

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA



Podsystem 01

Zosuvy a iné svahové deformácie

Správa za rok 2022

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.
Riešitelia:	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, Jajčíštinová, Mgr. Robert Žjak
Zástupca zhotoviteľa:	RNDr. Pavel Liščák, CSc.
Štatutárny zástupca:	RNDr. Igor Slaninka, PhD. generálny riaditeľ ŠGÚDŠ

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	32
1.4.3. Lokalita Svätý Anton	35
1.4.4. Lokalita Hodruša-Hámre	43
1.4.5. Lokalita Slanec-TP	50
1.4.6. Lokalita Dolná Mičiná	67
1.4.7. Lokalita Okoličné	78
1.4.8. Lokalita Ďačov.....	73
1.4.9. Lokalita Bardejovská Zábava.....	82
1.4.10. Lokalita Čirč	90
1.4.11. Lokalita Vyšný Čaj	96
1.4.12. Lokalita Šenkvice	104
1.4.13. Lokalita Veľká Izra	111
1.4.14. Lokalita Sokol.....	114
1.4.15. Lokalita Košický Klečenov.....	117
1.4.16. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou	121
1.4.17. Lokalita Handlová-Baňa	124
1.4.18. Lokalita Demjata.....	127
1.4.19. Lokalita Bratislava-Železná studnička	133
1.4.20. Lokalita Pezinská Baba	136
1.4.21. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp	139
2. ZÁVER	157
LITERATÚRA.....	163

1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE

V rámci subsystému 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie sú prezentované výsledky monitorovania reprezentatívnych lokalít za roky 2021 a 2022 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 2022 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 stabilitného stavu. Podľa tých istých kritérií sa upravuje i rozsah metód a frekvencia monitorovania, ako aj aktuálny stupeň celospoločenskej významnosti reprezentatívnych lokalít.

V roku 2022 sa pokračovalo v monitorovacích meraniach na identickom súbore zosuvov z roku 2021. Zmeny v počte lokalít boli vynútené len v súvislosti so znehodnotením merného profilu na lokalitách Jakub a Starina; vývoj zmien v počte monitorovaných lokalít v skupine zosuvov v rámci riešenia úlohy ČMS – GF je na obr. 1.1.

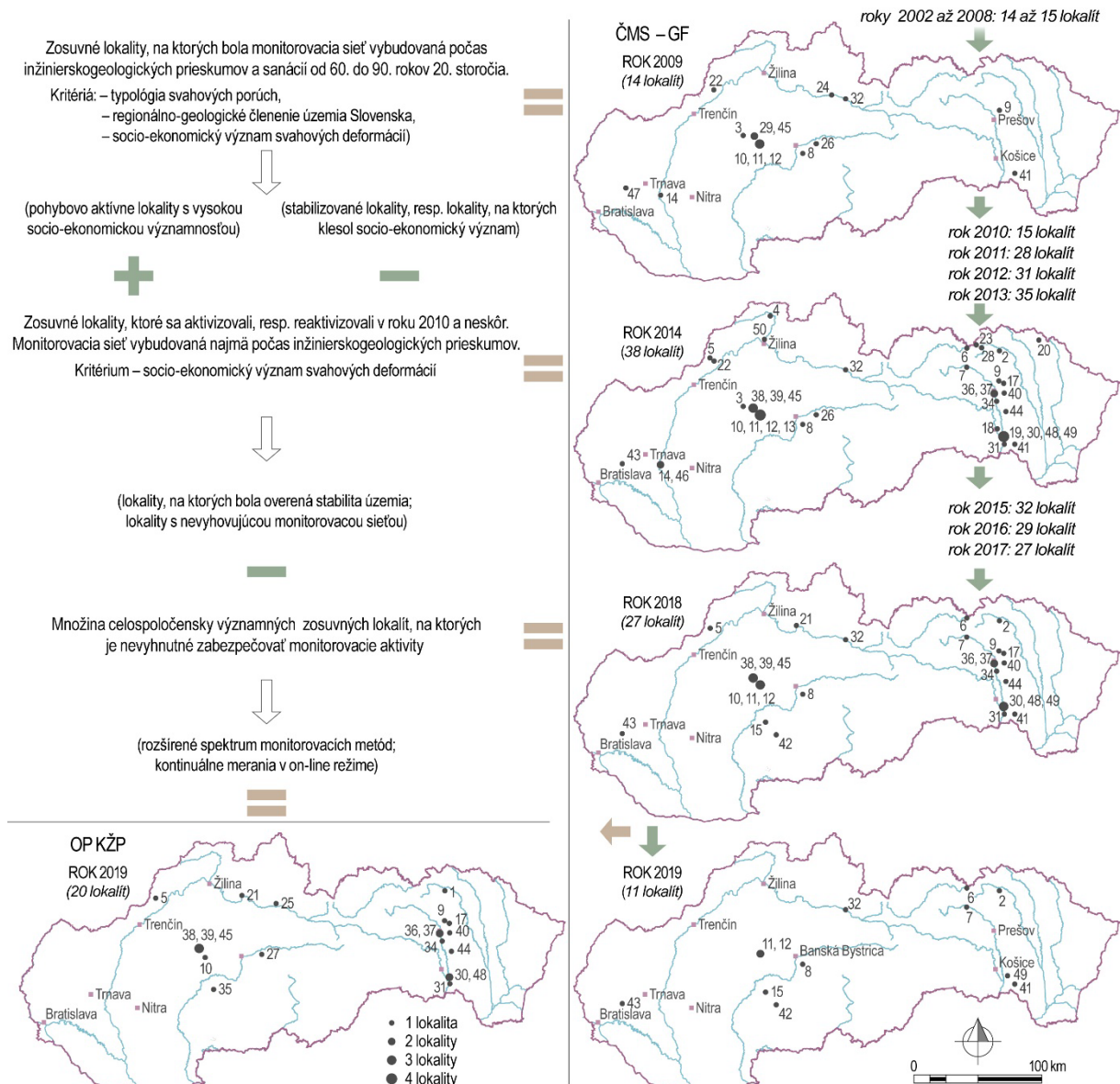
Rozsah použitých metód a frekvencia meraní bola rovnaká ako v roku 2021.

Podsystem 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 podsystému 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 je zameraná na monitoring svahových deformácií na celospoločensky najvýznamnejších zosuvných územiach v rámci Slovenskej republiky. Názov tejto geologickej úlohy je „Monitoring zosuvných deformácií“ a je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia (Prioritnej osi 3: Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy), jej realizácia začala v roku 2018.

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 zosuvných deformácií (úloha je 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 Mičína, 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 – Kralovany, 22 – Kvašov, 23 – Lenartov, 24 – Liptovská Mara, 25 – Liptovská Štiavnica, 26 – Lubietová-1977, 27 – Lubietová-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 Lehôtká, 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);
- Skalné 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.

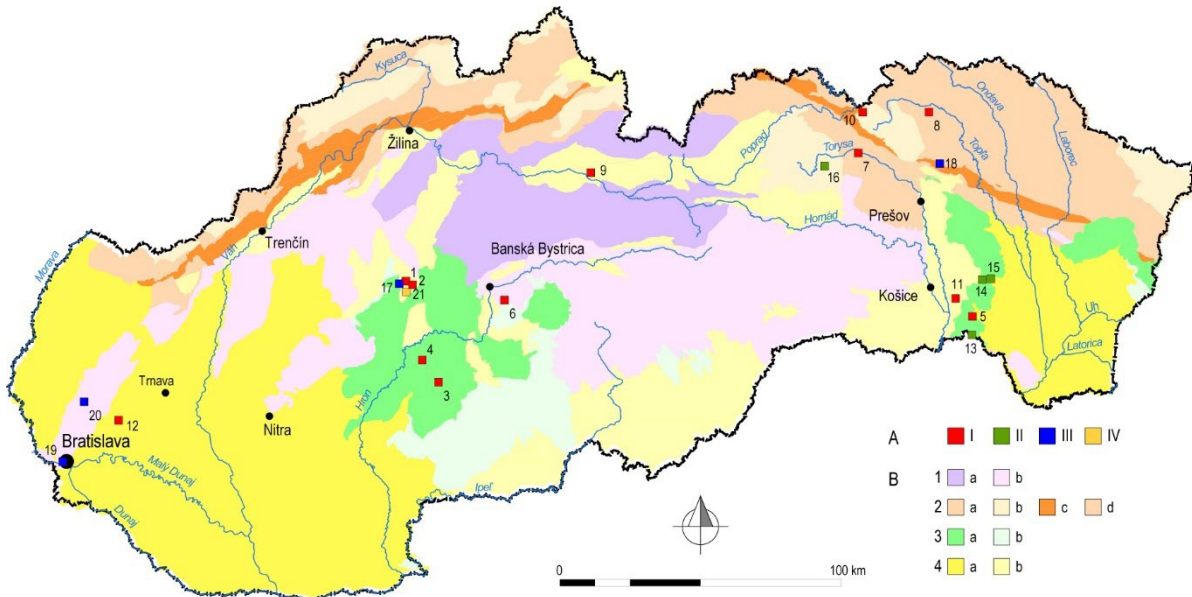
Tab. 1.2. Prehľad lokalít monitorovania zosuvov a iných svahových deformácií

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 2022) 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 (Hrašna 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 vysokých jadrových pohorí, b – oblasť flyšových vrchovín, 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.

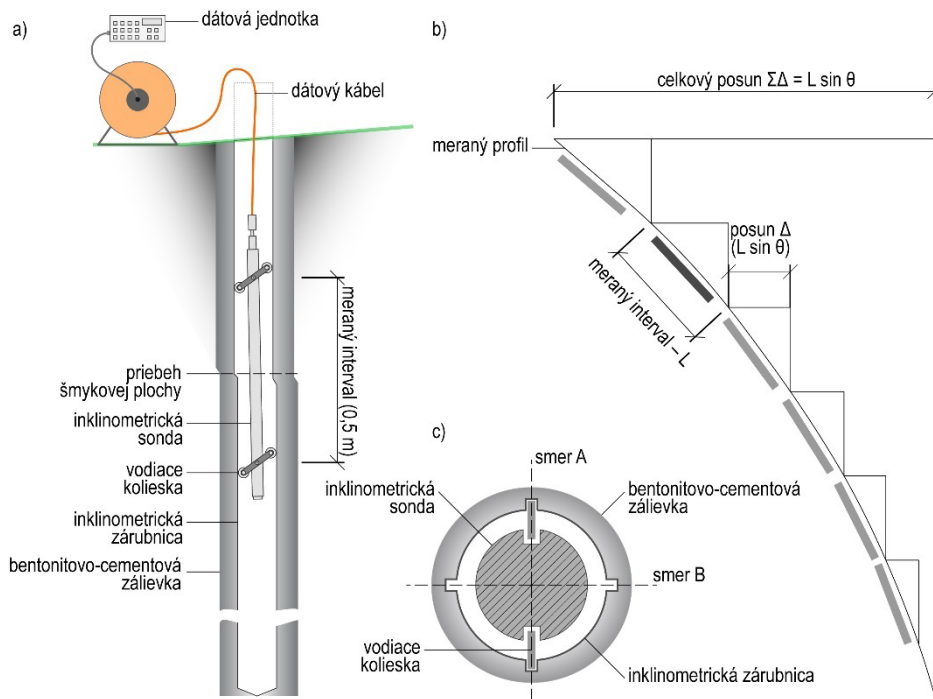
b/ Merania deformácií

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). Od roku 2014 je stacionárnou inklinometrickou sondou monitorovaný vrt na zosuvnej lokalite

Handlová-Morovnianske sídlisko (skúsenosti s monitorovaním stacionárnou inklinometrickou sondou sú i v územiach Prievidza-Hradec, Handlová z roku 1960, Handlová-Kunešovská cesta a Nižná Myšľa. V súčasnosti, vďaka riešeniu geologickej úlohy Monitoring zosuvných deformácií, boli v jarých 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).

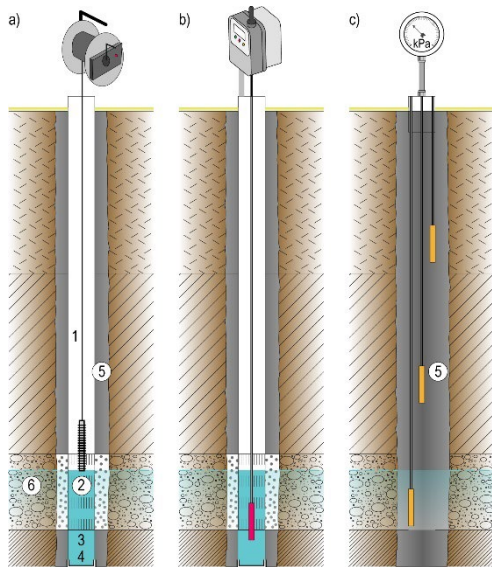
c/ Merania zmien zosuvotvorných faktorov

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 preklápací prietokomer; určený na sledovanie nižších

prietokov), implementovaných vďaka spomenutej geologickej úlohy Monitoring zosuvných území, 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 – ilové tesnenie, 6 – zvodnená vrstva.

Tab. 1.3. Prehľad aktuálnych metód monitorovania svahových pohybov.

Typ svahového pohybu	Pozorované ukazovatele	Metódy monitorovania
Zosúvanie	a/ Posuny b/ Deformácie c/ Zosuvotvorné faktory (režimové pozorovania, klimatické faktory)	– Geodetické – GNSS, terestrické – Presná inklinometria (prenosný a stacionárny inklinometer) – 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 b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu c/ Zmeny morfológie skalnej steny	– Dilatometrické (tyčovým meradlom Somet a meradlom posunov) – Merania zrážkových úhrnov – Záznam počtu mrazových dní – Merania mikromorfológických zmien povrchu horniny
Plazenie	a/ Posuny b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu	– Dilatometrické (opticko-mechanickým dilatometrom TM-71) – 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 zosuvných 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 doplňujúce, zamerané na zaznamenanie postupu zvetrávacích procesov na povrchu skalného masívu. Merania *mikromorfológických zmien* povrchu skalnej steny majú už pomerne dlhú tradíciu a preukázalo sa nimi viacero zaujímavých výsledkov (Jánová a Liščák, 2001).

