možné túto hĺbkovú oblasť považovať za stabilnú. Vektor nameraný v hĺbke 5,6 m pod terénom mal azimut orientovaný juhovýchodne, teda v smere spádnice svahu.



Obr. 4.9.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Bardejovská Zábava vo vrte BIJ-1. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), hnedá čiarkovaná línia – grafické označenie orientačnej hĺbky šmykovej plochy.

Z hodnotenia výsledkov, ktoré boli namerané počas dlhšieho časového obdobia v hĺbke 5,61 m pod terénom (obr. 4.9.3) vyplýva, že najvyššie etapové prírastky deformácie boli namerané v rokoch 2021 (4,59 mm; 14,95 mm.rok⁻¹) a 2018 (4,27 mm; 7,32 mm.rok⁻¹). Celkovo najvyššia rýchlosť deformácie bola zaznamenaná pri jesennom meraní 2021. Monitorovanie je vo vrte rozdelené do dvoch epoch. Počas oboch monitorovacích epoch majú výsledné vektory juhovýchodný azimut. Odvođené hodnoty pomerov medzi dĺžkou trajektórie nameraných etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu v hĺbke šmykovej plochy dosahujú relatívne vysoké hodnoty (prvá epocha – 60,3 %; druhá epocha – 71,63 %). Uvedené hodnoty poukazujú na skutočnosť, že deformácia má relatívne priamočiary charakter, čo indikuje, že prevažná časť etapových vektorov, nameraných v sledovanom horizonte, priamo súvisí so svahovým pohybom. Výsledný vektor deformácie počas druhej epochy (obdobie december 2014 – máj 2023) dosiahol 12,52 mm, čo znamená, že aktuálne dosahuje priemerná rýchlosť deformácie zosuvného telesa hodnotu 1,49 mm.rok⁻¹.



Obr. 4.9.3. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Bardejovská Zábava vo vrte BIJ-1 v období rokov 2014 až 2023; modrá – etapové deformácie a zelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

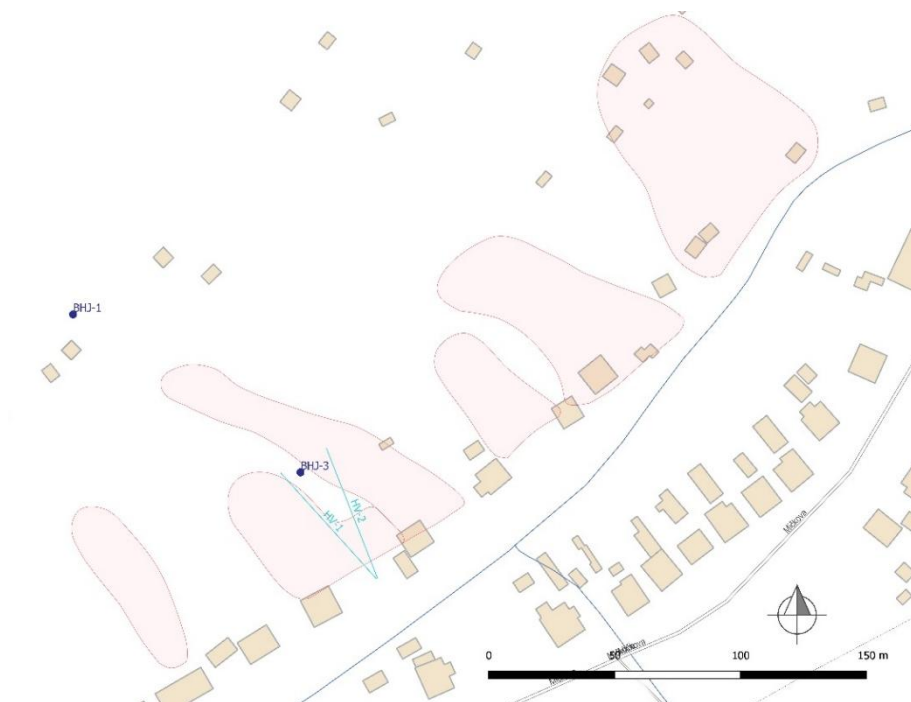
b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Bardejovská Zábava sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch, ktoré zachytávajú hladiny podzemnej vody v dvoch odlišných zvodnených horizontoch (tab. 4.9.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.9.3 a 4.9.4). Situovanie piezometrických vrtov na zosuvnej lokalite je znázornené na obr. 4.9.4. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2022 a 2023, spolu so základnými

štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.9.5. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.9.6.

Tab. 4.9.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2022

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
BHJ-1	10	8,92	344,84	1. 3. 2022	9,55	344,21	29. 11. 2022	9,21	344,55	0,63
BHJ-3	10	2,56	301,03	30. 3. 2022	2,84	300,75	30. 6. 2022	2,68	300,91	0,28



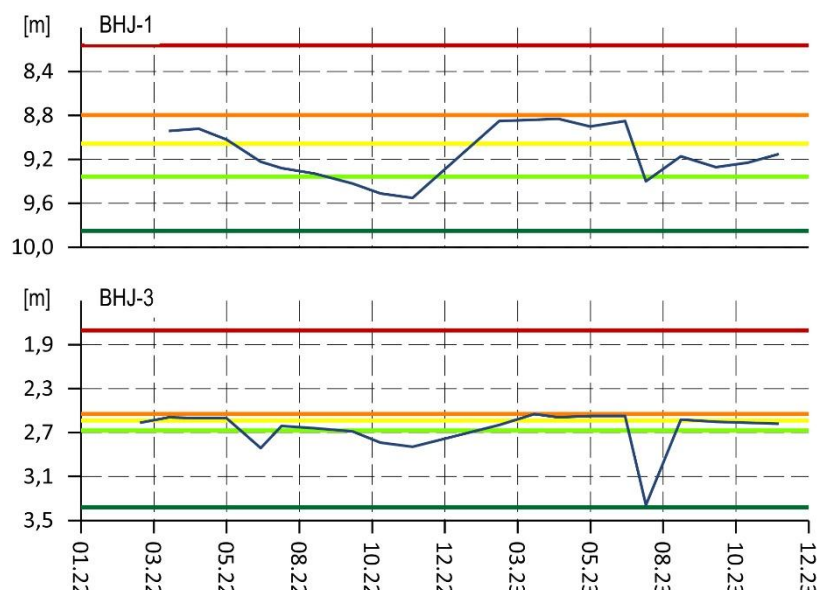
Obr. 4.9.4. Lokalita Bardejovská Zábava – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtovej); ohraničenie zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2022 sa pokračovalo v meraniach v dvoch piezometrických vrtoch, pričom bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa vykonávali od 1. marca do 29. novembra. Najvyššia hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte BHJ-3 (2,56 m pod terénom; 301,03 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. marca. Maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte BHJ-1 bol na úrovni 8,92 m pod terénom (1. marca).

Najhlbšie klesla hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-1, jej minimálna hĺbka sa nachádzala na úrovni 9,55 m pod terénom (29. novembra); minimálna hladina vo vrte BHJ-3 bola nameraná v hĺbke 2,84 m pod terénom. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2022 dosiahla hĺbku 5,94 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,36 m. V jednotlivých vrtoch sa priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody pohybovali v rozsahu od 2,68 (vrt BHJ-3) do 9,21 m pod terénom (vrt BHJ-1). V oboch vrtoch bolo pozorované relatívne malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,63 m vo vrte BHJ-1 a 0,28 m vo vrte BHJ-3).

V aktuálne hodnotenom roku 2023 bolo v oboch vrtoch zabezpečených 10 meraní. Režimové pozorovania boli vykonávané od 24. februára do 1. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-3 dosiahla úroveň 2,53 m pod terénom (301,06 m n. m.). Pri porovnaní maximálnej nameranej hladiny s predchádzajúcim rokom došlo len k nepatrnému vzostupu (o 0,03 m). Maximálny stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný

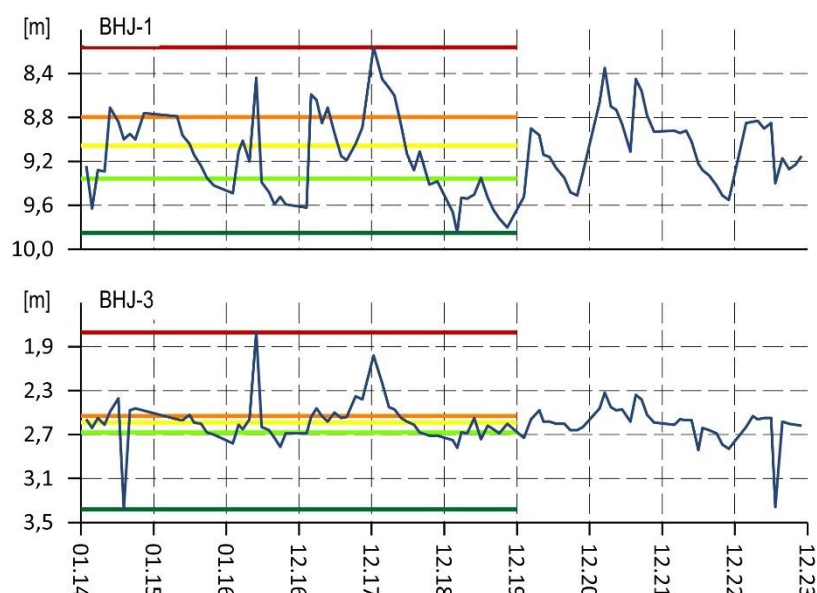
31. marca. Vo vrte BHJ-1, v ktorom je sledovaný hlbší horizont hladiny podzemnej vody, bol maximálny stav zaznamenaný v druhej polovici apríla, a to na úrovni 8,83 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom len minimálna zmena (vzostup o 0,09 m).



Obr. 4.9.5. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Bardejovská Zábava, nameranej v rokoch 2022 a 2023 vo vrtoch: BHJ-1 a BHJ-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Tab. 4.9.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2023

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
BHJ-3	10	2,53	301,06	31. 3. 2023	3,36	300,23	21. 7. 2023	2,66	300,93	0,83
BHJ-1	10	8,83	344,93	24. 4. 2023	9,40	344,36	21. 7. 2023	9,05	344,71	0,57



Obr. 4.9.6. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Bardejovská Zábava, nameranej v rokoch 2014 až 2023 vo vrtoch: BHJ-1 a BHJ-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Najhlbšie klesla hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-1, jej minimálna hĺbka sa nachádzala na úrovni 9,40 m pod terénom (21. júla). V rovnakom termíne bola nameraná aj minimálna hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-3 3,36 m po terénom. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2023 dosiahla hĺbku 5,85 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom veľmi mierny vzostup, a to o 0,09 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,66 (vrt BHJ-3) do 9,05 m pod terénom (vrt BHJ-1). V obidvoch vrtoch bolo pozorované relatívne malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,57 m vo vrte BHJ-1 a 0,83 m vo vrte BHJ-3).

Pri hodnotení údajov z dlhšieho časového obdobia režimových pozorovaní (2014 až 2023 – obr. 4.9.6) možno konštatovať, že hladina podzemnej vody na zrážkové úhrny reaguje minimálne. Výraznejšie vzostupy hladiny podzemnej vody boli pozorované v rokoch 2016, 2018 a čiastočne i v roku 2021. V súvislosti s hodnotením režimových ukazovateľov je nutné upozorniť na nízku frekvenciu meraní, ktorá znemožňuje vykonať komplexné posúdenie charakteru sledovaných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Bardejovská Zábava sú monitorované štyri odvodňovacie vrty (tab. 4.9.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.9.5 a 4.9.6; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení je na obr. 4.9.4).

Tab. 4.9.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2022

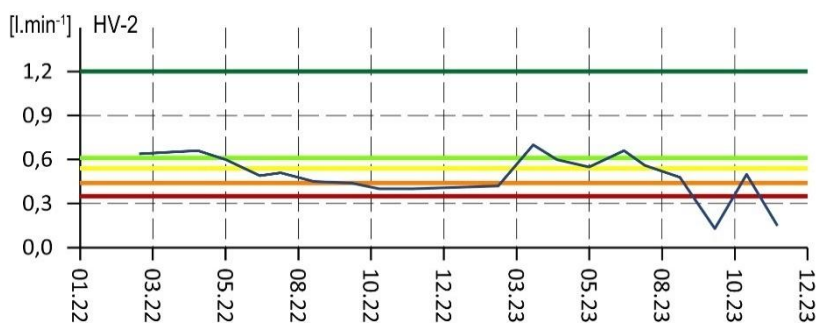
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
HV-1	10	suchý					
HV-2	10	0,66	29. 4. 2022	0,40	28. 10. 2022	0,52	0,26
HV-3	10	suchý					
HV-4	10	kvapkanie, suchý					

Počas roka 2022 bolo, rovnako ako v predchádzajúcich rokoch, zabezpečených 10 kontrolných meraní, realizovaných v období od 1. marca do 29. novembra. Z výsledkov monitorovacích meraní vyplýva, že odvodňovacie vrty HV-1 a HV-3 boli počas všetkých meraní suché, podobne suchý alebo len kvapkajúci bol i vrt HV-4. Jediným funkčným vrtom v roku 2022 bol HV-2, jeho výdatnosti sa pohybovali v rozsahu od 0,40 do 0,66 l.min⁻¹. Priemerná výdatnosť v tomto vrte dosiahla 0,52 l.min⁻¹, čo v porovnaní s rokom 2021 je v danom vrte pokles o 0,22 l.min⁻¹. Pri porovnaní sumárnej priemernej hodnoty s predchádzajúcim rokom došlo k poklesu o 0,31 l.min⁻¹.

Tab. 4.9.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2023

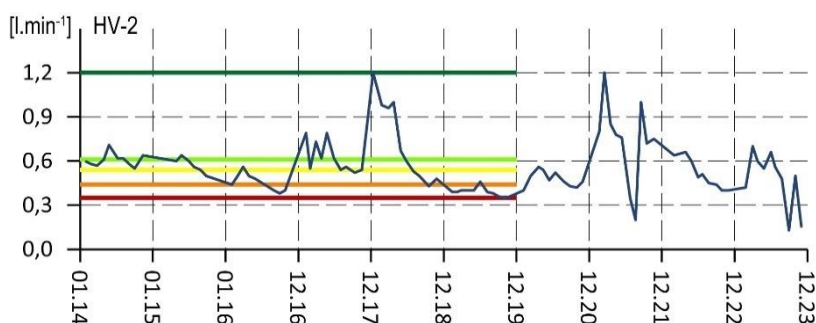
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
HV-1	10	0,04	24. 2. 2023	suchý			
HV-2	10	0,70	31. 3. 2023	0,13	29. 9. 2023	0,48	0,48
HV-3	10	kvapkanie, suchý					
HV-4	10	0,04	26. 5. 2023	0,00	29. 9. 2023	0,01	0,04

Počas roka 2023 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, ktoré boli realizované v období od 24. februára do 1. decembra. V porovnaní s predchádzajúcim rokom sa situácia čiastočne zlepšila. V roku 2023 bol nameraný prietok (prípadne kvapkanie vody) minimálne počas jedného kontrolného merania v každom z odvodňovacích vrtoch. Najvyššia výdatnosť bola nameraná, podobne ako po minulé roky, vo vrte HV-2, a to 0,7 l.min⁻¹ na konci marca. Vo vrtoch HV-1 a HV-4 boli maximálne prietoky na úrovni 0,04 l.min⁻¹. Najnižšia hodnota maximálnej výdatnosti bola nameraná vo vrte HV-3, a to na úrovni kvapkania.



Obr. 4.9.7. Vývoj výdatnosti na odvodňovacom vrte HV-2 na zosuvnej lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2022 a 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

Minimálna hodnota výdatnosti vo vrte HV-2 bola nameraná na konci septembra s hodnotou $0,13 \text{ l.min}^{-1}$. Uvedená hodnota predstavuje najnižšiu hodnotu za celé monitorované obdobie. V ostatných vrtoch sa minimálne hodnoty blížili nule, resp. niektoré vrty boli úplne suché, napr. odvodňovacie vrty HV-1 a HV-3 boli suché väčšiu časť roka. Priemerná výdatnosť vo vrte HV-2 dosiahla $0,48 \text{ l.min}^{-1}$, čo je o $0,04 \text{ l.min}^{-1}$ menej ako v predchádzajúcom roku. Celková sumárna priemerná výdatnosť v roku 2023 predstavovala hodnotu $0,61 \text{ l.min}^{-1}$. Priebiehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacieho zariadenia HV-2 v rokoch 2022 a 2023 sú znázornené na obr. 4.9.7.



Obr. 4.9.8. Vývoj výdatnosti na odvodňovacom vrte HV-2 na zosuvnej lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2014 až 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

Zo štatistického spracovania vyplýva, že na odvodňovacích vrtoch HV-1, 3 a 4 prevládajú výdatnosti blízke nule. Vrty sú počas väčšiny termínov merania suché, prípadne je na nich zaznamenané len kvapkanie. Jediné zariadenie, ktoré dlhodobo účinne odvádza podzemnú vodu, je spomenutý vrt HV-2. V tomto vrte prevládajú prietoky v intervale $0,40$ až $0,60 \text{ l.min}^{-1}$. Počas hodnotenej dekády boli uvedené prietoky zaznamenané až v 48 prípadoch. Pomerne silné zastúpenie majú aj prietoky v intervale $0,6$ až $0,8 \text{ l.min}^{-1}$ (27 prípadov za desať rokov).

Z hodnotenia dlhodobých výsledkov merania výdatností vo vrte HV-2, ktoré sú prezentované na obr. 4.9.8, vyplýva, že zvýšené prietoky boli namerané v rokoch 2018 a 2021. Na základe hodnotenia spoločnej výdatnosti z vrto HV-2, HV-3 a HV-4 je možné konštatovať, že najvyššie hodnoty boli namerané počas marca 2017 (spoločná výdatnosť dosiahla až $3,31 \text{ l.min}^{-1}$), januára 2018 ($1,45 \text{ l.min}^{-1}$) a marca 2021 ($1,41 \text{ l.min}^{-1}$).

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Bardejov s indikatívom 49120. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2022 predstavuje 647,17 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 798,0 mm (rok 2017); priemerný mesačný úhrn 53,9 mm a maximálny mesačný úhrn 205,4 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 6. júla 2021 do 5. augusta 2021) dosiahol 249,7 mm.

V roku 2023 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 829,7mm, čo zodpovedá 128,2 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júna (121,8 mm) a najvyšší denný úhrn 23. júna (75,5 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 34,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 17. júna do 17. júla (137,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 21. februára do 23. marca), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 17,3 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 9 dní (od 6. do 14. júna) s úhrnom 31,7 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V katastri obce Bardejovská Zábava boli v zosuvnom území v roku 2023 zabezpečené inklinometrické merania (v jednom vrte) a zároveň bol sledovaný režim hĺbky hladiny podzemnej vody v dvoch piezometrických vrtoch a výdatnosť štyroch odvodňovacích zariadení.

Z výsledkov inklinometrických meraní, realizovaných vo vrte BIJ-1 vyplýva, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k poklesu pohybovej aktivity. Hodnoty namerané v sledovaných horizontoch len ojedinele prekročili 1 mm (v hĺbke 2,11 m pod terénom bol zaznamenaný vektor 1,20 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 2,57 mm.rok⁻¹). V sledovaných hlbších horizontoch nepresiahli namerané deformácie 0,3 mm. Na hlavnej šmykovej ploche v hĺbke 5,61 m pod terénom bola nameraná deformácia 0,3 mm, čo predstavuje rýchlosť 0,64 mm.rok⁻¹. Nameraný vektor mal azimut orientovaný v súlade so spádnou svahu. V ostatných sledovaných horizontoch sa azimuty nameraných vektorov pohybovali v intervale od severu – 5° až po severovýchod – 55°.

Hladiny podzemnej vody v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrne stúpili. Z prezentovaného priebehu hladiny podzemnej vody na obr. 4.9.5 vyplýva, že podzemná voda mierne kolísala. Maximálne hladiny boli dosiahnuté v jarnom období. Naopak, minimálne hladiny boli v oboch vrtoch namerané 27. júla. Z dlhodobého hľadiska je významný zostup hladiny podzemnej vody vo vrte BHJ-3. Počas jej minimálnej ročnej úrovne, podzemná voda klesla do blízkosti dlhodobého minimálneho stavu (odvodeného počas referenčného obdobia). Kolísanie hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch bolo nevýrazné (do 0,83 m).

Na základe výsledkov monitorovania odvodňovacích vrtov možno konštatovať, že efektívne odvodňovanie zosuvného územia je zabezpečované len subhorizontálnym vrtom HV-2. Prietoky na odvodňovacom vrte sa v roku 2023 pohybovali v rozsahu od 0,13 do 0,70 l.min⁻¹. Priemerná výdatnosť na tomto odvodňovacom zariadení v období monitorovania dosahuje 0,48 l.min⁻¹. Vrty HV-1 a HV-3 boli počas jednotlivých kontrolných meraní prevažne suché. Na uvedených vrtoch sa podobná situácia opakuje už dlhšie obdobie a ich dlhodobá priemerná hodnota je blízka nule.

V roku 2024 plánujeme kontrolným inklinometrickým meraním overiť stabilitu zosuvného územia a zabezpečiť režimové pozorovania v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2023.

1.4.10. Lokalita Čirč

Stručná charakteristika lokality

Monitorovaný zosuv sa nachádza na ľavom brehu potoka Soliská, približne 120 m juhovýchodne od sútoku s potokom Rakovec. Monitorovacie merania sú výlučne zamerané na režimové pozorovania. Merania sa vykonávajú v dvoch piezometrických vrtoch a zároveň sa sledujú výdatnosti na troch odvodňovacích zariadeniach (obr. 4.10.1). Podrobnejšie informácie o lokalite sa nachádzajú v správe z monitorovania z roku 2013 (Ondrejka et al., 2014), ale najmä v správach z prieskumu (Šimeková et al., 2010) a sanácie (Šimeková et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

V rokoch 2022 a 2023 bola na zosuvnej lokalite pozornosť venovaná výhradne režimovým meraniam. Rozsah a frekvencia monitorovacích aktivít sú uvedené v tab. 4.10.1.

Tab. 4.10.1. *Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Čirč v rokoch 2022 a 2023.*

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	Č-1 a Č-3	10 (1. marec, 30. marec, 29. apríl, 27. máj, 30. jún, 21. júl, 23. august, 30. september, 28. október, 29. november)	10 (24. február, 31. marec, 24. apríl, 26. máj, 30. jún, 21. júl, 25. august, 29. september, 31. október, 1. december,)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	3	Spoločná výdatnosť troch odvodňovacích vrtov (VV-1, VV-2, VV-3)	10 (1. marec, 30. marec, 29. apríl, 27. máj, 30. jún, 21. júl, 23. august, 30. september, 28. október, 29. november)	10 (24. február, 31. marec, 24. apríl, 26. máj, 30. jún, 21. júl, 25. august, 29. september, 31. október, 1. december,)
Merania zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Lipany (59100); Malcov (49040)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Čirč sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sledované v dvoch vrtoch (Č-1 a Č-3 – tab. 4.10.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.10.2 a 4.10.3). V prvom vrte je monitorovaný plytší horizont podzemnej vody (cca 3,6 až 6,0 m pod terénom) a v druhom hlbší, približne na úrovni 8,0 m pod úrovňou terénu (údaj o narazenej hladine podzemnej vody počas sanácie geologického prostredia – Šimeková et al., 2012). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v monitorovaných vrtoch v rokoch 2022 a 2023 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi sú na obr. 4.10.2 a jej dlhodobé zmeny sú na obr. 4.10.3.

V roku 2022 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a celkovo bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Režimové pozorovania boli zabezpečované od 1. marca do 29. novembra. V plytšom horizonte, vo vrte Č-1, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody nameraný v hĺbke 4,49 m pod terénom (494,79 m n. m.) v termíne 30. marca. V rovnakom termíne bol maximálny stav hladiny podzemnej vody zaznamenaný aj vo vrte Č-3 (v hĺbke 9,02 m pod terénom – 495,69 m n. m.). Najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala v novembri (5,41 m pod terénom vo vrte VČ-1 a 10,79 m pod terénom vo vrte VČ-3).



Obr. 4.10.1. Lokalita Čirč – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrto); ohraničenie zosuvov podľa Šimekovej et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.10.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč v roku 2022.

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
Č-1	10	4,42	494,86	1. 3. 2022	5,41	493,87	29. 11. 2022	4,86	494,42	0,99
Č-3	10	9,02	495,69	1. 3. 2022	10,79	493,92	29. 11. 2022	10,04	493,92	1,02

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2022 hĺbku 7,45 m pod terénom, čo je oproti roku 2021 pokles o 0,58 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,86 (vrt Č-1) do 10,04 m pod terénom (vrt Č-3). V oboch vrtoch bolo pozorované malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,99 m vo vrte Č-1 a 1,02 m vo vrte Č-3). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2022 s údajmi z referenčného obdobia (od 2013 do 2019) vyplýva, že nedošlo k prekročeniu dlhodobých maximálnych alebo minimálnych hladín (obr. 4.10.2).

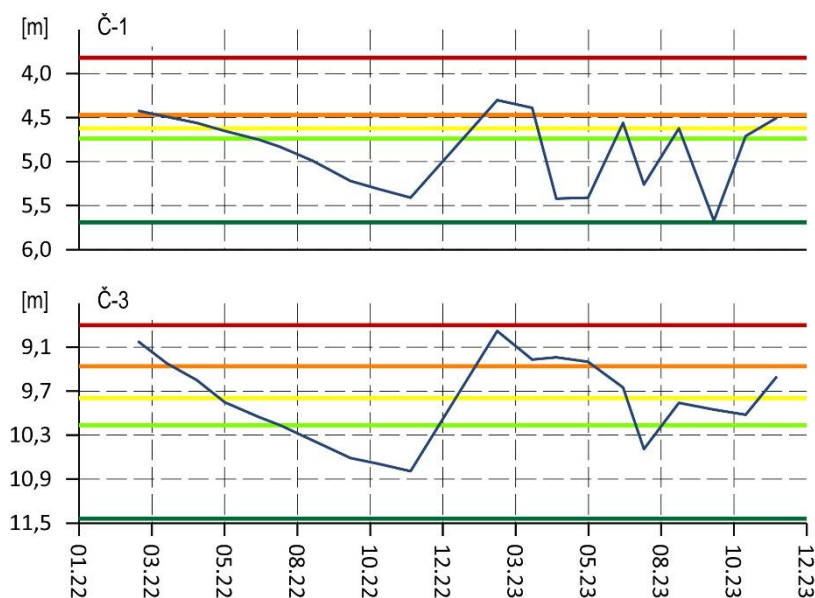
Tab. 4.10.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč v roku 2023.

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
Č-1	10	4,30	494,98	24. 2. 2023	5,67	493,61	29. 9. 2023	4,88	494,40	1,37
Č-3	10	8,88	495,83	24. 2. 2023	10,49	494,22	21. 7. 2023	9,62	495,09	1,61

V roku 2023 bolo v oboch vrtoch zabezpečených rovnako 10 kontrolných meraní. Režimové pozorovania boli zabezpečované od 24. februára do 1. decembra. V plytšom horizonte, ktorý je sledovaný vo vrte Č-1, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody nameraný v hĺbke 4,30 m pod terénom (494,98 m n. m.), teda o 0,12 m plytšie ako v predchádzajúcom roku. Vo vrte Č-3 bol maximálny stav hladiny podzemnej vody zaznamenaný v hĺbke 8,88 m pod terénom (495,83 m n. m.), čo znamená, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom stúpila zaznamenaná maximálna hladina podzemnej vody o 0,14 m. V oboch prípadoch boli maximálne stavy namerané počas prvého monitorovacieho merania –

24. február. Počas nasledujúcich meraní mali hladiny mierne zostupný trend s pomerne výrazným kolísaním, hlavne vo vrte Č-1 (časté zmeny hladiny podzemnej vody). Na konci roka došlo k opätovnému vzostupu hladiny podzemnej vody.

Najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala v letnom, resp. jesennom období. Vo vrte Č-3 hladina podzemnej vody klesla na úroveň 10,49 m pod terénom a vo vrte Č-1 na 5,67 m pod terénom.

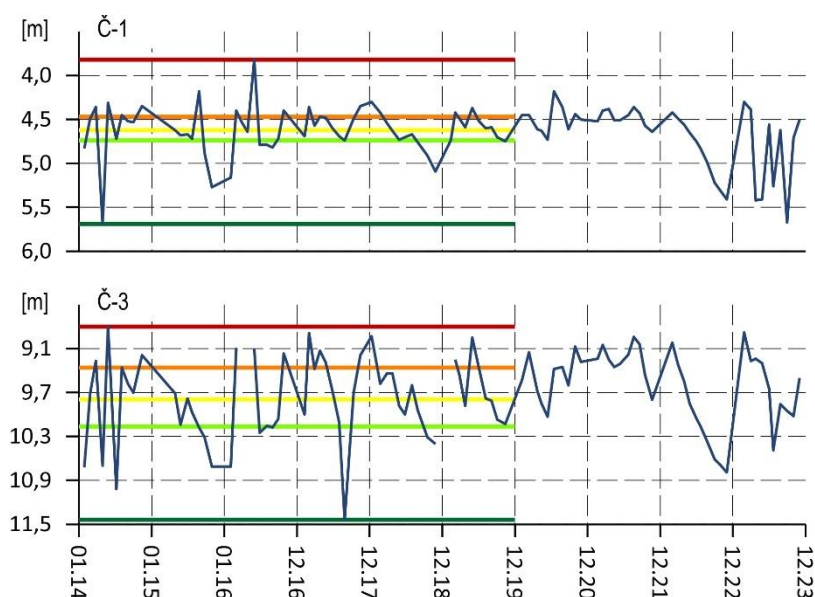


Obr. 4.10.2. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Čirč, nameranej v rokoch 2022 a 2023 vo vrtoch: Č-1 a Č-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2013 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2023 hĺbku 7,25 m pod terénom, čo je oproti roku 2022 vzostup o 0,20 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,88 (vrt Č-1) do 9,62 m pod terénom (vrt Č-3). V oboch vrtoch bolo pozorované relatívne malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,77 m). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2023 s údajmi z predchádzajúceho obdobia (od 2013 do 2019 – referenčné obdobie) vyplýva, že nedošlo k prekročeniu dlhodobých maximálnych alebo minimálnych hladín.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (2014 až 2023 – obr. 4.10.3), vzhľadom na skutočnosť, že frekvencia meraní je nízka, len 10 meraní za rok, je problematické vyhodnotiť zaznamenaný priebeh hladiny podzemnej vody. V oboch prípadoch hladiny vody vo vrtoch kolíšu pomerne výrazne, pričom nie je možné jednoznačne preukázať, či ide o zmeny súvisiace s určitými ročnými cyklami, ktoré sú spojené s klimatickými faktormi alebo dochádza k ovplyvňovaniu hladín pritekaním vody z iných zvodnených horizontov v dôsledku zlého technického stavu monitorovacieho objektu. Overenie skutočného vývoja hladiny podzemnej vody by umožnila prevádzka automatického hladinomeru s pravidelným hodinovým záznamom.

Najvyššie hladiny za hodnotenú dekádu boli namerané v rokoch 2016 (Č-1 – 3,82 m pod terénom – 495,46 m n. m.) a 2014 (Č-3 – 8,80 m pod terénom – 495,91 m n. m.). Naopak, minimálne stavy v rokoch 2014 (Č-1 – 5,69 m pod terénom – 493,59 m n. m.) a 2016 a 2019, kedy bol vrt Č-3 suchý. Desiatročný priemer hladiny vo vrte Č-1 je na úrovni 4,64 m pod terénom a vo vrte Č-3 9,71 m pod terénom.



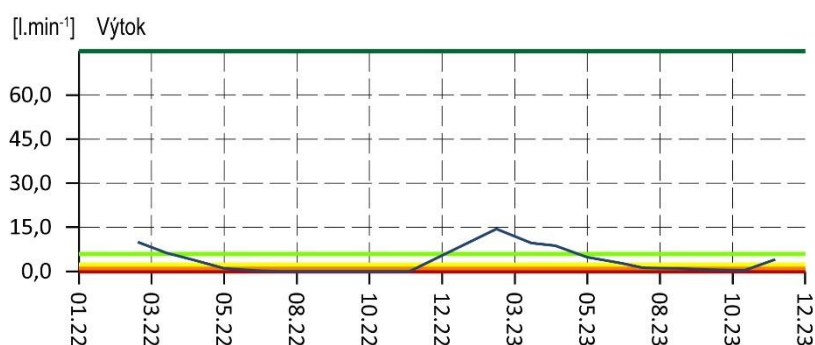
Obr. 4.10.3. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Čirč, nameranej v rokoch 2014 až 2023 vo vrtoch: Č-1 a Č-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2013 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Čirč je výdatnosť odvodňovacích vrtov pozorovaná na výtokovom potrubí, ktoré odvádza vodu z troch vrtov VV-1, 2 a 3 (tab. 4.10.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.10.4 a 4.10.5; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení, ako aj ústie potrubia je znázornené na obr. 4.10.1). Priebeh výdatnosti nameranej na ústí odvodňovacieho zariadenia v rokoch 2022 a 2023 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi je vyjadrený na obr. 4.10.4 a dlhodobé zmeny sú zobrazené na obr. 4.10.5.

Tab. 4.10.4. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2022.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
výtok	10	10,02	1. 3. 2022	0,00	23. 8. 2022	3,53	10,02



Obr. 4.10.4. Vývoj výdatnosti na spoločnom výtokovom objekte (označenom ako „výtok“) na zosuvnej lokalite Čirč v rokoch 2022 a 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtov počas referenčného obdobia: 2013 – 2019.

V roku 2022 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 28. februára do 28. novembra. Najvyššia výdatnosť (10,02 l.min⁻¹) bola nameraná 1. marca. Výdatnosť odvodňovacieho zariadenia počas roka 3-krát klesla na najnižšiu merateľnú úroveň

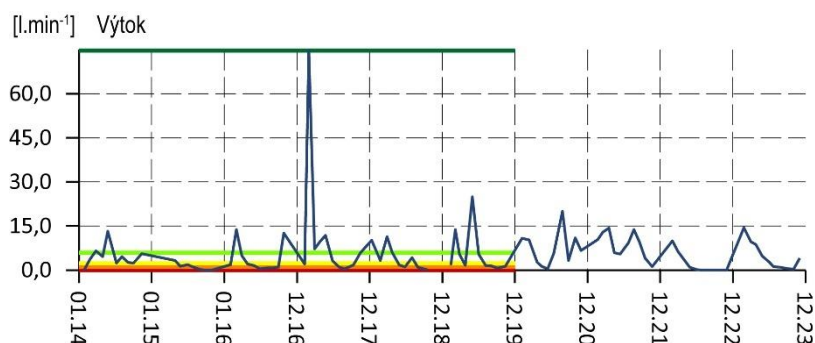
– 0,001 l.min⁻¹ (počas kontrolných meraní bolo pozorované len kvapkanie). Výdatnosti nad 1 l.min⁻¹ boli pozorované v marci, apríli a máji). Celkové kolísanie výdatnosti dosiahlo hodnotu 10,02 l.min⁻¹. Priemerná hodnota výdatnosti za rok 2022 je 3,53 l.min⁻¹, čo je o 5,18 l.min⁻¹ menej ako v predchádzajúcom roku.

Tab. 4.10.5. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2023.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
výtok	10	14,40	24. 2. 2023	0,34	31. 10. 2023	4,75	14,06

V roku 2023 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 24. februára do 1. decembra. Najvyššia výdatnosť (14,40 l.min⁻¹) bola nameraná počas prvého terénneho merania 24. februára, pravdepodobne ako reakcia na výdatnejšie zrážky z predchádzajúceho obdobia (30-denný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Lipany k 3. februáru dosiahol 81,5 mm; posledné zrážkové udalosti boli na stanici zaznamenané 23. a 24. februára, ich hodnota bola však relatívne nízka, sumárne 1,4 mm; intenzívnejšie zrážky boli pozorované v druhej polovici januára). V nasledujúcom období bol sledovaný postupný zostup prietokov na odvodňovacom zariadení. Mierne zvýšená výdatnosť bola nameraná až počas posledného merania 1. decembra – 4,08 l.min⁻¹.

Najnižšia výdatnosť, ktorá bola zaznamenaná v novembri, sa nachádzala na úrovni 0,34 l.min⁻¹. Celkové kolísanie výdatnosti tak dosiahlo hodnotu 14,06 l.min⁻¹. Priemerná hodnota výdatnosti za rok 2023 je 4,75 l.min⁻¹, čo je o 1,22 l.min⁻¹ viac ako v predchádzajúcom roku.



Obr. 4.10.5 Vývoj výdatnosti na spoločnom výtokovom objekte (označenom ako Výtok) na zosuvnej lokalite Čirč v rokoch 2014 až 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2013 – 2019.