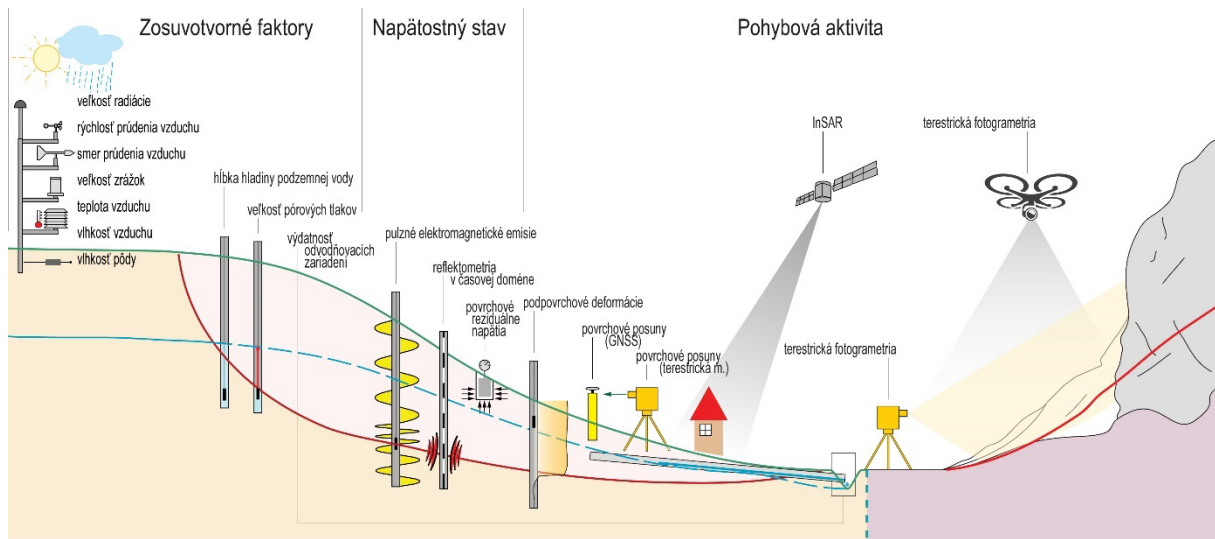
C. Plazenie

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 vplyvajúcich 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. Pretrváva 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 zosuvných 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 2022, zaužívala nasledujúca frekvencia zberu údajov z lokalít svahových pohybov:

a/ Merania na zosuvoch

– Geodetické GNSS/terestrické merania boli naposledy realizované v roku 2019 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 jarného 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 sa v súčasnosti ustálila na dvoch meraniach za rok, výnimočne však i troch meraniach za rok (napr. lokalita Svätý Anton v rokoch 2021 a 2022). 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 2021 a 2022 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 i v publikovaných 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 2022 a na porovnanie uvádzame i výsledky meraní z roku 2021.

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 2021 a 2022 zhrnutý tabuľkovou formou;

- Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022. 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 2022, alebo – pri niektorých typoch meraní – do momentu posledného merania, uskutočneného v roku 2022;

- 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 (celkom 64 ks, prevažná väčšina ktorých sa nachádza v šiestich odvodňovacích vejárach) a väčšom množstve pozorovacích piezometrických vrtoch. Od roku 2015 sú na lokalite realizované inklinometrické merania.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2021 a 2022

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 2021 a 2022.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	1	Rok 2021	Rok 2022
Inklinometrické	1	AH-3 (Jánošíkova cesta)	2 (12. máj, 23. september ¹)	2 (31. máj, 25. október ¹)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	41 (rok 2021) 25 ² (rok 2022)	P-1 až 13, P-15, P-16, P-18, P-20, VP-41, VP-44 (oblasť nad železničným oblúkom); P-21 až 30, VP-23, HG-351 (Malá Hôrka); P-31 až 38, J-317 a 318 (Jánošíkova cesta)	24 (2x za mesiac)	47 (4x za mesiac)
	2	P-17 ³ , P-19 – automatické hladinomery	Kontinuálne (každú hodinu)	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	13 (rok 2021) 11 ² (rok 2022)	oblasť nad železničným oblúkom: A (10 odvodňovacích vrtov: HVA-1 až 10), C (9 vrtov: HVC-1 až 9), D (9 vrtov: HVD-1 až 9); Malá Hôrka: E (7 vrtov: HVE-1 až 7), F (9 vrtov: 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)	24 (2x za mesiac)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

¹ – výsledky meraní boli ovplyvnené výraznou deformáciou inklinometrickej pažnice, z tohto dôvodu neboli použité pri analýze pohybovej aktivity územia, ² – v roku 2022 bol súbor monitorovacích objektov upravený na základe analýzy výsledkov meraní z predchádzajúceho obdobia (merania boli pozastavené najmä v dlhodobu suchých monitorovacích, resp. v ťažko prístupných objektoch), ³ – ochranná pažnica vrtu bola poškodená pasúcom sa hovädzím dobytkom, čo spôsobilo zmenu výšky odmerného bodu; v dôsledku uvedeného poškodenia nadzemnej časti vrtu došlo k ovplyvneniu sledovaných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody.

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa v rokoch 2021 a 2022 vykonávali len vo vrte AH-3, ktorý je v rámci monitorovaného územia situovaný v oblasti Jánošíkovej cesty. Výsledky meraní z rokov 2021 a 2022 sú zhrnuté v tab. 4.1.2 a prezentované na obr. 4.1.1 a 4.1.2. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je graficky vyjadrené na obr. 4.1.3.

Tab. 4.1.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2021 a 2022.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	1. 12. 2020 – 12. 5. 2021			12. 5. 2021 – 31. 5. 2022			31. 5. 2022 – 25. 10. 2022		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
AH-3	5,57	67,49	19,23	56	78,90	23,17	4	68,28	16,63	192
AH-3	6,57	59,41	10,03	69	68,57	21,73	4	62,60	12,66	183
AH-3	15,57	2,05	0,00	0	2,13	0,10	30	0,76	1,48	182

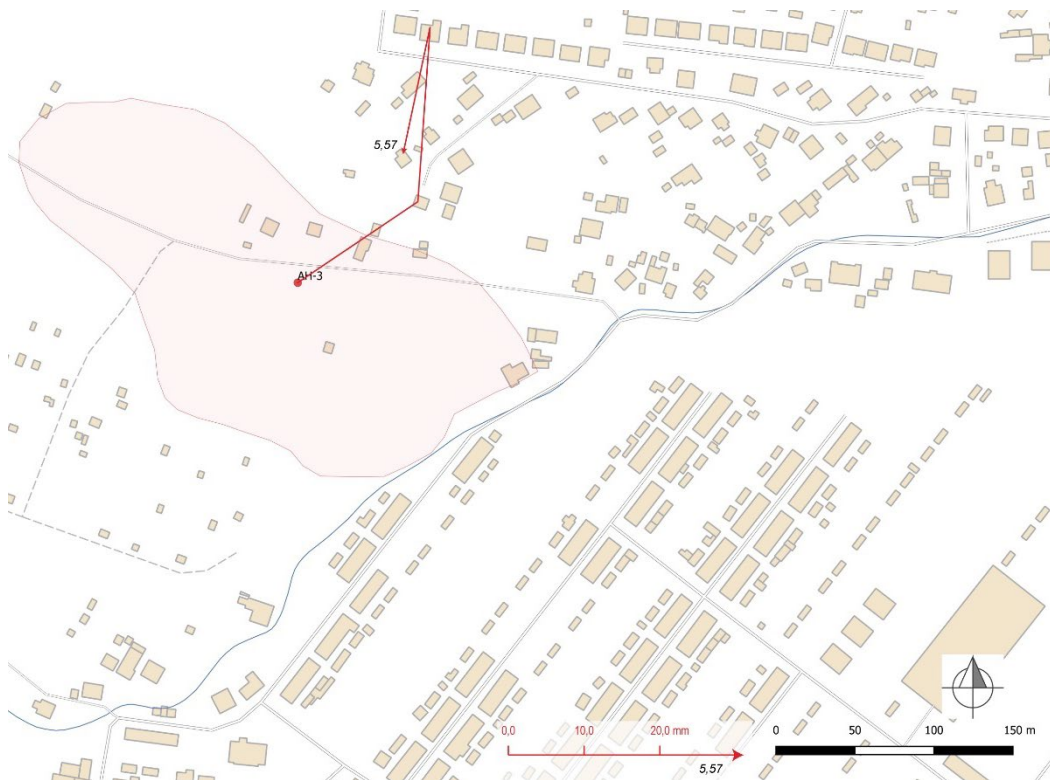
CD – celková deformácia od nultého merania (4. 3. 2015); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora. ¹ – namerané hodnoty etapovej deformácie nie sú v predloženej ročnej správe hodnotené, pretože je vysoká pravdepodobnosť, že boli ovplyvnené v dôsledku technických problémov, súvisiacich s extrémnou deformáciou vstrojenia inklinometrického vrtu.

V oblasti Jánošíkovej cesty (IBV) boli počas roka 2021 zabezpečené dve meracie etapy (máj a september), výsledky jesenného kontrolného merania, vzhľadom na výraznú deformáciu inklinometrickej zárubnice v oblasti šmykovej plochy, boli však zásadným spôsobom ovplyvnené zhoršenou priechodnosťou deformujúceho sa vrtu. Predpokladáme, že vodiace drážky pre inklinometrickú sondu sú výrazne deformované, čo negatívne ovplyvňuje presnosť merania. Z tohto dôvodu považujeme namerané hodnoty z jesennej etapy za nepresné.

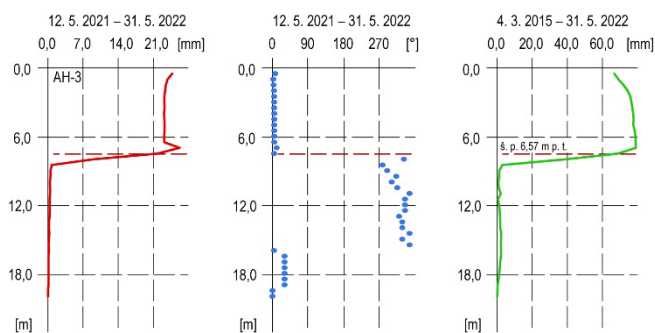
Počas jarného merania (12. mája) bola vysoká pohybová aktivita zaznamenaná na šmykovej ploche v hĺbke 5,57 m pod terénom. V období približne 5,5 mesiaca dosiahla deformácia 19,23 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 43,39 mm.rok⁻¹. Nameraný vektor mal severovýchodne orientovaný azimut (56°). V hlbšom sledovanom horizonte bol nameraný vektor 10,03 mm s azimutom 69°.

V roku 2022 boli rovnako, ako v predchádzajúcom období, vykonané dve kontrolné etapy (máj a október). Relatívne vysoká hodnota pohybovej aktivity bola zaznamenaná počas oboch etapových meraní. Dňa 31. mája bola v hĺbke 5,57 m pod terénom nameraná deformácia 23,17 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 22,02 mm.rok⁻¹ a následne, dňa 25. októbra, bola nameraná deformácia 16,63 mm (41,31 mm.rok⁻¹). Azimuty vektorov boli však orientované protichodne. Podobne ako v roku 2021, pri realizácii merania vznikla situácia, pri ktorej vplyvom mimoriadnej deformácie inklinometrickej pažnice došlo k chybe merania. V hlbšom horizonte (v hĺbke 6,57 m pod terénom) sú deformácie príbuzné uvádzaným hodnotám.

V budúcnosti sa bude nutné pri realizácii meraní prispôsobiť danému stavu a počas kontrolnej etapy bude potrebné vykonať viacero meraní (resp. ideálnym riešením vzniknutej situácie by bola inštalácia stacionárnej inklinometrickej sondy do oblasti identifikovanej aktívnej šmykovej plochy).

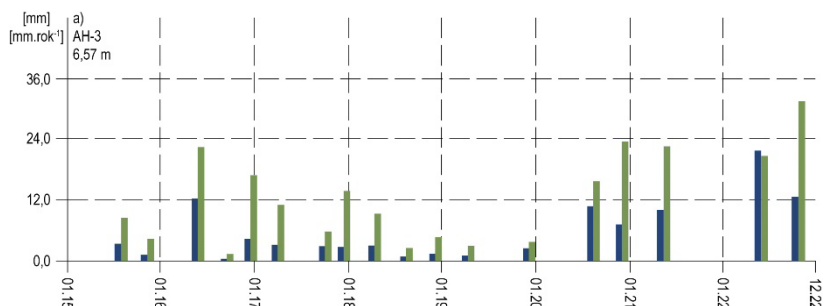


Obr. 4.1.1. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkova cesta) – vektory deformácií namerané v rokoch 2021 a 2022 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.1.2; hĺbka zaznamenananej deformácie je 5,57 m pod terénom); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.1.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkova cesta) vo vrte AH-3 v roku 2021. Červená línia – etapová deformácia 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).

Pri hodnotení celého obdobia realizácie monitorovacích meraní vo vrte AH-3 je zrejmé, že oblasť je výrazne pohybovo aktívna. V minulosti boli najväčšie deformácie pozorované v rokoch 2016 (12,31 mm; 22,46 mm.rok⁻¹) a 2020 (10,76 mm; 15,70 mm.rok⁻¹). K výraznej akcelerácii pohybu na šmykovej ploche však došlo v hodnotených rokoch 2021 a 2022. Všeobecne možno konštatovať, že jednotlivé etapové vektory, ako aj výsledný vektor, zaznamenaný počas monitorovaného obdobia, majú východný smer. Na aktívny pohyb po šmykovej ploche poukazuje hodnota pomeru medzi trajektóriou etapových prírastkov deformácie a výsledným premiestnením sledovaného bodu počas monitorovaného obdobia, ktorá dosiahla 77,13 % (v období jarného kontrolného merania). Znamená to, že prevažná časť deformácií, nameraných v sledovanom horizonte, priamo súvisí so svahovým pohybom. Výsledný vektor nameraný na aktívnej šmykovej ploche dosiahol 68,57 mm (za obdobie apríl 2015 – máj 2022), čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 9,46 mm.rok⁻¹.

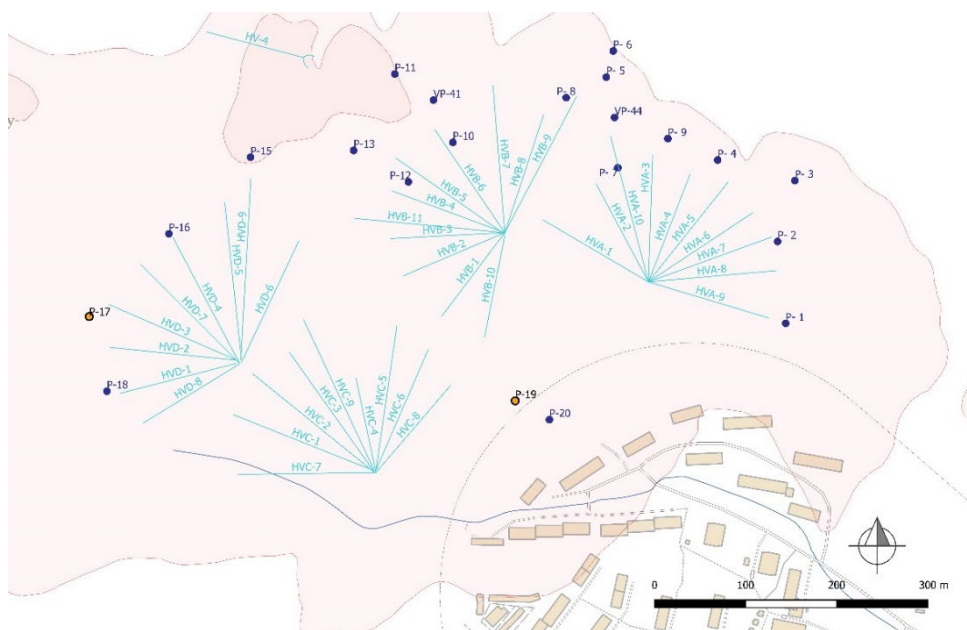


Obr. 4.1.3. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko vo vrte AH-3 v období rokov 2015 až 2022; modrá – etapové deformácie, zelená – rýchlosti deformácie, sledované na šmykovej ploche v hĺbke 6,57 m pod terénom.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

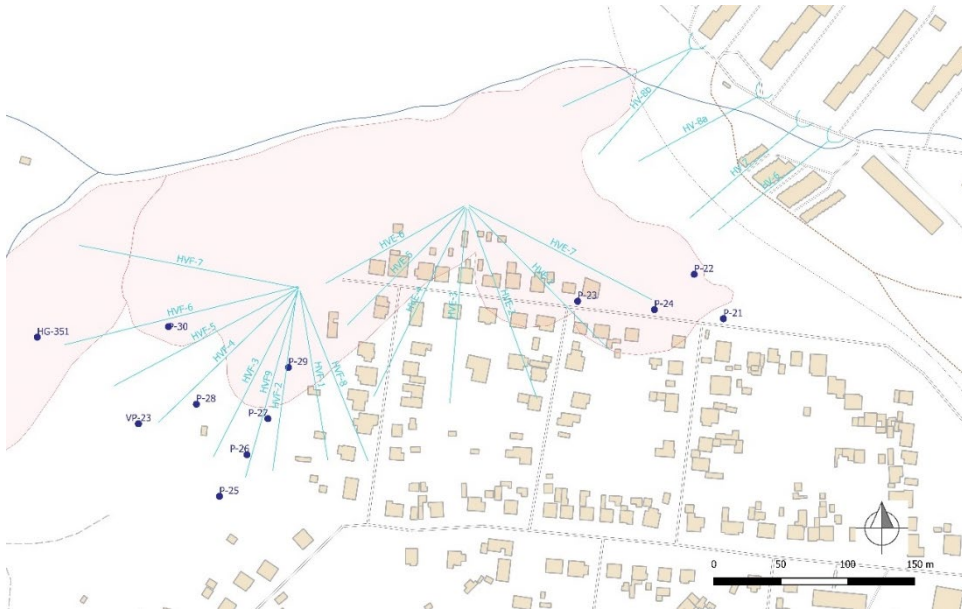
Hladina podzemnej vody sa na lokalite meria v troch skupinách objektov – v starších vrtoch realizovaných prevažne v osemdesiatych rokoch (6 objektov – označených ako HG, J a VP), vo vrtoch z roku 2002 (35 objektov, označených písmenom P), z ktorých je vo vrte P-19 inštalovaný automatický hladinomer (výsledky meraní kontinuálneho záznamu o zmenách



Obr. 4.1.4. 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 vrty: modré – merané pozorovateľom, oranžové – s automatickými hladinomerami (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 dlhodobo 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 vrtoch sa množina zúžila na 25 piezometrických vrtoch. Merania boli prerušené na vrtoch, ktoré pri hodnotení výsledkov režimových meraní dlhodobo vykazovali značnú neistotu. Ide o vrty, ktoré boli dlhodobo suché, prípadne ich technické vybavenie nezodpovedalo požiadavkám

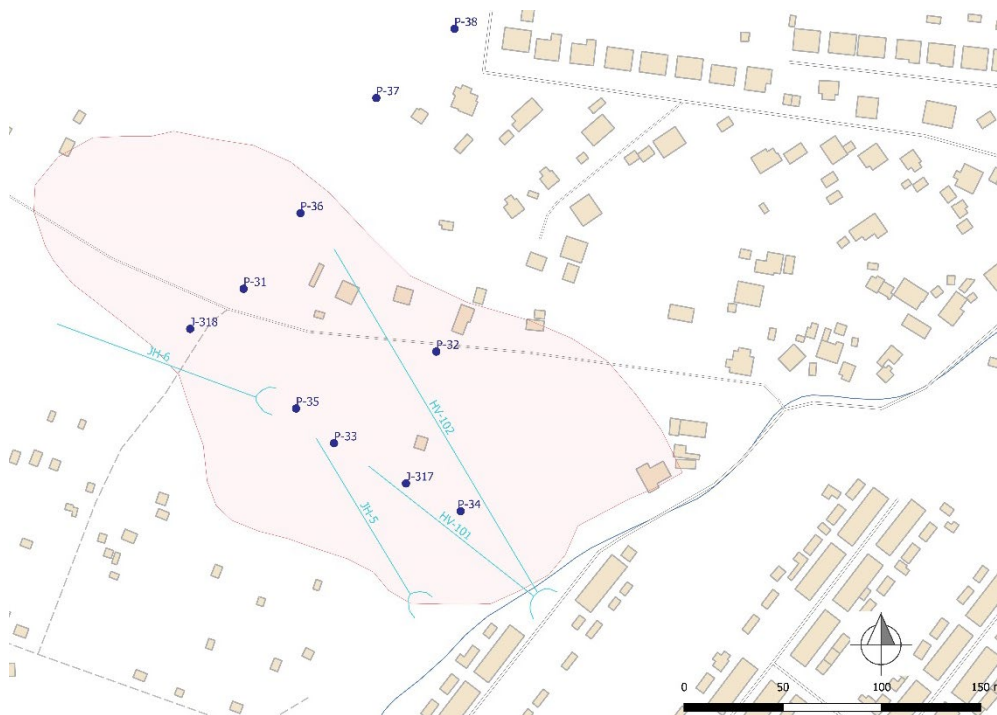
piezometrického monitorovacieho objektu. Zoznam monitorovaných vrtov od roku 2022 je uvedený v tab. 4.1.4. Situovanie piezometrických vrtov je na obr. 4.1.4 až 4.1.6 (na obr. sú uvádzané i vrty, ktoré boli monitorované do roku 2021). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch za roky 2021 a 2022, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.1.7 až 4.1.10. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch za dlhšie obdobie monitorovania sú znázornené na obr. 4.1.11 a 4.1.12.



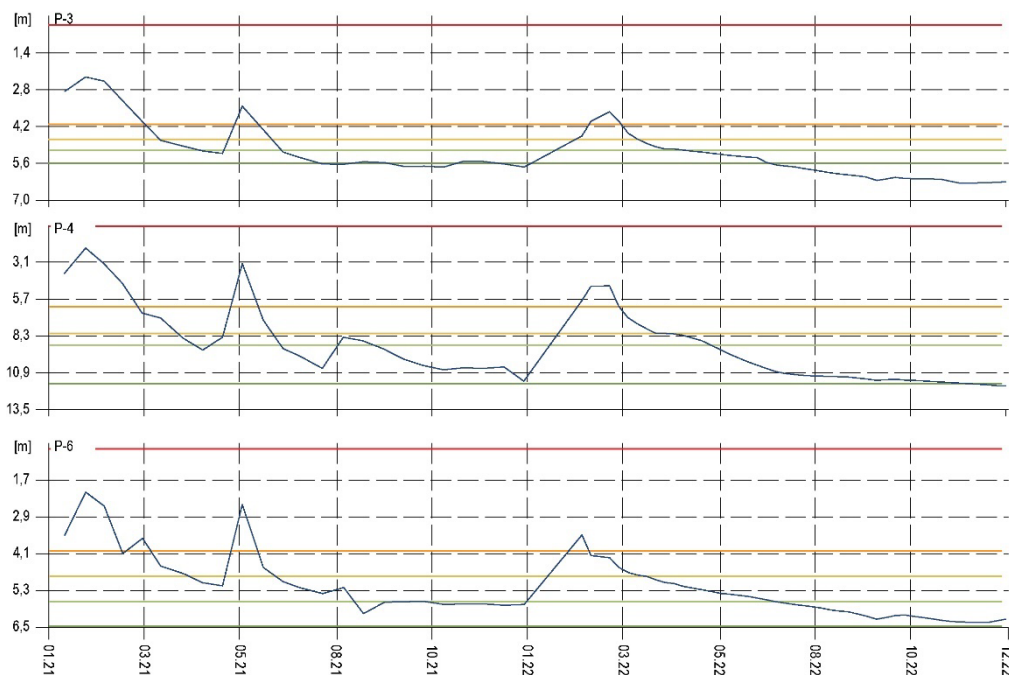
Obr. 4.1.5. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Malá Hôrka s individuálnou bytovou výstavbou – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2021 sa režimové pozorovania zabezpečovali v 41 vrtoch a celkove, podobne ako v predchádzajúcom roku, bolo vykonaných 24 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 13. januára do 28. decembra. V roku 2021 bola hladina podzemnej vody s pozitívnym vztlakom (nad úrovňou terénu) pozorovaná v piatich vrtoch (P-11, P-16, P-18, P-34 a P-37). Vo vrtoch P-11, P-18, P-34 a P-37 bol kontrolnými meraniami zaznamenaný i preliv cez ústie ochrannej pažnice. Vo vrte P-16 vystúpila hladina podzemnej vody na konci mája do výšky 0,09 m nad terén (475,86 m n. m.). V prípade uvedeného vrtu je však dôležité poznamenať, že počas júlových meraní bol vrt suchý.

Do blízkosti terénu sa hladiny podzemnej vody dostali i vo vrtoch P-32, P-35 a P-38. Ich maximálne úrovne dosahovali hĺbky v intervale 0,18 až 0,95 m pod terénom. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa v uvedených vrtoch vyskytovali prevažne v júli. V ostatných vrtoch boli maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané prevažne na konci januára, resp. v prvej polovici februára (až v 22 prípadoch – P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, P-7, P-8, P-9, P-13, P-21, P-24, P-25, P-27, P-30, P-33, P-37, VP-23, VP-41, J-317, P-23 a P-29 – max. hladina v uvedených vrtoch sa pohybovala v intervale od 1,05 do 12,69 m pod terénom) a na konci mája (HG-351, P-12, P-15, P-22, P-26, P-28 a P-31 – max. hladina v uvedených vrtoch sa pohybovala v intervale od 1,05 do 12,69 m pod terénom). V ďalšej skupine monitorovaných objektov boli maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané v marci (J-318), júni (P-20 a VP-44) a septembri (P-10).



Obr. 4.1.6. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Jánošíkovej cesty – 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®.



Obr. 4.1.7. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2021 a 2022, 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.

Najhlbšie pod terénom sa hladiny podzemnej vody vyskytovali v rôznych obdobiach roka, najčastejšie však v decembri (P-22, P-4, P-21, P-24, P-30, P-33, P-37, VP-23, P-29 a VP-44). V pätnástich vrtoch klesla hladina podzemnej vody minimálne počas jedného merania do väčšej hĺbky ako je samotná úroveň dna vrtu, teda vrty boli suché. Najčastejšie sa to prejavovalo vo

vrtoch P-36 (vrt bol suchý počas všetkých kontrolných meraní) a P-23 (vrt bol suchý prakticky počas celého roka, hladina podzemnej vody bola nameraná len počas 4 kontrolných etáp). Väčšiu časť roka boli suché vrty HG-351, J-317, P-28, P-25 a P-12 (viac ako 13-krát).

V roku 2021 nie je možné stanoviť priemernú hĺbku hladiny podzemnej vody celej lokality, pretože vo veľkej časti monitorovacích vrtoch dochádzalo k jej poklesu pod úroveň dna vrtu, alebo naopak k jej prelivu cez ústie pažnice. Z tohto dôvodu poukazujeme len na zásadné rozdiely v priemerných hodnotách hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch medzi aktuálnym a predchádzajúcim rokom.

Tab. 4.1.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2021.

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.]	
HG-351	24	4,56	478,43	28. 5. 2021	suchý					
J-317	24	4,56	485,80	12. 2. 2021	suchý					
J-318	24	4,64	497,97	13. 3. 2021	suchý					
P-1	24	1,22	430,93	29. 1. 2021	4,97	427,18	28. 9. 2021	3,73	428,42	3,75
P-2	24	1,60	440,44	29. 1. 2021	4,50	437,54	28. 7. 2021	3,69	438,35	2,90
P-3	24	2,32	449,46	29. 1. 2021	5,74	446,04	28. 10. 2021	4,80	446,98	3,42
P-4	24	2,09	447,95	29. 1. 2021	11,48	438,56	28. 12. 2021	8,08	441,96	9,39
P-5	24	3,36	453,00	29. 1. 2021	4,81	451,55	13. 8. 2021	4,41	451,95	1,45
P-6	24	2,10	458,65	29. 1. 2021	6,05	454,70	28. 8. 2021	4,79	455,96	3,95
P-7	24	7,02	436,56	29. 1. 2021	10,12	433,46	28. 7. 2021	9,26	434,32	3,10
P-8	24	1,45	448,95	29. 1. 2021	6,50	443,90	13. 5. 2021	4,57	445,83	5,05
P-9	24	8,10	440,11	29. 1. 2021	11,08	437,13	28. 10. 2021	9,93	438,28	2,98
P-10	24	9,18	438,16	28. 9. 2021	11,35	435,99	13. 4. 2021	10,77	436,57	2,17
P-11	24	preliv			0,33	459,13	28. 12. 2021	preliv		
P-12	24	12,12	437,65	28. 5. 2021	suchý					
P-13	24	1,05	462,50	29. 1. 2021	2,43	461,12	28. 7. 2021	1,58	461,97	1,38
P-15	24	10,94	461,81	28. 5. 2021	suchý					
P-16	24	-0,09	475,86	28. 5. 2021	suchý					
P-18	24	preliv			suchý			preliv, suchý		
P-20	24	4,63	425,58	13. 6. 2021	5,79	424,42	28. 8. 2021	5,23	424,98	1,16
P-21	24	1,65	447,03	29. 1. 2021	3,53	445,15	28. 12. 2021	3,04	445,64	1,88
P-22	24	6,86	440,17	28. 5. 2021	7,71	439,32	13. 12. 2021	7,44	439,59	0,85
P-23	24	1,90	454,25	12. 2. 2021	3,52	452,63	10. 7. 2021	2,82	453,33	1,62
P-24	24	2,10	449,91	29. 1. 2021	4,15	447,86	28. 12. 2021	3,22	448,80	2,05
P-25	24	10,51	477,09	29. 1. 2021	suchý					
P-26	24	11,37	473,34	28. 5. 2021	suchý					
P-27	24	10,43	470,72	29. 1. 2021	suchý					
P-28	24	4,26	482,02	28. 5. 2021	suchý					
P-29	24	12,35	462,07	12. 2. 2021	suchý					
P-30	24	11,36	468,84	29. 1. 2021	suchý					
P-31	24	4,45	497,85	28. 5. 2021	6,63	495,67	13. 4. 2021	6,30	496,00	2,18
P-32	24	0,14	490,74	29. 1. 2021	1,76	489,12	10. 7. 2021	1,27	489,61	1,62
P-33	24	3,80	491,28	29. 1. 2021	5,43	489,65	28. 12. 2021	4,85	490,23	1,63
P-34	24	preliv			2,45	482,37	10. 7. 2021	preliv		
P-35	24	0,90	496,54	29. 1. 2021	2,45	494,99	28. 7. 2021	1,76	495,68	1,55
P-36	24	permanentne suchý								
P-37	24	preliv			6,95	495,19	28. 12. 2021	preliv		
P-38	24	0,62	501,46	29. 1. 2021	suchý					
VP-23	24	12,69	477,09	29. 1. 2021	13,00	476,78	28. 12. 2021	12,87	476,91	0,31
VP-41	24	6,15	445,48	29. 1. 2021	8,05	443,58	28. 7. 2021	7,16	444,47	1,90
VP-44	24	3,45	445,41	13. 6. 2021	9,97	438,89	28. 12. 2021	8,02	440,84	6,52

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.