Zo štatistickej analýzy údajov nameraných v predchádzajúcom období vyplýva, že počas monitorovaného obdobia prevládali hodnoty s prietokom 0,0 až 10 l.min⁻¹. Celkovo sa maximálne výdatnosti vyskytujú najmä počas mesiacov marec až máj. Najnižšie výdatnosti bývajú zvyčajne v letnom a jesennom období.

Pri analýze dlhšieho obdobia monitorovania výdatnosti na výtokovom objekte je pozorovateľné, že jej kolísanie je do značnej miery determinované zmenami hladiny podzemnej vody. Maximálne výdatnosti sú spojené so zimným, prípadne jarným obdobím. Priebeh množstva odvádzanej vody z odvodňovacieho zariadenia v dlhšom časovom horizonte je znázornený na obr. 4.10.5.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Lipany s indikatívom 59100 a Malcov s indikatívom 49040. Informácia o zrážkových úhrnoch na stanici Lipany je uvedená v podkapitole 1.4.8 (lokalita Ďačov).

Na stanici Malcov dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2022, dosiahol 692,24 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 889,90 mm (rok 2021); priemerný mesačný úhrn 58,1 mm a maximálny mesačný úhrn 233,3 mm (august 2021). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 28. júna 2021 do 28. júla 2021) dosiahol 247,8 mm.

V roku 2023 bol nameraný zrážkový úhrn 711,3 mm, čo zodpovedá 102,75 % dlhodobého priemeru, a ide normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júna (113,4 mm) a najvyšší denný úhrn 28. júna (28,5 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 32,5 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 4. júna do 4. júla (113,8 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 21. februára do 23. marca), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 14,6 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 8 dní (od 15. do 22. januára) s úhrnom 53,5 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Čirč sú už dlhodobo monitorovacie aktivity zamerané na sledovanie najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Zároveň je sledovaná i výdatnosť odvodňovacieho zariadenia – spoločná výdatnosť subhorizontálnych odvodňovacích vrtov VV-1 až VV-3. Analyzované sú tiež údaje o zrážkových úhrnoch zo staníc Lipany a Malcov.

Na základe spracovania výsledkov monitorovania je možné konštatovať, že počas roku 2023, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, došlo k miernemu vzostupu priemernej úrovne hladiny podzemnej vody (o 0,20 m). V prípade výdatností výtokového objektu, odvádzajúceho vodu z hĺbkového odvodnenia došlo k nárastu priemernej hodnoty o $1,22 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Predpokladáme, že na vzostupe priemernej hladiny podzemnej vody, ale aj sumárnej výdatnosti odvodňovacích zariadení sa prejavil rozdiel v zrážkových úhrnoch medzi rokmi 2022 a 2023. Rok 2022 skončil s výrazným zrážkovým deficitom (na stanici SHMÚ Lipany bol totiž nameraný zrážkový úhrn len 430,3 mm, čo predstavuje 60,09 % dlhodobého priemeru) a aktuálne hodnotený rok 2023 mal výrazne nadpriemerný zrážkový úhrn 791,0 mm (čo predstavuje 125,57 % dlhodobého priemeru).

V súvislosti s prezentovanými informáciami je potrebné zároveň zdôrazniť, že monitorované parametre sa sledujú s nízkou frekvenciou, čo znemožňuje vykonať podrobnejšiu analýzu medzi klimatickými faktormi a režimovými ukazovateľmi. Do budúcnosti považujeme za dôležité zvýšiť frekvenciu monitorovacích meraní, ideálne inštaláciou automatických zariadení a zároveň, zabezpečiť sledovanie pohybovej aktivity prostredníctvom metódy presnej inklinometrie, prípadne technológie InSAR.

V roku 2024 plánujeme na zosuvnej lokalite pokračovať v monitorovacích meraniach v nezmenenom rozsahu a frekvencii ako v predchádzajúcom roku 2023.

1.4.11. Lokalita Vyšný Čaj

Stručná charakteristika lokality

V obci, ktorá prakticky celá leží na viacerých potenciálnych svahových poruchách staršieho veku, sa v roku 2010 aktivizovali štyri zosuvy. Tri menšie zosuvy sa nachádzali v okrajových častiach katastra mimo obývaného územia. Najväčší a najvážnejší zosuv sa aktivizoval v severozápadnej časti intravilánu obce. Zosuv ohrozuje miestnu infraštruktúru, cintorín a časť zástavby. Rozmery zosuvu sú 390 m (dĺžka) krát 400 m (šírka).

Monitorovacie merania sa vykonávajú na sieti inklinometrických a piezometrických vrtov. Zároveň sa sledujú aj výdatnosti subhorizontálnych odvodňovacích vrtov. Podrobnejšie informácie o monitorovanej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Grman et al., 2010), ako aj z monitorovania za rok 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2022 a 2023, sú zhrnuté v tab. 4.11.1.

Tab. 4.11.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2022 a 2023.

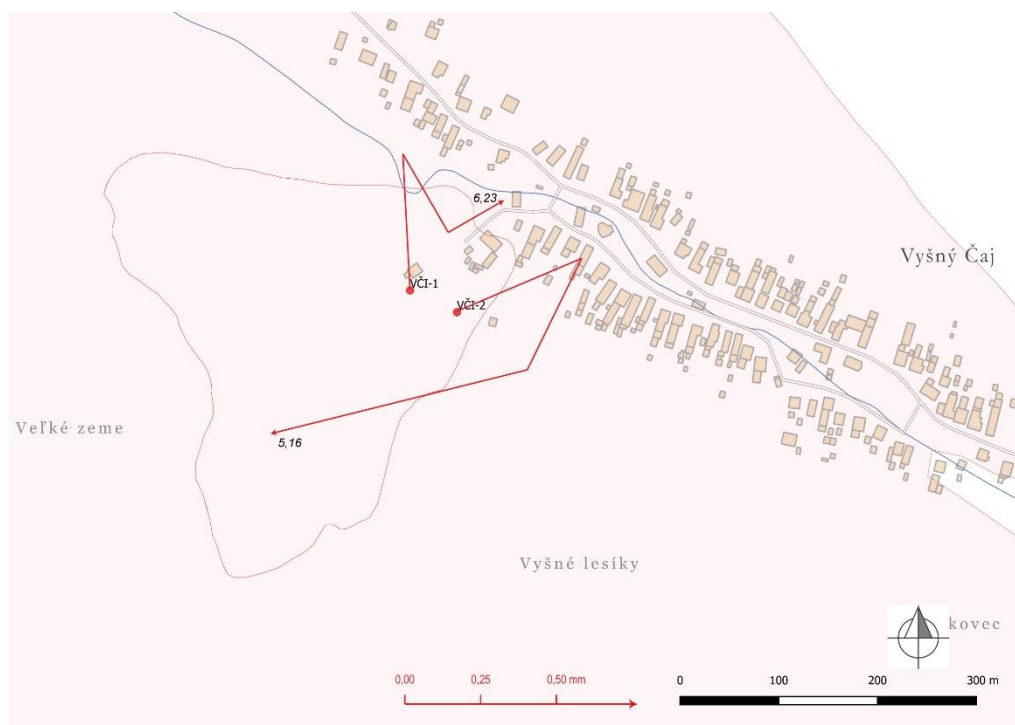
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Inklinometrické	2	VČI-1, VČI-2	2 (11. máj, 11. november)	1 (4. máj)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	VČHG-2, VČHG-3	10 (28. február, 29. marec, 28. apríl, 31. máj, 27. jún, 19. júl, 22. august, 29. september, 27. október, 28. november)	10 (23. február, 29. marec, 21. apríl, 29. máj, 29. jún, 20. júl, 23. august, 28. september, 2. november, 12. december)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	2	VČSHV-1, VČSHV-2	10 (28. február, 29. marec, 28. apríl, 31. máj, 27. jún, 19. júl, 22. august, 29. september, 27. október, 28. november)	10 (23. február, 29. marec, 21. apríl, 29. máj, 29. jún, 20. júl, 23. august, 28. september, 2. november, 12. december)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Vyšný Čaj (indikatív 60100)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

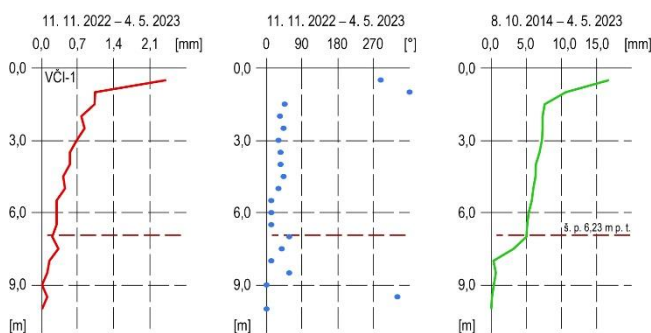
a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa realizujú v dvoch vrtoch (VČI-1 a VČI-2; obr. 4.11.1), ktoré sú situované neďaleko miestneho cintorína. Namerané hodnoty z kontrolných etapových meraní z rokov 2022 a 2023 sú zhrnuté v tab. 4.11.2 a prezentované na obr. 4.11.1 až 4.11.3. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.11.4 a 4.11.5. Inklinometrické merania sú počas obdobia realizácie rozdelené do dvoch samostatných meracích epoch. Rozdelenie si vynútila zmena meracej sondy. Prvá meracia epocha trvala od 5. decembra 2011 do 7. októbra 2014 a druhá epocha začala 7. októbra 2014. Uvedené skutočnosti majú vplyv na hodnotenie celkovej deformácie nameranej za monitorované obdobie.

Z vývoja analyzovaných parametrov na obr. 4.11.2 a 4.11.3 predpokladáme, že vo vrte VČI-1 sa šmyková plocha nachádza v hĺbke približne 6,23 m pod terénom, vo vrte VČI-2 je šmyková plocha o niečo plytšie, a to približne v hĺbke 5,16 m pod terénom.



Obr. 4.11.1. Lokalita Vyšný Čaj – vektory deformácií namerané v rokoch 2022 a 2023 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.11.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); ohraňovanie zosuvu podľa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.11.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte VČI-1 na lokalite Vyšný Čaj. Červená línia – etapové deformácie inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania, hnedá prerušovaná línia – orientačná hĺbka šmykovej plochy (š. p.; informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi).

V roku 2022, podobne ako v predchádzajúcom roku, boli zabezpečené 2 etapy kontrolných meraní (máj a november). Na základe nameraných výsledkov je možné konštatovať, že počas oboch kontrolných meraní boli namerané veľmi príbuzné hodnoty etapových prírastkov pohybovej aktivity v oboch monitorovaných vrtoch. Počas jarného merania dosiahol etapový vektor na sledovaných šmykových plochách hodnotu 0,45 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $1,01 \text{ mm.rok}^{-1}$. Následné jesenné meranie poukázalo na mierny pokles pohybovej aktivity (0,3 mm, resp. $0,59 \text{ mm.rok}^{-1}$ vo vrte VČI-1 a 0,41 mm, resp. $0,82 \text{ mm.rok}^{-1}$ vo vrte VČI-2).

V aktuálne hodnotenom roku 2023 bol vo vrte VČI-1 počas kontrolnej etapy, na sledovanej šmykovej ploche v hĺbke 6,23 m pod terénom, nameraný prírastok deformácie s hodnotou 0,2 mm. Priemerná rýchlosť deformácie dosiahla $0,42 \text{ mm.rok}^{-1}$. Azimut nameraného vektora má hodnotu 60° , teda s orientáciou na severovýchod, v smere predpokladaného svahového pohybu.

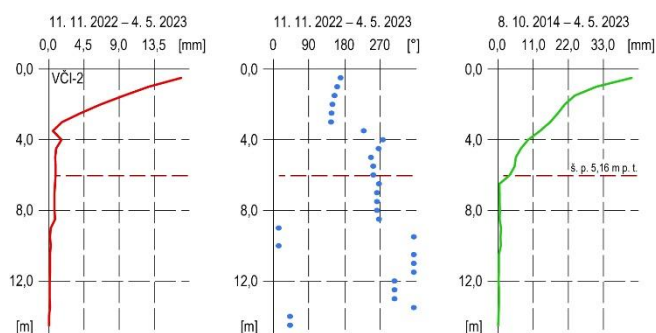
Tab. 4.11.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2022 a 2023.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	30. 11. 2021 – 11. 5. 2022			11. 5. 2022 – 11. 11. 2022			11. 11. 2022 – 4. 5. 2023		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
VČI-1	6,23	4,72	0,45	357	4,70	0,30	150	4,90	0,20	60
VČI-2	5,16	4,81	0,45	67	4,44	0,41	206	3,65	0,86	256

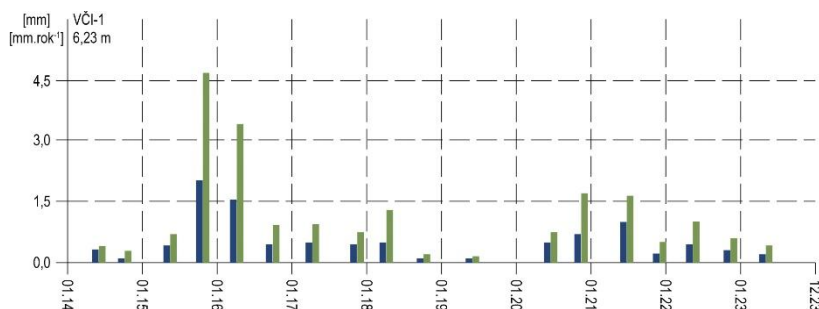
CD – celková deformácia od nultého merania druhej epochy (8. 10. 2014); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

Vo vrte VČI-2 v hĺbke 5,16 m pod terénom bola počas mája 2023 nameraná deformácia 0,86 mm. Nameraná deformácia charakterizuje pohybovú aktivitu za obdobie od 11. novembra 2022, čo predstavuje priemernú rýchlosť $1,81 \text{ mm.rok}^{-1}$. Azimut nameraného etapového vektora mal západný až juhozápadný smer (256°).

Na základe výsledkov vykonanej kontrolnej etapy inklinometrických meraní je možné konštatovať, že zosuvné územie v oblasti monitorovacích vrtov je relatívne stabilné.



Obr. 4.11.3. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte VČI-2 na lokalite Vyšný Čaj. Červená línia – etapové deformácie inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania, hnedá prerušovaná línia – orientačná hĺbka šmykovej plochy (š. p.; informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi).

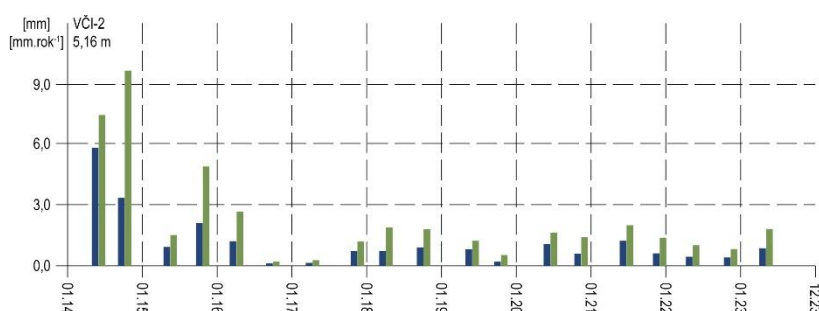


Obr. 4.11.4. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšný Čaj vo vrte VČI-1 v období rokov 2014 až 2023; modrá – etapové deformácie a zelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

Vývoj deformácie na sledovanej šmykovej ploche vo vrte VČI-1, prezentovanej na obr. 4.11.4, naznačuje, že najvyššia etapová deformácia inklinometrickej pažnice bola nameraná roku 2015 ($2,02 \text{ mm}$; $4,68 \text{ mm.rok}^{-1}$) a o niečo nižšia v roku 2016 ($1,56 \text{ mm}$; $3,42 \text{ mm.rok}^{-1}$). Výsledné vektory namerané počas oboch epoch monitorovaného obdobia majú severovýchodný až východný azimut. Pomer medzi dĺžkou trajektórie nameraných etapových

deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu v hĺbke šmykovej plochy sa počas prvej epochy pohyboval na úrovni 90,7 %. V druhej epoche táto hodnota klesla na úroveň 50,75 %. Celková deformácia inklinometrickej pažnice (v hĺbke šmykovej plochy) počas prvej epochy dosiahla 3,45 mm a počas druhej epochy 4,9 mm. Priemerné rýchlosti deformácie sa pohybujú na úrovni 1,21 mm.rok⁻¹ (prvá epocha) a 0,57 mm.rok⁻¹ (druhá epocha).

Z hodnotenia výsledkov inklinometrických meraní za posledných 10 rokov vo vrte VČI-2 (obr. 4.11.5) vyplýva, že najvyššie deformácie boli namerané počas kontrolných meraní v roku 2014 (5,85 mm; 7,76 mm.rok⁻¹). Azimuty výsledných vektorov, nameraných počas jednotlivých epoch monitorovaného obdobia, sa výrazne odlišujú. Kým počas prvej epochy výsledný vektor smeroval na juho-juhozápad, počas druhej epochy má jeho azimut severovýchodný smer. Pomery medzi trajektóriami etapových deformácií a výslednými premiestneniami sledovaných bodov počas jednotlivých monitorovacích epoch dosiahli: prvá epocha – 37,8 % a druhá epocha – 27,9 %. Priemerné rýchlosti deformácie sa pohybujú na úrovni 2,68 mm.rok⁻¹ (prvá epocha) a 0,43 mm.rok⁻¹ (druhá epocha).



Obr. 4.11.5. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšný Čaj vo vrte VČI-2 v období rokov 2014 až 2023; modrá – etapové deformácie a zelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

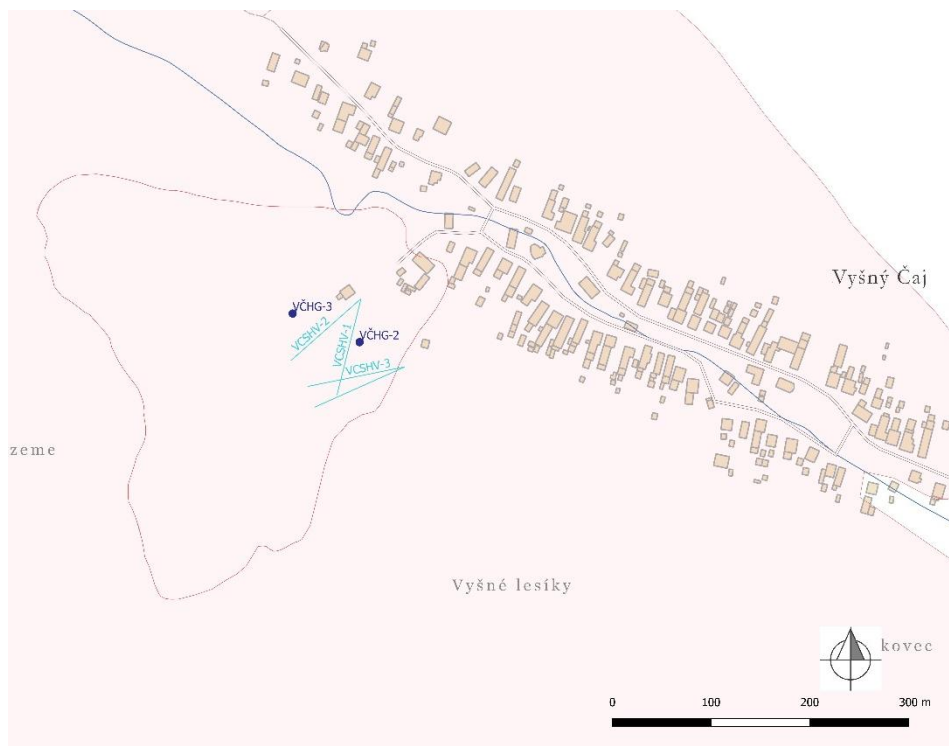
b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Vyšný Čaj sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované vo vrtoch VČHG-2 a VČH-3, ktorý je pomerne často suchý (tab. 4.11.1.; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.11.3 a 4.11.4; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.11.6). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v období rokov 2022 a 2023, sú spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, znázornené na obr. 4.11.7. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody za obdobie rokov 2014 až 2023 je znázornený na obr. 4.11.8.

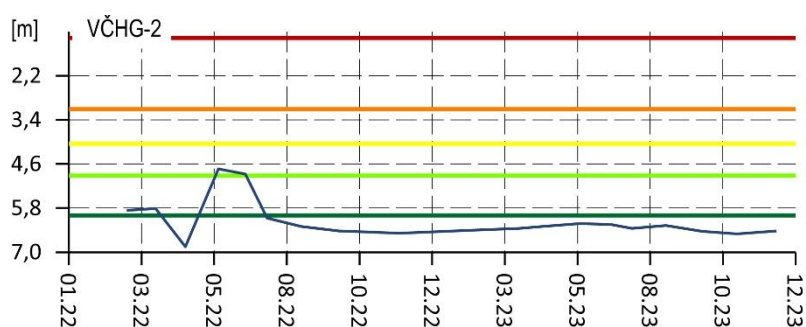
Tab. 4.11.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2022.

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
VČHG-2	10	4,73	249,96	31. 5. 2022	6,85	247,84	28. 4. 2021	5,98	248,71	2,12
VČHG-3	10	4,53	250,81	28. 4. 2022	suchý					

V roku 2022 boli merania vykonávané od 28. februára do 28. decembra, pričom bolo zabezpečených rovnako, ako v predchádzajúcich rokoch, 10 kontrolných etáp. Vrt VČH-3 bol prakticky počas všetkých meraní suchý (hladina bola zaznamenaná len 28. apríla). Maximálna hladina podzemnej vody bola vo vrte VČHG-2 zaznamenaná v hĺbke 4,73 m pod terénom (249,96 m n. m.) v jarnom období (31. máj). Od tohto termínu hladina podzemnej vody postupne klesala až do konca novembra, kedy bolo zrealizované posledné etapové meranie. Minimálny stav bol však zaznamenaný v apríli na úrovni 6,85 m pod terénom, čo je najnižšia nameraná hladina za celé obdobie monitorovania. Priemerná hladina podzemnej vody vo vrte VČHG-2 dosiahla 5,98 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom malý rozdiel, a to pokles o 0,26 m. V roku 2022 bolo kolísanie hladiny podzemnej vody 2,12 m.



Obr. 4.11.6. Lokalita Vyšný Čaj – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrtý, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.11.7. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Vyšný Čaj, nameranej v rokoch 2022 a 2023 vo vrte VČHG-2, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Tab. 4.11.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2023.

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
VČHG-2	10	6,22	248,47	29. 5. 2023	6,50	248,19	2. 11. 2023	6,35	248,34	0,28
VČHG-3	10	suchý								

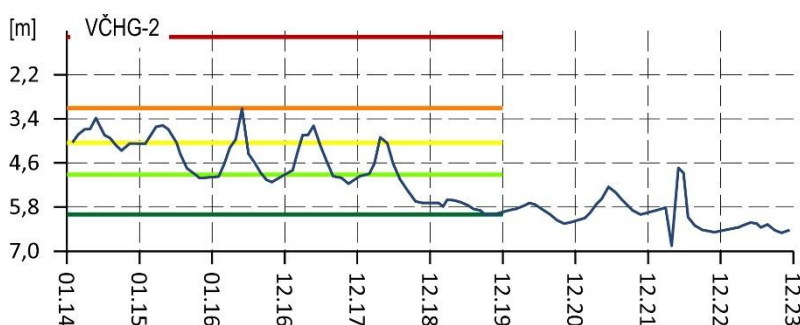
V roku 2023, podobne ako po minulé roky boli zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sledované len vo vrte VČHG-2, vrt VČHG-3 bol počas všetkých meraní suchý. Zabezpečených, rovnako ako vlani, bolo 10 kontrolných meraní, ktoré sa vykonávali od 23. februára do 12. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody vo vrte VČHG-2 bola nameraná v hĺbke 6,22 m pod terénom (248,47 m n. m) a to 29. mája. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k poklesu maximálnej hladiny o 1,49 m. Hladina mala počas roka mimoriadne ustálený charakter s minimálnym kolísaním (0,28 m). Minimálna hladina bola nameraná počas

novembrového kontrolného merania na úrovni 6,5 m pod terénom. V porovnaní s rokom 2022 došlo v prípade minimálnej hodnoty k nárastu o 0,35 m.

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody vo vrte VČHG-2 dosiahla hĺbku 6,35 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,37 m.

Vo vrte VČHG-3, ktorý bol v hodnotenom roku suchý, bola hladina podzemnej vody nameraná naposledy 28. apríla 2022. Od tohto obdobia bol suchý 17 etapových meraní po sebe.

Z dlhodobého vývoja nameraných hĺbok hladiny podzemnej vody vo vrte VČHG-2, prezentovanom na obr. 4.11.8, vyplýva trend pomalého postupného poklesu hladiny podzemnej vody (vo vrte VČHG-3 došlo v spojitosti s uvedeným trendom k poklesu hladiny podzemnej vody pod úroveň dna vrtu). Zároveň treba poznamenať, že na začiatku monitorovaného obdobia sa hladiny podzemnej vody v oboch vrtoch nachádzali približne v rovnakej hĺbke. K diferenciácii hĺbok došlo až neskôr, čo môže súvisieť s vybudovaným hĺbkovým odvodnením. V obidvoch prípadoch však možno sledovať podobný vývoj. Maximálny stav vo vrte VČHG-2 bol nameraný 31. mája 2016 (3,12 m pod terénom, čo predstavuje nadmorskú výšku 251,57 m n. m.). V rovnakom roku bola maximálna hladina zaznamenaná aj vo vrte VČHG-3 (1. marca – 1,76 m pod terénom; 253,58 m n. m.). Vo vrte VČHG-2 boli v rokoch 2019, 2020 a 2021 namerané hladiny podzemnej vody pomerne hlboko pod terénom a v roku 2022 klesla na historické minimum. Vrt VČHG-3 je v posledných rokoch pomerne často bez vody. Uvedený stav považujeme z hľadiska stabilitných pomerov za priaznivý.



Obr. 4.11.8. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Vyšný Čaj, nameranej v rokoch 2014 až 2023 vo vrtoch: VČHG-2 a VČHG-3, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Vyšný Čaj sú merania realizované na dvoch odvodňovacích zariadeniach – VČSHV-1 a VČSHV-2 (tab. 4.11.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.11.5 a 4.11.6).

Tab. 4.11.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2022

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
VČSHV-1	10	Zariadenie bolo prevažnú časť monitorovaného obdobia zaliate vodou alebo suché; dňa 27. júna 2022 bola nameraná výdatnosť 0,05 l.min ⁻¹					
VČSHV-2	10	0.36	27. 6. 2022	0.15	28. 11. 2022	0.25	0.21

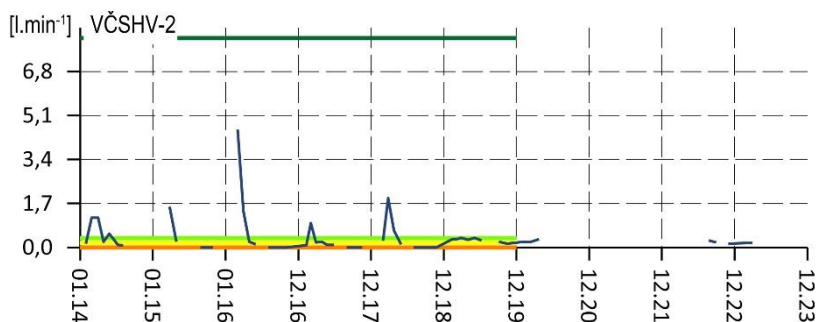
V roku 2022 sa merania vykonávali v období od 28. februára do 11. novembra. Počas jednotlivých meraní boli na odvodňovacích vrtoch namerané len veľmi nízke hodnoty prietokov alebo naopak, vrty v zbernej šachte boli zaliate vodou a nebolo ich možné merať. Napríklad, z nameraných výsledkov je možné konštatovať, že vrt VČSHV-1 bol pri šiestich kontrolných etapách zaliaty vodou, v troch prípadoch suchý a 1-krát bola nameraná výdatnosť na minimálnej merateľnej úrovni – 0,002 l.min⁻¹ (kvapkanie; hodnota bola odvodená na základe

nameraného počtu kvapiek). O niečo lepšia situácia je v prípade vrtu VČSHV-2, ktorý bol značnú čas monitorovaného obdobia, podobne ako vrt VČSHV-1, zaliaty vodou, ale od júna do novembra bolo možné sledovať prietoky v intervale od 0,15 do 0,36 l.min⁻¹. Priemerná hodnota z merateľných výdatností dosahuje 0,25 l.min⁻¹.

Tab. 4.11.6. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2023

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
VČSHV-1	10	Zariadenie bolo prevažnú časť monitorovaného obdobia zaliate vodou alebo suché					
VČSHV-2	10	Zariadenie bolo prevažnú časť monitorovaného obdobia zaliate vodou, len počas februára a marca bola nameraná výdatnosť 0,18 l.min ⁻¹					

V roku 2023, podobne ako po predchádzajúce roky, bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, a to v období od 23. februára do 12. decembra. Z výsledkov terénnych pozorovaní je však možné konštatovať, že oba sledované vrty boli počas väčšiny kontrolných meraní zaliaty vodou, ktorá zo zbernej šachty neodteká dostatočne. V čase keď sa v kontrolnej šachte nenachádzala voda, resp. ústia odvodňovacích vrtov boli nad jej hladinou, bol vrt VČSHV-1 suchý (23. február a 29. marec). Vo vrte VČSHV-2 bolo možné prietok pozorovať v rovnakých termínoch, a to na úrovni 0,18 l.min⁻¹.



Obr. 4.11.9 Vývoj výdatnosti na odvodňovacom vrte VČSHV-2 na zosuvnej lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2014 až 2023, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtov počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

V zosuvnom území boli do roku 2018 sledované všetky 4 odvodňovacie vrty. Vzhľadom na veľmi nízke hodnoty výdatnosti bola v nasledujúcom období pozornosť sústredená len na vrty VČSHV-1 a VČSHV-2. Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia od roku 2014 do roku 2023 bola maximálna spoločná výdatnosť z jednotlivých vrtov nameraná v roku 2017 (6,49 l.min⁻¹ – 3. marec). Na uvedenom odtoku drénovanej vody sa najvýraznejšie prejavil vrt VČSHV-1 s výdatnosťou 5,55 l.min⁻¹. O niečo nižšie hodnoty boli zaznamenané aj v rokoch 2016 (5,32 l.min⁻¹ – 2. marec a 3,49 l.min⁻¹ – 30. marec) a 2014 (3,0 l.min⁻¹ – 27. február). Ako však už bolo spomenuté, vážnym problémom je nedostatočne dimenzované potrubie, ktorého úlohou je odvádzanie vôd zo zbernej šachty. Tento nedostatok sa prejavuje kumuláciou vody v zbernej šachte, čím sa znižuje účinnosť odvodňovacích vrtov.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice Vyšný Čaj s indikativom 60100.

Na stanici Vyšný Čaj dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2022, dosiahol 607,95 mm; maximálny ročný úhrn 699,2 mm (rok 2019); priemerný mesačný úhrn 50,7 mm a maximálny mesačný úhrn 189,3 mm (júl

2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 22. júna do 22. júla 2011) dosiahol 203,2 mm.

V roku 2023 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 778,9 mm, čo zodpovedá 128,12 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas novembra (102,9 mm) a najvyšší denný úhrn 3. augusta (27,7 mm). Najsuchším mesiacom bol február s 8,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. októbra do 17. novembra a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 3. februára do 5. marca) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 5,5 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 8 dní (od 10. do 17. novembra) s úhrnom 40,0 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Vyšný Čaj sú monitorovacie aktivity zabezpečované formou inklinometrických a režimových meraní v blízkosti miestneho cintorína. Zároveň je sledovaná i efektívnosť vybudovaného sanačného opatrenia – hĺbkového odvodnenia.

Pri hodnotení spracovaných výsledkov inklinometrických meraní z roku 2023 je možné konštatovať, že pohybová aktivita v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierne klesla vo vrte VČI-1 a naopak, mierne stúpila vo vrte VČI-2. Namerané vektory v sledovaných hĺbkach sa počas jednotlivých kontrolných etáp pohybovali v intervale od 0,2 do 0,86 mm. Vektor nameraný vo vrte VČI-1 bol orientovaný v smere spádnicovej svahu a vektor vo vrte VČI-2 na juhozápad. Celkovo, na základe nameraných výsledkov inklinometrických meraní je možné konštatovať, že v zosuvnom území v období od 11. novembra 2022 do 4. mája 2023 prevládali relatívne priaznivé stabilitné pomery.

Pri hodnotení účinnosti hĺbkového odvodnenia, ktoré výraznou mierou ovplyvňuje stabilitu zosuvného územia, opakovane upozorňujeme, že vďaka nevhodne dimenzovanému potrubiu, ktoré odvádza vodu do recipienta, dochádza k jej kumulácii v zbernej šachte, a tým pádom i k strate účinnosti tohto sanačného opatrenia. V roku 2023 nebolo možné zabezpečiť hodnotenie efektívnosti odvodnenia z vrtu VČSHV-1. Zariadenie bolo značnú časť monitorovaného obdobia zaliate vodou (počas dvoch meraní bol odvodňovací vrt suchý). Vrt VČSHV-2 odvádzal podzemnú vodu len počas dvoch kontrolných meraní – 0,18 l.min⁻¹.

Ďalším nedostatkom, ktorý však súvisí so samotným monitorovaním, je nízka frekvencia režimových pozorovaní. Riešením súčasnej situácie je inštalácia automatických hladinomerov a prietokomerov. Aktuálne, podobne ako po minulé roky, bolo realizovaných 10 kontrolných etáp meraní hladiny podzemnej vody. Z výsledkov zaznamenaných za rok 2023, ale hlavne za dlhšie časové obdobie, vyplýva, že hladina podzemnej vody v území postupne klesá. Príkladom je najmä vrt VČHG-3, ktorý je bez vody od apríla 2022. V roku 2023 bol vo vrte VČHG-2 pozorovaný medziročný pokles (o 0,35 m).

V roku 2024 je plánované pokračovať v monitorovacích meraniach. Rozsah a frekvencia režimových pozorovaní a inklinometrických meraní bude zhodná s rokom 2023.

1.4.12. Lokalita Šenkvice

Stručná charakteristika lokality

Zosuv sa nachádza na severovýchodnom svahu na pravom brehu Stoličného potoka v miestnej časti Malé Šenkvice a postihuje značnú časť Ružovej ulice. Monitorovacie aktivity sú sústredené do najviac ohrozenej časti, kde zosuv priamo ohrozuje viaceré rodinné domy. Monitorovacie merania sú od roku 2016 výhradne založené na kontinuálnom sledovaní hladiny podzemnej vody v troch piezometrických vrtoch. Podrobnejšie informácie o monitorovanej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Žabková et al., 2010), ako aj z monitorovania za rok 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2022 a 2023, sú zhrnuté v tab. 4.12.1.

Tab. 4.12.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Šenkvice v rokoch 2022 a 2023.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	PVZS-1, PVZS-2, PVZS-3 – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Modra (indikatív 18060)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami

Od roku 2012 sa hladiny podzemnej vody monitorujú v troch vrtoch s automatickými hladinomerami. Vrt PVZS-1 sa nachádza v južnej časti zosuvného územia nad odľučnou oblasťou svahovej poruchy. Vrty PVZS-2 a 3 sa nachádzajú v prechodovej časti zosuvu, pričom umožňujú sledovať zmeny hladiny podzemnej vody v dvoch odlišných zvodnených horizontoch. Vrt PVZS-2 zaznamenáva zmeny hladiny podzemnej vody v plytšom a vrt PVZS-3 v hlbšom zvodnenom horizonte (lokalizácia vrtov je na obr. 4.12.1). Počas hodnotených rokov 2022 a 2023 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke.