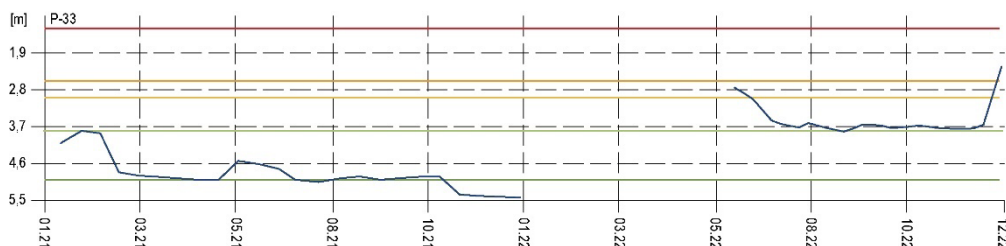
Najvyššie hladiny podzemnej vody vystúpili vo vrtoch P-38 (0,47 m pod terénom – 501,61 m n. m.; vrt sa nachádza nad Robotníckou ul.), P-13 (0,52 m pod terénom – 463,03 m n. m.), P-16 (0,53 m pod terénom – 490,35 m n. m.; vrty sa nachádzajú v nezastavanej oblasti nad železničným oblúkom v dosahu odvodňovacích zariadení, ústiach

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 maximálna 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.

Tab. 4.1.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2022.

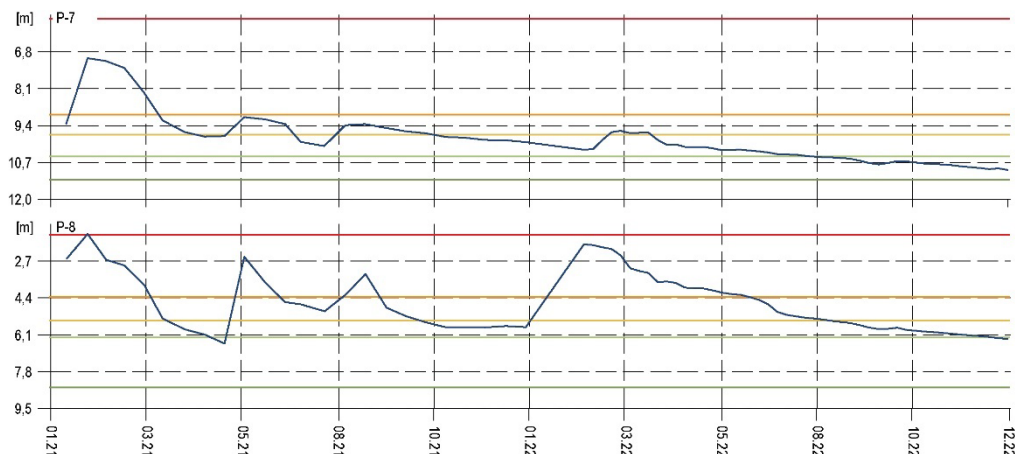
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]	
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]		
J-318	47	5,02	497,59	10. 3. 2022	5,76	496,85	22. 9. 2022	5,35	497,26	0,74	
P- 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	

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 hladiny boli zaznamenané najmä v jesennom a zimnom období (prevažne 22. september a decembrové termíny etapových meraní).



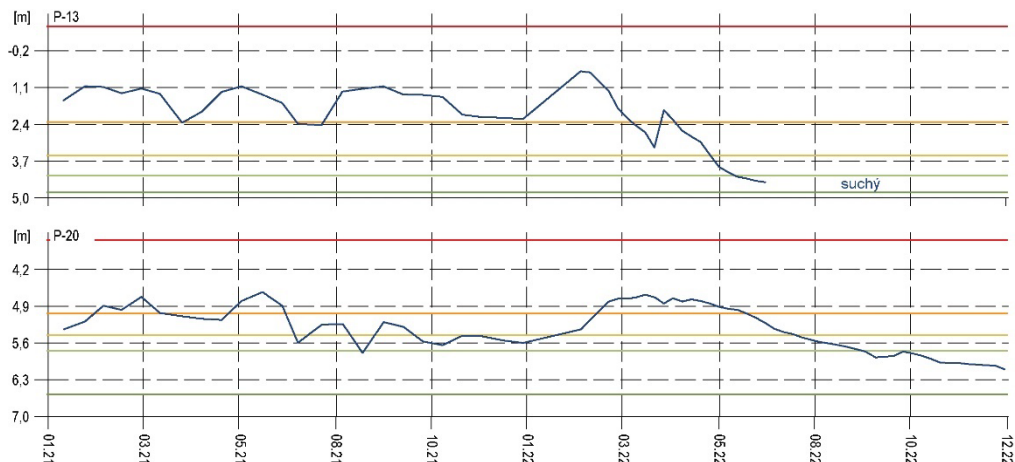
Obr. 4.1.8. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2021 a 2022, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledo zelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Minimálne stavy hladiny podzemnej vody sa vyskytovali najmä v druhej polovici roka – september (9 vrtoch) a decembri (11 vrtoch). Hladina podzemnej vody klesla pod úroveň dna vrtu v 2 prípadoch (P-13 – počas 25 meraní; P-37 – počas 3 meraní).



Obr. 4.1.9. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2021 a 2022, 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.

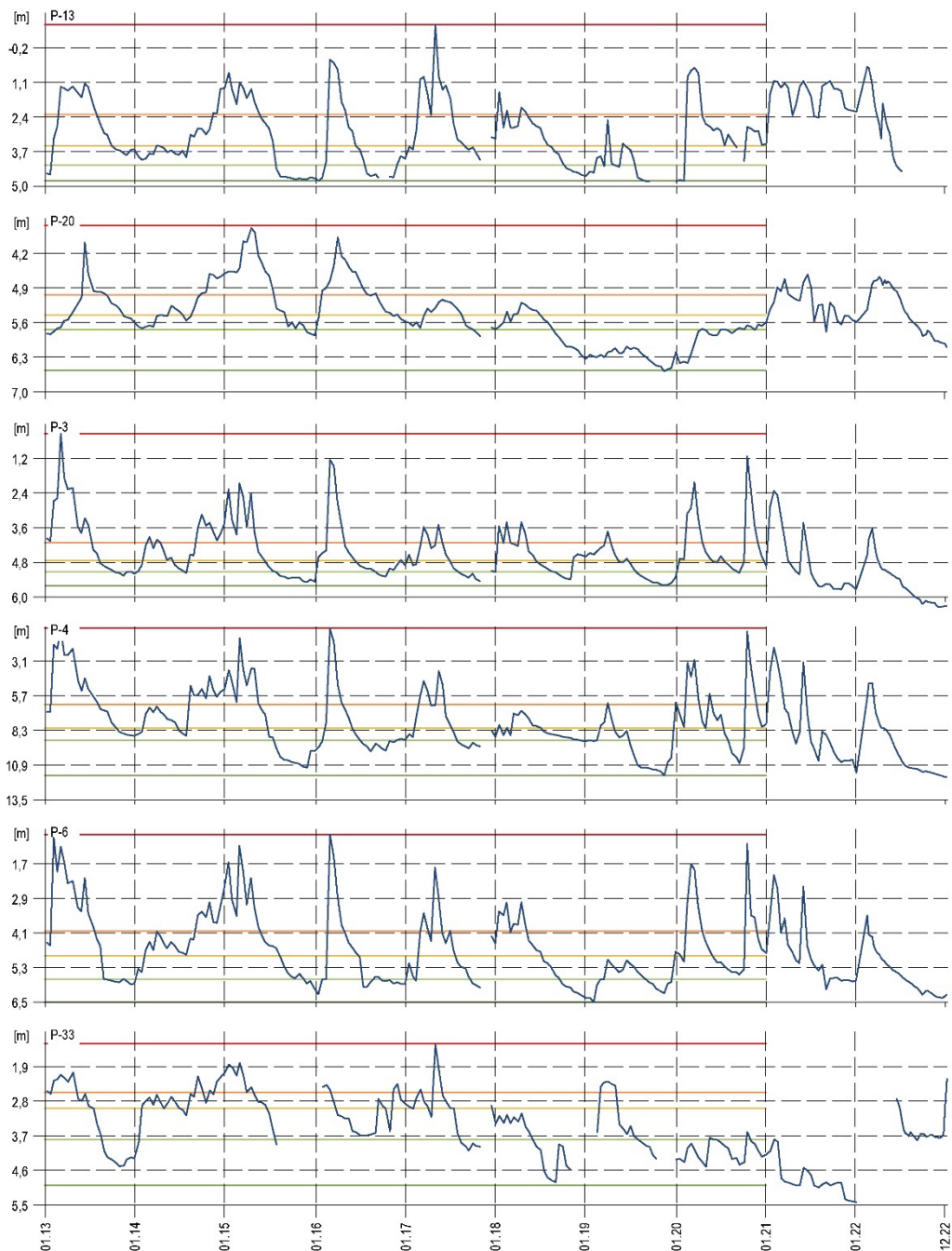
Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2022 dosiahla úroveň 5,05 m pod terénom. V jednotlivých vrtoch sa priemerné hĺbky pohybovali v rozsahu od 1,03 (vrt P-32) do 10,40 m pod terénom (vrt P-7). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo, podobne ako i v predchádzajúcom období, pozorované 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 0,74 m).



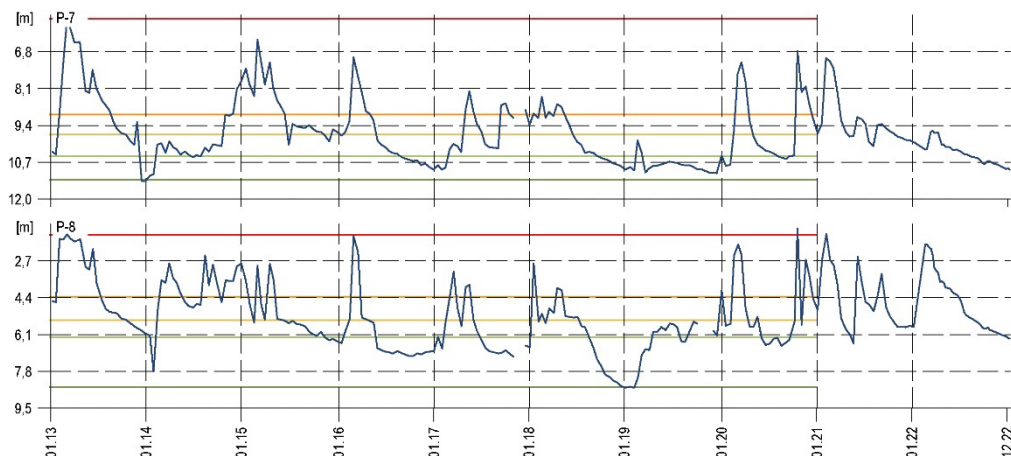
Obr. 4.1.10. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2021 a 2022, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Z vývoja sledovaných ukazovateľov na obr. 4.1.11 a 4.1.12 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, varíruje v období jesenného a zimného obdobia. 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 218 kontrolných etáp. Najčastejšie vo vrtoch P-11 (za posledných 10 rokov je to až v 117 prípadoch) a P-18 (72 prípadov), zriedkavejšie vo vrtoch P-16 (15 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. 4.1.11. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2013 až 2022 vo vybratých vrtoch, 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. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2013 až 2022 vo vybratých vrtoch, 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.

b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko sú automatickým hladinomerom zabezpečované merania vo vrte P-19 (situovanie vrtu je na obr. 4.1.4). Počas hodnotených rokov 2021 a 2022 bolo zariadenie, podobne ako v predchádzajúcom období, nastavené na záznam s hodinovým intervalom.

Dlhodobým problémom monitorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v uvedenom vrte je mimoriadne intenzívne kolísanie hladiny podzemnej vody, a to až nad úroveň terénu. Spomenuté kolísanie je spôsobené 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 2021 a 2022 sú znázornené na obr. 4.1.13 a výsledky za dlhšie obdobie monitorovania, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, na obr. 4.1.14. Základné štatistické hodnotenia sú prezentované v tab. 4.1.5 a 4.1.6.

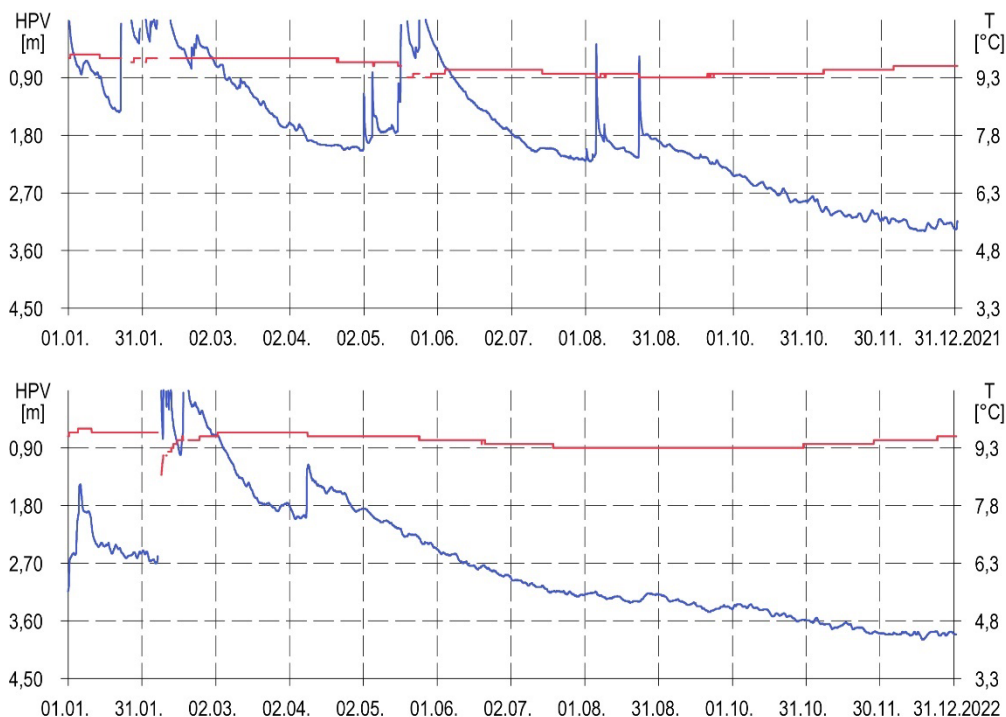
Tab. 4.1.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2021.

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	8323	0,00	435,43	1. 1. 2021	3,30	432,13	18. 12. 2021	1,86	433,57	3,30

V roku 2021 maximálna hladina podzemnej vody, podobne ako v predchádzajúcom období, opäť vystúpila nad úroveň terénu (435,43 m n. m.). Počas hodnoteného roka sa táto situácia opakovala viackrát, posledný krát sa hladina podzemnej vody dostala k terénu na konci mája. Od tohto obdobia mala hladina podzemnej vody klesajúci priebeh s dvoma náhlymi zmenami úrovne hĺbky hladiny podzemnej vody, ktoré súviseli s natekaním podzemnej vody z plyšších horizontov. Minimálna hladina bola nameraná 18. decembra v hĺbke 3,3 m pod terénom (432,13 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 1,86 m pod terénom (433,57 m n. m.), čo je oproti roku 2020 vzostup až o 1,02 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 3,3 m. Prvý kvartil z nameraných

hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 1,27 m pod terénom, 2. kvartil 1,95 m pod terénom a 3. kvartil 2,47 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody v roku 2021 dosiahla hodnotu 9,9 °C počas 20. mája, naopak, najnižšia teplota (9,3 °C) bola zaznamenaná 18. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,6 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas roku 2021 predstavovala 0,6 °C.



Obr. 4.1.13 Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2021 a 2022 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. 4.1.6. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2022.