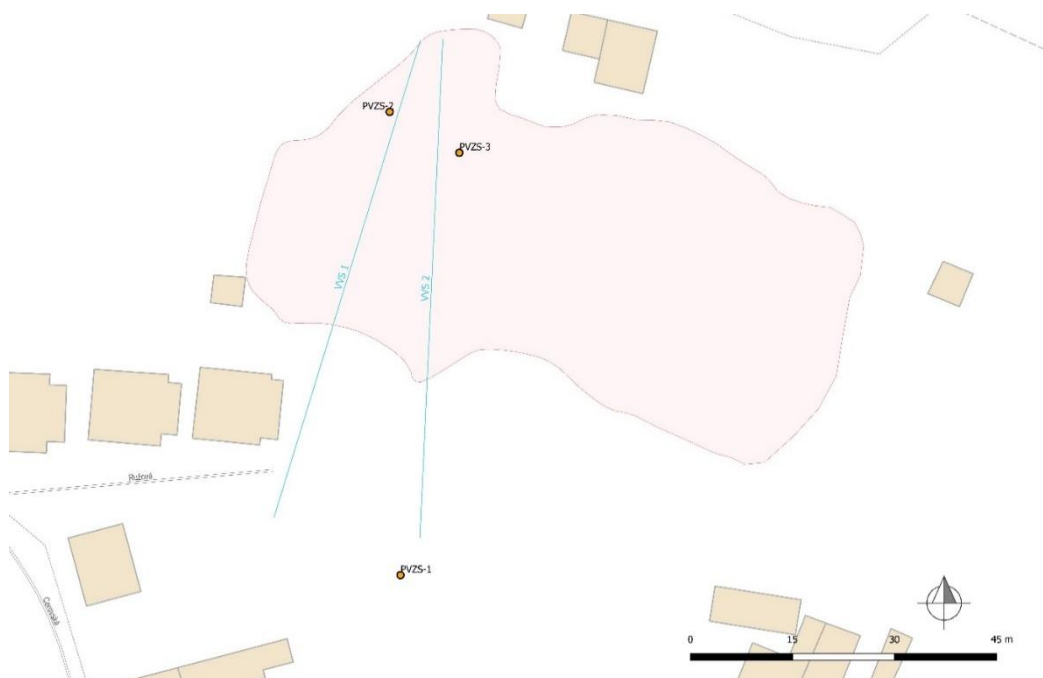
Z hľadiska validácie výsledkov monitorovacích meraní automatickými hladinomerami sú v pravidelných intervaloch realizované kontrolné merania hĺbky hladiny podzemnej vody v monitorovacích vrtoch. Meraním zo dňa 1. marca 2023 bola vo vrtoch PVZS-2 a PVZS-3 detegovaná pomerne výrazná chyba. Kontrolné meranie poukázalo na skutočnosť, že hĺbka hladiny podzemnej vody, ktorú zaznamenávajú automatické hladinomery je v porovnaní s výsledkami priamych meraní nesprávna. Nameraná odchýlka vznikla počas prevádzky automatických hladinomerov. Faktorov, ktoré sa mohli podpísať pod vznik diferencie je viacero. Predpokladáme však, že nesprávne hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody súvisia s deformáciou vystrojenia vrtu – vnútornej plastovej pažnice, ktorá je dôsledkom svahového pohybu zosuvného telesa. Sondy hladinomerov, ktoré sú umiestnené vo vrte pod hladinou podzemnej vody, v dôsledku svahového pohybu, boli svahovým pohybom postupne „vyťahované“ z pôvodnej hĺbky inštalácie. Uvedená skutočnosť sa prejavovala ako zostup hladiny podzemnej vody (pokles výšky vodného stĺpca nad meracou sondou). Samostatný okruh problémov môže súvisieť so zablokovaním kapiláry pre kompenzáciu tlaku vzduchu. Absencia tejto fyzikálnej veličiny spôsobuje pri hysteréznej krivke určitý odklon, čo sa

postupom času prejavuje vznikom odchýlky od skutočnej hladiny podzemnej vody. V prípade úplného ustrihnutia vrtov sa mohol v danom prostredí vytvoriť samostatný zvodnený horizont, ktorý priamo nekomunikuje s meracou sondou umiestnenou v nižšej časti vrtu. Pri kontrolnom meraní hĺbky vrtu sme sa dostali len po šmykovú plochu, ktorá vo vrte PZSV-2 dosahuje hĺbku 5,40 m pod terénom a vo vrte PZSV-3 5,13 m pod terénom.

Z uvedených dôvodov sa v nasledujúcej časti prioritne venujeme údajom, ktoré boli namerané vrtom PZSV-1. Zároveň v tabuľkovej forme sú prezentované výsledky meraní vo vrtoch PZSV-2 a PZSV-3 za obdobie od 2. marca (kedy bola vykonaná kompenzácia hĺbky hladiny podzemnej vody v automatických hladinomeroch) do konca roku 2023.

Tab. 4.12.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Šenkvice v roku 2022.

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PVZS-1	8760	11,06	154,09	4. 1. 2022	11,88	153,27	26. 10. 2022	11,51	153,64	0,82



Obr. 4.12.1. Lokalita Šenkvice – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrt s automatickými hladinomerami, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2022 bola vo vrte PVZS-1 nameraná maximálna hladina podzemnej vody 4. januára v hĺbke 11,06 m pod terénom (154,09 m n. m.). Počas celého roka mala hladina podzemnej vody mierne zostupný charakter, čo korešponduje s dlhodobým trendom, ktorý, vďaka vybudovaniu spomenutého drenážno-stabilizačného rebra, je príznačný pre danú oblasť. Minimálny stav bol nameraný 26. októbra s hĺbkou 11,88 m (153,27 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2022 dosiahla 10,51 m pod terénom (153,64 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2021 zostup o 0,72 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,82 m. V porovnaní s vlaňajším rokom táto hodnota poklesla. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 11,27 m pod terénom, 2. kvartil 11,56 m pod terénom a 3. kvartil 10,79 m pod terénom.

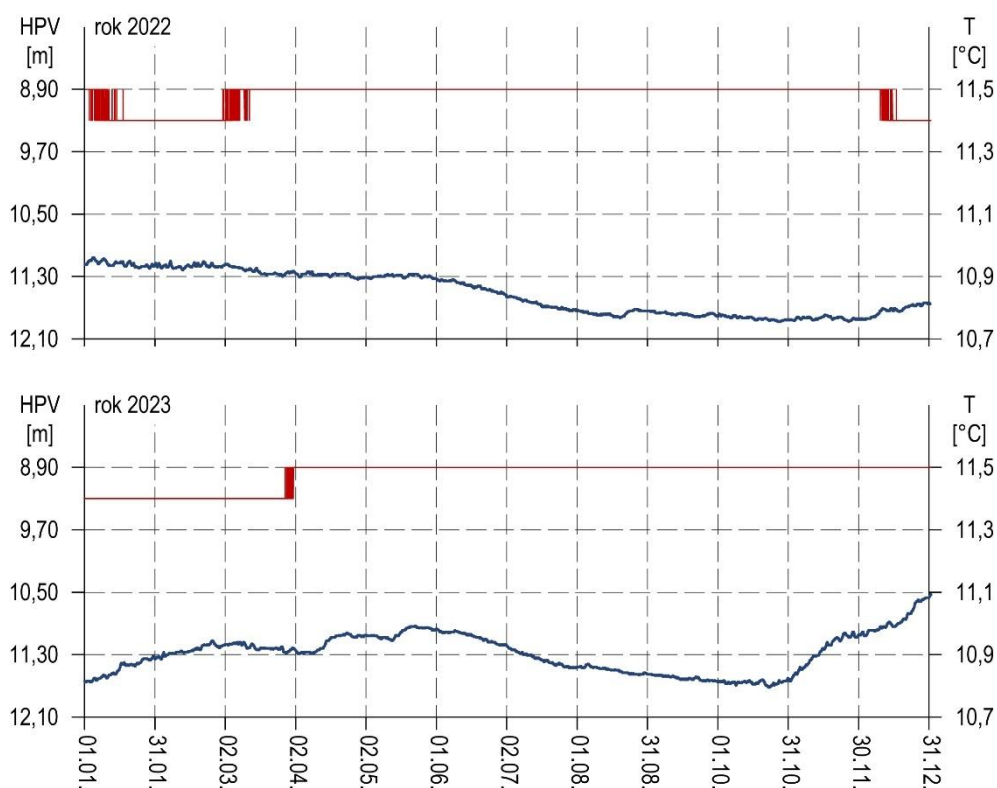
Teplota podzemnej vody, podobne ako v predchádzajúcom období, vykazovala len veľmi malé zmeny. V roku 2022 sa pohybovala v intervale 11,4 až 11,5 °C.

V roku 2023 mali zmeny hladiny podzemnej vody sínusoidný priebeh. Maximálna hladina podzemnej vody bola však nameraná na konci hodnoteného roka, a to v hĺbke 10,53 m pod terénom (154,62 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,53 m. Dosiahnutiu maximálnej úrovne hladiny podzemnej vody predchádzal vzostup, ktorý sa začal formovať v jesenných mesiacoch po nameraní minimálnej hladiny podzemnej vody. Uvedená maximálna hladina predstavuje najvyššiu hodnotu od roku 2021.

Tab. 4.12.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Šenkvice v roku 2023.

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PVZS-1	8760	10,53	154,62	31. 12. 2023	11,72	153,43	22. 10. 2023	11,28	153,87	1,19
PVZS-2 ¹	7333	3,52	149,88	26. 12. 2023	4,35	149,05	25. 7. 2023	4,09	149,31	0,83
PVZS-3 ¹	7333	3,93	148,83	27. 12. 2023	4,77	147,99	25. 7. 2023	4,50	148,26	0,84

¹ – údaje o hladine podzemnej vody sú v roku 2023 k dispozícii do 1. marca



Obr. 4.12.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2022 a 2023 vo vrte PVZS-1 na lokalite Šenkvice. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (pravá os – T).

Prvý vzostup hladiny podzemnej vody bol pozorovaný od začiatku januára do druhej polovice mája. Najvyššia hladina v uvedenom období dosiahla 10,93 m pod terénom (23. máj). Následne, po dosiahnutí čiastkovom maximálnom stave až do 22. októbra, hladina vo vrte klesala. Minimálna úroveň bola zaznamenaná v hĺbke 11,72 m pod terénom. V nasledujúcom období až do konca roka bol pozorovaný spomenutý vzostup hladiny podzemnej vody.

Prejavy zrážkovej činnosti v zostupnej fáze hladiny podzemnej vody sa prejavovali len minimálne. V tejto súvislosti treba uviesť, že daný stav je výsledkom hĺbkového odvodnenia, ktoré bolo na lokalite budované postupne od roku 2011. Najväčší účinok má drenážno-stabilizačné rebro, ktoré relatívne efektívne eliminuje intenzívne vzostupy hladiny podzemnej vody, súvisiace s nepriaznivými klimatickými pomermi.

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2023 dosiahla 11,28 m pod terénom (153,87 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2022 vzostup o 0,23 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,19 m. V porovnaní s rokom 2022 sa táto hodnota mierne zvýšila. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 10,08 m pod terénom, 2. kvartil 11,27 m pod terénom a 3. kvartil 11,51 m pod terénom.

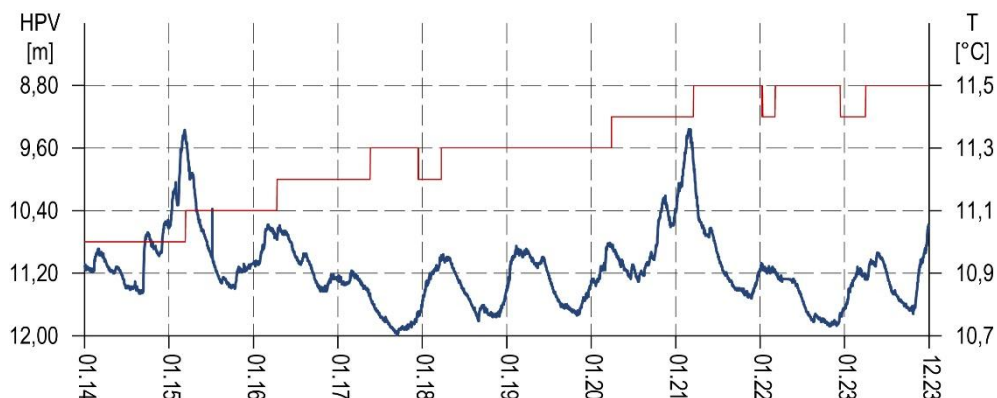
Teplota podzemnej vody vykazovala len veľmi malé zmeny. V roku 2023 sa nachádzala v intervale 11,4 – 11,5 °C.

Údaje o hladine podzemnej vody, monitorovanej vo vrte PVZS-2, charakterizujú obdobie od 1. marca do 31. decembra. Z nameraných údajov vyplýva, že priebeh hladiny podzemnej vody počas roku 2023 mal sínusoidálny priebeh. Vzostup hladiny bol pozorovaný počas apríla a mája, následne došlo k jej poklesu s minimálnou hladinou 4,35 m pod terénom (25. júl). Jesenný a zimný vzostup hladiny podzemnej vody vyústili do maximálnej hladiny 3,52 m pod terénom (26. december). Celkové kolísanie dosiahlo 0,83 m. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2023 sa nachádzala na úrovni 4,09 m pod terénom. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 3,94 m pod terénom, 2. kvartil 4,07 m pod terénom a 3. kvartil 4,29 m pod terénom.

Kolísanie teploty podzemnej vody bolo len veľmi mierne; maximálna – 11,3 °C a minimálna teplota – 11,1 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,2 °C.

Vo vrte PVZS-3 v roku 2023 dosiahla maximálna hladina podzemnej vody 27. decembra úroveň 3,93 m pod terénom (148,83 m n. m.). Minimálna hladina bola zaznamenaná v druhej polovici júla (4,77 m pod terénom; 147,99 m n. m.). Celková ročná amplitúda dosiahla 0,84 m. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2023 predstavovala hodnotu 4,5 m pod terénom (148,26 m n. m.). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 4,35 m pod terénom, 2. kvartil 4,49 m pod terénom a 3. kvartil 4,71 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,1 °C 31. marca, naopak, najnižšia teplota (10,9 °C) bola zaznamenaná 1. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,0 °C.



Obr. 4.12.5. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom PVZS-1 v rokoch 2014 až 2023. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (pravá os – T).

Z dlhodobého hľadiska (obr. 4.12.5) je možné konštatovať, že na zmeny hladiny podzemnej vody vo vrte PVZS-1 sa výraznejšie prejavujú zimné a jarné zrážky (najmä v roku 2015). Relatívne malé amplitúdy sú pozorované v rokoch 2016 až 2019. V rokoch 2020 a 2021 bol po dlhšom období zaznamenaný vzostup hladiny podzemnej vody.

Dlhodobý celkový pokles hladiny bol spojený s realizáciou drenážno-stabilizačného rebra v roku 2015. Krátkodobý vzostup hladiny podzemnej vody najmä v rokoch 2020/2021 pripisujeme obmedzenému prietoku v odvodňovacom potrubí, v dôsledku nelegálneho

napojenia splaškovej kanalizácie. Celkovo však možno konštatovať, že vďaka sanačnému opatreniu boli zaznamenané podstatne nižšie hodnoty úrovne hladiny podzemnej vody ako pred jeho vybudovaním. Zásadne sa zmenil aj teplotný režim podzemnej vody.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Modra s indikatívom 18060. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2022 predstavuje 703,38 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1 093,7 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 58,6 mm a maximálny mesačný úhrn 254,0 mm (máj 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 2. mája 2010 do 1. júna 2010) dosiahol 280,4 mm.

V roku 2023 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 899,9 mm, čo zodpovedá 127,94 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. V roku 2023 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas decembra (130,1 mm) a najvyšší denný úhrn 23. decembra (33,8 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 18,2 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 20. októbra do 19. novembra (165,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 14. júna do 14. júla) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 7,3 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2023 trvalo 8 dní (od 4. do 11. júna) s úhrnom 33,3 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

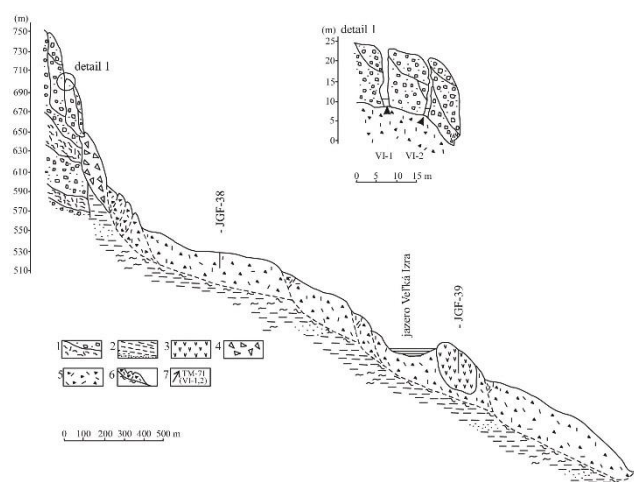
Na zosuvnej lokalite Šenkvice sú monitorovacie aktivity zabezpečované formou kontinuálnych režimových pozorovaní v troch piezometrických vrtoch. Vzhľadom na detegovanú chybu vo vrtoch PVZS-2 a PVZS-3 je možné za spoľahlivé údaje považovať tie, ktoré boli namerané vo vrte PVZS-1. Z hodinových záznamov z automatického hladinomeru vyplýva, že v roku 2023 došlo k vzostupu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. Zároveň, v porovnaní s rokom 2022, stúpili i všetky sledované ukazovatele režimu podzemnej vody. Hladina podzemnej vody v hodnotenom vrte odráža vývoj klimatických faktorov, pozorovaných na stanici SHMÚ Modra, avšak ich prejavy sú v porovnaní s výsledkami z obdobia pred sanáciou podstatne menšie.

V roku 2023 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach, zabezpečovaných automatickými hladinomerami a v analýze a vyhodnotení klimatických ukazovateľov nameraných na stanici SHMÚ Modra.

1.4.13. Lokalita Veľká Izra

Stručná charakteristika lokality

Lokalita je situovaná na okraji stratovulkánu Veľký Milič (južná časť Slanských vrchov) na J od obce Slanská Huta. Do dvoch paralelných trhlín medzi okrajovými blokmi, tvorenými striedajúcimi sa andezitmi a brekciami lávových prúdov s autochtónnymi pyroklastikami, ležiacimi na plastických ílovitých sedimentoch (obr. 4.13.1), boli v lete roku 1992 situované dva dilatometre typu TM-71 (VI-1 a VI-2). Horná trhlina (VI-1) reprezentuje styk bloku s kvázi neporušeným masívom, dolná (VI-2) styk okrajového bloku s predchádzajúcim blokom. Vzhľadom na zničenie prístroja VI-2 spadnutým balvanom a jeho technicky neuskutočniteľnú obnovu boli merania pohybu spodného bloku koncom roka 2008 ukončené.



Obr. 4.13.1. Inžinierskogeologický rez svahovou deformáciou na lokalite Veľká Izra s vyznačením osadenia dilatometrov VI-1 a VI-2. 1 – striedanie andezitov a brekcií lávových prúdov s polohami autochtónnych pyroklastík, 2 – íl s polohami ílovitého piesku, 3 – ryolit (zosunutý blok), 4 – morfológicky nečlenené blokové pole, 5 – balvanité a úlomkovito-ílovité svahové sedimenty (sute), 6 – priebeh šmykovej plochy, 7 – lokalizácia dilatometrov TM-71 (VI-1 a VI-2)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Veľká Izra sa v jednotlivých rokoch 2022 a 2023 uskutočnili štyri odčítania hodnôt deformácií zaznamenaných prístrojmi TM-71 (tab. 4.13.1). Aj v roku 2023 pokračoval zber údajov o zrážkach zo stanice SHMÚ Slanská Huta.

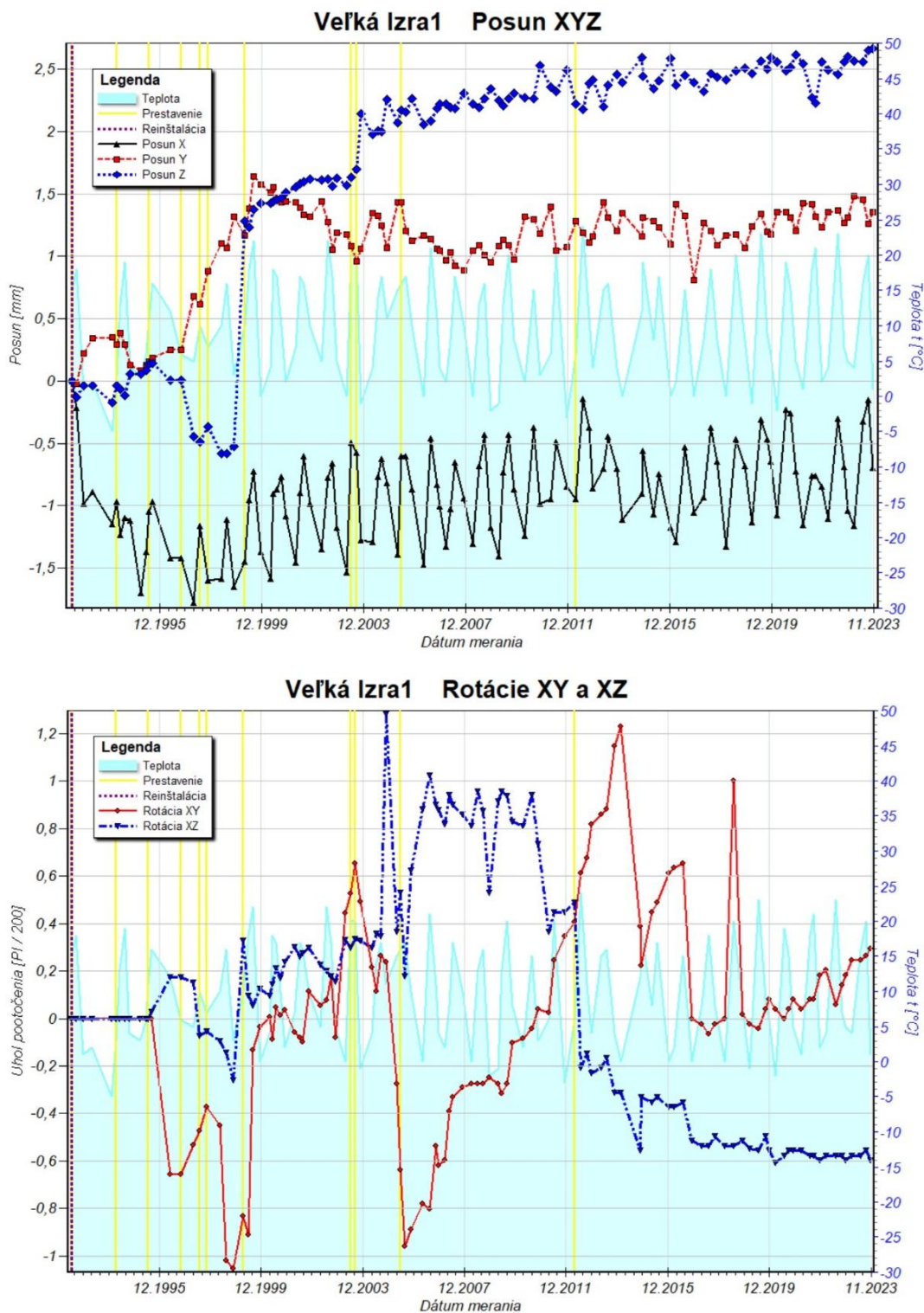
Tab. 4.13.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Izra v rokoch 2022 a 2023

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	VI-1 (horný)	2022 – 4x 22. február, 7. júl, 4. október, 1. december
			2023 – 4x 21. február, 3. júl, 13. september, 21. november

a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v rokoch 2022 a 2023 (obr. 4.13.2) preukázali stagnáciu pohybu vo všetkých troch meraných smeroch: X (rozširovanie trhliny), Y (šmykový posun pozdĺž trhliny) a Z (pokles bloku voči masívu). Celkové hodnoty posunov v uvedených smeroch (X, Y, Z) dosiahli na konci roka 2023 0,695 mm, 1,353 mm a 2,666 mm. Priemerné rýchlosti posunov (X, Y, Z) za vyše 30 rokov meraní dosahujú hodnoty 0,022 mm.rok⁻¹, 0,044 mm.rok⁻¹

a $0,086 \text{ mm.rok}^{-1}$. Výrazné oscilácie predovšetkým v smere osi X odrážajú výkyvy teploty v priebehu jednotlivých ročných období. Rotácie v rovinách XY a XZ nie sú významné. Vo vodorovnej rovine (XY) sa pohyb zvýšil nepatrne a koncom roka 2023 dosiahol hodnotu $0,295 \text{ gr.}$, vo vertikálnej (XZ) $0,599 \text{ gr.}$



Obr. 4.13.2. Výsledky dlhodobého merania posunov horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Veľká Izra (prístroj VI-1). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí X, Y a Z v mm); Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine XY a XZ v $\pi/200$ grádov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Slanská Huta (indikatív 51160) v roku 2022 dosiahol 583,2 mm. Mesačný priemer bol 48,6 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 138,9 mm (september) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 12,7 mm (máj). V roku 2023 medziročne stúpol zrážkový úhrn o 384,3 mm a dosiahol 967,5 mm. Podobne stúpol aj mesačný priemer, a to na úroveň 80,6 mm (medziročný vzostup o 32,0 mm). Najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný v novembri s hodnotou 134,0 mm. Najnižší mesačný úhrn 13,9 mm bol nameraný vo februári.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

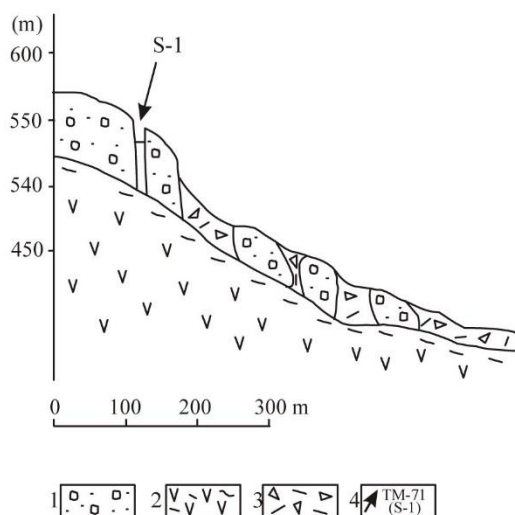
Výsledky doterajších meraní potvrdzujú trend dlhodobého pozvoľného poklesávania vrchného monitorovaného bloku voči masívu (celkovo 2,666 mm), veľmi pomalý dlhodobý rast šmykového pohybu bloku pozdĺž trhliny a dlhodobú osciláciu pomalého otvárania a zatvárania trhliny v rozmedzí cca 0,11 – 1,00 mm.

Hlavným cieľom meraní v najbližších rokoch je prognóza potenciálnych náhlych pohybov, predovšetkým deštrukcie okrajového bloku, ktorý tvorí súčasť prírodnej pamiatky Miličská skala. Na zistenie ďalšieho vývoja plazivého pohybu je potrebné pokračovať v odčítavaní hodnôt na dilatometri s frekvenciou 4-krát ročne.

1.4.14. Lokalita Sokol

Stručná charakteristika lokality

Na lokalite Sokol, ktorá sa nachádza na okraji centrálnej vulkanickej zóny stratovulkánu Strechový vrch v doline Bačkovského potoka (východný okraj Slanských vrchov na S od obce Dargov), boli koncom roku 1990 inštalované dva dilatometre TM-71 (S-1 a S-2). Prístroje boli osadené v trhlinách medzi okrajovými blokmi (bloková rozpadlina) budovanými andezitmi lávového prúdu, striedajúcimi sa s autochtónnymi pyroklastikami. Podložie uvedených hornín tvoria propylitizované a silno brekciovité andezity (obr. 4.14.1). Vzhľadom na minimálnu pohybovú aktivitu bol prístroj S-2 začiatkom roku 2004 natrvalo odstránený.



Obr. 4.14.1. Inžinierskogeologický rez svahovou deformáciou na lokalite Sokol s vyznačením osadenia dilatometra S-1. 1 – striedanie andezitov lávových prúdov a autochtónnych pyroklastík, 2 – andezit propylitizovaný a silno zbreciovatý, 3 – balvanité a úlomkovito-ílovité svahové sedimenty (sute), 4 – lokalizácia dilatometra TM-71 (S-1)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023 a ich celkové zhodnotenie

Hodnoty posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 sa v rokoch 2022 aj 2023 odčítali štyrikrát, pričom v decembri 2022 bolo potrebné prístroj prestaviť (tab. 4.14.1). V oboch rokoch pokračoval aj zber údajov zo zrážkomernej stanice SHMÚ Dargov.

Tab. 4.14.1 Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Sokol v rokoch 2022 a 2023

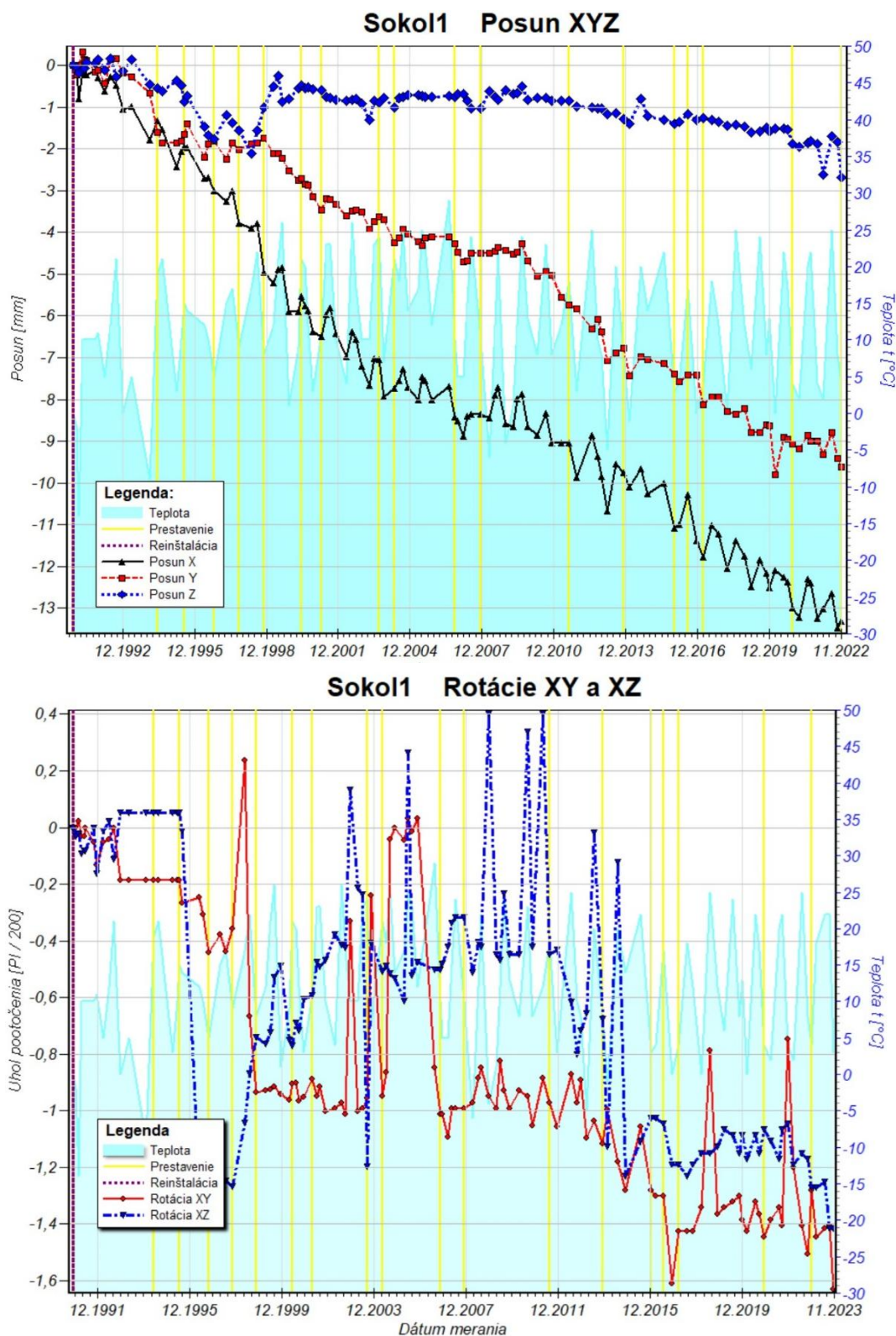
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	S-1	2022 – 4x 22. február, 7. júl, 4. október, 1. december*
			2023 – 4x 22. február, 7. júl, 4. október, 1. december*

* – prestavenie prístroja

a/ Meranie deformácií dilatometrom

Aj v rokoch 2022 a 2023 pokračoval nárast pohybu monitorovaného skalného bloku voči masívu (obr. 4.14.2). Merania potvrdili posuny vo všetkých troch smeroch (X, Y, Z). Otvorenie trhliny (X) vzrástlo v roku 2022 o 0,055 mm a v roku 2023 o 0,834 mm na celkových 14,137 mm. Šmykový posun pozdĺž trhliny (Y) sa v roku 2022 zväčšil o 0,621 mm a v roku 2023 sa zmenšil o 0,513 mm na celkových 9,101 mm. V smere osi Z (pokles bloku voči masívu)

bol v roku 2022 zaznamenaný posun 0,796 mm, a v roku 2023 zmenšenie o 0,305 mm. Celkový pokles za 32 rokov je 2,373 mm. Rotácie bloku v oboch rovinách, vodorovnej XY a vertikálnej XZ, nepresahujú 1,7 gr.



Obr. 4.14.2. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Sokol (prístroj S-1). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí X, Y a Z v mm), Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine XY a XZ v $\pi/200$ grádov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Dargov (indikatív 50040) v roku 2022 dosiahol 437,2 mm. Mesačný priemer bol 36,4 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 98,1 mm (september) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 7,0 mm (október). V roku 2023 stúpol zrážkový úhrn o 436,7 mm a dosiahol 873,9 mm. Podobne stúpol aj mesačný priemer, a to na úroveň 72,8 mm (medziročný vzostup o 36,4 mm). Najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný v novembri s hodnotou 130,6 mm. Najnižší mesačný úhrn 15,5 mm bol nameraný počas februára.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

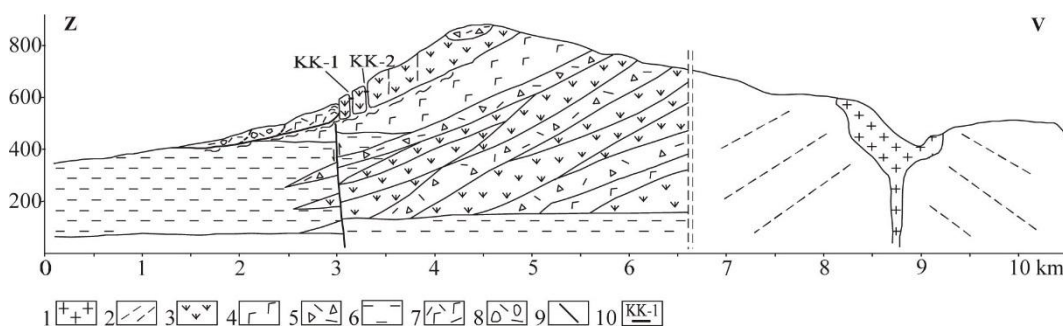
Najvýznamnejšie posuny v rokoch 2022 a 2023 boli zaznamenané v smere osi *X* (otváranie trhliny) a v smere osi *Y* (šmykový posun pozdĺž trhliny). Kým v roku 2022 bolo zaznamenané otváranie trhliny len o 0,055 mm, v roku 2023 tento pohyb narástol až na 0,834 mm. V prípade osí *Y* a *Z* došlo naopak – k zápornému pohybu. Priemerná rýchlosť posunov v smere osí *X*, *Y* a *Z* za celé monitorovacie obdobie (33 rokov) je 0,428 mm.rok⁻¹, 0,276 mm.rok⁻¹ a 0,072 mm.rok⁻¹.

Posuny zistené vo všetkých troch smeroch sú pomerne významné, takže hrozba odtrhnutia bloku od masívu je stále reálna. Keďže lokalita je súčasťou Národnej prírodnej rezervácie (Bačkovská dolina) a na skale nad monitorovaným blokom hniezdi vzácny sokol sťahovavý, je potrebné zachovať jej monitorovanie i v budúcnosti v rovnakom rozsahu, to znamená odčítavanie posunov na dilatometri aspoň 4-krát ročne.

1.4.15. Lokalita Košický Klečenov

Stručná charakteristika lokality

Na lokalite Košický Klečenov, ktorá sa nachádza v okrajovej časti stratovulkánu Strechový vrch (západný okraj Slanských vrchov na S od obce Košický Klečenov), boli v roku 1990 a 1995 inštalované dva dilatometry TM-71. Prvý z nich bol označený KK-1, druhý KK-2. Prístroje sú situované v hlbokých trhlinách na okraji andezitového lávového prúdu, presnejšie v hornej časti rozsiahlej svahovej deformácie, ktorá má charakter blokovej rozpadliny (obr. 4.15.1).



Obr. 4.15.1. Inžinierskogeologický rez stratovulkánom Strechový vrch so svahovou deformáciou a vyznačením osadenia dilatometrov TM-71 na lokalite Košický Klečenov (prístroje KK-1 a KK-2). 1 – intrúzia dioritového porfyritu, 2 – striedanie lávových prúdov a pyroklastík, 3 – andezitový lávový prúd, 4 – pyroklastiká (nečlenené), 5 – redeponované andezitové pyroklastiká, 6 – neogénne íly, 7 – redeponované andezitové tufy, 8 – ílovito-úlomkovitá suť, 9 – aktívny zlom, 10 – lokalizácia dilatometrov KK-1 a KK-2

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite sa vykonali 4 odčítania na oboch dilatometroch (v prípade KK-1 bolo v roku 2023 vykonané jedno mimoriadne odčítanie v súvislosti so zemetrasením v blízkosti obce Ďapalovce zo dňa 9. októbra 2023), pričom KK-1 bol prestavený vo februári a KK-2 v novembri 2022, avšak začiatkom roku 2023 bola zistená prístroja KK-2 (tab. 4.15.1). V rokoch 2022 a 2023 pokračoval zber údajov zo zrážkomernej stanice Herľany.

Tab. 4.15.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Košický Klečenov v rokoch 2022 a 2023

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	2	KK-1 (dolný)	2022 – 4x (22. február, 7. júl, 4. október, 1. december)
			2023 – 5x (21. február*, 3. júl, 13. september*, 11. október, 21. november)
		KK-2 (horný)	2022 – 4x (22. február, 7. júl, 4. október, 1. december)
			2023 – 0x (21. február – zistená deštrukcia prístroja)

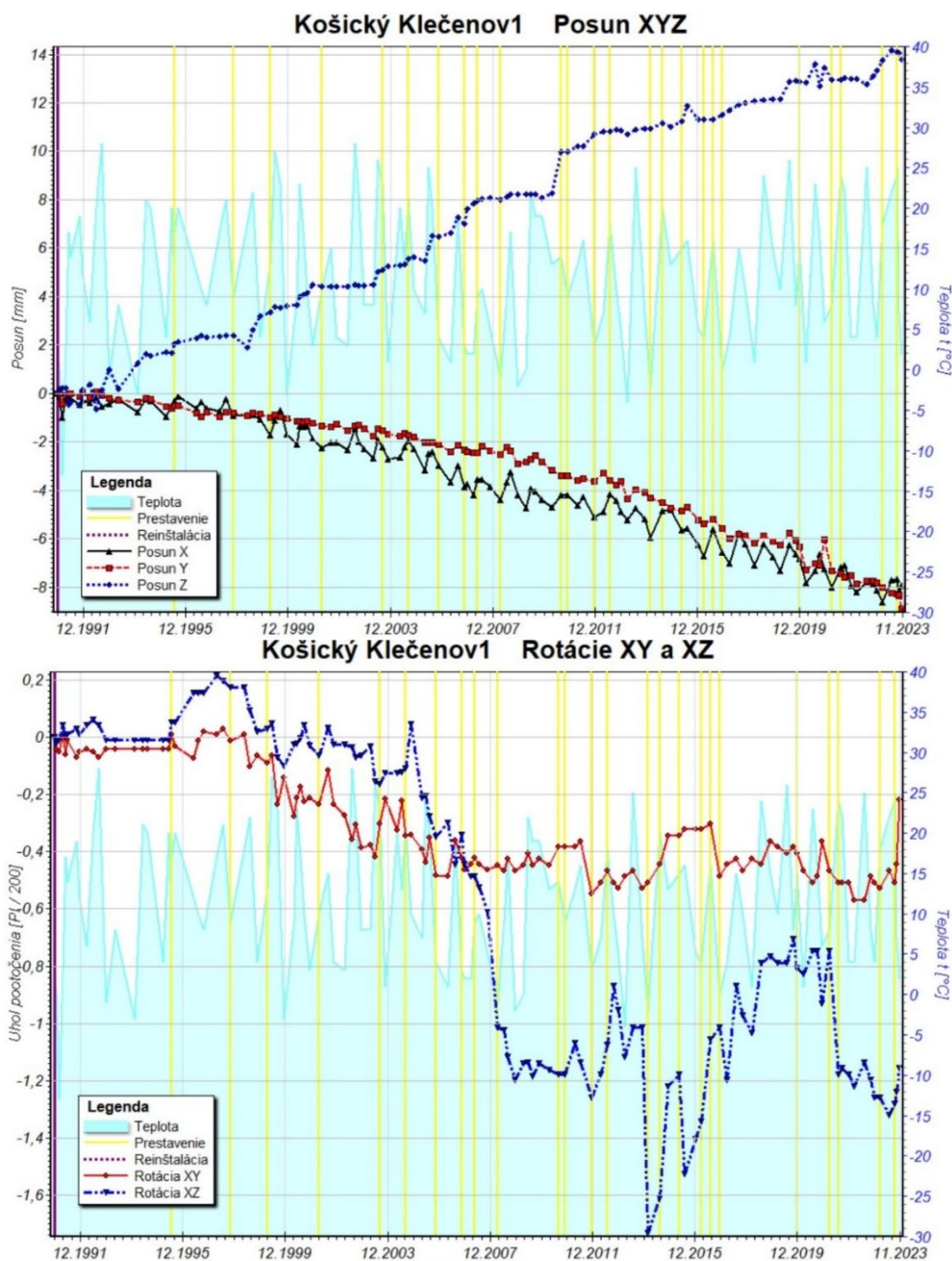
* – prestavenie prístroja

a/ Meranie deformácií dilatometrami

V roku 2022 prístroj KK-1 (dolný) preukázal pokračujúci trend pohybu spodného (okrajového) bloku v smere všetkých troch osí, avšak s rozdielnou intenzitou (obr. 4.15.2). Prejavilo sa najmä rozširovanie trhliny (os X) a šmykový pohyb blokov pozdĺž trhliny (os Y). Rozšírenie trhliny v roku 2022 vzrástlo o 0,189 mm, pričom v roku 2023 naopak kleslo o 0,191 mm. Celkové rozšírenie trhliny za 33 rokov predstavuje 7,925 mm. Pohyb pozdĺž

trhliny (os Y) v roku 2022 vzrástol o 0,302 mm a v roku 2023 o 1,062 mm (celkový pohyb dosiahol 8,888 mm). V roku 2022 pokles spodného bloku voči hornému vzrástol o 0,372 mm, v roku 2023 vzrástol o 0,457 mm (na celkových 13,808 mm).

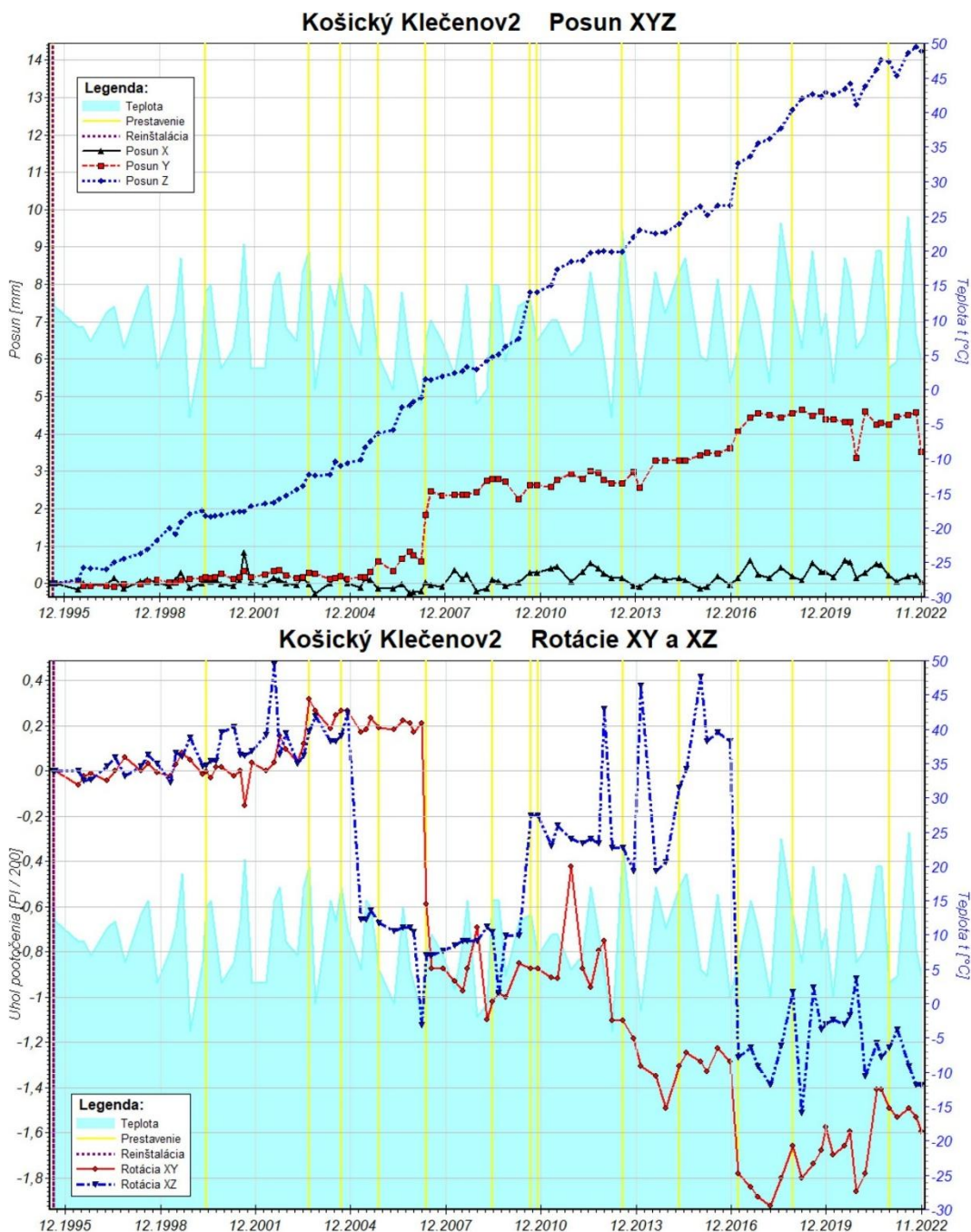
Merania prístrojom KK-2 (horný) boli začiatkom roka 2023 pre deštrukciu prístroja ukončené. V roku 2022 preukázali stagnáciu otvárania trhliny (pohyb v smere osi X; 4.15.3). Celkové rozšírenie trhliny dosiahlo za viac než 27 rokov hodnotu iba 0,124 mm. Šmykový posun (os Y) v roku 2022 vzrástol o 0,312 mm (výsledná deformácia 4,567 mm). Pokles horného bloku (os Z) je dlhodobo najrýchlejšim pohybom a jeho priemerná rýchlosť je $0,527 \text{ mm.rok}^{-1}$. V roku 2022 dosiahol pokles 0,275 mm (výsledná deformácia 14,238 mm). V porovnaní so spodným blokom klesal horný rýchlejšie.



Obr. 4.15.2. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Košický Klečenov (prístroj KK-1). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm), Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v $\pi/200$ grádov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

Z dlhodobého hľadiska obidva prístroje TM-71 (KK-1 a KK-2) preukazovali kontinuálny vertikálny pohyb voči sebe i voči masívu (obr. 4.15.2 a 4.15.3). V absolútnom ponímaní oba bloky klesajú, vyšší blok však o niečo rýchlejšie. Pri vzájomnom porovnaní sa preto vertikálny pohyb okrajového bloku voči susednému (vyššiemu) javí ako zdvih. Vyšší blok voči masívu celkovo vykazuje stály pokles.

Rotácie oboch blokov neprekročili 2 gr. za celé obdobie monitorovania, to znamená za 33 (KK-1), resp. 27 rokov (KK-2). Spodný blok vykazuje veľmi slabú rotáciu vo vertikálnej rovine (v smere S-J), horný blok v horizontálnej rovine (XY).



Obr. 4.15.3. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Košícký Klečenov (prístroj KK-2). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm), Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v $\pi/200$ grádov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja

b/ Merania zrážkových úhrnov

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Herľany (indikatív 60060) v roku 2022 predstavoval hodnotu 518,7 mm. Mesačný priemer bol 43,2 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 150,2 mm (september) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 13,8 mm (január).

V roku 2023 medziročne stúpol zrážkový úhrn o 318,7 mm a dosiahol 837,4 mm. Podobne stúpol aj mesačný priemer, a to na úroveň 69,8 mm (medziročný vzostup o 26,6 mm). Maximálny mesačný úhrn bol zaznamenaný v novembri s hodnotou 115,0 mm. Najnižší mesačný úhrn 12,3 mm bol nameraný vo februári.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Napriek menším, resp. časovo krátkym stagnáciám je dlhodobý trend pohybu oboch monitorovaných blokov evidentný a pomerne rýchly. Prejavuje sa hlavne ich pokles voči neporušenej časti masívu (lávového prúdu) a šmykový posun pozdĺž trhlín. Pokiaľ otváranie trhliny medzi oboma blokmi je výrazné a pretrvávajúce (KK-1, celkovo 7,925 mm), horná trhlina (medzi horným blokom a masívom) sa dlhodobo nemení, t. j. neotvára. Priemerné rýchlosti pohybu v smere jednotlivých osí za celé monitorovacie obdobie sú v prípade KK-1 – 0,240 mm.rok⁻¹ (X), 0,270 mm.rok⁻¹ (Y), 0,418 mm.rok⁻¹ (Z) a v prípade KK-2 – 0,005 mm.rok⁻¹ (X), 0,169 mm.rok⁻¹ (Y) a 0,527 mm.rok⁻¹ (Z). I napriek skutočnosti, že v minulosti neboli detegované posuny, ktoré by naznačovali akceleráciu pohybu väčších rozmerov, v roku 2023 bola dokumentovaná deštrukcia prístroja v dôsledku náhleho pohybu. Posun, ktorý vznikom medzi dvoma monitorovanými blokmi bol mimo merací rozsah prístroja.

Najpravdepodobnejším vysvetlením recentnej aktivity oboch blokov je kombinovaný vplyv tektoniky (zdvih masívu pozdĺž S – J okrajového zlomu) a plazivého pohybu blokov, ktorý sa prejavuje ich nerovnomerným zabáraním, resp. vytláčaním.

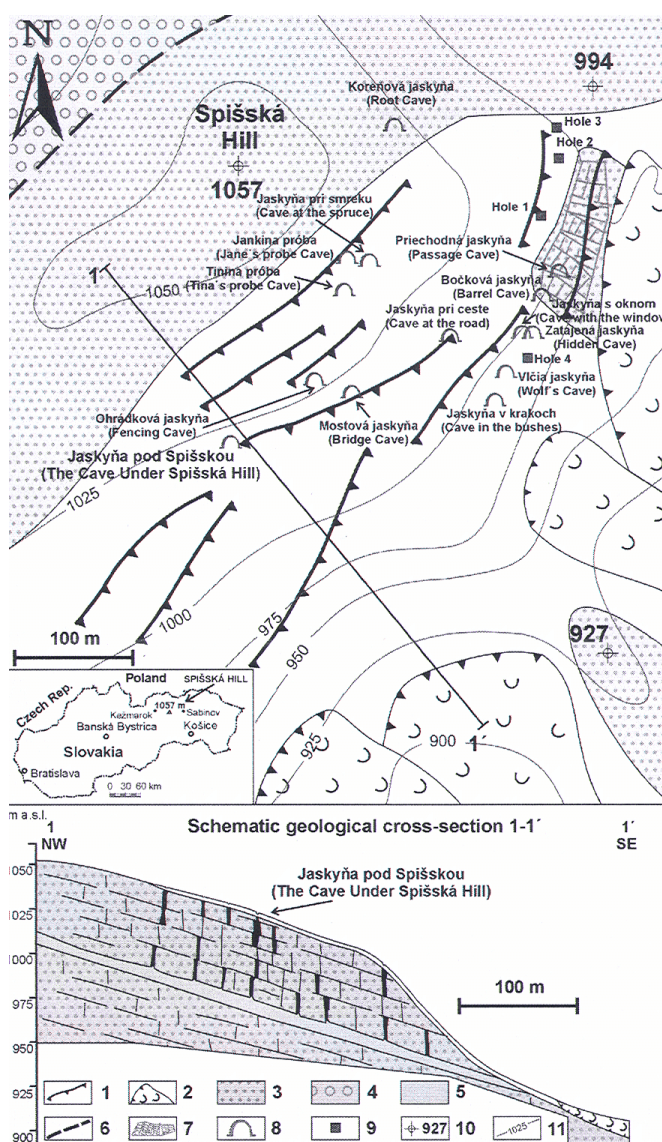
Merania v nasledujúcom období (vykonávané aspoň 4-krát ročne) môžu prispieť spolu s ďalšími poznatkami, získanými štúdiom neotektonickej aktivity širšieho okolia lokality a niektorými geodetickými meraniami k objasneniu recentného vývoja územia a dotvárania jeho reliéfu.

1.4.16. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou

Stručná charakteristika lokality

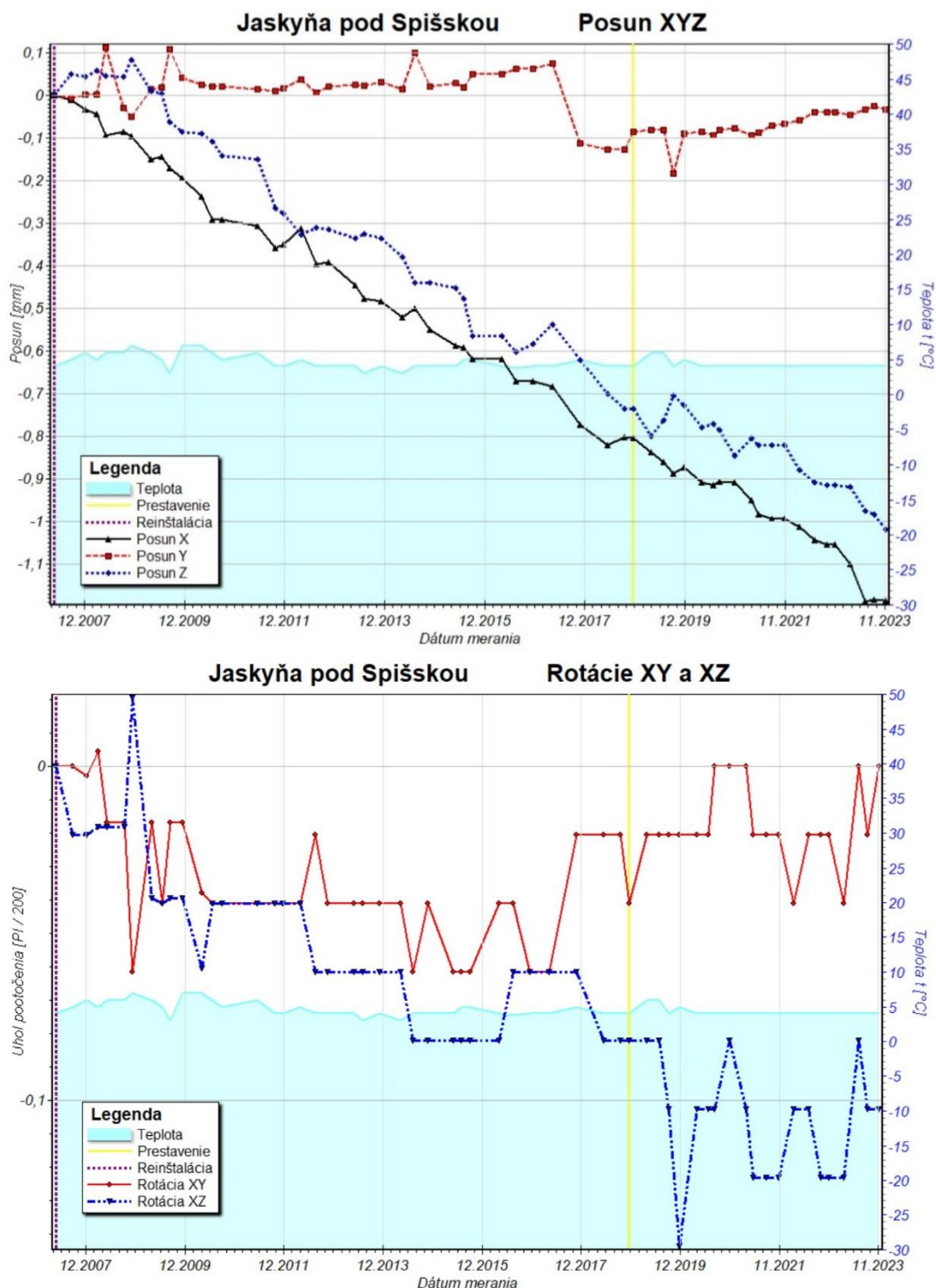
Lokalita je situovaná na severovýchodnom okraji Levočských vrchov, severo-severovýchodne od obce Brutovce, asi 300 m južne od kóty Spišská (1056,5 m n. m.) v nadmorskej výške 1022 m n. m.

Jaskyňa vznikla v paleogénnych pieskovcoch bielopotockého súvrstvia. Hrubé polohy pieskovcov sa tu striedajú s tenkými (cm až dm) polohami ílovcov, miestami zvetraných na íl. Pomalým plazením blokov po vrstevných plochách sa vytvorila jaskynná sieť chodieb (obr. 4.16.1). V hlavnej chodbe severovýchodnej (spišskej) časti jaskyne bol v apríli 2007 inštalovaný jeden dilatometer TM-71.



Obr. 4.16.1. Geologická mapa blízkeho okolia Jaskyne pod Spišskou s vyznačením ďalších jaskýň a priečny rez – 1' jaskyňou (podľa Gross et al., 1999, resp. Antonická a Fussgänger, 1998, upravili Imrich et al., 2007). Kvartér: 1 – morfológicky výrazné prejavy rozpadávania blokov (terénne stupne, pozdĺžne trhliny a depresie vyplnené ílovito-úlomkovitými sutinami), 2 – zosuv; Paleogén: 3 – hrubolavcovitý flyš (pieskovce s tenkými polohami ílovcov), 4 – hrubolavcovitý flyš s konglomerátmi, 5 – predpokladaná poloha tenkolavcovitého flyšu, 6 – predpokladaný zlom, 7 – skalný odkryv, 8 – jaskyňa, 9 – povrchový otvor (prieduch), 10 – bod s udaním nadmorskej výšky, 11 – vrstevnica.

Hlavným dôvodom pri výbere tejto lokality bola skutočnosť, že zosuvná štruktúra je obdobná, ako na lokalite Tichý potok (dolina Torysy na S od kóty Spišská), v ktorej sa uvažuje s výstavbou vodného diela. Poznanie mechanizmu a charakteru pohybu blokov môže poskytnúť cenné informácie pri návrhu protizosuvných opatrení v prípade realizácie vodnej nádrže.



Obr. 4.16.2. Výsledky merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Jaskyňa pod Spišskou. Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm); Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v $\pi/200$ grádov).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Jaskyňa pod Spišskou sa v roku 2022 aj roku 2023 vykonali štyri odčítania hodnôt posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 (tab. 4.16.1). V rokoch 2022 a 2023 pokračovalo preberanie údajov o mesačných úhrnoch zrážok zo stanice SHMÚ Brezovica nad Torysou.

Tab. 4.16.1. Prehľad monitorovacích aktivít uskutočnených na lokalite Jaskyňa p. Spišskou v rokoch 2022 a 2023.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	JS-1	2022 – 4x (17. marec, 6. júl, 3. október, 29. november)
			2023 – 4x (22. marec, 6. júl, 12. september, 5. december)

a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v rokoch 2022 aj 2023 preukázali doterajší výrazný trend pohybu v smere osi X (otváranie trhliny) aj v smere osi Z (pokles bloku). Otvorenie trhliny v roku 2022 vzrástlo o 0,054 mm a v roku 2023 o 0,131 mm na celkových 1,184 mm. Trhlina sa rozširuje priemernou rýchlosťou 0,070 mm.rok⁻¹. Pokles bloku v roku 2022 narástol o 0,094 mm a v roku 2023 o 0,104 mm. Celkový pokles od roku 2007 dosiahol 1,018 mm. Priemerná rýchlosť poklesávania bloku je 0,062 mm.rok⁻¹. Doterajší šmykový pohyb (os Y) dlhodobo (od roku 2010) stagnoval do júla 2015 na úrovni od 0,01 – 0,05 mm, neskôr pomaly narastal na 0,078 mm. V apríli 2017 došlo pravdepodobne vplyvom uvoľnenia napätí v horninovom masíve k zmene smeru posunu o hodnotu 0,295 mm. Od konca roku 2017 do začiatku roku 2021 pohyb stagnoval pri hodnote cca 0,093 mm. Od marca 2021 do konca roka 2023 pohyb narástol o 0,061 mm. Rotácie bloku nie sú zatiaľ významné (obr. 4.16.2).

b/ Meranie zrážkových úhrnov

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Brezovica nad Torysou (indikatív 59040) dosiahol v roku 2022 hodnotu 473,2 mm. Mesačný priemer bol 39,4 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 104,4 mm (september) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 8,7 mm (máj).

V roku 2023 stúpol zrážkový úhrn až o 335,2 mm a dosiahol 808,4 mm. Podobne stúpol aj mesačný priemer, a to na úroveň 67,4 mm (medziročný vzostup o 28,0 mm). Najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný v júli s hodnotou 120,3 mm. Najnižší mesačný úhrn 22,6 mm bol nameraný počas februára.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Merania za celú dobu monitorovania (16,5 roka) preukazujú pokračujúci trend pomalého poklesávania monitorovaného bloku a rozširovania trhliny. Celkové otvorenie trhliny už prekročilo 1,1 mm, celkový pokles bloku hodnotu 1 mm. Hlavnou príčinou takéhoto vývoja je pôsobenie gravitácie a čiastočne aj zvetrávanie hornín a zmena fyzikálno-mechanických vlastností pôvodných ílovcov.

Vzhľadom na podobnosť tejto lokality a zosuvnej štruktúry na lokalite Tichý Potok (Židova jaskyňa), kde sa perspektívne uvažuje s výstavbou vodného diela, majú merania posunu blokov v Jaskyni pod Spišskou aj praktický význam. Analýza vývoja plazivých pohybov v ďalších rokoch môže preto priniesť nielen viacero nových teoretických, ale i praktických poznatkov. Na ich získanie bude potrebný pravidelný zber údajov z inštalovaného dilatometra, a to 4-krát ročne. Predbežné výsledky monitorovania lokality (do polovice roku

2011) boli publikované formou článku v časopise *Mineralia Slovaca* (Petro et al., 2011), výsledky meraní do konca roku 2012 formou prednášky (Petro et al., 2013).

1.4.17. Lokalita Handlová-Baňa

Stručná charakteristika lokality

Celé údolie Handlovky na južnom okraji mesta je postihnuté svahovými pohybmi, ktoré sa iniciovali na obidvoch svahoch rieky. Vzhľadom na to, že jednou z príčin vzniku a aktivizácie pohybov je tlak nadložných vulkanických hornín, ku komplexnej informácii o stave prostredia patrí i poznanie vývoja zvetrávania a porušovania nadložných skalných a poloskalných hornín. Z uvedených dôvodov sa vybudovalo pozorovacie stanovište pre monitorovanie rýchlosti zvetrávania na menšom skalnom brale, ktoré sa nachádza oproti svahu katastrofálneho handlovského zosuvu 1960/1961, asi 800 m východne od Bane Handlová v odkrytej skalnej stene.

Sledovaná lokalita má pravidelný priamkový tvar (obr. 4.17.1), výška steny dosahuje okolo 25 m. Na geologickej stavbe okolia lokality sa podieľajú epiklastické vulkanické pieskovce s polohami brekcií a tufov kamenského súvrstvia (báden – Šimon et al., 1997). Monitorovacie aktivity na tejto lokalite boli zahájené v máji roku 2001.



Obr. 4.17.1. Situovanie meradla mikromorfologických zmien povrchu horniny na skalnej stene oproti katastrofálnemu handlovskému zosuvu (lokalita Handlová-Baňa)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

V rokoch 2022 a 2023 bolo na lokalite realizované jedno meranie mikromorfologických zmien. Prehľad termínov meraní za uvedené dva roky je v tab. 4.17.1.

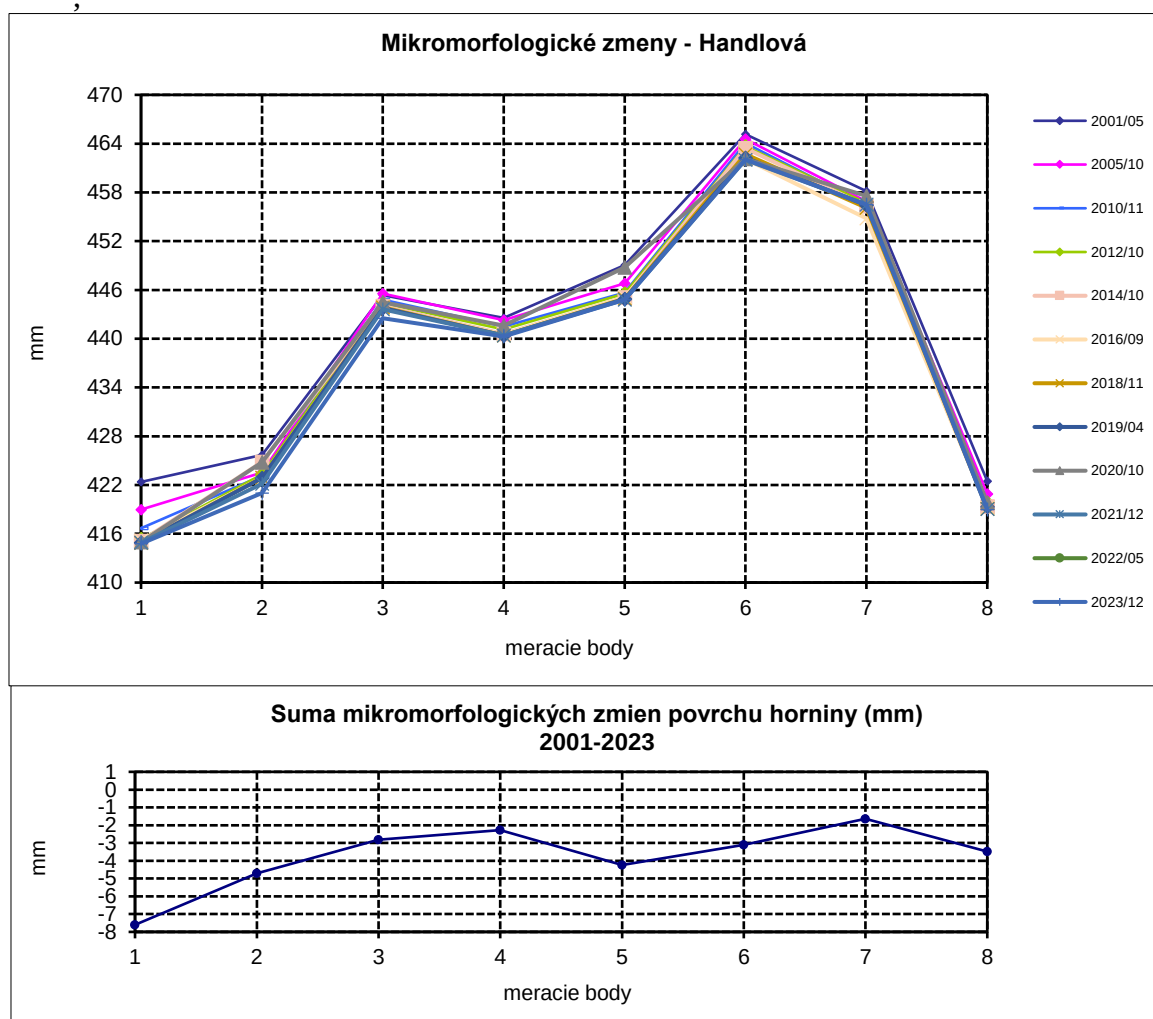
Tab. 4.17.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Baňa v rokoch 2022 a 2023.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	8	1 Stanovište MZ	1 (27. máj)	1 (28. december)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania boli v roku 2022 realizované 27. mája a 28. decembra v roku 2023. Vo všetkých bodoch boli zaznamenané pomerne nevýrazné ročné zmeny v konfigurácii meraného profilu (číslovanie bodov je vždy zľava od 1 do 8 pri orientácii čelom k masívu), pričom došlo zrejme vplyvom špecifických klimatických podmienok k „prírastku“ horninového masívu – priemerne +0,16 mm za 19 mesiacov, s minimálnou hodnotou -0,56 mm v bode 3 a s maximálnou hodnotou +0,90 mm v bode 2 (obr. 4.17.2). Priemerný ústup masívu za celé monitorované obdobie (20 rokov) predstavuje -3,73 mm. Z obr. 4.17.2 vyplýva, že v rámci celého sledovaného profilu je ústup masívu relatívne rovnomerný v rozpätí <-1,64 mm až -4,70 mm>, iba v bode 1 dosiahol ústup masívu hodnotu -7,60 mm.



Obr. 4.17.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2001 – 2023) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Handlová-Baňa (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 2001 – 2023).

b/ Merania zrážkových úhrnov

Informácie o zrážkových pomeroch na lokalite sú komplexne spracované pri opise lokality Handlová-Morovnianske sídlisko.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

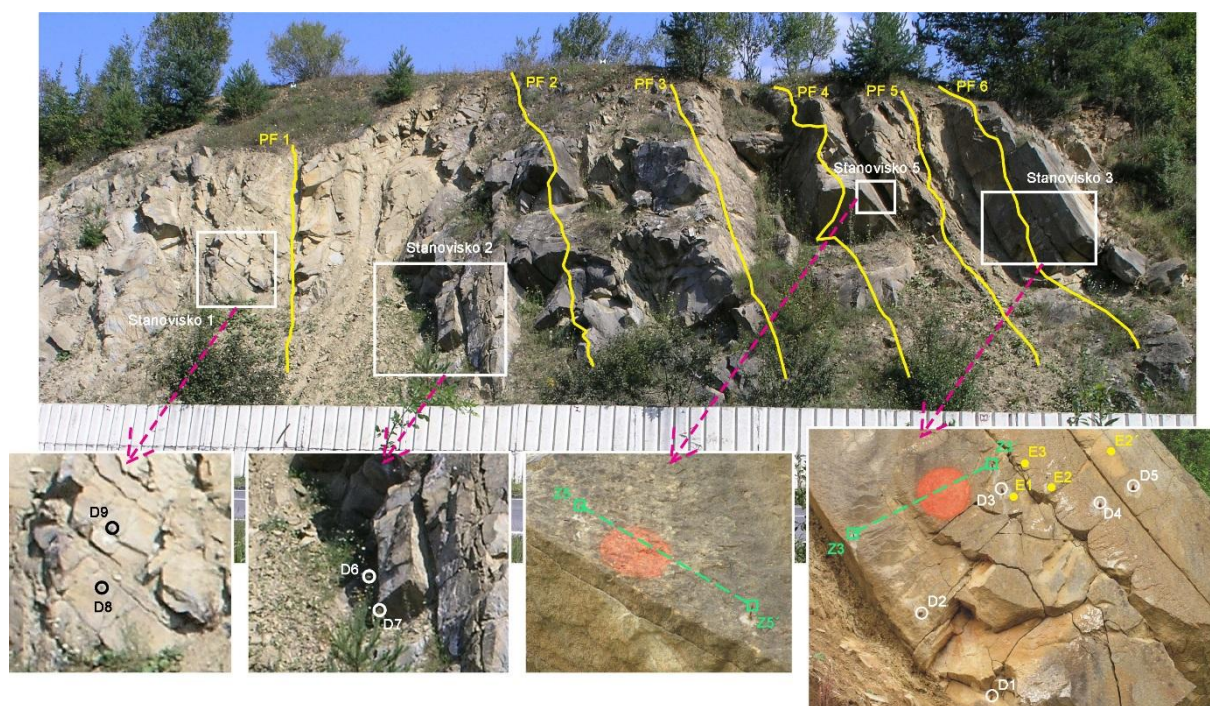
V roku 2023 v porovnaní s rokom 2022 došlo vplyvom špecifických klimatických podmienok k relatívne nepatrnej zmene správania masívu, t. j. k „pribúdaniu“ horninového masívu +0,16 mm. Aj keď uvedený odkryv bezprostredne neohrozuje žiadny objekt infraštruktúry, odporúčame pokračovať v hodnotení zvetrávania a rozvoľňovania, keďže ide o jedinú lokalitu tufov, pozorovanú v rámci monitoringu. Najbližšie meranie mikromorfologických zmien, na základe ktorého bude možné posúdiť ďalší vývoj procesu zvetrávania, bude realizované v roku 2024.