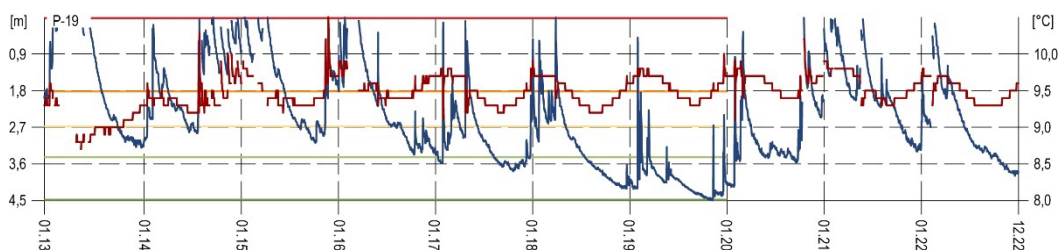
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
P-19	8622	0,00	435,43	9. 2. 2022	3,89	431,54	17. 12. 2022	2,70	432,73	3,89

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 náhlym 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.

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. 4.1.14. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody v rokoch 2013 až 2022, zaznamenané automatickým hladinomerom, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (pravá os); štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia (od januára 2012 do decembra 2019): tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, svetlozelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko je pozorovaných 11, resp. 13 odvodňovacích zariadení (do roku 2021; tab. 4.1.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.1.7 a 4.1.8; situovanie odvodňovacích vrtov je na obr. 4.1.4, 4.1.5 a 4.1.6).

Tab. 4.1.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2021.

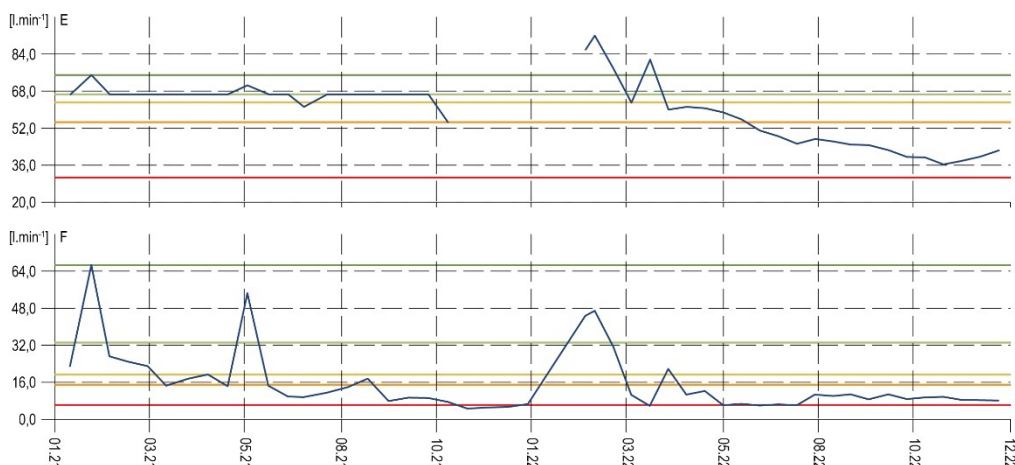
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Mín. výdatnosť		Priemer. výdat. [L.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [L.min ⁻¹]
		[L.min ⁻¹]	dátum	[L.min ⁻¹]	dátum		
A	24	66,67	29. 1. 2021	4,84	13. 12. 2021	17,66	61,83
C	23	63,16	29. 1. 2021	4,88	13. 12. 2021	16,62	58,28
D	23	75,00	29. 1. 2021	7,69	27. 11. 2021	56,85	67,31
E	24	75,00	29. 1. 2021	7,06	13. 12. 2021	56,59	67,94
F	24	66,67	29. 1. 2021	4,65	12. 11. 2021	17,45	62,02
HV-101	24	0,92	29. 1. 2021	0,00	13. 3. 2021	0,11	0,92
HV-102	24	0,79	28. 5. 2021	0,00	28. 10. 2021	0,14	0,79
HV-6	24	13,95	29. 1. 2021	0,00	12. 11. 2021	1,15	13,95
HV-7	24	41,38	29. 1. 2021	6,12	26. 2. 2021	10,94	35,26
HV-8a	24	kvapkanie					
HV-8b	24						
JH-5	24	46,15	29. 1. 2021	0,00	27. 3. 2021	2,97	46,15
JH-6	24	11,54	28. 9. 2021	0,00	13. 12. 2021	1,43	11,54

V roku 2021 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 13. januára do 28. decembra. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na ústiach potrubí, ktoré odvádzajú vodu zo šácht D a E (75,0 l.min⁻¹). O niečo nižšie prietoky (66,67 a 63,16 l.min⁻¹) vytekali zo šácht A, F a C. Najvyššie výdatnosti boli namerané počas januára. Maximálne prietoky na samostatných vrtoch, ktoré sú označené ako HV a JH, boli namerané prevažne počas januára (JH-5 – 46,15 l.min⁻¹; HV-7 – 41,38 l.min⁻¹), len vo vrte JH-6 bol max. prietok nameraný na konci septembra. Minimálne hodnoty výdatnosti, na úrovni

kvapkania, boli sledované vo vrtoch HV-101, HV-102, HV-6, HV-8a a HV-8b. V prípade posledných dvoch odvodňovacích zariadení bola táto veľmi nízka výdatnosť sledovaná počas celého roka. Naviac, vrt JH-5 bol počas väčšiny meraní v roku 2021 suchý. Na výtokových potrubiach zo šacht označených A, C, D, E a F sa minimálne výdatnosti pohybovali v rozsahu od 4,65 l.min⁻¹ (šachta F; 12. november) do 7,69 l.min⁻¹ (šachta D; 27. november). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2021 dosiahla 181,89 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 30,69 l.min⁻¹. Maximálne kolísanie prietoku drénovanej vody bolo zaznamenané na skupine vrtoch E (67,94 l.min⁻¹). Množstvo odvádzanej vody z vybraných odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.1.15.

Tab. 4.1.8. 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

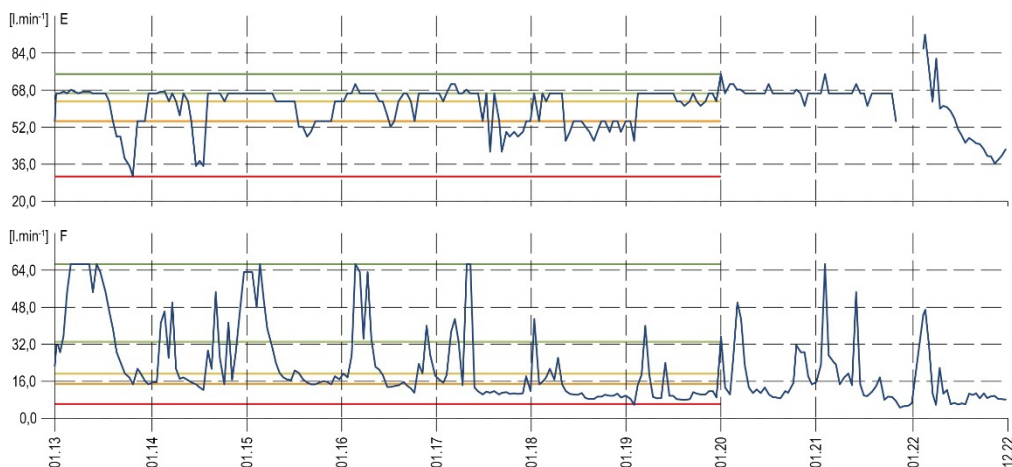


Obr. 4.1.15 Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2021 a 2022, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, 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.

Výdatnosti zo šachty B sú dlhodobo namerané, a to z dôvodu upchatia výtokového potrubia odpadkami. Voda preteká cez okraj záchytnej šachty.

V roku 2022, rovnako ako v predchádzajúcom roku, bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 10. februára do 22. decembra. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na skupinách vrtoch – šachty E a F (92,0 a 46,87 l.min⁻¹). Veľmi vysoké hodnoty výdatnosti sme namerali aj vo vrte JH-5 (78,0 l.min⁻¹), ktorý sa nachádza v oblasti Jánošíkovej cesty 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. 4.1.16. Dlhodobý vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2013 až 2022, 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.

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 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 z vybratých odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.1.15.

Pri analýze záznamov z posledného desaťročia (obr. 4.1.16 – prezentované sú účelovo vybrané odvodňovacie zariadenia; komplexná analýza drenážnych objektov je v správe za rok 2020 – Ondrejka et al., 2021) možno konštatovať, že vyššie hodnoty sledovanej spoločnej výdatnosti sú dosahované prevažne v zimných a jarných mesiacoch. Sezónne zmeny výdatnosti súvisia prevažne 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 roku 2021 bol pozorovaný pokles nameraných prietokov na odvodňovacích zariadeniach A, C a F, zaznamenané najnižšie výdatnosti za posledných 10 rokov. Na uvedených odvodňovacích zariadeniach je možné už dlhšie obdobie pozorovať postupný pokles výdatnosti.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Handlová s indikatívom 30080. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2021 predstavuje 843,97 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1 328,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 70,3 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 2022 bol nameraný zrážkový úhrn 677,50 mm, čo zodpovedá 80,28% dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas augusta (109,2 mm) a najvyšší denný úhrn 22. augusta (33,9 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 16,4 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 28. júla do 27. augusta (175,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 23. februára do 25. marca), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 5,2 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2022 trvalo 11 dní (od 2. do 12. decembra) s úhrnom 56,8 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).

Inklinometrickými meraniami v jedinom funkčnom vrte AH-3, ktorý sa nachádza v oblasti Jánošíkovej ul., sú dlhodobo sledované výrazné deformácie v oblasti šmykovej plochy (5,57 m pod terénom) V porovnaní s predchádzajúcim rokom bol zaznamenaný nárast pohybovej aktivity. Výsledná deformácia inklinometrickej pažnice v hĺbke šmykovej plochy počas jarnej etapy dosiahla 78,9 mm. Pripomíname, že merania sa na lokalite začali zabezpečovať na konci zimného obdobia v roku 2015, a teda priemerná rýchlosť tejto časti svahovej poruchy dosahuje až 10,89 mm.rok⁻¹. Azimuty vektorov, zaznamenaných počas monitorovaného obdobia, naznačujú pohyb zosuvného telesa prevažne východným smerom, avšak, vzhľadom na postupné zhoršovanie priechodnosti monitorovacieho objektu dochádza pri realizácii meraní k vysokým chybám, ktoré zhoršujú interpretáciu nameraných výsledkov. Z tohto dôvodu neplánujeme v nasledujúcom období pokračovať v meraniach metódou presnej inklinometrie.

V roku 2022 sa pokračovalo v meraniach hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení. Maximálne hladiny boli dosahované na konci zimného obdobia. Do blízkosti terénu vystúpila hladina podzemnej vody vo vrtoch P-38, P-13 a P16. Za nepriaznivé považujeme najmä tie prípady, kedy hladina podzemnej vody vystupuje nad úroveň terénu. V roku 2022, podobne ako po minulé roky, bol preliv pozorovaný vo vrte P-19, ktorý je vybavený automatickým hladinomerom. Vrt je priamo v kontakte s ochranným pásom železnice, v oblasti nad bytovou výstavbou. Interval maximálnych hladín podzemnej vody sa v roku 2022 pohyboval od 0,47 do 9,58 m pod terénom. Dva vrty boli počas niekoľkých etáp suché. Vo väčšine vrtoch bol však pozorovaný zostupný trend hladiny podzemnej vody.

Na hodnotenej lokalite dlhodobo pozorujeme problém vo vystrojení piezometrických vrtoch. Pri zabudovaní vrtoch boli použité neúmerne dlhé filtračné časti, vďaka čomu dochádza k prepojeniu viacerých zvodnených horizontov a namerané zmeny hĺbky hladiny sú tým pádom skreslené. Z uvedeného dôvodu bol v roku 2022 upravený súbor monitorovacích objektov. Prerušené boli merania vo vrtoch, ktoré boli dlhodobo suché, ale hlavne vo vrtoch, ktoré vykazovali prepojenie viacerých zvodnených vrstiev. Zároveň bola zvýšená frekvencia merania z pôvodnej dvojtýždenej na týždennú. Očakávame, že realizované zmeny prispesú k skvalitneniu výsledkov režimových pozorovaní a hlavne budú predstavovať relevantný podklad pre vykonávané analýzy.

V prípade odvodňovacích vrtoch došlo k medziročnému vzostupu sumárnej priemernej výdatnosti o 9,81 l.min⁻¹.

V roku 2023 plánujeme pokračovať v monitorovaní zosuvného územia. V porovnaní s aktuálne hodnoteným rokom 2022, v nasledujúcom roku budú prerušené merania v inklinometrickom vrte AH-3. V danej oblasti, pre získanie informácií o veľkosti pohybovej aktivity, navrhujeme vybudovať novú monitorovaciu sieť inklinometrických vrtoch. V roku 2023 bude pozornosť upriamená len na výsledky režimových pozorovaní 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 Mokrý, 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 stavebné 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 2021 a 2022

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2021 a 2022, sú zhrnuté v tab. 4.2.1.

Tab. 4.2.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2021 a 2022.

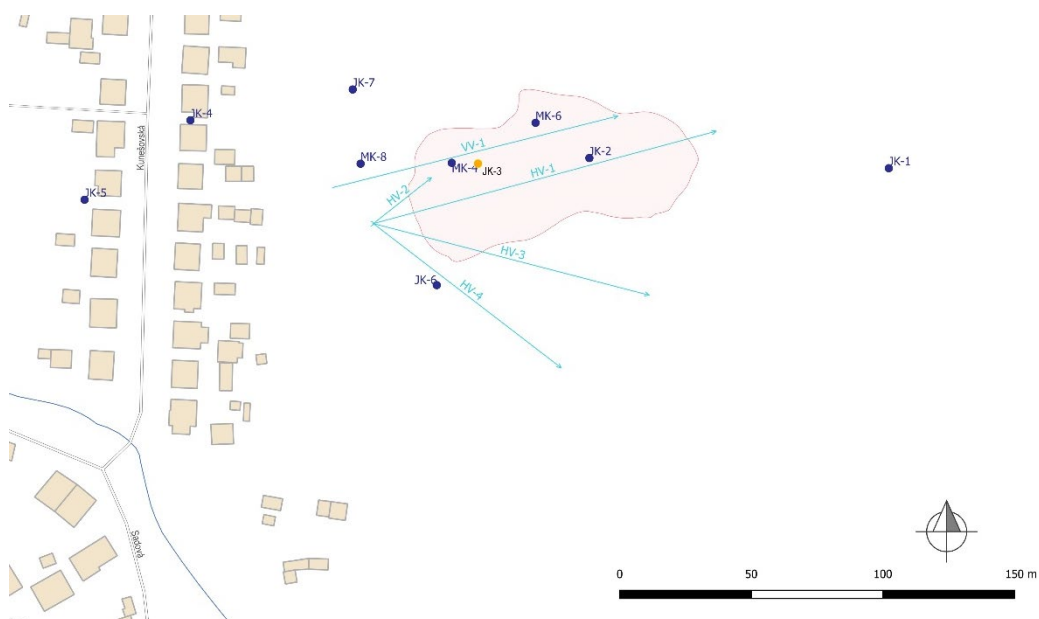
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2022
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	9 (rok 2021) 1 ¹ (rok 2022)	JK-1, 2, 4, 5, 6, 7 MK-4, 6, 8 od roku 2022 – JK-3 – automatický hladinomer	24 (2x za mesiac)	Kontinuálne (každú hodinu)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4 (rok 2021)	HV-1, 3, 4, spoločný výtok drenážneho systému pri potoku – „VÝTOK“	24 (2x za mesiac)	–
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickým hladinomerom

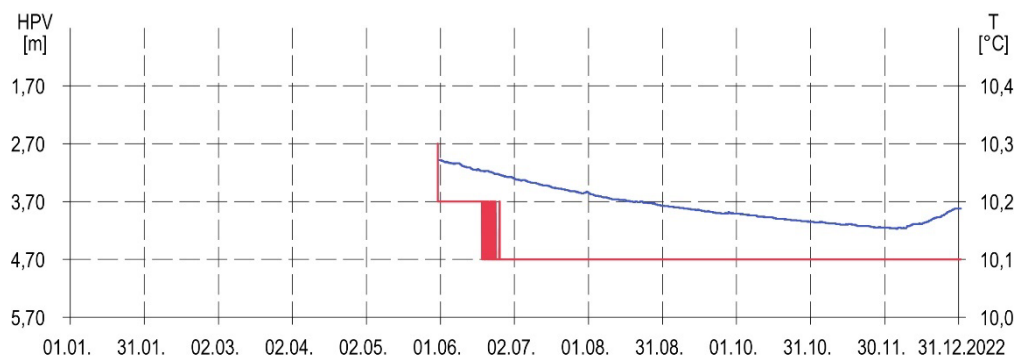
Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta boli do roku 2021 zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 9 vrtoch (situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.2.1). Od 31. mája 2022 sú merania zabezpečované vo vrte JK-3 automatickým hladinomerom. Počas hodnoteného obdobia 31. máj až 31. december 2022 bolo zariadenie nastavené na záznam s hodinovým intervalom (5 146 záznamov).