1.4.18. Lokalita Demjata

Stručná charakteristika lokality

Zárez cesty 1. triedy Prešov – Bardejov č. 5/15 sa nachádza cca 700 m severne od obce Demjata. Vytvorený bol začiatkom deväťdesiatych rokov v prostredí paleogénneho flyšového súvrstvia. Vzhľadom na intenzívne rozvolňovanie vyšších partií zárezu dochádzalo k ohrozeniu premávky na ceste. Z tohto dôvodu bol vybudovaný záchytný múr s výškou cca 2 m. Priestor medzi múrom a svahom sa už vo viacerých miestach prakticky zaplnil úlomkami horniny a bloky väčších rozmerov, uvoľnené z vyšších častí svahu, sa môžu zrútiť priamo na cestnú komunikáciu.

Monitorovacie pozorovania, sústredené na južnú časť východnej steny zárezu, sa na lokalite vykonávali metódami fotogrametrie od roku 1995. Od roku 2000 sa rozsah meraní rozšíril o dilatometrické pozorovania vo vybraných úsekoch monitorovanej steny zárezu a obnovili sa i merania mikromorfologických zmien skalnej steny (obr. 4.18.1). V súčasnosti je aplikácia fotogrametrických metód monitorovania pozastavená. Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia (napr. Iglárová et al., 2011).



Obr. 4.18.1. Rozmiestnenie pozorovaných profilov a bodov na monitorovanom úseku zárezu cesty pri obci Demjata. PF1 až PF6 – profily pre stereofotogrametrické merania; Stanovište 1: pozorovacie body D8 a D9 pre merania meradlom posuvov; Stanovište 2: zrútené; Stanovište 3: pozorovacie body E1, E2, E3 a E2' pre merania dilatometrom Somet; pozorovacie body D1, D2, D3, D4 a D5 pre merania meradlom posuvov, body Z3 a Z3' na upevnenie meradla mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny; Stanovište 4 (pozorovacie body E4 a E5): nachádza sa na protiláhlej stene skalného zárezu; Stanovište 5: body Z5 a Z5' na upevnenie meradla mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2022 a 2023, sú zhrnuté v tab. 4.18.1.

Tab. 4.18.1. *Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Demjata v rokoch 2022 a 2023*

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Dilatometrické merania: – Dilatometer Somet	6	E1, E2, E3, E2', E4, E5	1 (28.júl)	1 (30.jún)
Mikromorfológické zmeny povrchu horniny (MZ)	16	2 stanovištia MZ	1 (30. jún)	1 (30. jún)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Kapušany (59220)	Mesačné úhrny zrážok	
Meranie počtu mrazových dní	2	Stanice SHMÚ Bardejov (11962), Prešov-vojsko (11955)	Počet dní s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Dilatometrické merania

a1/ Dilatometer Somet

Merania sa vykonávajú na stanovišti č. 3 (obr. 4.18.1), kde sú na troch výrazných lavicovitých blokoch inštalované štyri meracie body – E1 (prvý blok), E2, E3 (druhý blok) a E2' (tretí blok). Body E1, E2 a E3 sú inštalované pre meradlo dĺžky 25 cm a vzdialenosť bodov E1 – E2' je pre meradlo dĺžky 70 cm. Stanovište č. 4 (body E4 a E5) sa nachádzalo na opačnej stene zárezu cesty, v roku 2020 bolo zistené poškodenie meracieho bodu E4 v tomto profile a ukončené pozorovanie rozvoľňovania horninových blokov.

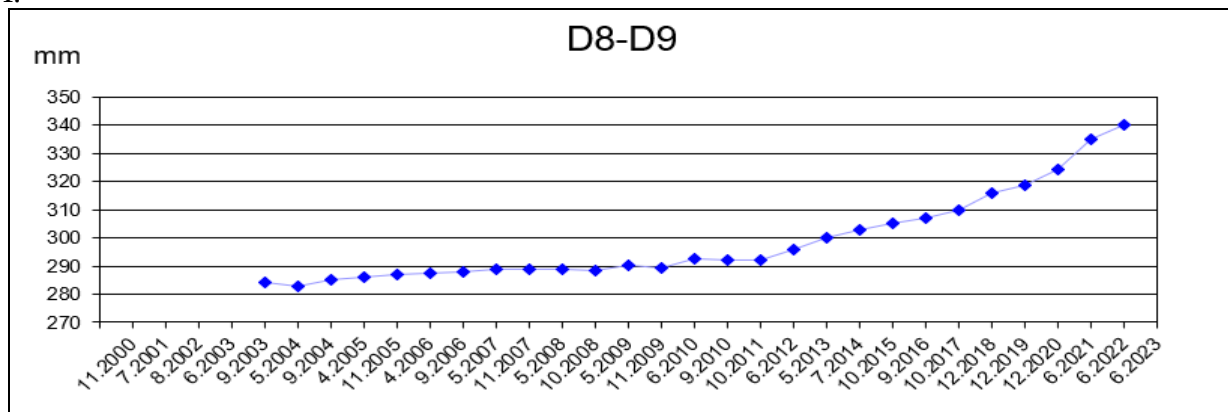
Na stanovišti č. 3 pokračoval v roku 2023 pohyb dvoch na sebe uložených skalných lavíc v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu.

V roku 2023 sa posun okrajovej vrchnej lavice zintenzívnil, pozorovaný bol posun lavice o 0,43 mm (profil E1 – E2'). V monitorovacom cykle 2022 posuny okrajovej lavice stagnovali, pozorované bolo nepatrné zmenšenie rozvoľňovania o 0,05 mm, v predchádzajúcom roku 2021 bol zaznamenaný posun o 0,143 mm. V rokoch 2016 až 2020 boli monitorované posuny tejto lavice intenzívnejšie a takmer kontinuálne v rozsahu od 0,5508 mm do 0,4367 mm za rok. Pohyb okrajovej lavice zaznamenaný v roku 2023 dokladuje návrat k dlhodobému trendu jej postupného uvoľňovania.

V podloží okrajovej lavice bolo v roku 2023 pozorované taktiež zvýšenie intenzity rozvoľňovania na oboch profiloch E1 – E2 aj E1 – E3. Na profile E1 – E2 bol zaznamenaný posun podložnej lavice o 0,342 mm. V predchádzajúcom roku 2022 prišlo k zmenšeniu rozvoľňovania na tomto profile o 0,157 mm. Naopak v roku 2021 bolo zaznamenané zintenzívnenie posunov podložnej lavice priamo pod okrajovou horninovou lavicou o 0,220 mm.

Na profile E1 – E3 bol v roku 2023 taktiež zaznamenaný pohyb – rozvoľnenie podložnej horninovej lavice o 0,297 mm. V roku 2022 pohyb stagnoval resp. pozorované bolo nepatrné uvoľnenie lavicového bloku o 0,042 mm. V predchádzajúcom monitorovacom cykle roku 2021 veľkosť profilu E1 – E3 stagnovala, resp. bolo zaznamenané nepatrné zmenšenie rozvoľňovania o hodnotu 0,083 mm.

A:



B:



Obr. 4.18.2. Výsledky dlhodobého merania posuvu blokov na lokalite Demjata; A – meradlom posuvov, B – dilatometrom Somet. Grafy s korekciou nameraných hodnôt zohľadňujú zmeny podmienok a techniky merania (označené príponou kor. – údaje v nich sú upravované v závislosti od hodnoty nameranej vzdialenosti medzi bodmi E2-E3, situovanými na jednom samostatnom horninovom bloku).

a2/ Meradlo posuvov

Monitorovacie body pre meranie meradlom posuvov sú na každom zo stanovišť inštalované tak, aby zachytávali posuv blokov, oddelených výraznou diskontinuitou. Na stanovišti č. 1 so zabudovanými meracími bodmi D8 a D9 sa v roku 2023 uvoľnil horninový blok v skalnom masíve a monitorovanie je ukončené. Skalný blok, na ktorom bol umiestnený bod stanovišťa č. 2, sa zrútil v roku 2006. Na stanovišti č. 3 sú meracie body D1, D2, D3, D4 a D5 inštalované na zhodnom stanovišti ako monitorovacie body merané dilatometrom Somet. Meradlo posunov je vhodné používať predovšetkým v prostredí intenzívnejšieho rozvoľňovania skalných blokov. Vzhľadom na výsledky meraní, vykazujúce menšiu presnosť tejto metódy oproti meraniam získaných dilatometrom Somet, nie sú merania pohybu rozvoľnených skalných blokov zistené meradlom posuvov od roku 2020 vyhodnocované.

Na stanovišti č. 1 pretrvával do roku 2023 nezvratný trend uvoľňovania skalného bloku, cestná premávka však ohrozená nebola. Zvýšená intenzita pohybov bola zaznamenaná v tomto profile od roku 2012. V roku 2022 bolo zaznamenané medzi bodmi D8 – D9 rozvoľnenie diskontinuity o 4,998 mm. V predchádzajúcom roku 2021 sa puklina rozšírila o 10,88 mm (obr. 4.18.2). V roku 2023 sa zo skalného masívu uvoľnil a vypadol horninový blok s inštalovaným meracím trňom D9. Monitorovacie merania na profile D8 – D9 sú od roku 2023 ukončené a už nie je možné ich v nasledujúcich obdobiach vykonávať.

b/ Merania mikromorfologických zmien

Monitorovanie mikromorfologických zmien sa začalo v roku 1995, avšak v dôsledku skalného zrútenia v roku 1999 došlo k zničeniu profilu. Merania boli obnovené až v roku 2007 na dvoch profiloch (stanovište 3 s bodmi Z3 a Z3' a stanovište 5 s okrajovými bodmi Z5 a Z5' – obr. 4.18.3). Dňa 29. júna 2023 bolo pri obhliadke stanovišťa 5 konštatované jeho poškodenie (poškodené osadzovacie trne); z toho dôvodu nebolo možné meranie zrealizovať a stanovište 5 je z plánu monitoringu vyradené.

Meraniami bolo v profile 3 zaznamenané celkové priemerné „pribúdanie“ masívu +0,65 mm (obr. 4.18.3). V porovnaní s meraním v roku 2022 bolo v profile 3 zaznamenané „pribúdanie“ masívu +1,8 mm, a teda je zrejmé, že v dohľadnej budúcnosti dôjde v dôsledku zvetrávania k vypadnutiu úlomku v oblasti bodov 1 až 4. Najbližšie meranie je plánované na rok 2024.

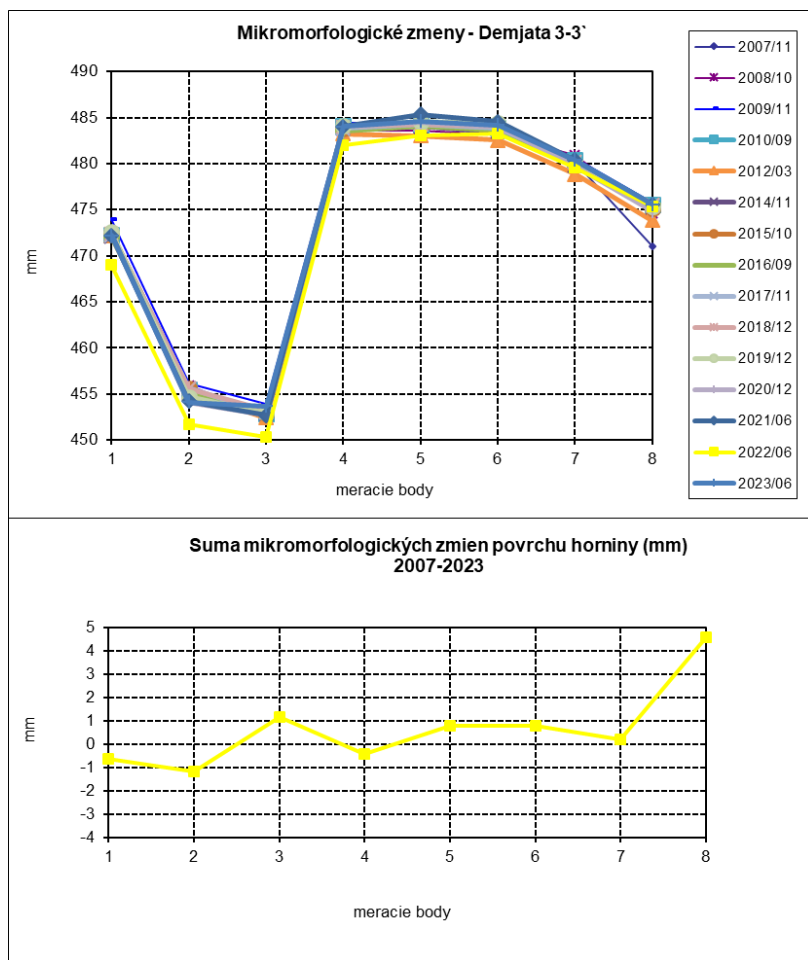
c/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Kapušany (indikatív 59220) v roku 2022 dosiahol hodnotu 490,8 mm. V roku 2023 úhrn zrážok stúpol na 780,7 mm.

Priemerný počet mrazových dní za zimné obdobia rokov 2000/2001 až 2007/2008 je na stanici Bardejov (indikatív 11962) 113,5 a na stanici Prešov-vojsko (indikatív 11955) za rovnaké obdobie 120,13.

V zimnom období 2021/2022 bol počet mrazových dní 132 t. j. 116,3 % dlhodobého priemeru (stanica Bardejov) a počet mrazových dní na stanici Prešov-vojsko bol 103, t. j. 85,7 % dlhodobého priemeru.

V zime 2022/2023 bol počet mrazových dní na stanici Bardejov 98 (86,34 % dlhodobého priemeru) a na stanici Prešov-vojsko 92 dní (76,58 % dlhodobého priemeru).



Obr. 4.18.3. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 – 2023) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Demjata v profile 3 – 3'.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Selektívne zvetrávanie a rozvoľňovanie masívu pokračuje, o čom svedčia výsledky časového radu dilatometrických pozorovaní. Dilatometrické merania preukázali pokračujúci trend uvoľňovania okrajových skalných blokov v južnej časti pravostranného zárezu cesty z Demjaty do Raslavič. Zistená intenzita rozvoľňovania skalných blokov zatiaľ nevyžaduje opatrenia na zaistenie bezpečnosti premávky. Navyše, v roku 2020 boli rekonštruované záchytné múry na oboch stranách komunikácie, pričom ako doplnujúce sanačné opatrenie boli vybudované záchytné siete na venci záchytného múru.

Na posúdenie aktuálneho stabilného stavu skalného svahu je potrebné pokračovať v dilatometrických meraniach. Z vyššie uvedeného sa ako efektívna voľba javí zotrvať aj v roku 2024 pri relatívnom pozorovaní zmien v rámci masívu, a to predovšetkým dilatometriou typu Somet, doplnenou o informácie meraní mikromorfologických zmien skalnej steny.

V rámci meraní mikromorfologických zmien povrchu masívu bolo dňa 29. júna 2023 pri obhliadke stanovišťa 5 konštatované jeho poškodenie (poškodené osadzovacie trne); z toho dôvodu nebolo možné meranie zrealizovať a stanovište 5 je z plánu monitoringu odvtedy vyradené.

1.4.19. Lokalita Bratislava-Železná studnička

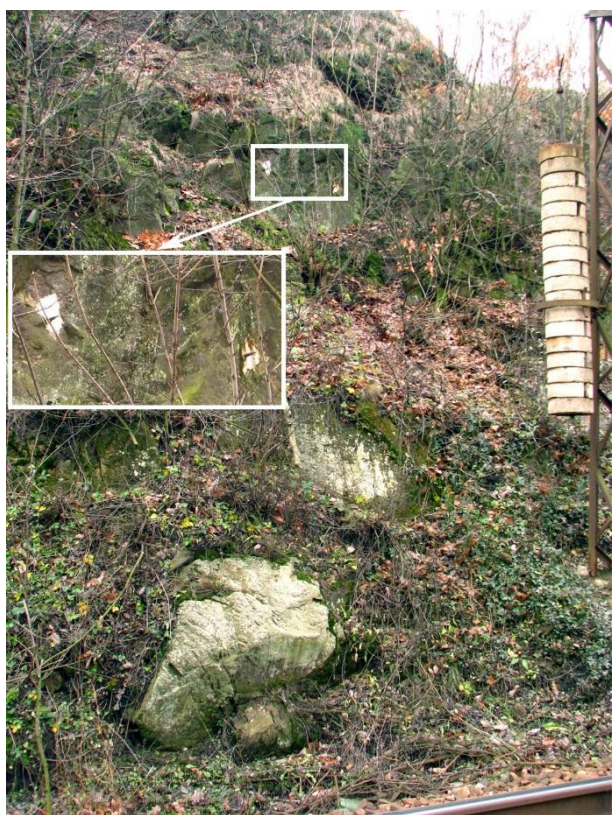
Stručná charakteristika lokality

Lokalita je situovaná v záreze železnice približne 120 m západne od staničnej budovy železničnej zastávky Bratislava-Železná studnička.

Železničný zárez vybudovaný v granodioritoch bratislavského masívu (obr. 4.19.1) má dĺžku cca 150 m a tvar písmena V so svahmi orientovanými na sever a na juh. Sklon svahov sa pohybuje od 50 do 70°.

Na geologickej stavbe okolia lokality sa podieľajú neskoroorogénne jemno- až strednozrnné biotitické a dvojsľudné granodiority bratislavského masívu.

Vzhľadom na selektívne zvetrávanie heterogénnych granitoidných hornín a oslabovanie väzieb medzi skalnými blokmi môže dôjsť k ich uvoľňovaniu a ohrozeniu premávky na frekventovanej železničnej trati.



Obr. 4.19.1. Skalná stena železničného zárezu pri stanici Bratislava-Železná studnička, na ktorej sa vykonáva meranie mikromorfologických zmien povrchu (s detailom umiestnenia meradla morfologických zmien).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

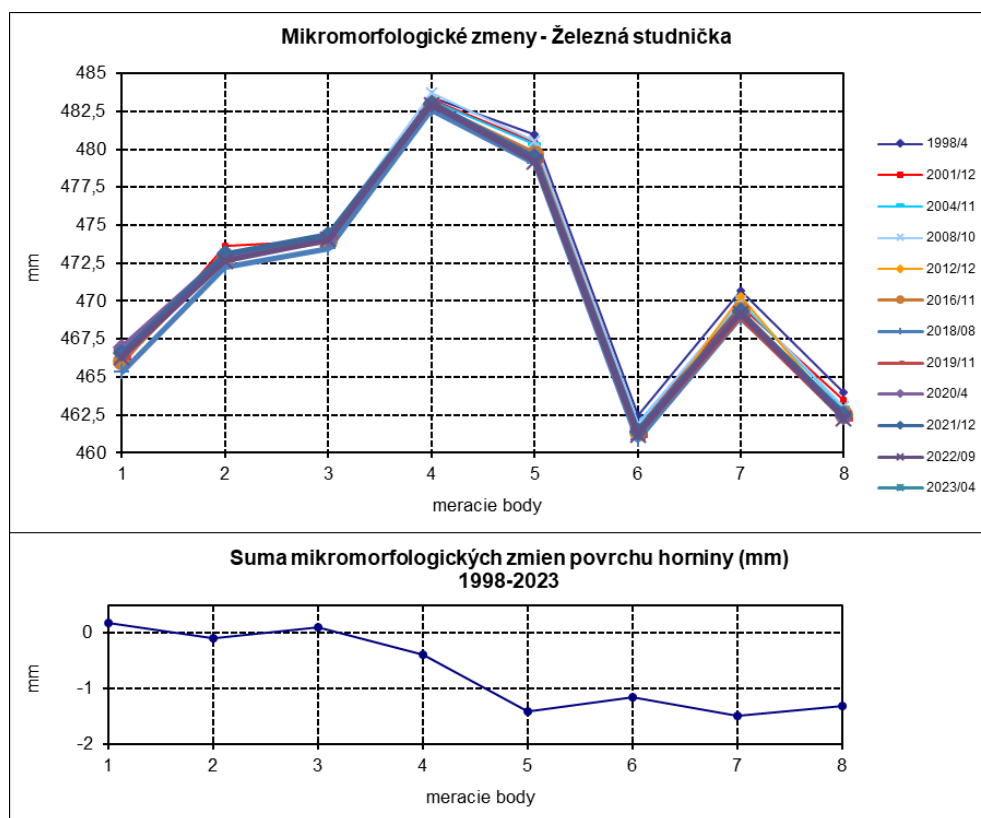
V rokoch 2022 a 2023 bol zabezpečený zber klimatologických faktorov – zrážkové úhrny, teploty vzduchu, a najmä počty mrazových dní. Monitorovacie aktivity, realizované na lokalite v rokoch 2022 a 2023 sú zhrnuté v tab. 4.19.1.

Tab. 4.19.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bratislava-Železná studnička v rokoch 2022 až 2023

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Mikromorfológické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 (28. september)	1 (21. apríl)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080)	Denné úhrny zrážok	
Meranie Počtu mrazových dní	2	Stanice SHMÚ: Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) Bratislava-Koliba (indikatív 11813)	Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfológických zmien



Obr. 4.19.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1998 – 2022) mikromorfológických zmien povrchu odkryvu na lokalite Bratislava-Železná studnička (spodný graf: suma mikromorfológických zmien povrchu horniny za obdobie 1998 – 2022).

V roku 2022 aj v roku 2023 sa uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu granitoidov so severnou orientáciou pomocou meradla mikromorfológických zmien. Celkový priemerný ústup masívu za 25 rokov sledovania dosiahol -0,70 mm; priemerný ročný úbytok za sledované obdobie je -0,0293 mm, pričom výraznejší úbytok, presahujúci -1,16 mm, je charakteristický

pre body 5 až 8 (obr. 4.19.2). Porovnanie medzi rokmi 2022 a 2023 (rozdiel medzi termínmi realizácie terénnych meraní je cca 7 mesiacov) poukazuje na relatívne pribúdanie masívu s priemernou hodnotou +0,2375 mm.

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080) v roku 2022 dosiahol 496,0 mm a v roku 2023 827,3 mm.

Počet mrazových dní zaznamenaných na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) v roku 2021 nebol stanovený, merania na stanici boli prerušené počas decembra. V roku 2022/2023 dosiahol počet mrazových dní 38.

Na stanici SHMÚ Bratislava-Koliba (indikatív 11813) bolo počas zimy 2021/2022 zaznamenaných 70 mrazových dní a počas zimy 2022/2023 ich počet klesol na 42 dní.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Procesy zvetrávania a rozvoľňovania skalnej steny sa v prostredí granitoidných hornín prejavujú menej intenzívne (o čom svedčia i namerané hodnoty zmeny konfigurácie masívu), zato však pomerne rovnomerne, ako vyplýva z grafu na obr. 4.19.2. V roku 2024 budeme pokračovať v sledovaní rozvoja procesu zvetrávania s nezmenenou frekvenciou.

1.4.20. Lokalita Pezinská Baba

Stručná charakteristika lokality

Lokalita sa nachádza vo svahu asi 1200 m západne od horského sedla Baba smerom na obec Pernek. Predmetom monitoringu je odrez cesty II. triedy č. 503 spájajúcej Pezinok so Záhorím. Sledovaný odrez má nepravidelný tvar, výška hrany svahu dosahuje miestami až 10 m.

Na geologickej stavbe okolia lokality sa podieľajú biotitické svorové ruly a pararuly v rozličnom stupni zvetrania – od slabo zvetraných hornín cez silno zvetrané až po regolit. Uvedené horniny vznikli v dôsledku kontaktnej metamorfózy pôvodných psamitických a pelitických sedimentov. Textúry sú výrazne bridličnaté, usmernené a páskované, čo podmieňuje výraznú anizotropiu inžinierskogeologických vlastností a takisto pomerne rýchle procesy zvetrávania a uvoľňovania skalných úlomkov až blokov (Polák et al., 2012).

Na lokalite sú v súčasnosti funkčné dve stanovišťa na meranie mikromorfologických zmien – stanovište 2 a stanovište 3 (obr. 4.20.1).



Obr. 4.20.1. Situovanie stanovišť 2 a 3 na lokalite Pezinská Baba na meranie mikromorfologických zmien povrchu horniny na svahu odrezu cesty

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Podobne ako i v prípade ostatných lokalít, na ktorých sú monitorovacie aktivity zamerané predovšetkým na merania mikromorfologických zmien, boli posledné merania realizované v roku 2022, ako aj v roku 2023 (1 termín merania v roku 2022 a 1 termín merania v roku 2023, tab. 4.20.1). V oboch rokoch bola pozornosť venovaná zberu a analýze klimatologických ukazovateľov. Súhrnný prehľad monitorovacích aktivít, realizovaných v rokoch 2022 a 2023, je zhrnutý v tab. 4.20.1.

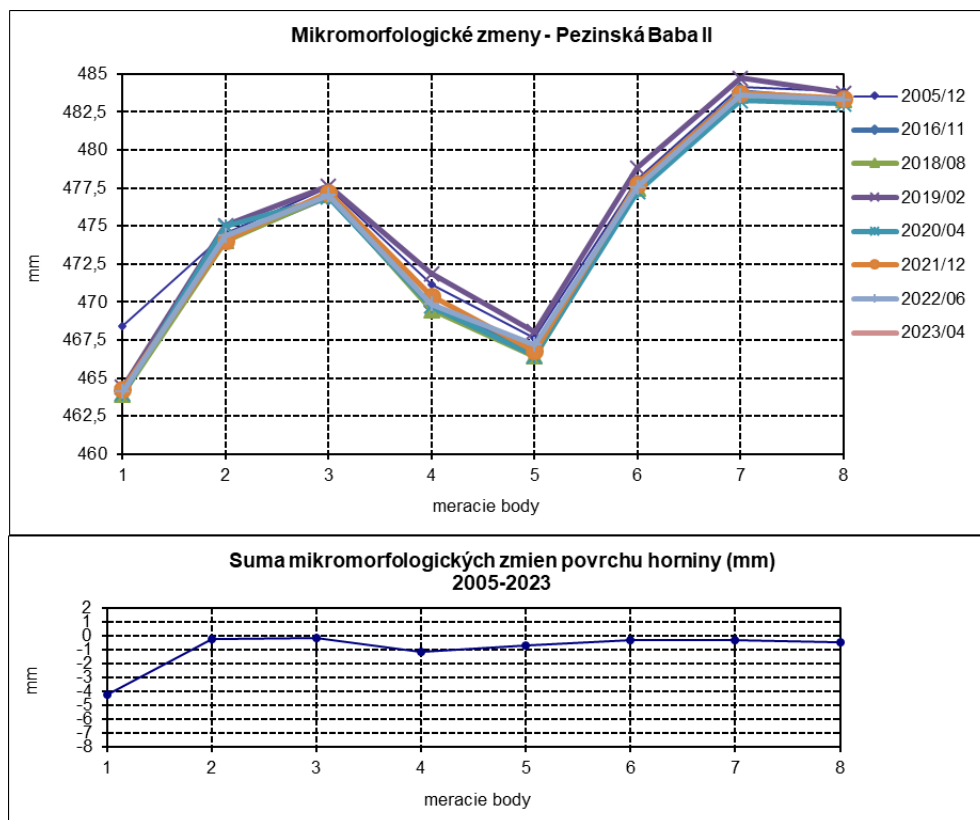
Tab. 4.20.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Pezinská Baba v rokoch 2022 a 2023

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2022	Rok 2023
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	16	2 stanovišťa MZ	1 (2. jún)	1 (20. apríl)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Pernek (indikatív 16180)	Denné úhrny zrážok	
Meranie počtu mrazových dní	1	Stanica SHMÚ: Modra-Piesok (indikatív 11833)	Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

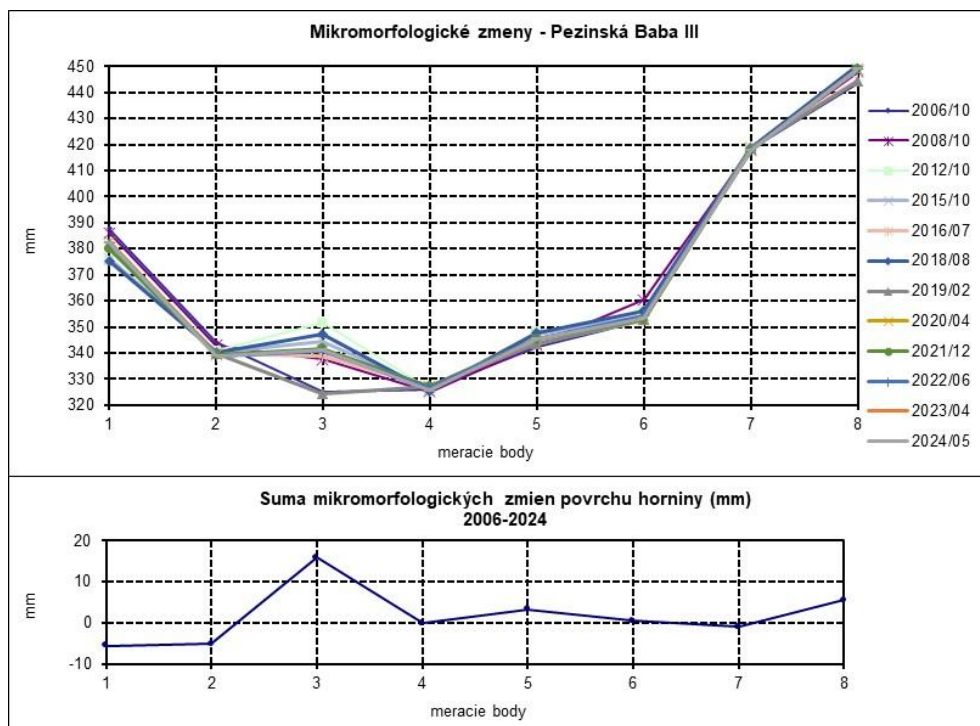
V rokoch 2022 a 2023 sa uskutočnil vždy jeden cyklus meraní zmien povrchu skalnej steny pomocou merača mikromorfologických zmien na profiloch II a III.



Obr. 4.20.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2005 – 2023) mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny na lokalite Pezinská Baba, profil II (stanovište 2). Spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 2005 – 2023.

Na profile II (obr. 4.20.2) bolo v roku 2023 v porovnaní s rokom 2022 zaznamenané „pribúdanie“ horninového masívu (priemerne +0,1175 mm; $x_{\min} = -0,24$ mm, $x_{\max} = +0,28$ mm). Tento vývoj signalizuje odlúpnutie časti masívu v blízkej budúcnosti (vplyvom klimatických faktorov) pozdĺž plôch bridličnatosti. Priemerná hodnota ročného úbytku za celé sledované obdobie (18 rokov) predstavuje -0,0514 mm. Celkový priemerný úbytok na profile II je -0,925 mm.

V porovnaní s rokom 2022 nebola zaznamenaná výraznejšia zmena v konfigurácii profilu III (obr. 4.20.3). V bode 3 toho profilu sme zaznamenali výrazný prírastok masívu +0,36 mm. V rámci celého profilu III tak priemerná hodnota prírastku masívu v perióde 2022 – 2023 dosiahla +0,1175 mm. Priemerný prírastok za celé monitorované obdobie (17 rokov) dosiahol hodnotu +1,69 mm; priemerný ročný prírastok bol +0,099 mm. Za 17 rokov možno konštatovať na tomto profile periodické obdobia prírastkov, striedajúce sa s obdobiami ústupu masívu. Základný mechanizmus je cyklické zamŕzanie meteorickej vody prenikajúcej pozdĺž plôch bridličnatosti do masívu s logickou zmenou jej objemu a následným odlúpním najexponovanejšej časti masívu.



Obr. 4.20.3. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2006 – 2023) mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny na lokalite Pezinská Baba, profil III (stanovište 3). Spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 2006 – 2023.

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050) v roku 2022 dosiahol 617,1 mm. V roku 2023 stúpol zrážkový úhrn na uvedenej stanici na hodnotu 998,1 mm.

Počet mrazových dní v zime 2021/2022 bol 90 (stanica Modra-Piesok, indikatív 11833) a v zimnom období 2022/2023 ich počet klesol na 49.

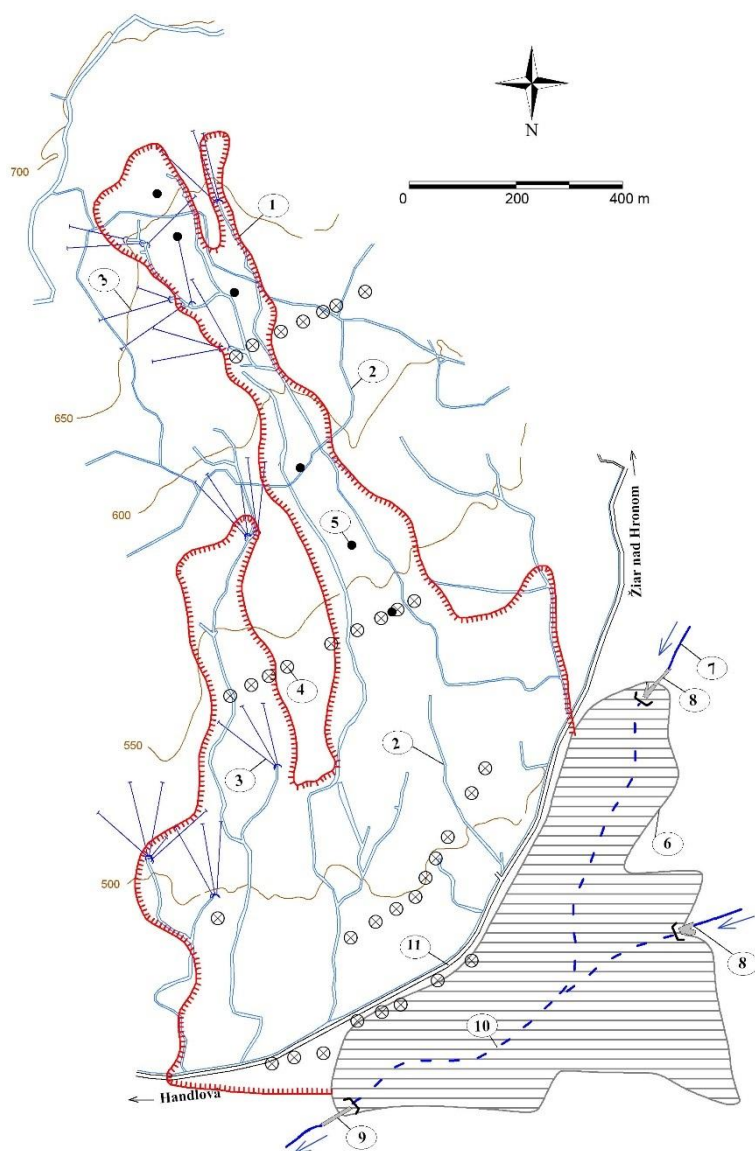
Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Vzhľadom na priamy kontakt skalnej steny odrezu s frekventovanou cestnou komunikáciou, ktorá je na viacerých úsekoch postihnutá aj zosúvaním, považujeme za potrebné v roku 2024 pokračovať v monitorovacích pozorovaniach. O oprávnenosti monitoringu svedčí aj skutočnosť, že výsledky monitorovania mikromorfologických zmien boli použité v rámci inžinierskogeologického prieskumu štátnej cesty II. triedy č. 503, ohrozenej svahovými deformáciami a opadávaním skál (Polák et al., 2012). V uvedenom úseku cesty správca cestnej komunikácie pravidelne v jarnom období odstraňuje úlomky a častokrát i celé bloky, ktoré padajú na cestnú komunikáciu a ohrozujú dopravu.

1.4.21. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp

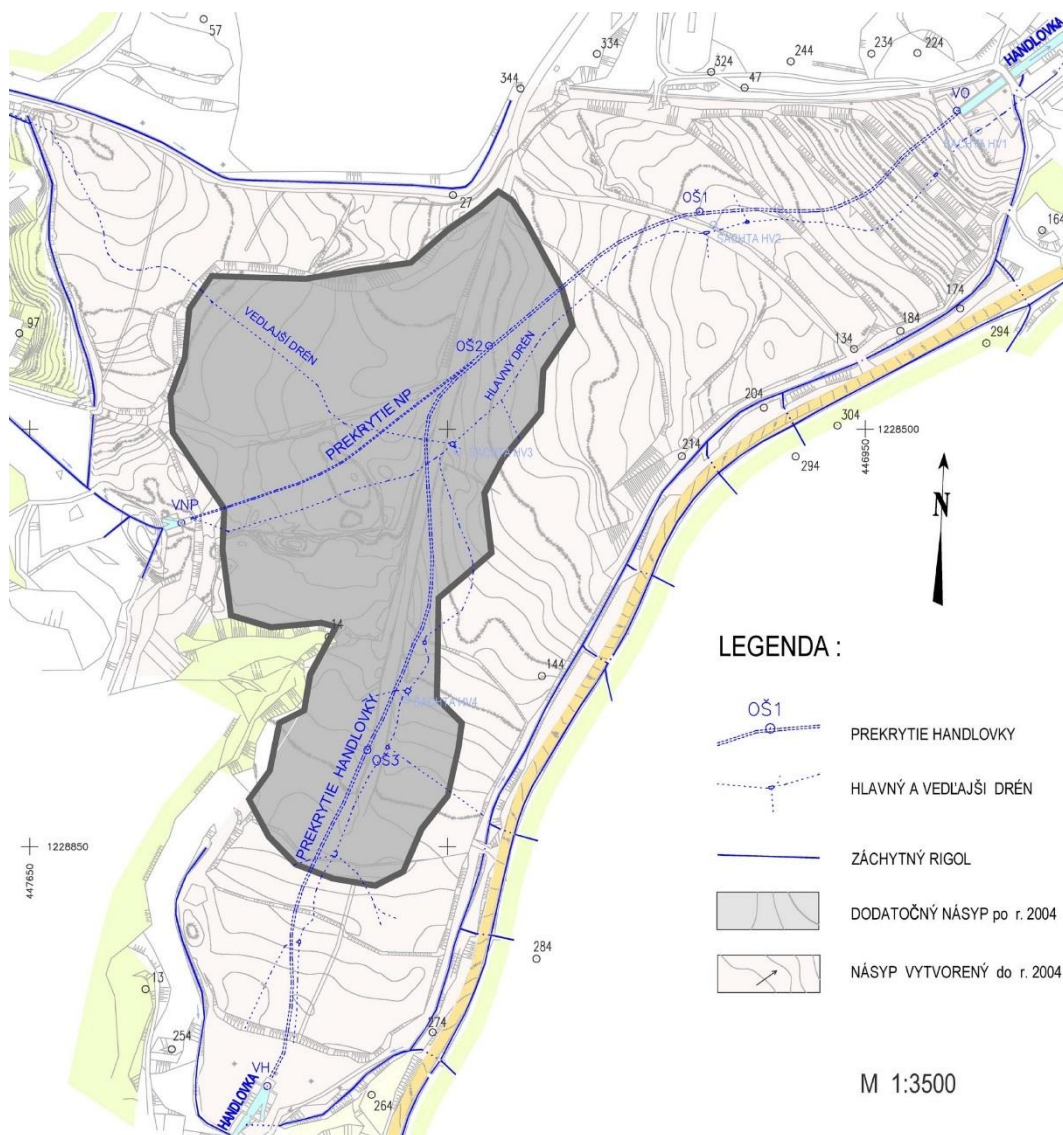
Stručná charakteristika lokality

Po katastrofálnom zosuve na východnom svahu rieky Handlovky, ktorý vznikol v decembri 1960 a viackrát sa aktivizoval a po preukázaní nestability ďalších úsekov svahov na obidvoch brehoch Handlovky, vznikla nutnosť stabilizácie celého územia v priestore pod Svetlým vrchom. Ako najvhodnejšie opatrenie bola vybraná realizácia Stabilizačného násypu, ktorý sa po preložení vôd Handlovky a Nepomenovaného potoka do potrubia začal navážať banskou hlušinou, ktorá vznikala ťažbou v bani Handlová. Stabilizačný násyp (SN) rozopiera obidva zosuvné svahy a má stabilizačný účinok na prevádzku Európskej cesty E572, spájajúcu Handlovú so Žiarom nad Hronom (obr. 4.21.1), i bezpečnosť individuálnej bytovej zástavby v najbližšom okolí.



Obr. 4.21.1. Situovanie Stabilizačného násypu v Handlovej na úpätí svahu katastrofálneho zosuvu z roku 1960 (Hagara et al., 2015). 1 – morfológické ohraničenie katastrofálneho zosuvu, 2 – povrchové odvodňovacie rigoly, 3 – horizontálne odvodňovacie vrty, 4 – geodetické body, 5 – inklinometrické vrty, 6 – ohraničenie telesa Stabilizačného násypu, 7 – tok rieky Handlovky, 8 – vtokové objekty Handlovky a Nepomenovaného potoka (na južnom a západnom okraji Stabilizačného násypu), 9 – výtokový objekt, 10 – umiestnenie toku Handlovky a Nepomenovaného potoka do ocelového potrubia, prekrytého Stabilizačným násypom, 11 – cesta E572 medzi Handlovou a Žiarom nad Hronom.

Materiál vlastného Stabilizačného násypu pozostáva z nehomogénnych, veľmi rôznorodých navážok. Ide prevažne o íly s premenlivým obsahom pevných úlomkov vulkanických hornín, menej pieskovcov a zlepcov. Hrúbka navážok závisí od konfigurácie telesa násypu; maximálna je v mieste pôvodného koryta Handlovky a vzhľadom na pokračujúce ukladanie materiálu sa postupne zväčšuje (obr. 4.21.2). Žiaľ, v období deponovania dochádzalo i k nekoordinovanému ukladaniu rôznych nevhodných materiálov v rôznych častiach násypu.



Obr. 4.21.2. Stav dosypávania Stabilizačného násypu v Handlovej po roku 2004 (Hagara et al., 2015).

V podloží materiálu navážok sa sporadicky a okrajovo nachádzajú pôvodné deluviálne, fluviálne, prípadne proluviálne sedimenty a pozdĺž celého toku Handlovky a Nepomenovaného potoka sú to hlavne zosuvné delúviá rôzneho veku a litologického charakteru (Mokrá et al., 2004). Kvartérne sedimenty a zosuvné delúviá dosahujú v pozdĺžnom smere celého SN hrúbku 8 až 14 m. Podložné horniny paleogénneho veku majú charakter flyšoidných súvrství – striedajúcich sa ílovcov, prachovcov a slieňovcov. Nachádzajú sa priamo pod navážkami SN alebo pod kvartérnymi sedimentmi.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2022 a 2023

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2022 a 2023 na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, sú zhrnuté v tab. 4.21.1.

Tab. 4.21.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v rokoch 2022 a 2023

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2022	2023
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	25	H-1, H-2, H-3, H-5, H-7, IN-1, IN-3A, IN-4, INV-4, M-1, M-2, M-3, N-1, N-2, N-3, N-4, NV-110, NV-111, NV-112, PV-107, PV-109, PV-111, PV-112, PV-14, PV-4	52 (1x za týždeň)	52 (1x za týždeň)
Meranie výdatnosti odvodňovacieho zariadenia	1	Hlavný drén	52 (1x za týždeň)	Kontinuálne ² (každú hodinu)
Obhliadky objektov SN	5	Vtokový objekt na Handlovke, Výtokový objekt Handlovky, Vtokový objekt Nepomenovaného potoka, Haldovanie materiálu na SN, Povrchové odvodňovacie rigoly Handlovského zosuvu	12 ¹ (1x za mesiac)	12 ¹ (1x za mesiac)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

¹ – výsledky obhliadok sú v mesačných intervaloch predkladané organizácii, poverenej MŽP SR výkonom TBD – Vodohospodárskej výstavbe, š. p. Bratislava, ² – merania sú vykonávané vďaka automatickému prietokomeru, ktorý bol do potrubia inštalovaný v marci 2023 v rámci geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií (OP KŽP).

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2022 a 2023 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

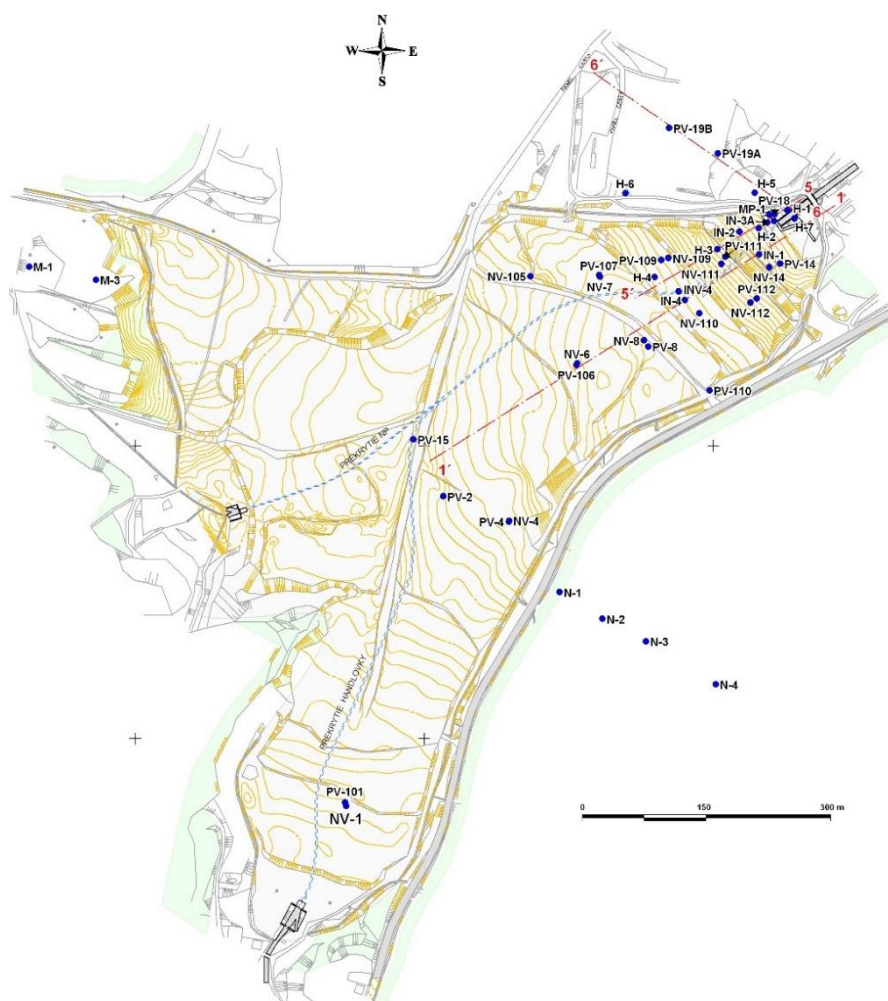
Na lokalite sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sledované v 25 monitorovacích objektoch. Situovanie objektov monitorovaných v súčasnosti, ako aj objektov, na ktorých prebiehali monitorovacie aktivity v minulosti, je znázornené na obr. 4.21.3. Počas jednotlivých hodnotených rokov boli monitorovacie merania zabezpečované v týždennom režime (tab. 4.21.2 a 4.21.3). Kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody v období hodnotených rokov, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, znázorňujú obr. 4.21.4, 4.21.5, 4.21.6, 4.21.7, 4.21.8 a 4.21.9. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody za obdobie rokov 2014 až 2023 je znázornený na obr. 4.21.10, 4.21.11, 4.21.12, 4.21.13, 4.21.14 a 4.21.15.

V roku 2022 boli režimové merania realizované od 7. januára do 29. decembra. Na základe analýzy výsledkov meraní je možné konštatovať, že v hodnotenom roku bola najvyššia hladina podzemnej vody nameraná vo vrte N-1 (0,43 m nad terénom – 18. február). Hladina vo vrte má výrazný vztlakový charakter a počas celého roka kolísala v intervale od 0,43 m nad terénom do 1,33 m pod terénom. Jej priemerná hodnota v roku 2022 dosiahla 0,42 m pod terénom.

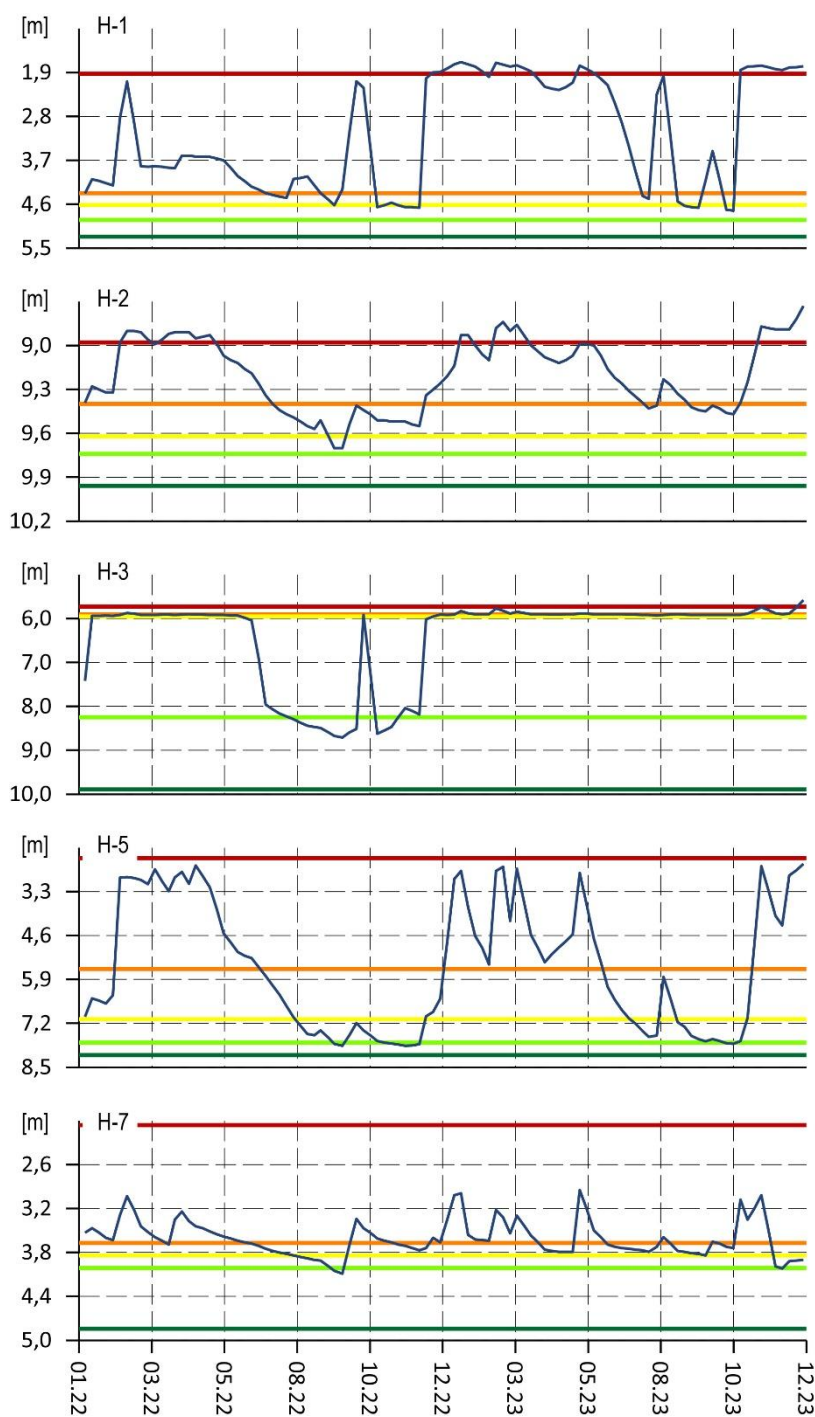
Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa vyskytovali prevažne na začiatku druhej polovice februára; zaznamenané boli počas etapového merania dňa 18. februára, a to až v 17 vrtoch. V tomto termíne vystúpila podzemná voda nad úroveň terénu aj vo vrte M-2 (0,01 m nad terénom). Jej priemerná hĺbka v roku 2022 dosiahla 1,30 m pod terénom. Do blízkosti terénu sa hladiny podzemnej vody dostali i vo vrtoch N-4, N-3 a M-3. Maximálne hladiny sa v týchto vrtoch nachádzali v intervale od 0,01 do 0,95 m pod terénom a ich výskyt

Tab. 4.21.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2022

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
H-1	52	1,89	453,00	29. 12. 2022	4,67	450,22	8. 12. 2022	3,82	451,07	2,78
H-2	52	8,90	452,57	18. 2. 2022	9,70	451,77	14. 9. 2022	9,28	452,19	0,80
H-3	52	5,87	463,93	18. 2. 2022	8,71	461,09	22. 9. 2022	6,99	462,81	2,84
H-5	52	2,53	458,31	28. 4. 2022	7,86	452,98	22. 9. 2022	5,73	455,11	5,33
H-7	52	3,03	450,95	18. 2. 2022	4,09	449,89	22. 9. 2022	3,63	450,35	1,06
IN-1	52	4,83	458,23	18. 2. 2022	7,05	456,01	22. 9. 2022	6,51	456,55	2,22
IN-3A	52	7,89	452,71	18. 2. 2022	8,59	452,01	14. 9. 2022	8,22	452,38	0,70
IN-4	52	13,21	463,87	11. 3. 2022	17,46	459,62	28. 7. 2022	14,87	462,21	4,25
INV-4	52	12,09	465,02	1. 4. 2022	13,01	464,10	22. 9. 2022	12,49	464,62	0,92
M-1	52	1,04	515,69	18. 2. 2022	5,42	511,31	14. 9. 2022	4,31	512,42	4,38
M-2	52	-0,01	539,86	18. 2. 2022	2,55	537,30	22. 9. 2022	1,30	538,55	2,56
M-3	52	0,95	506,94	18. 2. 2022	3,01	504,88	22. 9. 2022	2,14	505,75	2,06
N-1	52	-0,43	489,68	18. 2. 2022	1,33	487,92	28. 7. 2022	0,42	488,83	1,76
N-2	52	1,04	494,51	18. 2. 2022	2,79	492,76	25. 8. 2022	1,96	493,59	1,75
N-3	52	0,15	498,61	18. 2. 2022	2,67	496,09	28. 7. 2022	1,39	497,37	2,52
N-4	52	0,01	507,15	18. 2. 2022	6,11	501,05	22. 9. 2022	2,96	504,20	6,10
NV-110	52	4,17	472,90	11. 2. 2022	10,73	466,34	22. 9. 2022	6,43	470,64	6,56
NV-111	52	8,72	461,66	18. 2. 2022	9,23	461,15	14. 9. 2022	9,00	461,38	0,51
NV-112	52	10,32	460,80	4. 3. 2022	10,61	460,51	22. 9. 2022	10,44	460,68	0,29
PV-107	52	17,46	464,89	9. 6. 2022	suchý					
PV-109	52	8,42	468,62	4. 3. 2022	suchý					
PV-111	52	8,02	461,95	18. 2. 2022	8,57	461,40	14. 9. 2022	8,33	461,64	0,55
PV-112	52	11,46	458,81	18. 2. 2022	12,81	457,46	22. 9. 2022	12,11	458,16	1,35
PV-14	52	3,30	458,51	18. 2. 2022	4,54	457,27	14. 9. 2022	4,08	457,73	1,24
PV-4	52	5,49	485,49	18. 2. 2022	9,68	481,30	22. 9. 2022	9,24	481,74	4,19



Obr. 4.21.3. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp. Situovanie vrtov, určených na meranie hĺbky hladiny podzemnej vody.



Obr. 4.21.4. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2022 a 2023 vo vrtoch: H-1, H-2, H-3, H-5, H-7 (severovýchodná časť Stabilizačného násypu), so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

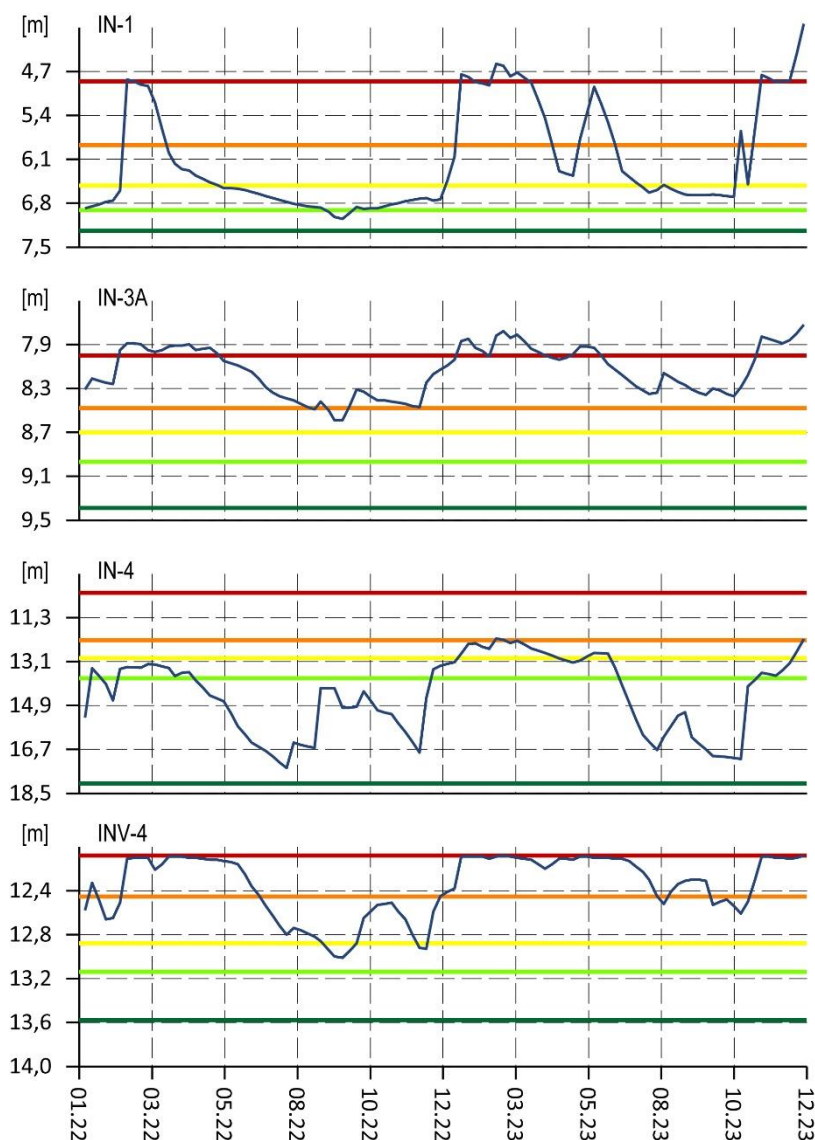
bol, podobne ako v prípade už spomenutých vrtoch, v druhej polovici februára. Pri hodnotení maximálnych stavov, možno konštatovať, že k prekročeniu, resp. dosiahnutiu dlhodobých maximálnych hladín podzemnej vody, nameraných počas monitorovaného obdobia, nedošlo.

Celkovo možno konštatovať, že v roku 2022 sa maximálne hladiny vyskytovali prevažne v zimnom období 2021/2022.

Naopak, najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody boli pozorované zväčša v septembri, a to až v 18 vrtoch. Najhlbšie hladina podzemnej vody klesla vo vrtoch IN-4 a PV-107 (17,46

– 17,67 m pod terénom). Navyiac, vrt PV-107 bol počas 21 meraní suchý. Ešte častejšie bol suchý vrt PV-109, a to až 30-krát.

Najväčšie kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané vo vrte NV-110 – 6,56 m, pričom maximálny stav v tomto vrte bol nameraný 11. februára s hodnotou 4,17 m pod terénom a minimálny 22. septembra s hodnotou 10,73 m pod terénom. Naopak, vo vrtoch PV-107, NV-112, PV-109, NV-111, PV-111, IN-3A, H-2 a INV-4 boli ročné zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody s amplitúdou menšou ako 1,0 m.

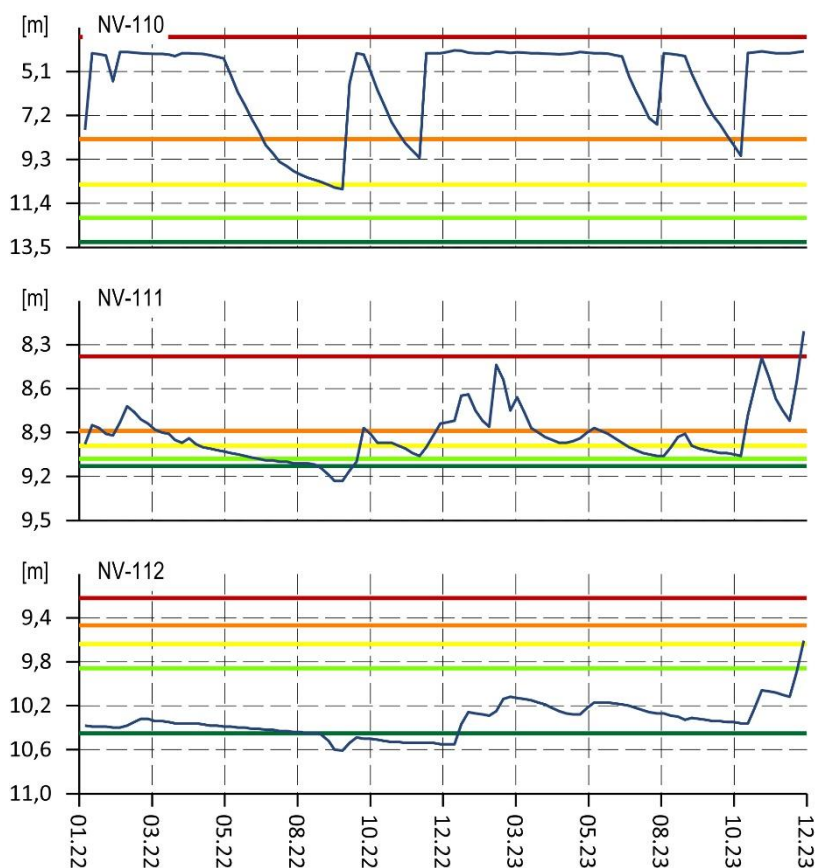


Obr. 4.21.5. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2022 a 2023 vo vrtoch: IN-1, IN-3A, IN-4, INV-4 (oblasť hrádze Stabilizačného násypu), so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

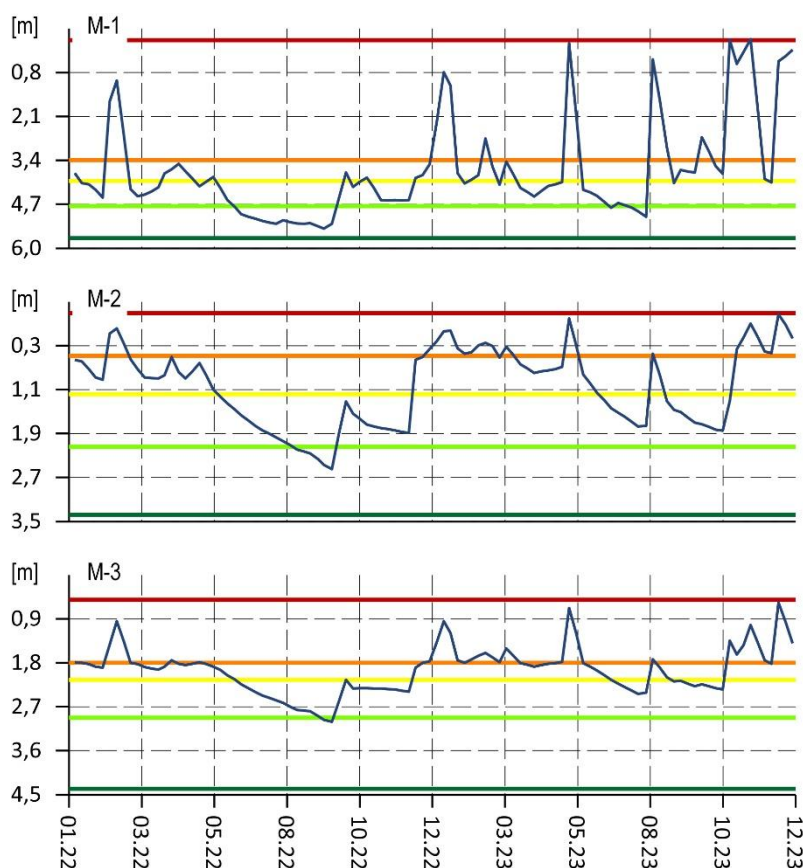
Priemerná hladina podzemnej vody odvodená v priestore Stabilizačného násypu v roku 2022 dosiahla hĺbku 6,88 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny zostup, a to o 0,26 m.

V roku 2023 prebiehali monitorovacie merania od 5. januára do 28. decembra. Počas uvedeného obdobia bola maximálna hladina podzemnej vody zaznamenaná, podobne ako i v predchádzajúcich rokoch, vo vrte N-1 (0,47 m nad terénom – 489,72 m n. m.). Tento vysoký

stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný 18. mája. Vrt sa nachádza nad cestou E572 v čele zosuvu z rokov 1960/1961. Mimoriadne vysoko, nad úroveň terénu, vystúpili hladiny podzemnej vody i vo vrtoch M-2 (0,27 m pod terénom – 540,12 m n. m.) a M-1 (0,18 m pod terénom – 516,91 m n. m.). K povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody aj vo vrtoch N-3 a N-4 (0,11 až 0,2 m pod terénom). Vrty N-3 a N-4, podobne ako vrt N-1, sa nachádzajú na pravom brehu rieky Handlovky v telese zosuvu z rokov 1960/1961. Vrty M-1 a M-2 sú situované na protihlhom svahu. Uvedené maximálne hladiny neboli zaznamenané v rovnakom termíne, ale v rôznych obdobiach roka. Vo vrte N-3 maximálna hladina podzemnej vody súvisela so zimnými zrážkami (maximálny stav bol nameraný 19. januára; na stanici SHMÚ Handlová bola v období od 1. do 19. januára pozorovaná zrážková činnosť až počas 14 dní. V tomto období spadlo 88,7 mm zrážok, pričom v mesiaci január bol nameraný úhrn 108,7 mm, čo je najvyšší mesačný úhrn januárových zrážok od roku 2008; z hľadiska hodnotenia dohodorejších zrážkových úhrnov je potrebné uviesť, že k 19. januáru dosiahol 30-denný úhrn až 101,1 mm). Januárovými meraniami boli maximálne ročné hladiny podzemnej vody overené aj vo vrtoch NV-110 (4,1 m pod terénom) a H-1 (1,69 m pod terénom). Maximálne stavy však dominovali v závere roka. Vo vrte M-1 bola najvyššia hladina podzemnej vody nameraná už v polovici novembra, následne v polovici decembra vo vrtoch N-4 a M-3, pričom celkove prevažoval kontrolný termín 28. december. Počas uvedeného merania bola maximálna hladina nameraná až 13 vrtoch (N-2, H-5, PV-14, IN-1, H-3, IN-3A, PV-109, PV-111, NV-111, H-2,



Obr. 4.21.6. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2022 a 2023 vo vrtoch: NV-110, NV-111 a NV-112 (oblasť hrádze Stabilizačného násypu), so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

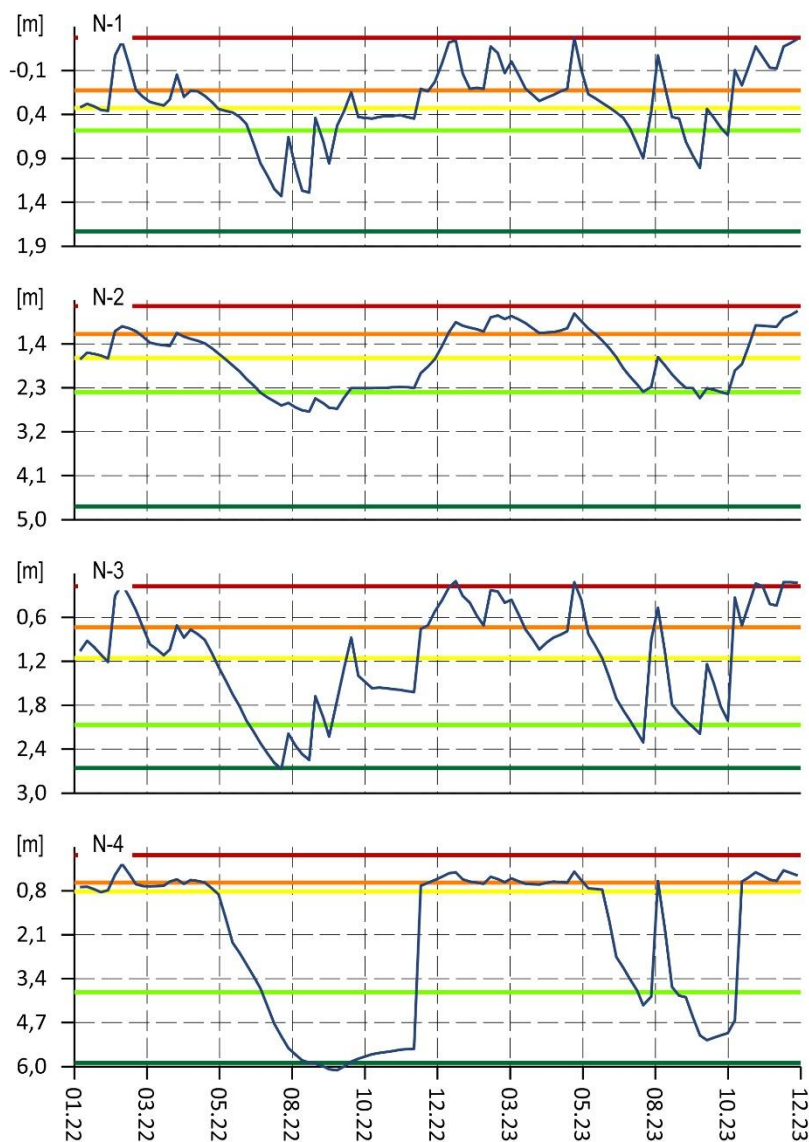


Obr. 4.21.7. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2022 a 2023 vo vrtoch: M-1 až M-3 (zosuvné územie v západnej časti Stabilizačného), so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Tab. 4.21.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2023

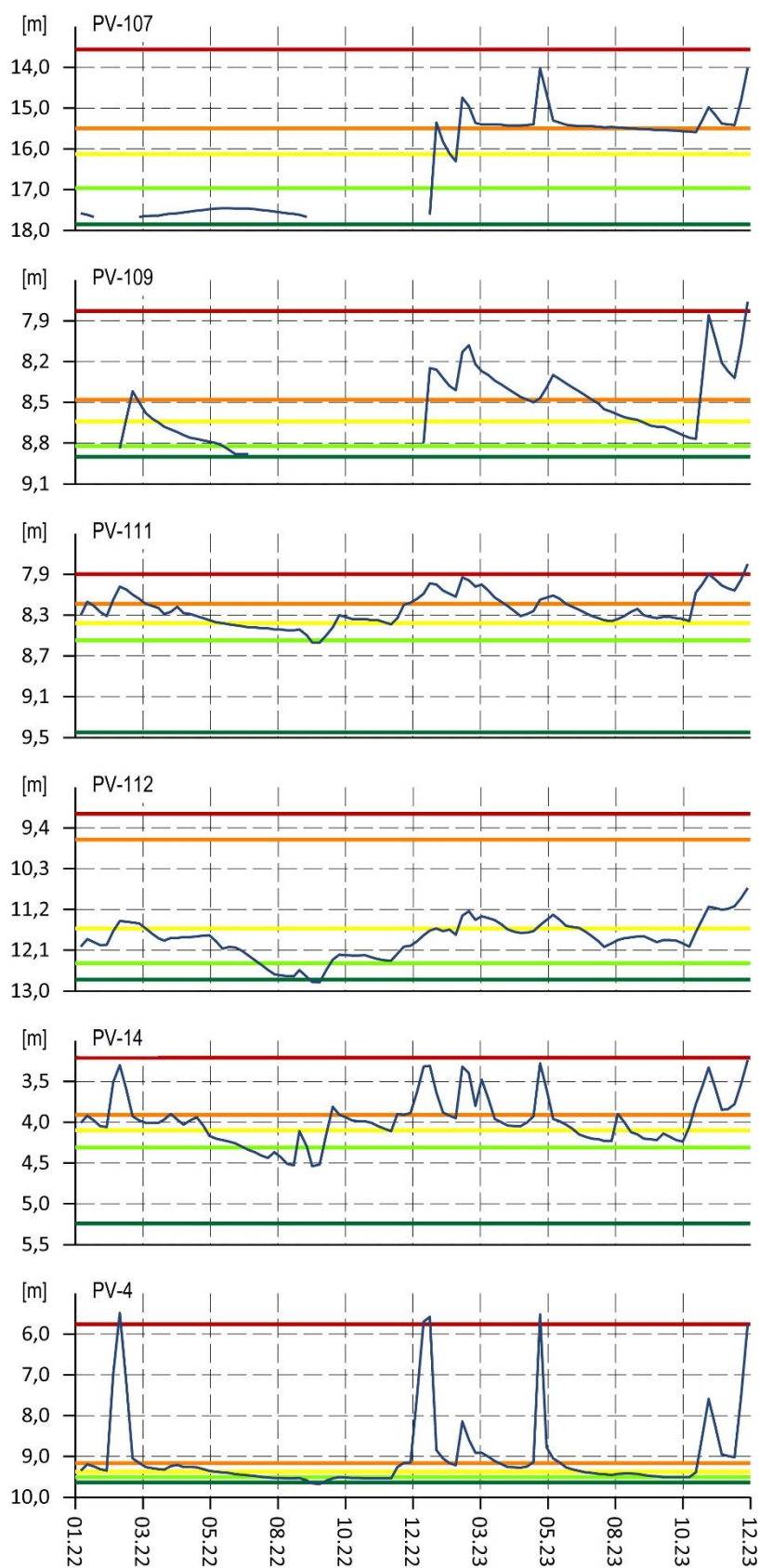
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hvp			Min. úroveň hvp			Priem. úroveň hvp		Max. kolísanie hvp [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
H-1	52	1,69	453,20	19.01.23	4,73	450,16	19.10.23	2,56	452,33	3,04
H-2	52	8,73	452,74	28.12.23	9,47	452,00	19.10.23	9,13	452,34	0,74
H-3	52	5,58	464,22	28.12.23	5,93	463,87	03.08.23	5,88	463,92	0,35
H-5	52	2,48	458,36	28.12.23	7,81	453,03	19.10.23	5,28	455,56	5,33
H-7	52	2,95	451,03	18.05.23	4,02	449,96	07.12.23	3,59	450,39	1,07
IN-1	52	3,94	459,12	28.12.23	6,70	456,36	19.10.23	5,68	457,38	2,76
IN-3A	52	7,72	452,88	28.12.23	8,37	452,23	19.10.23	8,06	452,54	0,65
IN-4	52	12,16	464,92	23.02.23	17,09	459,99	26.10.23	14,01	463,07	4,93
INV-4	52	12,08	465,03	02.03.23	12,61	464,50	26.10.23	12,22	464,89	0,53
M-1	52	-0,18	516,91	16.11.23	5,07	511,66	03.08.23	3,09	513,64	5,25
M-2	52	-0,27	540,12	14.12.23	1,85	538,00	19.10.23	0,80	539,05	2,12
M-3	52	0,57	507,32	14.12.23	2,44	505,45	26.07.23	1,77	506,12	1,87
N-1	52	-0,47	489,72	18.05.23	1,01	488,24	21.09.23	0,12	489,13	1,48
N-2	52	0,73	494,82	28.12.23	2,51	493,04	21.09.23	1,45	494,10	1,78
N-3	52	0,11	498,65	19.01.23	2,31	496,45	26.07.23	0,92	497,84	2,20
N-4	52	0,20	506,96	14.12.23	5,22	501,94	28.09.23	1,68	505,48	5,02
NV-110	52	4,10	472,97	12.01.23	9,13	467,94	26.10.23	4,93	472,14	5,03
NV-111	52	8,21	462,17	28.12.23	9,06	461,32	03.08.23	8,85	461,53	0,85
NV-112	52	9,61	461,51	28.12.23	10,55	460,57	05.01.23	10,23	460,89	0,94
PV-107	52	14,02	468,33	28.12.23	suchý					
PV-109	52	7,76	469,28	28.12.23	suchý					
PV-111	52	7,80	462,17	28.12.23	8,36	461,61	03.08.23	8,16	461,81	0,56
PV-112	52	10,73	459,54	28.12.23	12,03	458,24	26.07.23	11,60	458,67	1,30
PV-14	52	3,24	458,57	28.12.23	4,24	457,57	19.10.23	3,88	457,93	1,00
PV-4	52	5,52	485,46	18.05.23	9,51	481,47	28.09.23	8,82	482,16	3,99

NV-112, PV-112 a PV-107) z celkového počtu 23 vrtov. Pod koncoročný vzostup hladiny podzemnej vody sa podpísali zrážky posledných piatich mesiacov. Od augusta do konca decembra spadlo v danej oblasti až 617,2 mm zrážok. Najviac zrážok spadlo v novembri – 167,2 mm. Maximálne 30-dňové zrážky boli zaznamenané k 17. novembru (233,6 mm). Len ojedinele boli namerané max. hladiny podzemnej vody aj vo februári (IN-4), resp. v marci (INV-4).