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 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. Priebeh hladiny podzemnej vody spolu so zmenami jej teploty je znázornený na obr. 4.2.2.

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.



Obr. 4.2.2 Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v roku 2022 vo vrte JK-3 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), červená línia – teplota podzemnej vody (pravá os – T).

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

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 2022, 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. Prevádzkou uvedeného zariadenia je možné získať lepší obraz o kolísaní a celkovom vývoji podzemných vôd v hodnotenom období.

Inštalácia automatického hladinomera bola zabezpečená 31. mája. Pri hodnotení vývoja hladiny podzemnej vody v období 7 mesiacov je možné konštatovať, že jej priebeh mal prevažne zostupný charakter. Maximálny stav bol zaznamenaný úvodným meraním a následne bol pozorovaný zostup hladiny podzemnej vody, a to až do 5. decembra. Po uvedenom termíne, vplyvom zvýšených úhrnov zrážok, došlo k miernemu vzostupu hladiny podzemnej vody.

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

V roku 2023 je plánované pokračovať v monitorovaní 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 priľahlého 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 2021 a 2022

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2021 a 2022, sú zhrnuté v tab. 4.3.1.

Tab. 4.3.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Svätý Anton v rokoch 2021 a 2022.

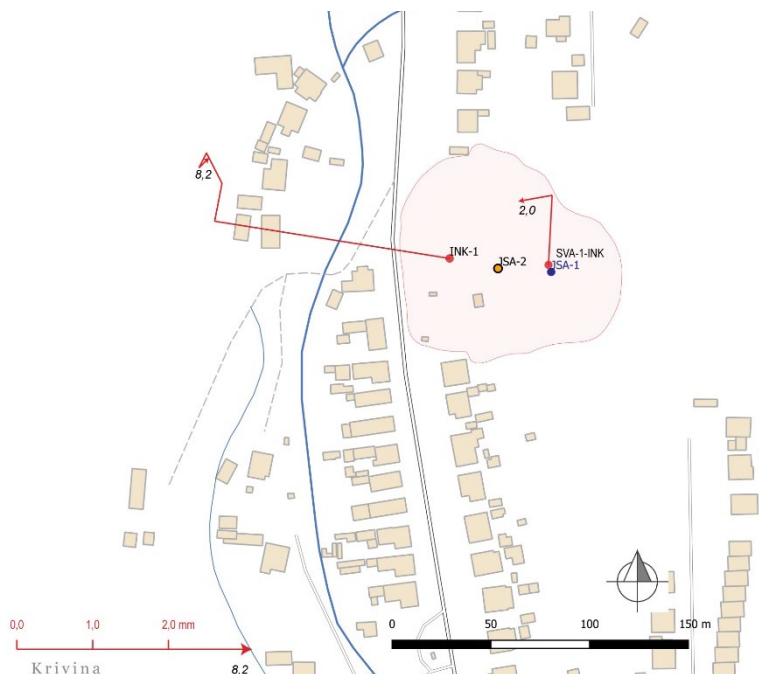
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2022
Inklinometrické	2	INK-1, SVA-1-INK	3 (18. február, 20. apríl, 23. september)	2 (5. máj, 21. september)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	JSA-1 a 2 – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Banská Štiavnica (indikatív 40260)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na zosuvnej lokalite sa inklinometrické merania vykonávajú od apríla 2015 (nulté meranie) vo vrte INK-1 a v roku 2021, vďaka vybudovaniu nových inklinometrických vrto, sa rozšírili monitorovacie aktivity o merania vo vrte SVA-1-INK (počas septembrovej etapy bolo zrealizované nulté meranie). 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 4.3.3 na obr. 4.3.1 a 4.3.2; hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.3.3).

Počas roka 2021 boli vo vrte INK-1 zabezpečené tri kontrolné etapové merania. Počas zimnej etapy (od 1. decembra 2020 do 3. februára 2021) bola na šmykovej ploche (v hĺbke 8,2 m pod terénom) nameraná etapová deformácia 3,14 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 14,43 mm.rok⁻¹. Jarným kontrolným meraním bola zaznamenaná etapová deformácia 0,51 mm (čo predstavuje rýchlosť pohybu 3,05 mm.rok⁻¹); a nakoniec, počas septembrovej kontrolnej etapy, bol nameraný prírastok 0,45 mm (1,05 mm.rok⁻¹).



Obr. 4.3.1. Lokalita Svätý Anton – vektory deformácií namerané v rokoch 2021 a 2022 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.3.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m; vrty JSA-1 a 2 slúžia na monitorovanie režimových ukazovateľov – oba vrty sú vystrojené automatickými hladinomerami); ohraničenie zosuvu podľa Laurenčika a Sluku (2015 in Šimeková et al., 2015), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.3.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Svätý Anton v roku 2021.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	1. 12. 2020 – 3. 2. 2021			3. 2. 2021 – 20. 4. 2021			20. 4. 2021 – 23. 9. 2021		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-1	8,20	14,36	3,14	279	14,43	0,51	11	14,76	0,45	333

CD – celková deformácia od nultého merania (24. 4. 2015); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

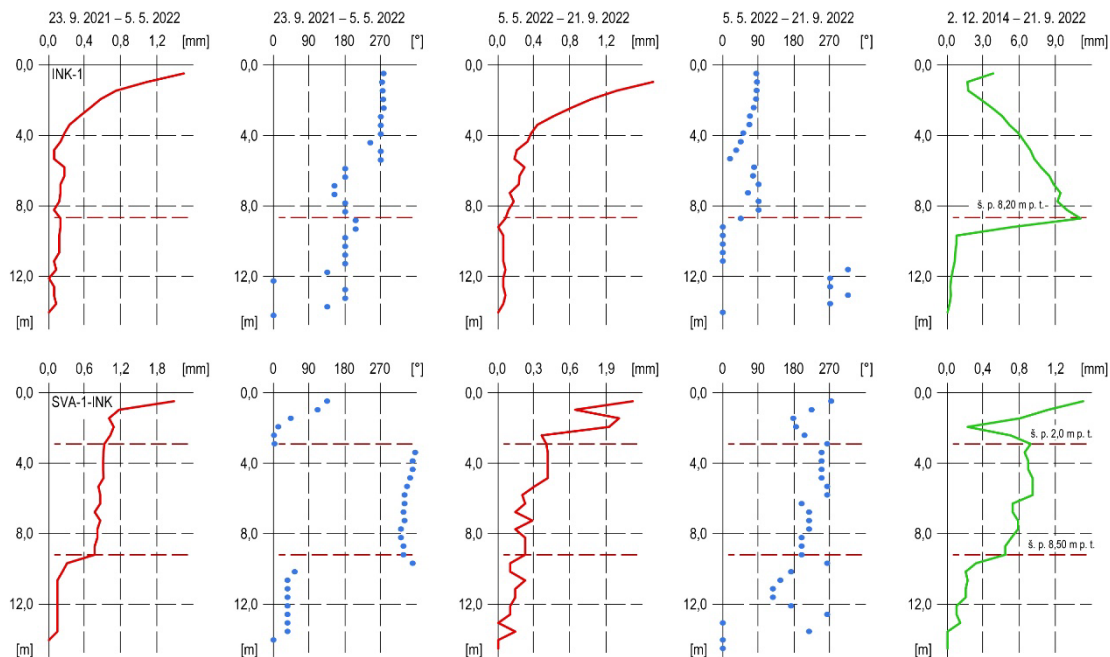
Tab. 4.3.3. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Svätý Anton v roku 2022.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	23. 9. 2021 – 5. 5. 2022			5. 5. 2022 – 21. 9. 2021		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-1	8,20	14,78	0,22	207	14,73	0,14	45
SVA-1-INK	2,00	0,92	0,92	3	0,92	0,40	260
SVA-1-INK	8,50	0,76	0,76	327	0,64	0,22	197

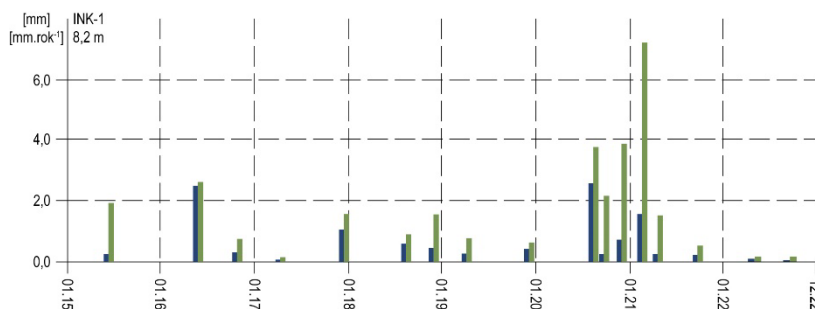
CD – celková deformácia od nultého merania (24. 4. 2015 – vrt INK-1; 23. 9. 2021 – vrt SVA-1-INK); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

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. 4.3.3) 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. 4.3.2. Diferenciálny priebeh deformácie v inklinometrických vrtoch na lokalite Svätý Anton (označenie vrtovej je vľavo hore). Červená línia – spojnica 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.



Obr. 4.3.3. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Svätý Anton vo vrte INK-1 v období rokov 2015 až 2022; modrá – etapové deformácie a zelená – etapové rýchlosti sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore).

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 deformácií, nameraných 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 62,62 %, 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 21. septembra 2022 (teda medzi nultým a posledným

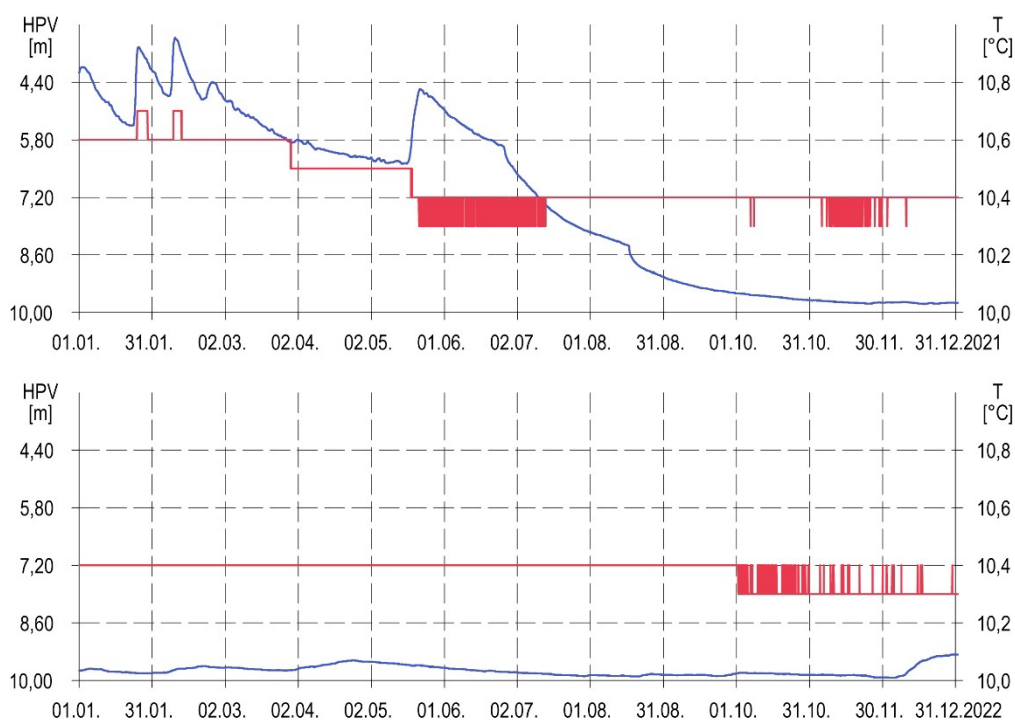
kontrolným meraním), dosiahla 14,73 mm. Z uvedeného vyplýva, že priemerná rýchlosť pohybu zosuvného telesa je na úrovni 1,99 mm.rok⁻¹. V súvislosti s výsledkami meraní, zaznamenanými po septembri 2021, je potrebné uviesť, že výrazný pokles pohybovej aktivity súvisí s vybudovanými sanačnými opatreniami, zameranými na hĺbkové a povrchové odvodnenie zosuvného svahu, ale aj vybudovanie stabilizačných konštrukcií v čele zosuvného telesa.

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 2021.

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	8784	4,25	412,72	17. 5. 2021	8,58	408,39	21. 12. 2021	7,25	409,72	4,33
JSA-2	8760	3,32	411,93	9. 2. 2021	9,79	405,46	17. 12. 2021	7,20	408,05	6,47



Obr. 4.3.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom JSA-2 v rokoch 2021 a 2022. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JSA-2 od 9. júna 2016. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), červená línia – teplota podzemnej vody (pravá os).

Počas roka 2021 bolo automatické zariadenie, ktoré je umiestnené vo vrte JSA-2, v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale. Maximálna hladina podzemnej vody, ktorá bola nameraná 9. februára v hĺbke 3,32 m pod terénom (411,93 m n. m.), predstavovala zároveň aj najvyššiu úroveň za celé monitorované obdobie. Podobné úrovne hladiny podzemnej vody boli dosahované už na začiatku, ale aj na konci januára. Od marca až do druhej polovice mája, vzhľadom na priaznivé klimatické pomery, malo kolísanie hladiny podzemnej vody prevažne zostupný charakter.

Následne, v súvislosti s výdatnými májovými zrážkami, došlo k opätovnému náhlemu vzostupu podzemnej vody (22. máj – 4,57 m pod terénom).