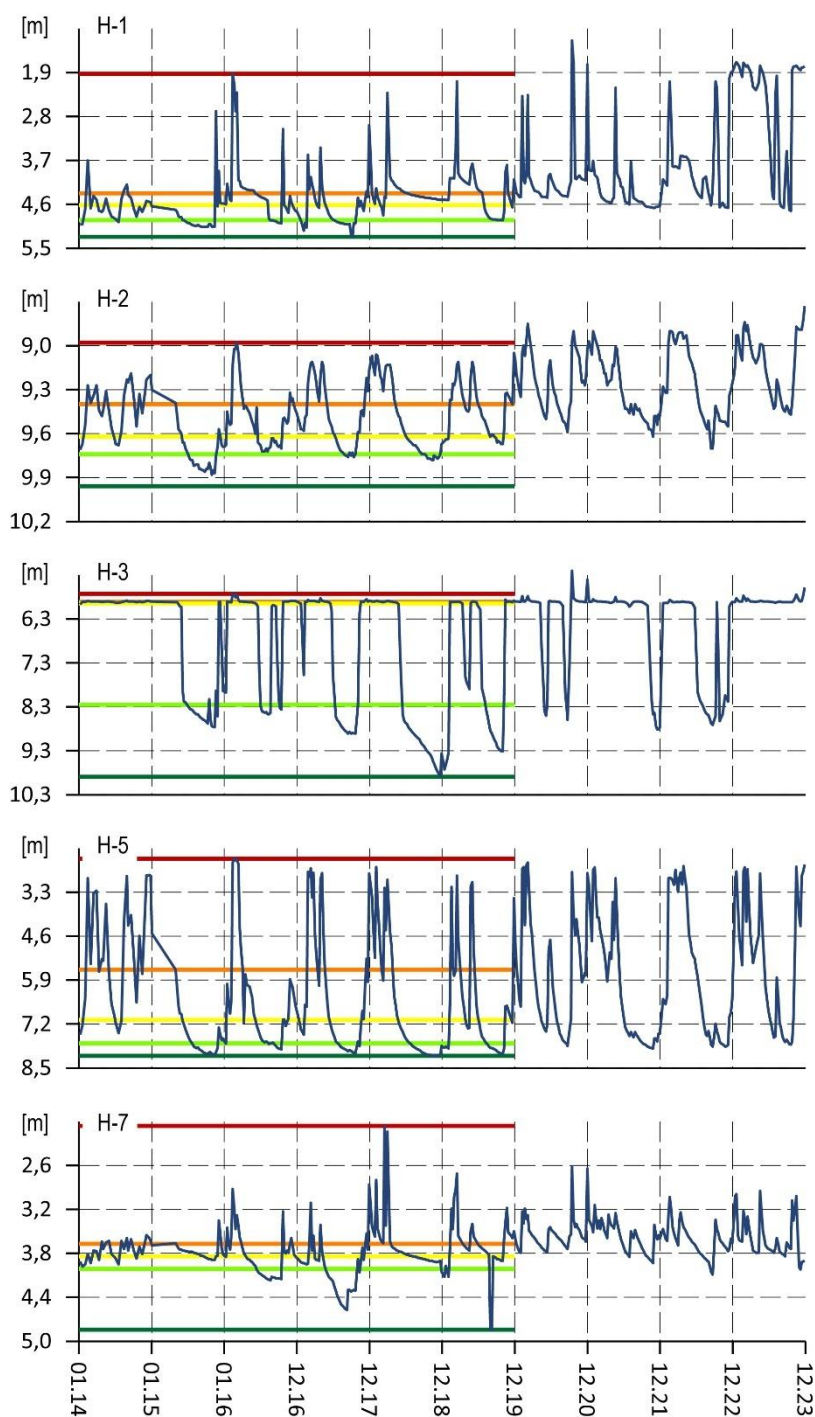


Obr. 4.21.8. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2022 a 2023 vo vrtoch: N-1, N-2, N-3 a N-4 (vrty situované juhovýchodne od Stabilizačného násypu; oblasť zosuvu z roku 1960), so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

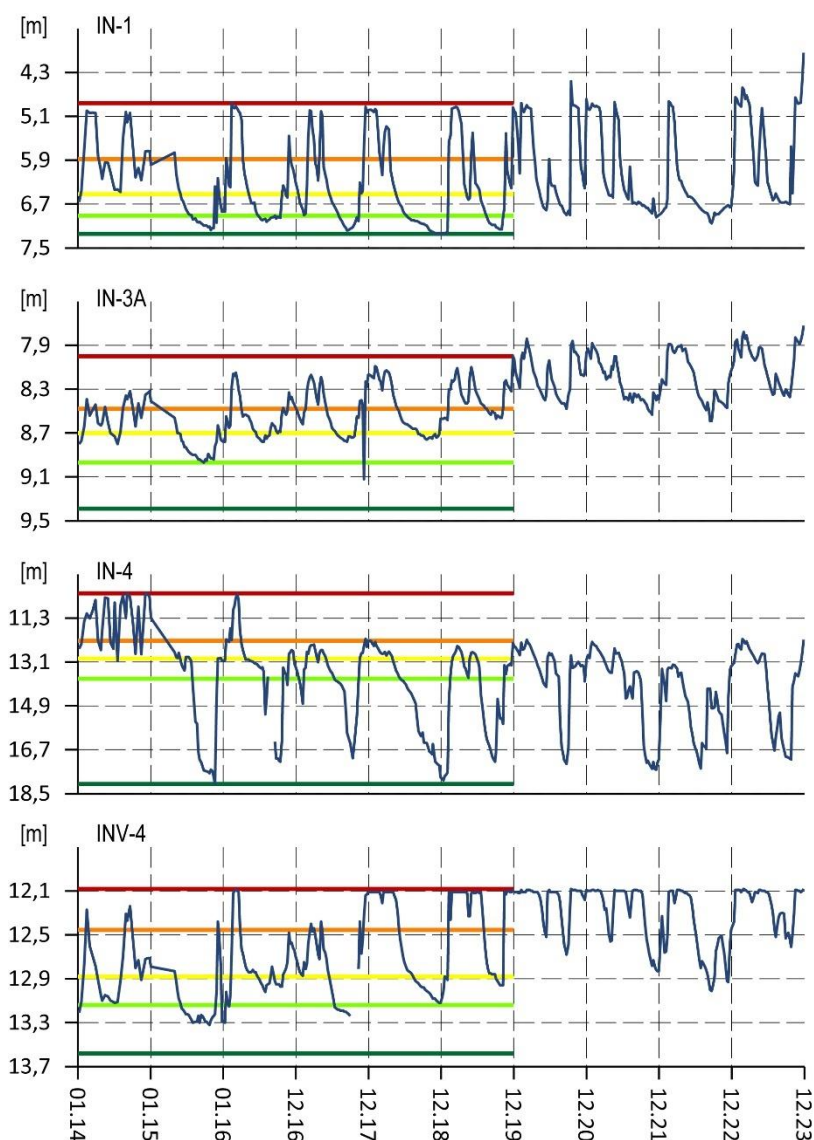
K prekročeniu maximálnej referenčnej hodnoty (odvodenej z údajov, nameraných od január 2011 – december 2019) došlo vo vrtoch H-1, H-2, H-3, IN-1, IN-3A, NV-111, H-3, PV-109, PV-111 a PV-4. V štyroch vrtoch H-2 (8,73 m pod terénom), IN-1 (3,94 m pod terénom), IN-3A (7,72 m pod terénom) a M-1 (0,18 m nad terénom) bola nameraná najvyššia hladina za celé monitorovacie obdobie (od roku 2003).



Obr. 4.21.9. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2022 a 2023 vo vrtoch: PV-107, PV-109, PV-111, PV-112, PV-14, a PV-4 (oblasť hrádze a telesa Stabilizačného násypu), so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



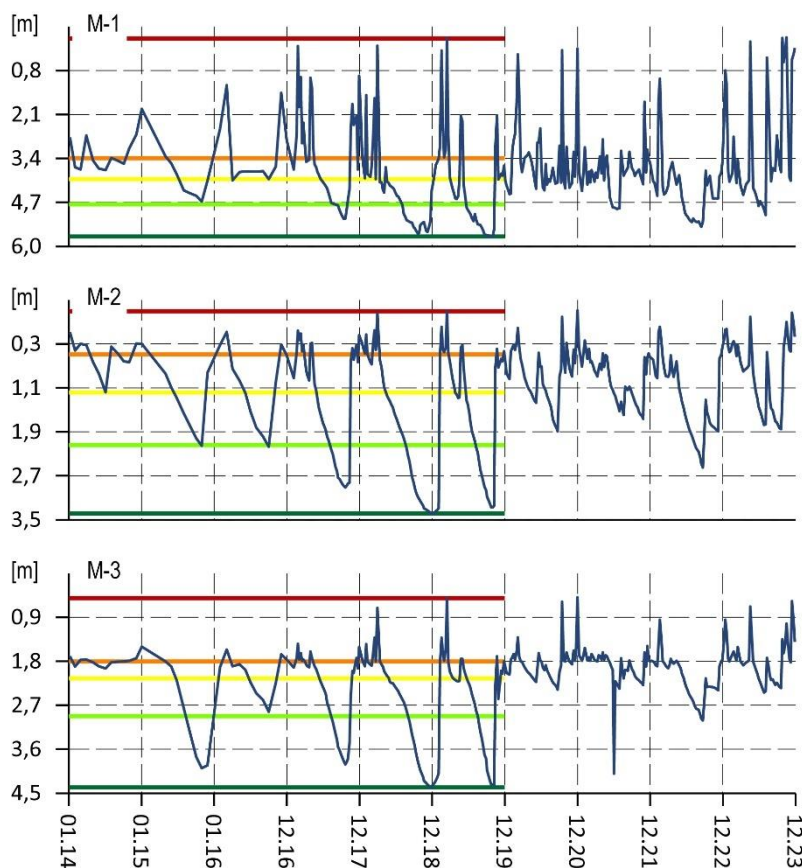
Obr. 4.21.10. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2014 až 2023 vo vrtoch: H-1, H-2, H-3, H-5 a H-7 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.21.11. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2014 až 2023 vo vrtoch: IN-1, IN-3A, IN-4 a INV-4 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

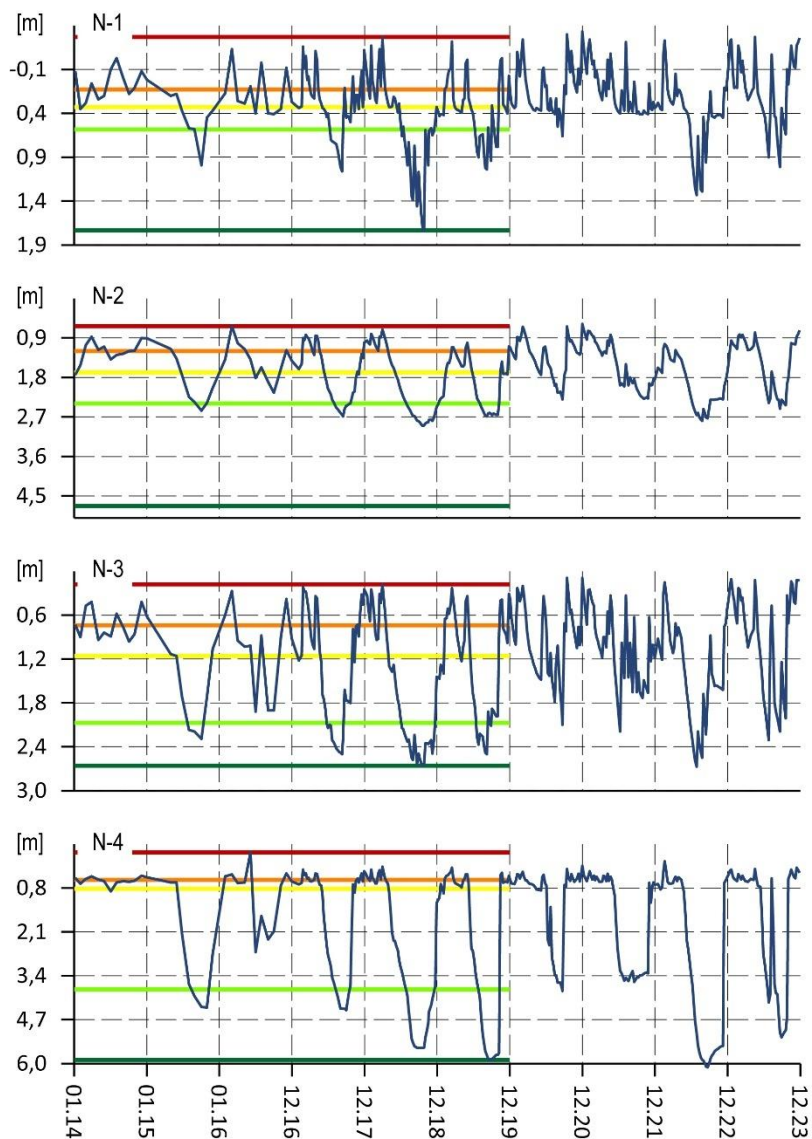
Ako už bolo naznačené, hladiny podzemnej vody stúpali počas zimného a jarného obdobia a počas jesenného obdobia. Minimálne stavy podzemnej vody boli pozorované hlavne v letnom a jesennom období – od 26. júla do 26. októbra (v 19 vrtoch); ojedinele však i v januári a decembri. Minimálne stavy, pri ktorých bola dokumentovaná hladina podzemnej vody hlbšie ako 10 m pod terénom boli zaznamenané vo vrtoch NV-112, PV-112, INV-4, IN-4 a PV-107 (v intervale 10,55 až 17,61 m pod terénom). Zo stabilného hľadiska považujeme za nepriaznivé tie hladiny podzemnej vody, ktoré sa i v čase minimálneho stavu nachádzali v blízkosti terénu. Ide o podzemnú vodu vo vrtoch N-1 a M-2. V uvedených vrtoch sa hladiny podzemnej vody v čase minimálnych stavov nachádzali v hĺbkach 1,01 a 1,85 m pod terénom. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2023 dosiahla hĺbku 6,26 m pod terénom, čo v porovnaní s predchádzajúcim rokom predstavuje vzostup o 0,62 m. Ako už bolo uvedené, najplytšie pod terénom sa hladina podzemnej vody v roku 2023 zdržiavala vo vrte N-1. Jej priemerná hladina dosiahla 0,12 m pod terénom. Priemerné hĺbky hladiny do 1 m pod terénom boli namerané aj vo vrtoch M-2 a N-3. Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody kolísala vo vrte PV-107 (s priemernou hĺbkou 15,14 m po terénom).

V porovnaní s predchádzajúcim obdobím monitorovania došlo v roku 2023 k pomerne výraznému poklesu ročnej amplitúdy hĺbky hladiny podzemnej vody. Najväčšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte H-5 (5,33 m). Zmeny hĺbky podzemnej vody väčšie ako 5 m boli namerané aj vo vrtoch N-4, NV-110 a M-1. Naopak, minimálne zmeny hladiny podzemnej vody boli pozorované vo vrtoch: H-3, INV-4, PV-111, IN-3A, H-2, NV-111 a NV-112. Ich kolísanie nepresiahlo od 0,94 m.

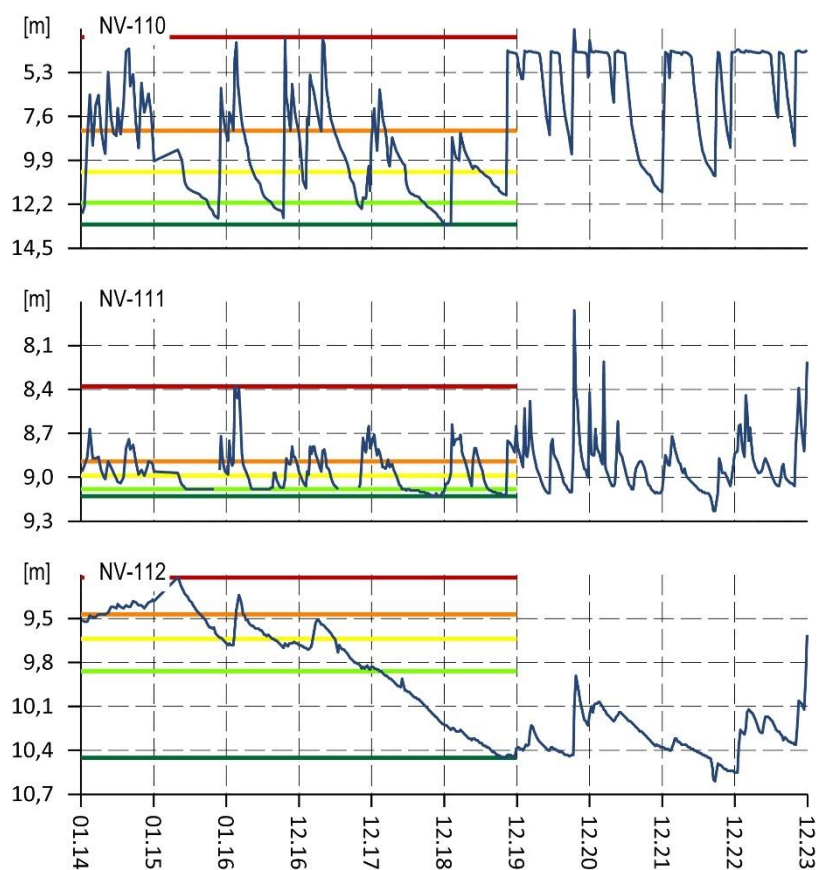


Obr. 4.21.12. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2014 až 2023 vo vrtoch: M-1, M-2 a M-3 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

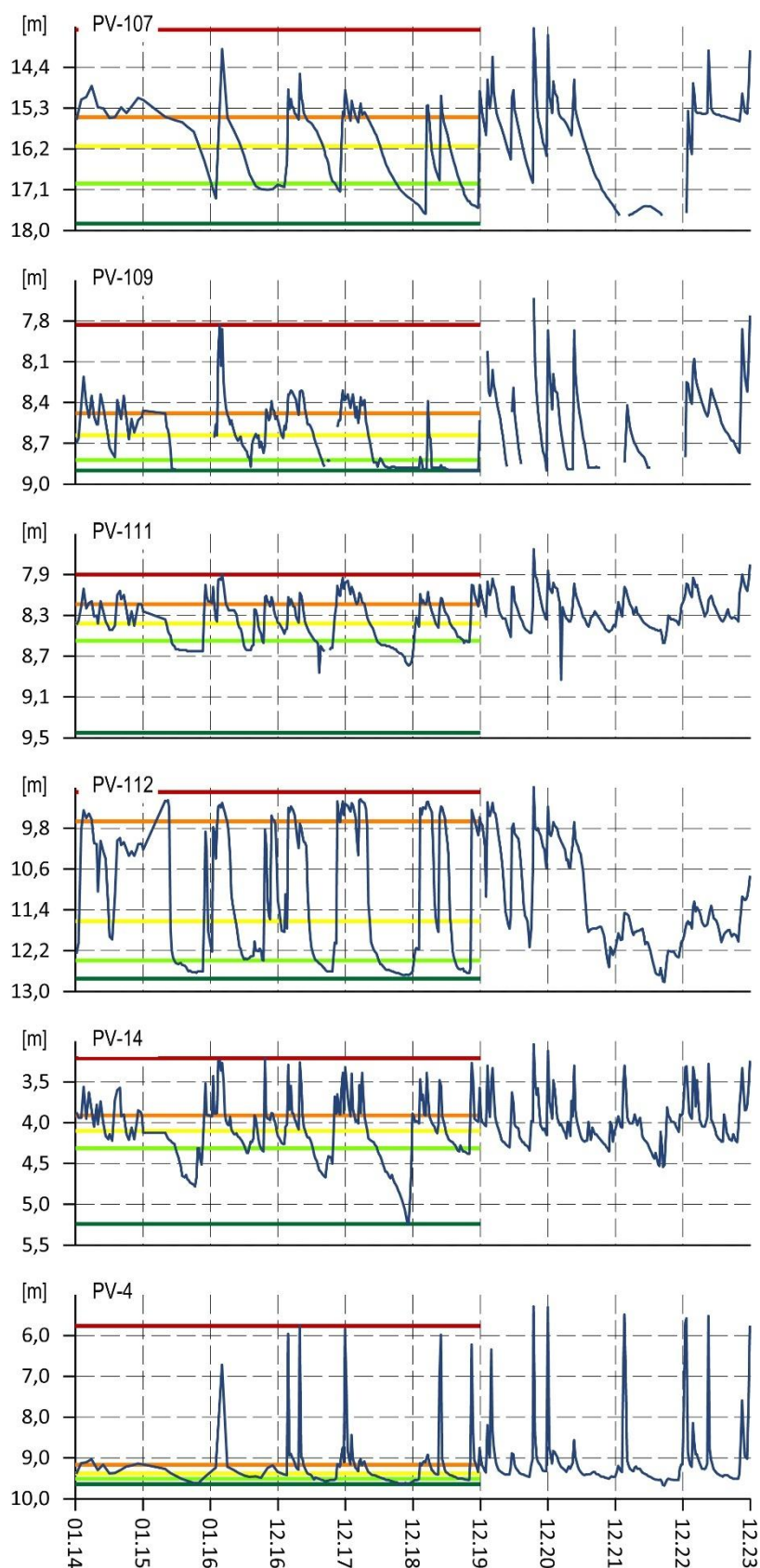
Z dlhodobého vývoja hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch, znázornených na obr. 4.21.10, 4.21.11, 4.21.12, 4.21.13, 4.21.14 a 4.21.15 vyplýva, že zmeny hladiny podzemnej vody majú relatívne pravidelný sezónny charakter. Vo viacerých vrtoch došlo k prepojeniu dvoch alebo viacerých zvodnených horizontov (napr. vrty H-3, N-4, PV-14), resp. sledovaná hladina podzemnej vody je do určitej miery ovplyvňovaná iným zvodneným horizontom (napr. vrty M-1 a N-1). Celkovo je však možné konštatovať, že maximálne hladiny, najčastejšie pozorované v marci, sú spojené s jarnými zrážkami a topením snehovej pokrývky. Naopak, minimálne hladiny sa vyskytujú prevažne v jesennom období.



Obr. 4.21.13. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2014 až 2023 vo vrtoch: N-1, N-2, N-3 a N-4 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.21.14. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2014 až 2023 vo vrtoch: NV-110, NV-111 a NV-112 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



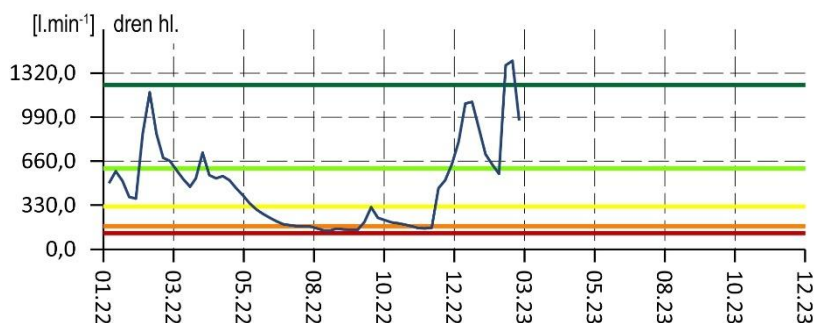
Obr. 4.21.15. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2014 až 2023 vo vrtoch: PV-107, PV-109, PV-111, PV-112, PV-14 a PV-4 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

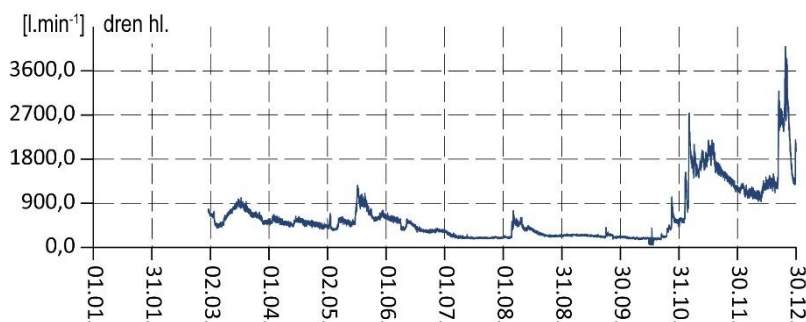
Predstavu o režimových pomeroch v oblasti Stabilizačného násypu v Handlovej dopĺňajú údaje o kolísaní prietoku v Hlavnom odvodňovacom dréne. Monitorovacie merania boli do roku 2023 zabezpečované s týždennou frekvenciou (tab. 4.21.1, 4.21.4 a 4.21.5). Od marca roku 2023 je prietok v odvodňovacom vrte sledovaný automatickým prietokomerom, ktorý bol inštalovaný v rámci riešenia geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií (OP KŽP). Vďaka úspešnej inštrumentácii sa výrazne zlepšila merateľnosť prietoku na ústí Hlavného drénu. Kolísanie prietoku v odvodňovacom dréne v roku 2022 a čiastočne i 2023 (výsledky kontrolných etapových meraní z januára a februára), spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi sú znázornené na obr. 4.21.16. Výsledky kontinuálneho merania prostredníctvom automatického prietokomera sú prezentované na obr. 4.21.17 a 4.21.18. Dlhodobý vývoj výdatnosti (obdobie rokov 2014 až 2023) je znázornený na obr. 4.21.19.

Tab. 4.21.4. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacieho zariadenia (Hlavného drénu) na lokalite Stabilizačný násyp Handlová v roku 2022

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
Hlavný drén	52	1176,60	18. 2. 2022	142,20	25. 8. 2022	376,74	1034,40



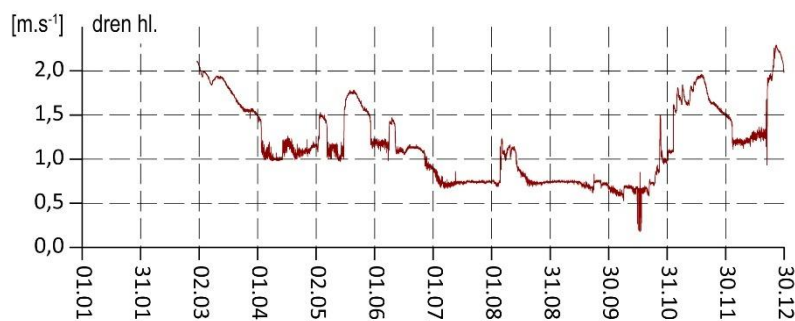
Obr. 4.21.16. Pribeh výdatnosti (Q) Hlavného drénu v rokoch 2022 a 2023 a porovnanie nameraných hodnôt so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z referenčného obdobia (RO: december 2016 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna Q počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil Q počas RO.



Obr. 4.21.17. Pribeh výdatnosti Hlavného drénu v roku 2023. Merania sú realizované automatickým prietokomerom, ktorý bol vybudovaný v rámci riešenia geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií (OP KŽP).

V roku 2022 bol najvyšší prietok na odvodňovacom zariadení zaznamenaný 18. februára ($1\,176,60\text{ l.min}^{-1}$), teda v období, počas ktorého sa hladina podzemnej vody nachádzala najbližšie k terénu. Ide o reakciu na pomerne dlhé zrážkové obdobie (počas predchádzajúceho 30-dňového obdobia boli zrážkové úhrny pozorované až počas 20 dní, pričom sumárne v tomto období spadlo $83,7\text{ mm}$ zrážok – odvodené z údajov, ktoré boli namerané na stanici SHMÚ Handlová; navyše, v období od 30. januára do začiatku marca bolo na SHMÚ Prievidza pozorované oteplenie vzduchu – priemerné namerané teploty boli od $0,3$ do $7,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, čo

pravdepodobne spôsobilo topenie snehovej pokrývky vo väčších nadmorských výškach). Pribeh výdatnosti drenážneho potrubia mal po zimnom a jarnom vzostupe prietoku klesajúci charakter; k pomerne výraznému nárastu došlo až v prvej polovici decembra. Priemerná výdatnosť za rok 2022 dosiahla hodnotu $376,74 \text{ l.min}^{-1}$, čo v porovnaní s rokom 2021 predstavuje pokles o $174,76 \text{ l.min}^{-1}$.



Obr. 4.21.18. Pribeh rýchlostí drénovanej vody na ústí potrubia Hlavného drénu v roku 2023. Merania sú realizované automatickým prietokomerom, ktorý bol vybudovaný v rámci riešenia geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií (OP KŽP).

Tab. 4.21.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacieho zariadenia (Hlavného drénu), namerané automatickým hladinomerom na lokalite Stabilizačný násyp Handlová v roku 2023

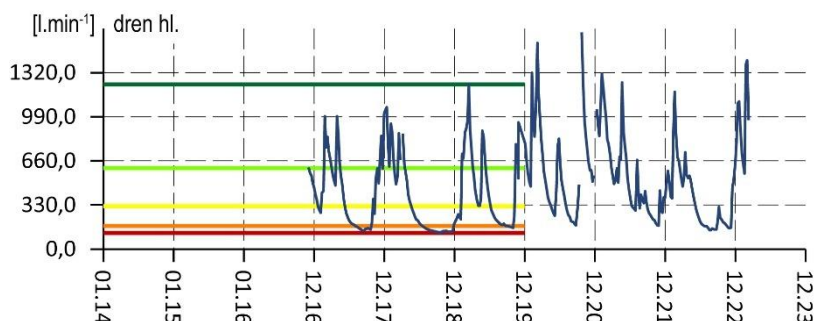
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	Dátum a čas	[l.min ⁻¹]	dátum a čas		
Hlavný drén	7308	4092,50	25. 12. 2023 13:00	49,60	17. 10. 2023 21:00	629,66	4042,90

V roku 2023 došlo k veľmi významnej zmene v meraní výdatnosti drenážneho potrubia, označeného ako Hlavný drén. V súvislosti s implementáciou moderného monitorovacieho zariadenia, ktoré prostredníctvom ultrazvuku sleduje výšku vodného stĺpca v rúre a pomocou Dopplerovho efektu rýchlosť prúdenia, je možné sledovať prietok odvodňovacieho zariadenia s podstatne vyššou presnosťou. Samozrejme neporovnateľná je i frekvencia snímania prietoku vody v potrubí. Vďaka uvedeným skutočnostiam bolo možné v monitorovanom roku 2023 zachytiť maximálnu výdatnosť na úrovni $4\,092,5 \text{ l.min}^{-1}$. Nameraná bola 25. decembra, teda krátko pred nameraním maximálnych stavov hladiny podzemnej vody vo väčšine monitorovacích vrtov. Z interpretácie priebehu prietoku na obr. 2.21.18 vyplýva, že hodnoty výdatnosti nad $1\,000 \text{ l.min}^{-1}$ boli prvýkrát namerané už 18. marca ($1\,010,40 \text{ l.min}^{-1}$), následne boli pozorované od 17. do 21. mája (maximum $1\,260,4 \text{ l.min}^{-1}$). K náhlemu krátkodobému vzostupu výdatnosti došlo 27. októbra ($1\,027,6 \text{ l.min}^{-1}$; v rovnaký termín bol na stanici SHMÚ Handlová nameraný zrážkový úhrn 29,1 mm; 30-dňové kumulatívne zrážky k uvedenému dátumu dosiahli 89,4 mm). Najvyššie hodnoty výdatnosti boli pozorované v novembri a predovšetkým v decembri. V mesiaci november bola najvyššia nameraná hodnota prietoku na úrovni $2\,733,0 \text{ l.min}^{-1}$ a v mesiaci december až $4\,092,50 \text{ l.min}^{-1}$. Ide o najvyššiu zaznamenanú hodnotu v hodnotenom roku a zároveň i najvyššiu nameranú výdatnosť na danom zariadení v rámci celého obdobia monitorovania (pri manuálnych meraniach, ktoré boli vykonávané terénnym meračom, podobné prietoky nebolo fyzicky možné zaznamenať). Vzostupy, hlavne náhle, súviseli s výskytom intenzívnych zrážok v danom období. Počas posledných dvoch mesiacov bol zaznamenaný 1-dňový zrážkový úhrn v intervale 15,4 až 41,0 mm až počas piatich dní. 30-dňové kumulatívne zrážky sa v danom období pohybovali v rozmedzí od 72,9 do 233,6 mm, teda išlo o obdobie mimoriadne bohaté na zrážky.

Naopak, najnižšie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na začiatku druhej polovice októbra. Minimálna hodnota sa blížila k 50 l.min^{-1} . Pokles nasýtenia horninového prostredia vodou v danom období je preukázateľný aj z meraní hĺbky hladiny podzemnej vody. Počas

októbrových meraní boli až v desiatich vrtoch namerané najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody.

Priemerná hodnota výdatnosti drenážneho objektu v období roka 2023 dosiahla 689,22 l.min⁻¹ (do výpočtu boli zahrnuté hodinové merania v období od 1. marca do 31. decembra).



Obr. 4.21.19. Dlhodobý priebeh výdatnosti Hlavného odvodňovacieho drénu v rokoch 2014 až 2023 a porovnanie nameraných hodnôt so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z referenčného obdobia (RO: december 2016 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO. Pozn.: v období od októbra 2010 do decembra 2016 sa na objekte Hlavného drénu merania nevykonávali.