V nasledujúcom období, a to až do konca roka, mala hladina podzemnej vody zostupný trend. K poklesu hladiny podzemnej vody výrazne prispeli vybudované subhorizontálne odvodňovacie vrty. Z priebehu hladiny podzemnej vody na obr. 4.3.4 vyplýva, že po navrátení zvodnených vrstiev bol prakticky okamžite pozorovaný jej pokles. Intenzívne poklesy hladiny podzemnej vody sú pozorovateľné postupne s pribúdajúcimi odvodňovacími vrtmi, a to od 27. júna (pokles hladiny o 0,25 m za 24 hod.) do 18. augusta (pokles hladiny o 0,26 m za 24 hod.). Minimálna úroveň hladiny podzemnej vody bola dosiahnutá 17. decembra – 9,79 m pod terénom; 405,46 m n. m. – ide o jej najväčší pokles za celé monitorované obdobie. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 7,20 m pod terénom (408,05 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2020 predstavuje pokles o 0,83 m. Amplitúda ročných zmien sa nachádzala na úrovni 6,47 m. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,09 m (vzostup). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 5,4 m pod terénom, 2. kvartil 6,67 m pod terénom a 3. kvartil 9,53 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,7 °C počas 25. januára, naopak, najnižšia teplota (10,3 °C) bola zaznamenaná 22. mája. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,5 °C.

Tab. 4.3.4. 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

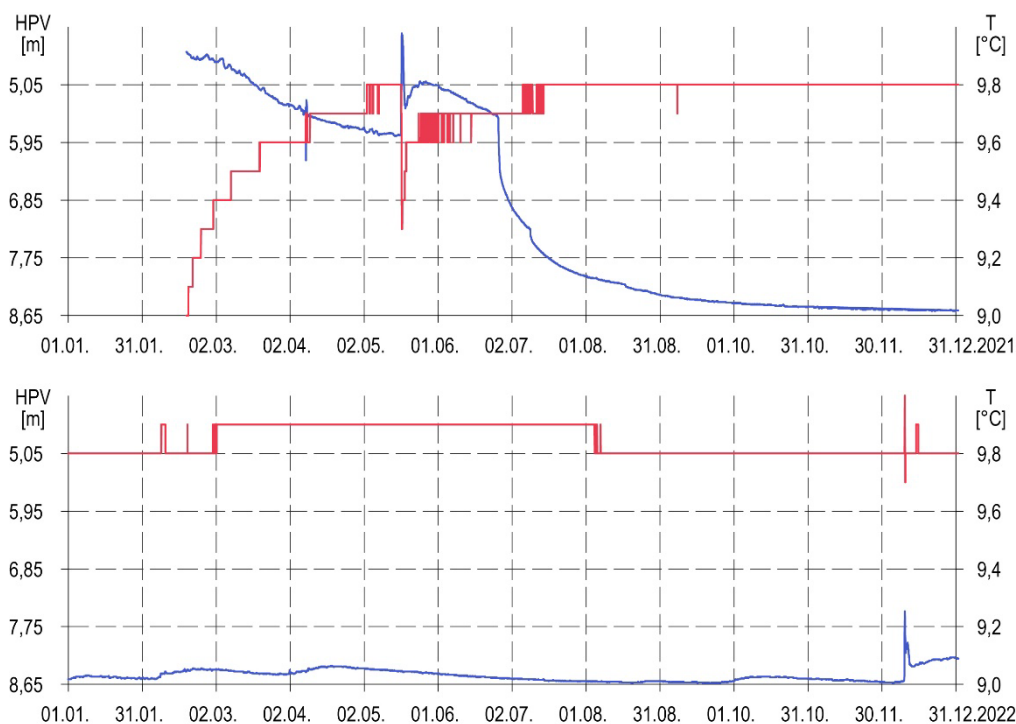
V roku 2022 mala hladina podzemnej vody vo vrte JSA-2 mimoriadne ustálený charakter s minimálnou amplitúdou. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná na konci roka, a to 30. decembra v hĺbke 9,36 m pod terénom (405,89 m n. m.; čo je v porovnaní s rokom 2021 pokles o 6,04 m). Minimálna úroveň bola 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 úspešného odvodnenia svahu pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov, realizovaných v rámci záchranných (sanačných) prác, vzniknutej mimoriadnej udalosti. K poklesu hladiny podzemnej vody prispievajú i objekty povrchového a podpovrchového odvodnenia.

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.

Od 18. februára 2021 sú prostredníctvom automatického hladinomeru sledované zmeny hĺbky podzemnej vody i vo vrte JSA-1. Inštalácia hladinomera do vrtu súvisela s nepriaznivými stabilnými pomermi, ktoré si vyžiadali vyhlásenie spomenutej mimoriadnej udalosti.

V roku 2021 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 17. mája v hĺbke 4,25 m pod terénom (412,72 m n. m.). Išlo o mimoriadny vzostup hladiny podzemnej vody, ktorý súvisel so zrážkovou činnosťou zo dňa 17. mája. Počas tohto dňa bol na stanici SHMÚ Svätý Anton (indikatív 40280) nameraný zrážkový úhrn 39,9 mm. Tejto udalosti predchádzalo

obdobie s pomerne vysokým zrážkovým úhrnom – 30-dňový úhrn (od 18. apríla do 17. mája) dosiahol 112,3 mm. Vzostup hladiny podzemnej vody súvisel bezprostredne len s mimoriadnou zrážkovou udalosťou. Od konca mája mala hladina prirodzený zostupný charakter. K zintenzívneniu poklesu hladiny podzemnej vody došlo v súvislosti s budovaním odvodňovacích vrtov. Termíny, počas ktorých boli zaznamenané intenzívne poklesy hladiny pozemnej vody sú zhodné s vrtom JSA-2. Od vybudovania prvého odvodňovacieho vrtu do konca roka, klesla hladina podzemnej vody o 2,29 m. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 7,25 m pod terénom (409,72 m n. m.). Amplitúda ročných zmien sa nachádzala na úrovni 4,33 m. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,76 m (vzostup). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 5,56 m pod terénom, 2. kvartil 8,23 m pod terénom a 3. kvartil 8,53 m pod terénom.



Obr. 4.3.5. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom JSA-1 v rokoch 2021 a 2022). Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), červená línia – teplota podzemnej vody (T; pravá os).

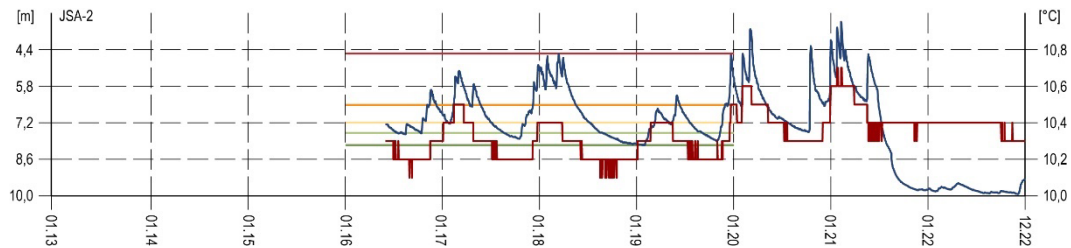
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,8 °C počas 3. mája; naopak, najnižšia teplota (9,0 °C) bola zaznamenaná 18. februára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,7 °C.

Priebeh hladiny vo vrte JSA-1 je do veľkej miery zhodný s vývojom zmien hĺbky podzemnej vody vo vrte JSA-2. Teda i vo vrte JSA-1 sa počas roku 2022 kolísanie podzemnej vody prejavilo len minimálne. Mimoriadne ustálený charakter hladiny podzemnej vody čiastočne narušil jej náhly vzostup 10. decembra, kedy bola nameraná i 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.

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, °C a naopak, minimálna teplota na úrovni 9,7 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,8 °C.



Obr. 4.3.6. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2016 až 2022, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Svätý Anton. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JSA-2. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (pravá os), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia (od júna 2016 do decembra 2019): tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, svetlozelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

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 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 vyrovnaný priebeh s minimálnym kolísaním. Uvedený opis je charakteristický i pre vrt JSA-1. Predpokladáme, že vybudované odvodnenie bude i v budúcnosti výrazným spôsobom determinovať vývoj zmien hladiny podzemnej vody.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informácie o zrážkach sú preberané zo stanice SHMÚ Svätý Anton s indikatívom 40280. Informácie o zrážkach sme začali preberať v roku 2017. Ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2017 do 31. decembra 2021 predstavuje 776,96 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 918,10 mm (rok 2020); priemerný mesačný úhrn 64,7 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 2022 bol nameraný zrážkový úhrn 685,8 mm, čo zodpovedá 88,27 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas septembra (125,9 mm) a najvyšší denný úhrn 9. decembra (44,5 mm). Najsuchším mesiacom bol október s 19,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 28. júla do 27. augusta (164,30 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 22. februára do 24. marca) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 5,9 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2022 trvalo 9 dní (od 27. januára do 4. februára) s úhrnom 21,0 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V území svahovej deformácie, ktorá sa nachádza v intraviláne obce Svätý Anton, sú monitorovacie činnosti zabezpečované na západnom svahu medzi futbalovým ihriskom a cestou I. triedy č. 51. Merania sú zamerané na sledovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie a zmien hĺbky hladiny podzemnej vody prostredníctvom automatických hladinomerov.

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 bola pôvodná množina monitorovacích objektov rozšírená o jeden inklinometrický vrt. Nulté meranie bolo vo vrte zabezpečené v septembri roku 2021. V roku 2022 sa merania pohybovej aktivity vykonávali v dvoch vrtoch. Z výsledkov inklinometrických meraní realizovaných v máji 2022 vyplýva, že v oblasti monitorovaných vrtoch, na úrovni šmykových plôch, došlo k deformáciám v intervale od 0,22 do 0,92 mm. Následné, opakované kontrolné meranie zo septembra potvrdilo priaznivý stabilný vývoj. Namerané deformácie sa v sledovaných úrovniach nachádzali v rozsahu od 0,14 do 0,4 mm, teda v porovnaní s májovým meraním došlo k miernemu poklesu pohybovej aktivity.

Vybudované odvodňovacie vrty sa efektívne podieľajú na znižovaní úrovne hladiny podzemnej vody v oblasti zosuvu, čo dokumentujú najmä priebehy hladín podzemnej vody, sledované automatickými hladinomerami. Hladiny podzemnej vody v roku 2022 mali ustálený vývoj s minimálnym kolísaním. Nárast hladiny podzemnej vody bol pozorovaný až počas decembra.

Zosuvné územie po realizovanej sanácii je možné hodnotiť ako stabilizované. Na sledovanej šmykovej ploche vo vrte INK-1 sa pohybová aktivita zásadným spôsobom spomalila.

Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality, ktorá súvisí s ohrozením významnej cestnej komunikácie, trasy plynovodu, vodovodu, elektrického vedenia, ale aj niekoľkých stavebných objektov, budú monitorovacie aktivity v roku 2023 pokračovať v podobnom rozsahu a frekvencii ako v roku 2022. Plánované je zabezpečiť jednu etapu meraní metódou presnej inklinometrie a 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).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2021 a 2022

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 2021 a 2022, sú zhrnuté v tab. 4.4.1.

Tab. 4.4.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2021 a 2022.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2022
Inklinometrické	2	IP-2, PS-Z1	2 (20. apríl, 23. september)	2 (5. máj ¹ , 21. september)
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 2021 a 2022 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 2021 a 2022 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 2021 a 2022.

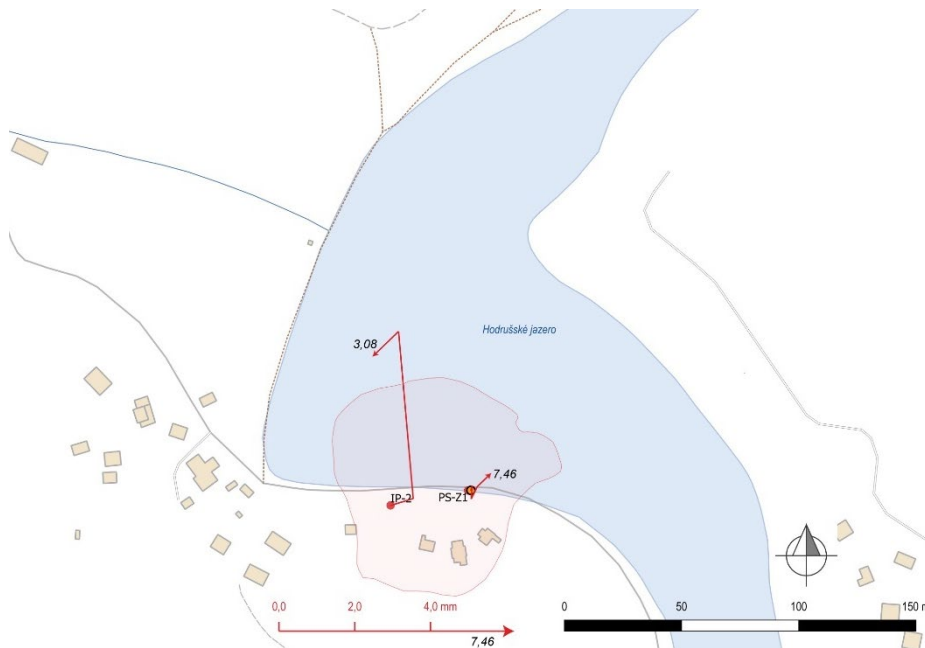
Bod	Hĺbka [m]	1. 12. 2020 – 20. 4. 2021			20. 4. 2021 – 23. 9. 2021			23. 9. 2021 – 5. 5. 2022			5. 5. 2022 – 21. 9. 2022		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IP-2	3,08	4,90	0,63	73	9,30	4,43	355				8,86 ¹	0,85 ¹	226 ¹
IP-2	8,08	2,31	0,36	35	4,67	2,40	359				3,75 ¹	0,92 ¹	168 ¹
PS-Z1	4,96	1,02	0,30	150	0,50	0,61	159	0,28	0,54	82	0,89	0,63	42
PS-Z1	7,46	4,46	0,14	15	4,12	0,36	184	4,40	0,36	26	4,62	0,41	46

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

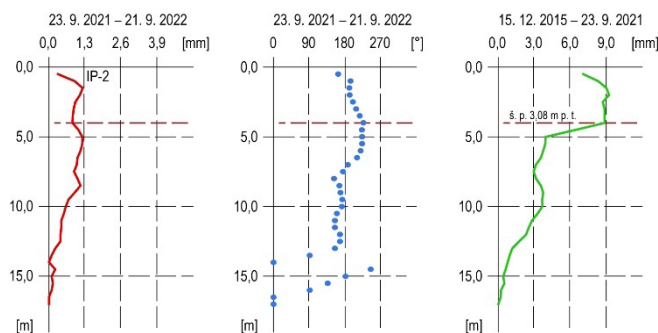
V roku 2021 boli merania na zosuve, ktorý je v priamom kontakte s Dolným Hodrušským jazerom, zabezpečené s rovnakou frekvenciou ako v predchádzajúcom roku. Namerané vektory počas jarnej etapy ani v jednom zo sledovaných horizontov v jednotlivých monitorovacích vrtoch neprekročili hodnotu 0,7 mm. Maximálna hodnota prírastku deformácie bola nameraná

vo vrte IP-2 (0,63 mm; čo predstavuje priemernú rýchlosť 1,65 mm.rok⁻¹). Orientácia vektora mala východný smer. Vektory vo vrte PS-Z1 mali juhovýchodné, resp. severné azimuty.

Počas septembrovej kontrolnej etapy sa vo vrte IP-2 situácia zmenila. Nárast pohybovej aktivity bol pozorovaný v hĺbke 3,08 m pod terénom. Počas päťmesačného obdobia bol nameraný prírastok deformácie 4,43 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 10,36 mm.rok⁻¹. Nameraný vektor bol orientovaný na sever, teda smerom na Dolnohodrušský tajch. Nameraná etapová deformácia je najvyššia za celé obdobie monitorovania v uvedenom vrte. Z výsledkov meraní zároveň vyplýva zvýšená pohybová aktivita v hĺbke okolo 11,64 m pod terénom.