Z dlhodobého hľadiska je možné konštatovať (obr. 4.21.19), že kolísanie prietoku vody v odvodňovacom systéme má do značnej miery sezónny charakter. Podobne, ako pri zmenách hĺbky hladín podzemnej vody, aj v prípade výdatností odvodňovacieho zariadenia sú minimálne hodnoty dosahované na konci letného obdobia a počas jesenných mesiacov a naopak, maximálne, v zimných a jarných mesiacoch.

Inštaláciou automatického monitorovacieho zariadenia sa zvýšila detekčná schopnosť pri meraní maximálnych, ale aj minimálnych prietokov. Zároveň, vďaka kontinuálnym meraniam prietoku a jeho hodinovému záznamu, získavame prehľad o skutočných amplitúdach kolísania, a to na dennej, mesačnej či ročnej úrovni. Na základe dlhodobej prevádzky automatického zariadenia v kombinácii s detailnou informačnou bázou o vývoji prietoku, bude v budúcnosti možné spresniť doterajšie charakteristiky odvodňovacieho zariadenia.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou lokality Handlová-Morovnianske sídlisko.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2015, vzhľadom na faktor rizika, ktorý vyplýva z existencie vodnej stavby, bol monitorovaný objekt z pôvodnej tretej kategórie preradený do vyššej – druhej kategórie. Z preradenia monitorovaného objektu Stabilizačného násypu do kategórie 2 vyplývajú vyššie nároky na zabezpečovanie monitorovacích prác. Z uvedených dôvodov boli monitorovacie práce upravené podľa aktuálnej kategórie monitorovaného objektu a s tým súvisiacich požiadaviek na odbornú spôsobilosť osôb vykonávajúcich špecifické monitorovacie merania a v neposlednom rade i požiadaviek vlastníka objektu – MŽP SR.

Pri hodnotení hladín podzemnej vody, sledovaných v piezometrických vrtoch, možno konštatovať, že v roku 2023 došlo k prekročeniu maximálnych referenčných hodnôt až v 10 vrtoch (H-1, H-2, H-3, IN-1, IN-3A, NV-111, H-3, PV-109, PV-111 a PV-4). Zároveň, v 4 vrtoch (H-2, IN-1, IN-3A a M-1) boli namerané maximálne stavy hĺbok hladiny podzemnej

vody za celé monitorovacie obdobie (od roku 2003). Z výsledkov meraní vyplýva, že hĺbky hladiny podzemnej vody v monitorovacích objektoch kolísali v závislosti od zrážkových úhrnov. Maximálne stavy podzemnej vody boli v závere roka v čase najvyšších zrážkových úhrnov.

Vo viacerých prípadoch je hĺbka hladiny podzemnej vody v piezometrických vrtoch ovplyvnená viacerými zvodnenými horizontmi. Časté sú prípady prepojenia pôvodne monitorovaného horizontu s vyššie položeným horizontom, alebo s horizontom s vyšším hydraulickým gradientom. K prepojeniu dochádza vplyvom tlakového účinku podzemnej vody v dôsledku porušenia ílového tesnenia (napr. vrt H-3).

V súvislosti so sledovaním prietokov na ústí Hlavného drénu bol v rámci geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií, OPKŽP, kód ITMS 310031N710, v marci roku 2023 inštalovaný automatický prietokomer, ktorý umožňuje meranie v čiastočne zaplavených potrubíach. Na meranie prietoku sa využíva Dopplerov a ultrazvukový senzor. Zariadením je zabezpečované kontinuálne meranie prietoku a namerané hodnoty sú prostredníctvom siete GSM pravidelne, raz denne, zasielané do centra monitorovania – ŠGÚDŠ Bratislava.

Vďaka uvedenej automatizácii meraní výdatnosti Hlavného drénu bolo v roku 2023 možné preukázať skutočné kolísanie prietoku na ústí odvodňovacieho systému. Minimálna výdatnosť bola nameraná 17. októbra s hodnotou $49,60 \text{ l.min}^{-1}$ a maximálna 25. decembra s hodnotou $4\,092,5 \text{ l.min}^{-1}$. Hodnota prietoku nad $1\,000 \text{ l.min}^{-1}$ bola zaznamenaná 1381-krát. Zvýšené prietoky súvisia najmä s výdatnejšími zrážkami v januári, máji a na konci roka, predovšetkým v novembri.

V oblasti zosuvu z roku 1960/1961 boli v rokoch 2020 a 2023 vybudované nové monitorovacie objekty, ktoré slúžia na sledovanie pohybovej aktivity a kolísania hĺbky hladiny podzemnej vody. Na tento účel bolo v roku 2020 vybudovaných 5 nových inklinometrických vrtov do hĺbky 30 m. Následne, po overení hĺbok šmykových plôch, boli v zimných mesiacoch roku 2023 v tesnej blízkosti inklinometrických vrtov osadené snímače pórových tlakov. Zároveň, približne v rovnakom termíne, boli v inklinometrických vrtoch, v hĺbkach overených šmykových plôch, inštalované stacionárne inklinometrické sondy. Monitorovacie zariadenia merajú s hodinovou frekvenciou a namerané údaje, podobne ako v prípade automatického prietokomera, zasielajú, prostredníctvom komunikačnej časti zariadenia, do centra monitorovania. Vybudovaná monitorovacia sieť, ako aj implementácia moderných monitorovacích zariadení, bola zabezpečená vďaka riešeniu už spomenutej geologickej úlohy „Monitoring svahových deformácií“.

V území Stabilizačného násypu pracovníci ŠGÚDŠ pravidelne mesačne sledujú stav najdôležitejších objektov vodnej stavby. Informácie o aktuálnom stave, ale najmä vzniknutých zmenách, predkladajú raz mesačne poverenému zamestnancovi spoločnosti Vodohospodárska výstavba, š. p. V zmysle uvedených obhliadok boli identifikované tieto závažné nedostatky:

- povrchové odvodňovacie rigoly, nachádzajúce sa v oblasti zosuvu z roku 1960/1961 plnia svoju úlohu pri odvádzaní vody len čiastočne, na viacerých úsekoch sú poškodené, rozvoľnené alebo úplne chýbajú. Na týchto úsekoch dochádza k nežiaducej infiltrácii vody do podlažia – telesa zosuvu. Rigoly sú miestami zanesené zeminou, zarastené porastom, krikmi alebo sú zanesené rozličným materiálom – napadané kmene stromov, konáre, lístie... Znečistené sú aj šachty subhorizontálnych vrtov, ktoré sú napojené na povrchové rigoly;
- viaceré kanalizačné šachty a cestné priepusty pod cestou Žiar nad Hronom – Handlová sú znečistené, zahádzané rôznorodým materiálom a čiastočne aj upchaté;
- pravostranná záchytná priekopa medzi spomenutou cestou a násypom býva zanesená, zarastá vegetáciou a jej funkčnosť sa tým podstatne znižuje;
- rošty pred vtokovými objektami na Handlovke a Nepomenovanom potoku bývajú častokrát zanesené od nánosov a naplavenín rôznorodého materiálu (napr. konáre,

pneumatiky, plastové fľaše a iné). Potrebne je ich pravidelne prečisťovať a zabezpečiť plynulý odtok vody;

- materiál, ktorý bol deponovaný na násyp bol splanírovaný do jeho širšieho okolia, pričom vo východnej časti násypu zasiahol aj šachty HV-3 a OŠ-2, ktoré sa dostali pod úroveň nového terénu a preto je potrebné ich navýšiť;
- na násype bol počas viacerých pozorovaní nájdený nevhodný odpadový materiál, išlo hlavne o stavebný a komunálny odpad. Jednou z príčin tohto stavu je, že bočné prístupové cesty k násypu nie sú patrične zabezpečené proti nelegálnemu ukladaniu odpadu, na čo sme opakovane upozorňovali.

Taktiež treba upozorniť na nepriaznivý stav pravostrannej priekopy medzi Európskou cestou E572 a okrajom Stabilizačného násypu, ktorá sa zanáša prívalovým bahnom z násypu a jej funkčnosť sa tým podstatne znižuje.

2. ZÁVER

V podsysteme „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2023 vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – **zosúvanie** (12 lokalít), **plazenie** (4 lokality) a **náznaky aktivizácie rúťových pohybov** (4 lokality). 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 2023.

Celkovo sa teda v rámci podsystemu 01 v roku 2022 monitorovalo 21 lokalít. V roku 2023 boli monitorovacie aktivity zabezpečované na rovnakom súbore lokalít ako v roku 2022. Prehľad aplikovaných metód monitorovania, frekvencie ich použitia a najvýznamnejších výsledkov meraní na všetkých pozorovaných lokalitách, je zhrnutý v predloženej správe vo forme textu obrázkov a tabuliek.

Najdôležitejšie výsledky monitorovania svahových deformácií v roku 2023

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. 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 monitorovacích meraní bola v roku 2023 zabezpečená štatistická analýza klimatologických údajov (zo siete staníc SHMÚ) vo vzťahu k stabilite zosuvných území. Analyzovaný bol najmä ich vplyv na zmeny úrovne hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení.

Svahové pohyby charakteru zosúvania

Jednou zo základných charakteristík zosuvov je gravitačný pohyb zosuvného telesa po šmykovej ploche. Z uvedeného dôvodu sa pri hodnotení nameraných výsledkov prednostne zameriavame práve na ukazovateľ, ktorý hodnotí pohybovú aktivitu územia priamo na šmykovej ploche. V záverečnej rekapitulácii hodnotenia stabilitných pomerov na monitorovaných zosuvoch sa zameriavame na tie lokality, na ktorých bola počas roka 2023 nameraná zvýšená pohybová aktivita. Zároveň podávame aj informácie o vývoji režimových ukazovateľov a zisteniach z pravidelných obhliadok.

Inklinometrické merania boli v roku 2023 zabezpečené na 5 lokalitách (Bardejovská Zábava – 3 vrty, Ďačov – 1 vrt, Hodruša-Hámre – 2 vrty, Svätý Anton – 2 vrty a Vyšný Čaj – 2 vrty), a to s frekvenciou 1 meranie za rok.

Na základe nameraných výsledkov je možné konštatovať, že najvyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná na lokalite Ďačov. Namerané deformácie na lokalite vyjadrujú pohybovú aktivitu za obdobie od prvej tretiny novembra 2022 do prvej dekády mája 2023, resp. do polovice októbra 2023 (len vo vrte DA-1). Najvyššia hodnota etapovej deformácie bola nameraná vo vrte DA-1 v hĺbke približne 2,5 m pod terénom. Za približne ročné obdobie v hodnotenom horizonte dosiahol prírastok deformácie 13,32 mm, čo po prepočítaní na priemernú rýchlosť predstavuje 14,33 mm.rok⁻¹. Nameraný vektor mal juhovýchodný azimut, teda ide o pohyb v smere spádnic svahu. Uvedená deformácia je najvyššia od roku 2017 a tretia najvyššia za celé monitorované obdobie (od roku 2011). Pomerne výrazné deformácie boli namerané aj vo vrtoch DA-7 v hĺbke približne 7,3 m pod terénom a DA-9 v hĺbke 1,9 m

pod terénom. Počas približne polročnej etapy bol vo vrte DA-7 nameraný vektor 2,48 mm ($5,16 \text{ mm.rok}^{-1}$; ide o najvyšší etapový prírastok od apríla 2017 a druhý najvyšší prírastok v danom vrte na danej šmykovej ploche vôbec). Vo vrte DA-9 bola relatívne plytko, v hĺbke cca 1,9 m pod terénom, nameraná deformácia 4,06 mm ($8,51 \text{ mm.rok}^{-1}$).

Novembrovým meraním v inklinometrickom vrte VČI-2 na lokalite Vyšný Čaj boli dokumentované zvýšené hodnoty deformácií v pripovrchovej vrstve (v hĺbke od 3,6 m až po úroveň terénu). V uvedenom horizonte, postupne od hlbších partií v smere k povrchu terénu, dochádza k postupnému nárastu deformácie. Maximálne hodnoty deformácie boli namerané v najvyšších častiach meraného profilu (nad 15 mm).

Na ostatných lokalitách sa pohybová aktivita prejavila v menšej miere. Práve v tejto súvislosti je potrebné upozorniť na skutočnosť, že inklinometrické merania prebiehali už od mája, teda v období, ktoré je možné zo stabilitného hľadiska hodnotiť relatívne priaznivo. Najhoršia stabilitná situácia bola zaznamenaná na sklonku kalendárneho roka, a to v súvislosti s nadmernými úhrnmi zrážok. V tomto období však nebolo zabezpečené meranie pohybovej aktivity. Určitou výnimkou je meranie z polovice októbra 2023 vo vrte DA-1 na lokalite Ďačov. Namerané výsledky naznačujú nárast pohybovej aktivity. Relevantné údaje o stabilitnom stave zosuvných území prinesú až merania, realizované v roku 2024.

Na základe hodnotenia výsledkov z režimových meraní (monitorovanie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení), ktoré boli v roku 2023 zabezpečované na 12 lokalitách (Bardejovská Zábava, Čirč, Dolná Mičiná, Ďačov, Handlová-Kunešovská cesta, Handlová-Morovnianske sídlisko, Hodruša-Hámre, Okoličné, Slanec-TP, Svätý Anton, Šenkvice a Vyšný Čaj) a vykonávali sa v týždenných až mesačných intervaloch (výnimku predstavujú vrty s inštalovanými automatickými hladinomerami), vyplýva, že stabilitne najnepriaznivejšie pomery boli zaznamenané na lokalitách Handlová-Morovnianske sídlisko a Slanec TP.

Na lokalite Morovnianske sídlisko zosuvy ohrozujú zástavbu bytových domov v oblasti železničného oblúka, ako aj oblasti bez bytovej výstavby, Malú Hôrku s individuálnou bytovou výstavbou a Jánošíkovu ul. Z nameraných údajov vyplýva, že v roku 2023 boli v štyroch vrtoch (P-3, P-8, P-22 a P-24) namerané najvyššie hladiny podzemnej vody za celé obdobie monitorovania (merania sú vykonávané od januára 2003). Za pozornosť stojí najmä hĺbka hladiny podzemnej vody nameraná vo vrte P-3 (vrt sa nachádza v severovýchodnej časti zosuvného územia, nad železničným oblúkom); jej piezometrická výška v uvedenom vrte vystúpila až nad úroveň terénu, a to 0,13 m. V minulosti bola v uvedenom vrte najvyššia hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 0,34 m pod terénom (v roku 2013). Z hľadiska posudzovania stability zosuvného územia považujeme za negatívnu skutočnosť, že až v 17 vrtoch (z 26 vrtov) bola maximálna hladina pozorovaná súčasne v rovnakom termíne – 28. decembra 2023. Znamená to, že nepriaznivé stabilitné pomery pôsobili naraz na väčšej časti posudzovaného zosuvného územia. Výrazný vzostup hladiny podzemnej vody bol spôsobený mimoriadnymi zrážkovými úhrnmi, nameranými v jesennom období (na základe údajov nameraných na stanici SHMÚ Handlová). Od augusta do decembra spadlo v Handlovej až 343,8 mm zrážok, čo je oproti dlhodobému normálu (odvodenému z meraní od roku 1999 do 2022) až 179,5 %. Najvyšší mesačný zrážkový nadpriemer bol nameraný v novembri, a to až 251,8 % dlhodobého priemeru (167,2 mm). Priemerná hladina podzemnej vody v porovnaní s rokom 2022 stúpila o 0,89 m a dosiahla úroveň 4,16 m pod terénom.

V súvislosti so vzniknutou situáciou je potrebné uviesť aj informáciu o vývoji výdatnosti na odvodňovacích zariadeniach, ktorými je podzemná voda zo zosuvného územia odvádzaná. V hodnotenom roku boli na výtokoch z odvodňovacích šácht s označením E (122 l.min^{-1}) a F ($106,8 \text{ l.min}^{-1}$) namerané najvyššie prietoky za celé monitorované obdobie. Podobne ako v prípade meraní hladiny podzemnej vody, termín výskytu maximálnych prietokov bol 28. december 2023.

Nepriaznivá stabilitná situácia zaznamenaná na lokalite Slanec TP súvisela s výrazným vzostupom hladiny podzemnej vody vo vrte J-9. Do blízkosti terénu sa hladina dostala počas troch meraní (marec, apríl a december), najvyššie však v marci – 0,3 m pod terén. V minulosti vystúpila hladina podzemnej vody do hĺbky 0,42 m pod terénom (rok 2020). K prekročeniu maximálnych výdatností, zaznamenaných na odvodňovacích zariadeniach v predchádzajúcom období monitorovania (merania sú zabezpečované od roku 2003), došlo v prípade vrtov V1/3 ($1,5 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$) a V3/3 ($3,3 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$). Uvedené hodnoty boli namerané počas decembrovej kontrolnej etapy. Hodnotenie stabilitných pomerov na danej lokalite súvisí s mimoriadnou technickou exponovanosťou zosuvného svahu, na ktorom sa nachádza 5 tranzitných plynovodov – TP, medzištátny plynovod, 2 línie ropovodu, optické káble, telekomunikačné káble, vysokotlaková odbočka plynu pre obec Slanec a nadzemné elektrické vedenie.

Pri hodnotení režimových ukazovateľov je nutné poukázať na starnúcu a dosluhujúcu inštrumentáciu automatických hladinomerov, ktoré boli na jednotlivé lokality inštalované od roku 2002. Najstarší hladinomer bol na lokalite Dolná Mičina inštalovaný vo vrte JM-6 (indikatív 0859). V nepretržitej prevádzke vydržal od 16. apríla 2002 do 4. februára 2022. V roku 2023 sa nepodarilo jeho opätovné sfunkčnenie a z tohto dôvodu boli merania hladiny podzemnej vody na lokalite prerušené. Hladinomerov, ktorých vek presahuje 20 rokov postupne pribúda aj na iných lokalitách. S touto skutočnosťou súvisia technické problémy na lokalitách Handlová-Morovnianske sídlisko a Kunešovská cesta (vrt JK-3; monitorovanie zariadenie bolo premiestnené z vrtu P-17 z Morovnianskeho sídliska v Handlovej). Podobné technické problémy sa začínajú objavovať aj pri novších zariadeniach, napr. na lokalite Okoličné vo vrte J-1. V tejto súvislosti je dôležité poznamenať, že výrobcom garantovaná životnosť automatických hladinomerov je 10 rokov, pričom všetky používané zariadenia sú staršie.

Vážny problém z hľadiska interpretácie nameraných údajov sa vyskytol na lokalite Šenkvice. Hladinometry inštalované vo vrtoch PVZS-2 a PVZS-3, nachádzajúcich sa v telese zosuvu, po určitom období prevádzky začali vykazovať pomerne výraznú chybu merania. Predpokladáme, že nameraná odchýlka bola spôsobená deformáciou vystrojenia vrtu – vnútornej plastovej pažnice. Sondy hladinomerov, ktoré sú umiestnené vo vrte pod hladinou podzemnej vody, v dôsledku svahového pohybu, boli svahovým pohybom postupne „vyťahované“ z pôvodnej hĺbky inštalácie. Uvedená skutočnosť sa prejavovala ako zostup hladiny podzemnej vody (pokles výšky vodného stĺpca nad meracou sondou). Samostatný okruh problémov môže súvisieť so zablokovaním kapiláry pre kompenzáciu tlaku vzduchu.

Svahové pohyby charakteru plazenia

V roku 2023 pokračovali monitorovacie práce s využitím mechanicko-optických dilatometrov TM-71 na štyroch lokalitách: *Veľká Izra*, *Košický Klečenov*, *Sokol* a *Jaskyňa pod Spišskou*. Začiatkom roka došlo pri Košickom Klečenove k skálnemu zrúteniu v jednej z dvoch monitorovaných trhlín a úplnému zničeniu prístroja KK2 (merania boli monitorovacím zariadením zabezpečované od júla 1995). V lete boli zvyšky zariadenia demontované. Na lokalite *Veľká Izra* otváranie trhliny (os X) od roku 2011 stagnuje pri hodnote cca 0,7 mm, pokles bloku (os Z) je dlhodobý, v roku 2023 vzrástol o 0,065 mm (celkovo 2,666 mm), šmykový posun (os Y) od roku 2007 pomaly rastie (0,045 mm v roku 2023; celkovo 1,353 mm). V lokalite *Košický Klečenov* sa dlhodobo prejavuje pohyb spodného bloku (KK1) vo všetkých troch smeroch. Otvorenie trhliny (os X) v roku 2023 stagnovalo pri hodnote cca 8 mm, šmykový posun pozdĺž trhliny (os Y) narástol o 1,062 mm (celkovo 8,888 mm), pokles bloku (os Z) sa zväčšil o 0,457 mm (celkovo 13,808 mm). V dôsledku deštrukcie prístroja KK2 nebolo možné údaje odčítať a merania po 28 rokoch boli ukončené. V lokalite *Sokol* je z dlhodobého hľadiska zrejмый trend pohybu v smere všetkých troch osí. Trhlina sa rozšírila

(os X) o 0,834 mm (celkovo 14,137 mm), posun bloku pozdĺž trhliny (os Y) a jeho pokles (os Z) v roku 2023 stagnovali. V *Jaskyni pod Spišskou* otvorenie trhliny (os X) narástlo o 0,131 mm (celkovo 1,184 mm), spodný blok (os Z) poklesol o 0,104 mm (celkovo 1,018 mm), šmykový posun pozdĺž trhliny (os Y) stagnoval pri hodnote cca 0,035 mm. Dlhodobý trend pohybu platí pre osi X a Z.

Náznaky aktivizácie rúťových pohybov a monitorovanie mikromorfologických zmien

V roku 2023 boli monitorované náznaky aktivácie rúťových pohybov na štyroch lokalitách. Aplikované boli dilatometrické a mikromorfologické merania. V rámci pozorovaných lokalít sú spracovávané aj informácie o významných zosuvotvorných faktoroch (zrážky, počet mrazových dní).

Na lokalite **Demjata** je monitorované pomalé rozvoľňovanie oddelených skalných lavíc v záreze cestnej komunikácie z Demjaty do Raslavič. Situované sú na pravej strane zárezu, v jeho južnom ukončení. V roku 2023 sa posun okrajovej vrchnej lavice zintenzívil, pozorovaný bol posun lavice o 0,43 mm. V podloží okrajovej lavice bolo na uvoľnenom horninovom bloku pozorované zvýšenie intenzity rozvoľňovania, pričom bol zaznamenaný posun 0,34 mm.

V období 2022 – 2023 došlo na lokalite Demjata 3 k nevratnej deformácii osadzovacieho kolíka a meranie sa už nepodarilo obnoviť. Táto deformácia pravdepodobne súvisela s avizovaným „rozpínaním“ masívu v roku 2022, s predpokladom odlúpnutia vrstvy pozdĺž plochy bridličnatosti v blízkej budúcnosti.

Na lokalitách Demjata 5, Handlová-Baňa, Bratislava-Železná studnička, Pezinská Baba 2 a 3, na ktorých sa vykonávajú merania mikromorfologických zmien, boli v roku 2023 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 ťažísk nebezpečných odpadov.

Do špecifickej skupiny lokalít hodnotenia stability prostredia je zaradený objekt **Stabilizačného násypu v Handlovej**. 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 2023 zabezpečené merania hladiny podzemnej vody, výdatnosti Hlavného drénu a pravidelne raz mesačne boli vykonávané obhliadky všetkých objektov násypu. Výsledky boli mesačne predkladané organizácii, poverenej MŽP SR výkonom TBD – Vodohospodárskej výstavbe, š. p. Bratislava.

Na základe analýzy režimových ukazovateľov vyplýva, že v priestore Stabilizačného násypu došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k vzostupu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody, a to o 0,62 m, na úroveň 6,26 m p.t.

Z dlhodobého hľadiska boli najvýznamnejšie zmeny hladiny podzemnej vody namerané na konci hodnoteného kalendárneho roka vo vrtoch H-2, IN-1, IN-3A a M-1. V uvedených vrtoch boli namerané najvyššie hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie (lokalita je monitorovaná od roku 2003). Zo stabilitného hľadiska bola mimoriadne nepriaznivá situácia sledovaná vo vrtoch M-1, M-2 a N-1, v ktorých hladina podzemnej vody vystúpila nad úroveň terénu. Najvyššie bola hladina podzemnej vody pozorovaná vo vrte N-1. V roku 2023 vystúpila do úrovne 0,47 m nad terénom. Ide o najvyššiu hladinu od roku 2020 a štvrtú najvyššiu hladinu za celé monitorované obdobie. Nameraný stav bol zaznamenaný v druhej polovici mája a hladina 0,46 m nad terénom na konci decembra. Do blízkosti terénu (0,00 až 0,99 m p. t.) vystúpili hladiny podzemnej vody aj vo vrtoch M-3, N-2, N-3 a N-4.

V roku 2023 bol v rámci riešenia geologickej úlohy Monitoring svahových deformácií (OP KŽP) inštalovaný automatický prietokomer, čím sa výrazne zlepšila merateľnosť prietoku na ústí Hlavného drénu. Z nameraných hodnôt vyplýva, že maximálny stav $4\,092,5\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ bol nameraný 25. december 2023 o 13:00 hod. Nameraná hodnota predstavuje najvyššiu hodnotu prietoku za celé monitorované obdobie. Naopak, najnižšia výdatnosť ($49,6\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) bola nameraná 17. októbra. Priemerná výdatnosť (počas obdobia prevádzky automatického hladinomera: marec – december) dosiahla $629,66\text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, čo je v porovnaní s rokom 2022 výrazný vzostup.

Nové zosuvy v roku 2023

Základné informácie o svahových deformáciách v roku 2023, resp. statických poruchách, ktoré boli poskytnuté Centrálnym monitorovacím a riadiacim strediskom, odborom operačného riadenia, sekciou krízového riadenia MV SR, sa týkali katastrálnych území: Osrblie, Nová Kelča, Mníšek nad Popradom, Kvakovce, Kozelník, Handlová, Dlhá nad Kysucou, Čavoj, Vysoké Tatry, Štiavnické Bane a Dolné Semerovce.

V roku 2023 pracovníci ŠGÚDŠ vykonali obhliadku/registráciu 5 svahových deformácií: Bratislava – PKO, Kvakovce, Nová Kelča, Zabiedovo a Krajná Poľana. 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, ktoré 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 Programu Slovensko (2021 – 2029).

LITERATÚRA

Predchádzajúce správy z riešenia úlohy Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov SR (Klukanová et al., 1998, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2002 – 2009 a 2010; Ondrejka et al., 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 a 2022)

- Antonická, B. a Fussgänger, E., 1998: Olšavica – vrch Spišská a okolie, svahové poruchy. Manuskript. Bratislava, archív ŠGÚDŠ, 17 s.
- Fekeč, P., Bednarik, M., Mareta, P., 2014a: Realizácia 2. etapy sanácie havarijného zosuvu v obci Šenkvice. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, IN GEO, a.s. Žilina. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro, Ľ., Gonda, S., 2014: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, 33 s.
- Fussgänger, E., Jadroň, D., 1977: Engineering geological investigation of the Okoličné landslide using measurement of stresses existing in soil mass. Bull. IAEG (Krefeld), 16, s. 203 – 209.
- Gajdoš, V., Wagner, P., 2005: Spôsob spracovania údajov z meraní presnej inklinometrie pri monitoringu svahových pohybov. Mineralia Slovaca, 37, s. 563 – 568.
- Grman, D., Boszáková, M., Magdošková, M., Ondrejka, J., Potančok, L., Syčevová, M., Takáč, P., Udič, P., Dvořák, M., Ádámová, M., 2010: Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v Košickom kraji. MŽP SR, Bratislava, GEO Slovakia, s. r. o., Košice. Manuskript – Geofond, Bratislava, 22 s.
- Gross, P. (ed.), Buček, S., Ďurkovič, T., Filo, I., Karoli, S., Maglay, J., Nagy, A., Halouzka, R., Spišák, Z., Žec, B., Vozár, J., Borza, V., Lukáčik, E., Mello, J., Polák, M., Janočko, J., 1999: Geologická mapa Popradskej kotliny, Hornádskej kotliny, Levočských vrchov, Spišsko-šarišského medzihoria, Bachurne a Šarišskej vrchoviny 1 : 50 000. Bratislava, Vyd. GS SR a MŽP SR.
- Hagara, R., Nagy, Z., Madaj, M., 2015: Meranie priečných deformačných javov prekrytého profilu Handlovky a prítoku Nepomenovaného potoka. Meranie pohybov podložia. Banské projekty, spol. s r. o., 126 s. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava.
- Havčo, J., Stercz, M., Polaščinová, E., Spišák, Z. a Kopecký, M., 2010: Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov, vzniknutých v roku 2010. Časť č. 3 „Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v okrese Bardejov“. ZM UP SR, Bratislava, HAGEOS, s. r. o., Uhorská Ves. Manuscript – Geofond, Bratislava, 44 s.
- Imrich, P., Kováčik, M., Bóna, J., Majerníčková, F., 2007: Geological control of the gravitational processes in the Spišská Hill pseudokarst region (Levočské vrchy Mts., Slovakia). Nature Conservation, 63, 47 – 55.
- Jadroň, D., Mokrá, M., 1999: Handlová – Kunešovská cesta, havarijný zosuv. Záverečná správa. IN GEO, a.s. Manuskript, 31 s., Žilina.
- Jadroň, D., Wagner, P., Jelínek, R., 1998: Monitoring sanovaného zosuvu v Dolnej Mičinej. In Zb. referátov z 1. konf. "Geológia a životné prostredie", Vyd. Dionýza Štúra, s. 83 – 86, Bratislava.
- Jánová, V., Liščák, P., 2001: Súčasný metódy monitoringu procesov zvetrávania. In: Klukanová, A., Wagner, P. (ed.): Geológia a životné prostredie. Zbor. referátov z 2. konferencie. Vyd. ŠGÚDŠ, Bratislava, s. 136 – 140.
- Jánová, V., Liščák, P., Kopecký, M., Bednarik, M., Šimeková, J., Ondrášik, M., Pauditš, P., Tupý, P., Petro, Ľ., Ondrejka, P., Greif, V., Ondrus, P., 2021: Zosuvy na

- Slovensku. Zost. Jánová, V., Liščák, P. Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia, 2021. – 214 s. - ISBN 978-80-8213-055-6.
- Matula, M., Pašek, J., 1986: Regionálna inžinierska geológia ČSSR. Vyd. Alfa – SNTL, 295 s., Bratislava, Praha.
- Míka, R., Bolha, L., 2000: Záverečná správa z podrobného inžinierskogeologického prieskumu „Slanec“. Manuskript. Archív SPP, 15 s., Bratislava.
- Mokrá, M., Jadroň, D., Beracko, I., Zuberec, M., 2004: Handlová – pozorovací systém na stabilizačnom násype v údolí Handlovky. Záverečná správa. Archív INGeo – ighp, spol. s r.o. Manuskript, 92 s. a prílohy, Žilina.
- Nemčok, A., 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. Veda, Vyd. Slovenskej akadémie vied, 319 s., Bratislava.
- Ondrejka, P., Wagner, P., Gróf, V., 2011: Využitie stacionárneho inklinometra na tvorbu systémov včasného varovania na zosuvoch. Geotechnika 1-2/2011, Čeněk a Ježek, Praha, s. 19 – 23.
- Ondrejka, P., Liščák, P., Šimeková, J., 2014: Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, 37 s.
- Petro, L., Bóna, J., Kováčik, M., Fussgänger, E., Antonická, B. & Imrich, P.: The Cave under the Spišská hill: Preliminary monitoring results of the block movements. Miner. Slov., 43, 2, 2011, s. 121-128. ISSN 0369-2086.
- Petro, L., Kováčik, M., Bóna, J., 2013: Jaskyňa pod Spišskou – pseudokras. In: Sborník abstraktů, exkurzní průvodce z konf. „Svahové deformace a pseudokras 2013“. Vyd. Svahovky, o.s.; CHKO Broumovsko a ÚSMH AV ČR, s. 24-26.
- Petro, L., Košťák, B., Polaščinová, E., Spišák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybů v Slanských vrchoch. Miner. Slov., 31, s. 549 – 554
- Petro, L., Liščák, P., Ondrejka, P., 2012: Assessment of selected active landslides in Slovakia in 2011. Miner. Slov., 44/2, s. 131 – 140.
- Petro, L., Spišák, Z., Polaščinová, E., 1984: Inžinierskogeologická mapa 1 : 10 000, oblasť Solivar. Manuskript, archív ŠGÚDŠ Košice, s. 1 – 189.
- Petro, L., Stercz, M., 1998: Inžinierskogeologické posúdenie lokality Fintice. Manuskript, 7 s., GS SR, Regionálne centrum, Košice.
- Petro, L., Wagner, P., Polaščinová, E., 2001: Výsledky dlhodobého monitoringu prúdového zosuvu pri Finticiach. In zb. referátov z 2. konf. "Geológia a životné prostredie", Vyd. Dionýza Štúra, s. 131 – 135, Bratislava
- Petro, L., Vlčko, J., Ondrášik, R., Polaščinová, E., 2004: Recent tectonics and slope failures in the Western Carpathians. Engineering Geology, 74, s. 103 – 112
- Pisca, P., 2022: Meranie vývoja zosuvného procesu v km 255,0-255,5 trate Košice – Žilina. 65. etapové meranie. Žilina, s. 5, prílohy.
- Polák, M. (edit), Plašienka, D., Kohút, M., Putiš, M., Bezák, V., Maglay, J., Olšavský, M., Havrila, m., Buček, S., Elečko, m., Fordinál, K., Nagy, A., Hraško, L., Németh, Z. Malík, P., Liščák, P., Madarás, J., Slavkay, M., Kubeš, P., Kucharič, L., Boorová, D., Zlinská, A., †Siránová, Z., Žecová K., 2012: Vysvetlivky ku geologickej mape regiónu Malé Karpaty 1 : 50 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, s. 7-287.
- Šimeková, J., Martinčeková, T. (Eds.), Abrahám, P., Baliak, F., Caudt, L., Gejdoš, T., Grenčíková, A., Grman, D., Hrašna, M., Jadroň, D., Kopecký, M., Kotrčová, E., Liščák, P., Malgot, J., Masný, M., Mokrá, M., Petro, L., Polaščinová, E., Rusnák, M., Sluka, V., Solčiansky, R., Wanieková, D., Záthurecký, A., Žabková, E., 2006. Atlas máp stability svahov Slovenskej republiky 1 : 50 000. Vyd. MŽP SR Bratislava, INGeo-ighp, s. r.o., Žilina.

- Šimon, L. (ed.), Elečko, M., Lexa, J., Kohút, M., Halouzka, R., Gross, P., Pristaš, J., Konečný, V., Mello, J., Polák, M., Vozárová, A., Vozár, J., Havrila, M., Köhlerová, M., Stolár, M., Jánová, V., Marcin, D., Szalaiová, V., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny 1 : 50 000. GS SR, Vyd. Dionýza Štúra, 281 s., Bratislava.
- Tupý, P., Ilkanič, A., Bvoc, T., Kopecký, M., Gomolčák, M., Sláma, M., 2010a: Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov, vzniknutých v roku 2010. Časť č. 1 – „Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v okrese Prešov“. MŽP SR, Bratislava, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica. Manuscript – Geofond, Bratislava, 111 s.
- Tupý, P., Ilkanič, A., Gomolčák, M., Scherer, S., Bvoc, T., 2010b: Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov, vzniknutých v roku 2010. Časť č. 4 – „Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v okresoch Sabinov a Stropkov“. MŽP SR, Bratislava, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica. Manuscript – Geofond, Bratislava.
- Tupý, P., Ilkanič, A., Masiar, R., Mišuth, K., 2014: Sanácia havarijných zosuvov v Hradci a vo veľkej Lehôtke (časť I.). Skupina dodávateľov „Sanácia Prievidza“, TMG, a. s. Prievidza, Envigeo, s. s. Banská Bystrica. In: Ondrejka, P., Liščák, P., Šimeková, J., 2014: Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, s. 37.
- Wagner, P., Iglárová, Ľ., Petro, Ľ., Scherer, S., 2002: Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií. Geol. práce, Spr., 106, s. 21 – 42.
- Wagner, P., Ondrejka, P., Iglárová, Ľ., Fraštia, M., 2010: Aktuálne trendy v monitorovaní svahových pohybov. Mineralia Slovaca, roč. 42, č. 2., s. 229 – 240.
- Wagner, P., Ondrejka, P., Balík, D., Žilka, A., 2012: Hodnotenie výsledkov monitorovacích meraní na zosuvoch. Mineralia Slovaca, 44/2, s. 141 – 148.
- Žabková, E., Záthurecký, A., Žilka, A., Kotrčová, E., Lenková, M., Méry, V., Frličková, M., Kováčik, J., 2010: Inžinierskogeologický prieskum vybraných havarijných zosuvov Slovenska, časť č. 6. MŽP SR, Bratislava, INGEO-ighp, s.r.o., Žilina. Manuskript – Geofond, Bratislava, 38 s.