Obr. 4.4.1. Lokalita Hodruša-Hámre – vektory deformácií namerané v rokoch 2021 a 2022 (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[®]

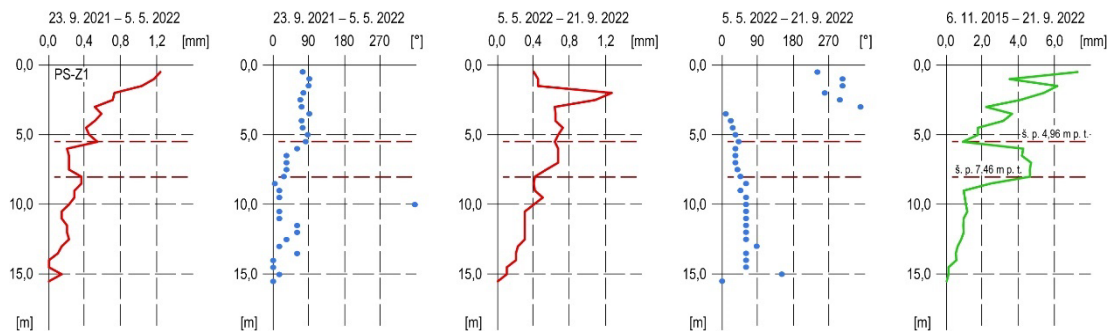


Obr. 4.4.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte IP-2 na lokalite Hodruša-Hámre. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie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

Vo vrte PS-Z1 sa počas jesennej etapy hodnoty deformácií v sledovaných horizontoch pohybovali od 0,7 mm (do 1,57 mm.rok⁻¹). Azimuty nameraných vektorov sa nachádzali v intervale 177 – 184° (orientácia na juh).

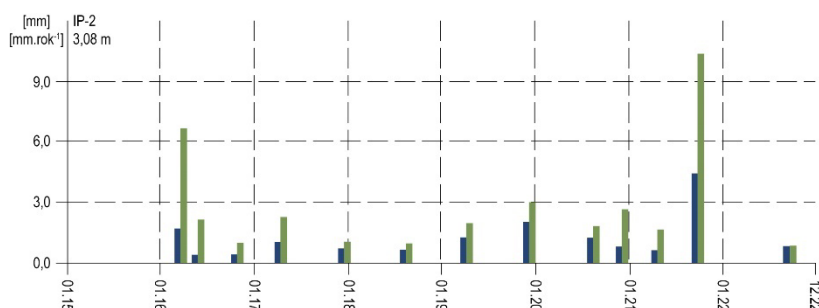
V roku 2022 boli merania zabezpečené počas jarnej – obdobie od 29. septembra 2021 do 5. mája 2022 a jesennej etapy – od 5. mája do 21. septembra 2022. Výsledky oboch etáp

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 sa nachádzali v intervale 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.

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. 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) je 54,78 %, čo naznačuje pohyb po šmykovej ploche v určitých obdobiach. Výsledná deformácia od nultého merania (15. december 2015) po ostatné meranie dosiahla 8,9 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie $1,3 \text{ mm.rok}^{-1}$.



Obr. 4.4.4. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Hodruša-Hámre vo vrte IP-2 v období rokov 2015 až 2022; modrá – etapové deformácie, zelená – rýchlosti sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore).

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: $3,04 \text{ mm}$; $4,46 \text{ mm.rok}^{-1}$); o niečo nižšia deformácia bola nameraná v auguste 2018 (v hĺbke 3,46 m pod terénom: $2,51 \text{ mm}$; $3,79 \text{ mm.rok}^{-1}$). 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, 20,2 %. 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 (21. septembra 2022) na sledovanej potenciálnej šmykovej ploche v hĺbke 3,46 m pod terénom dosiahla 3,14 mm (0,46 mm.rok⁻¹); v hĺbke 7,46 m pod terénom je výsledná deformácia na úrovni 4,62 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 0,67 mm.rok⁻¹.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

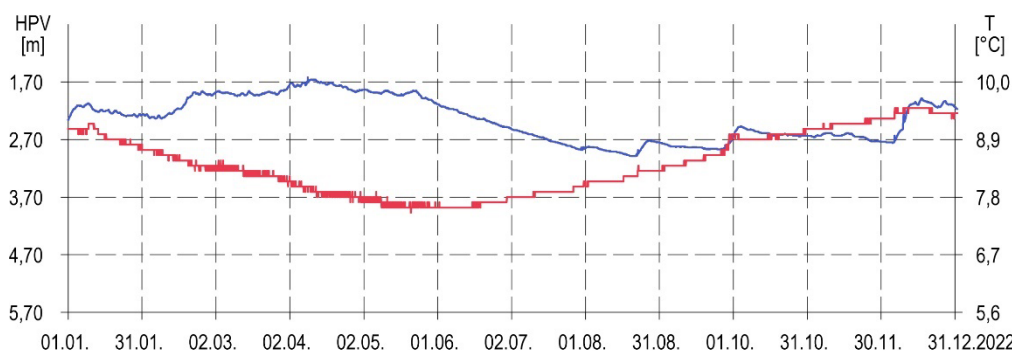
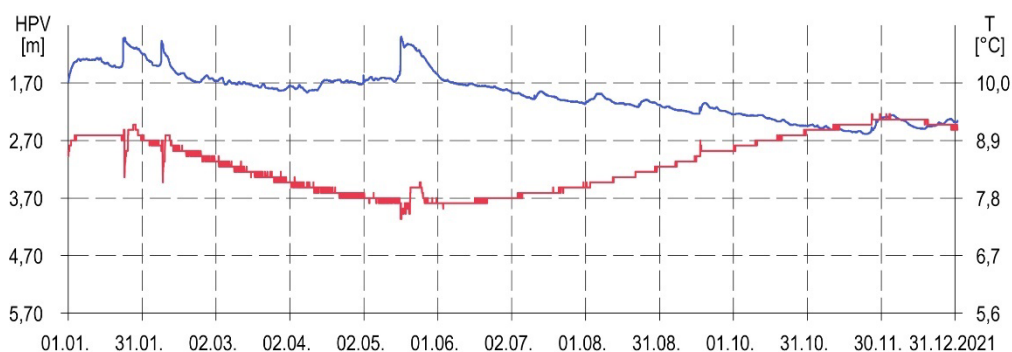
Na lokalite Hodruša-Hámre bol automatický hladinomer inštalovaný 19. novembra 2015 do vrtu PS-H1. V rokoch 2021 a 2022 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

Tab. 4.4.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2021.

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	17. 5. 2021	2,59	527,61	23. 11. 2021	1,90	528,30	1,69

V roku 2021 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 0,90 m pod terénom (529,30 m n. m.; 17. máj – obr. 4.4.5), čo je najvyššia hodnota za monitorované obdobie. Podobné hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody boli pozorované i v druhej polovici januára (0,92 m pod terénom) a v prvej polovici februára (0,97 m pod terénom). K dosiahnutiu maximálneho stavu došlo po relatívne dlhom období s minimálnym kolísaním hladiny podzemnej vody. Podobne ako v predošlých prípadoch i v tomto prípade vzostupná zmena bola mimoriadne náhla (0,25 m za 1 hod.). Išlo o reakciu na intenzívnu zrážkovú udalosť zo dňa 17. mája – 44,4 mm zrážok (stanica SHMÚ Banská Štiavnica). 30-dňový zrážkový úhrn k uvedenému dátumu dosahoval až 120,2 mm. Následne, hladina podzemnej vody mala prevažne zostupný charakter. Najnižšia jesenná hodnota hladiny podzemnej vody bola zaznamenaná v druhej polovici novembra. V zvyšnej časti roka hladina podzemnej vody zaznamenala len mierne kolísanie. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 1,90 m pod terénom (528,30 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup až o 1,78 m a zároveň i najvyššia priemerná ročná hladina za celé obdobie monitorovania. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,69 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 1,66 m pod terénom, 2. kvartil 1,86 m pod terénom a 3. kvartil 2,24 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,4 °C počas 26. novembra, naopak, najnižšia teplota 7,4°C (17. mája). Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,5 °C.



Obr. 4.4.5. Zmeny úrovně hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom, umiestneným vo vrte PS-H1 v rokoch 2021 a 2022 na lokalite Hodruša-Hámre. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV – ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (T – pravá os).

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.

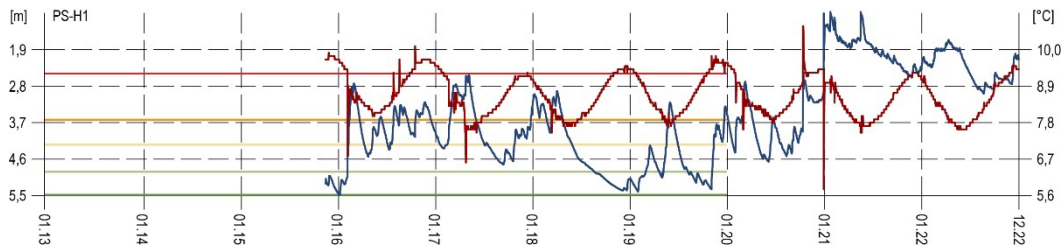
Minimálny stav bol nameraný 19. augusta v hĺbke 2,99 m pod terénom (527,21 m n. m.) Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2022 dosiahla 2,34 m pod terénom (527,86 m n. m.), teda o 0,44 m nižšie ako v roku 2021. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,37 m. Prvý kvartil 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. 4.4.4. 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

Z hodnotenia dlhšieho obdobia monitoringu vyplýva, že maximálna hladina bola vo vrte zaznamenaná v roku 2021 s hĺbkou 0,90 m pod terénom (obr. 4.4.6). 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 3,57 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 2021 spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Hodruša-Hámre. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte PS-H1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (pravá os), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia (od novembra 2015 do decembra 2019): tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, svetlozelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

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 zrážkach 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 2022 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 531,6 mm, čo zodpovedá 65,85 % dlhodobému priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas septembra (97,1 mm). Najsuchším mesiacom bol október s 13,1 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 jednotlivých kontrolných etáp poukázali na stabilne priaznivý stav v monitorovanej oblasti. Namerané hodnoty v sledovaných horizontoch (potenciálnych šmykových plochách) ani v jednom prípade nepresiahli 1 mm. Nachádzali sa v intervale od 0,36 do 0,92 mm. Azimuty nameraných vektorov boli orientované od severovýchodu cez východ, juhovýchod až juhozápad.

V súvislosti so zabezpečením meraní metódou presnej inklinometrie bolo zabezpečené pracovné rokovanie so stavebníkom na parcele č. 1677/29 (k. ú. Banská Hodruša). Predmetom rokovania boli terénne úpravy v okolí inklinometrického vrtu IP-2, ktoré výrazne zhoršovali podmienky realizácie inklinometrických meraní. So stavebníkom boli dohodnuté technické parametre šachty, v ktorom bude situovaná chránička inklinometrického vrtu. Následné vybudovanie podzemnej šachty prispelo k dostupnosti inklinometrického vrtu, a tým pádom bolo možné v septembri zabezpečiť kontrolné etapové meranie.

Merania hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2022 poukazujú na relatívne pravidelné zmeny sínusoidálneho charakteru. Priebeh kolísania hladiny podzemnej vody v roku 2022 je odrazom klimatických faktorov. Zvýšené hladiny v jarnom období a v zimnom období (na konci roka) súvisia 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, o ktorom nemáme dostupné informácie.

V roku 2023 vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality (ohrozenie vodnej stavby) je plánované pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a režime ako v predchádzajúcom roku 2022.

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 2021 a 2022

Na lokalite Slanec-TP sa v rokoch 2021 a 2022 vykonávali len režimové pozorovania. Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2021 a 2022, sú zhrnuté v tab. 4.5.1.

Tab. 4.5.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Slanec-TP v rokoch 2021 a 2022.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2022
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 (15. február, 15. marec, 15. apríl, 11. máj, 15. jún, 22. júl, 19. august, 16. september, 14. október, 23. november)	10 (28. február, 29. marec, 28. apríl, 31. máj, 27. jún, 19. júl, 22. august, 29. september, 27. október, 28. november)
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 (15. február, 15. marec, 15. apríl, 11. máj, 15. jún, 22. júl, 19. august, 16. september, 14. október, 23. november)	10 (28. február, 29. marec, 28. apríl, 31. máj, 27. jún, 19. júl, 22. august, 29. september, 27. október, 28. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Slanská Huta (indikatív 51160)	Mesačné úhrny zrážok	

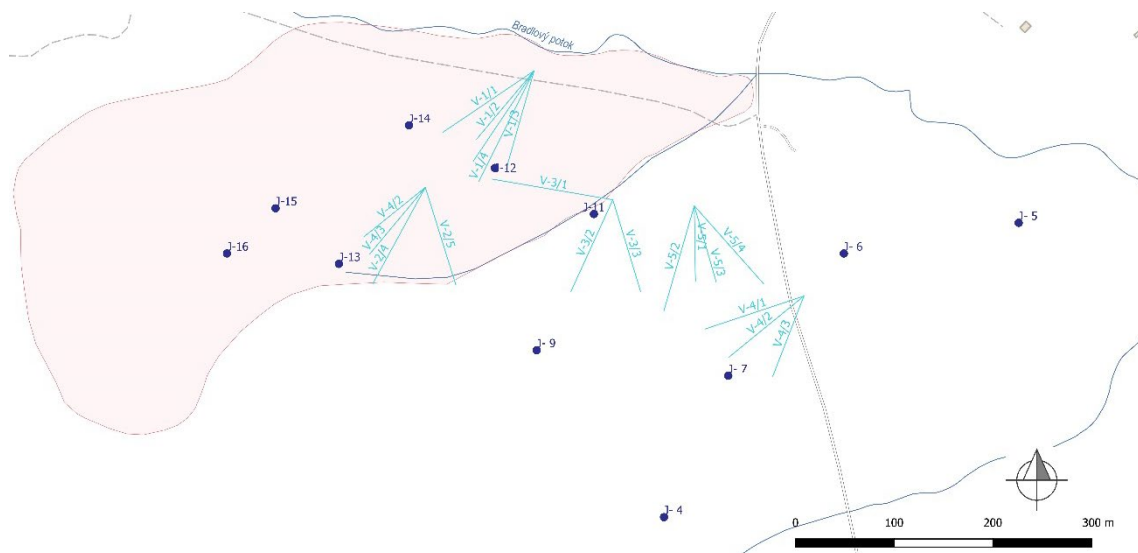
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Slanec 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.

V roku 2021 boli merania zabezpečované v 11 vrtoch, a to od 15. februára do 23. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody, podobne ako v predchádzajúcom období,

bola nameraná vo vrte J-11 (0,10 m pod terénom – 324,88 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol nameraný 15. marca. Pomerne vysoké stavy hladiny podzemnej vody boli namerané aj vo vrtoch J-16, J-13 a J-14 (maximálne stavy v intervale od 0,2 do 0,76 m pod terénom). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale od 2,66 (J-12) do 10,35 m pod terénom (J-7). Výskyt maximálnych stavov bol pozorovaný skoro výlučne počas zimného obdobia (meranie z 15. februára), len v spomenutých vrtoch J-11, J-9 a J-14 boli maximálne stavy zaznamenané v polovici marca.

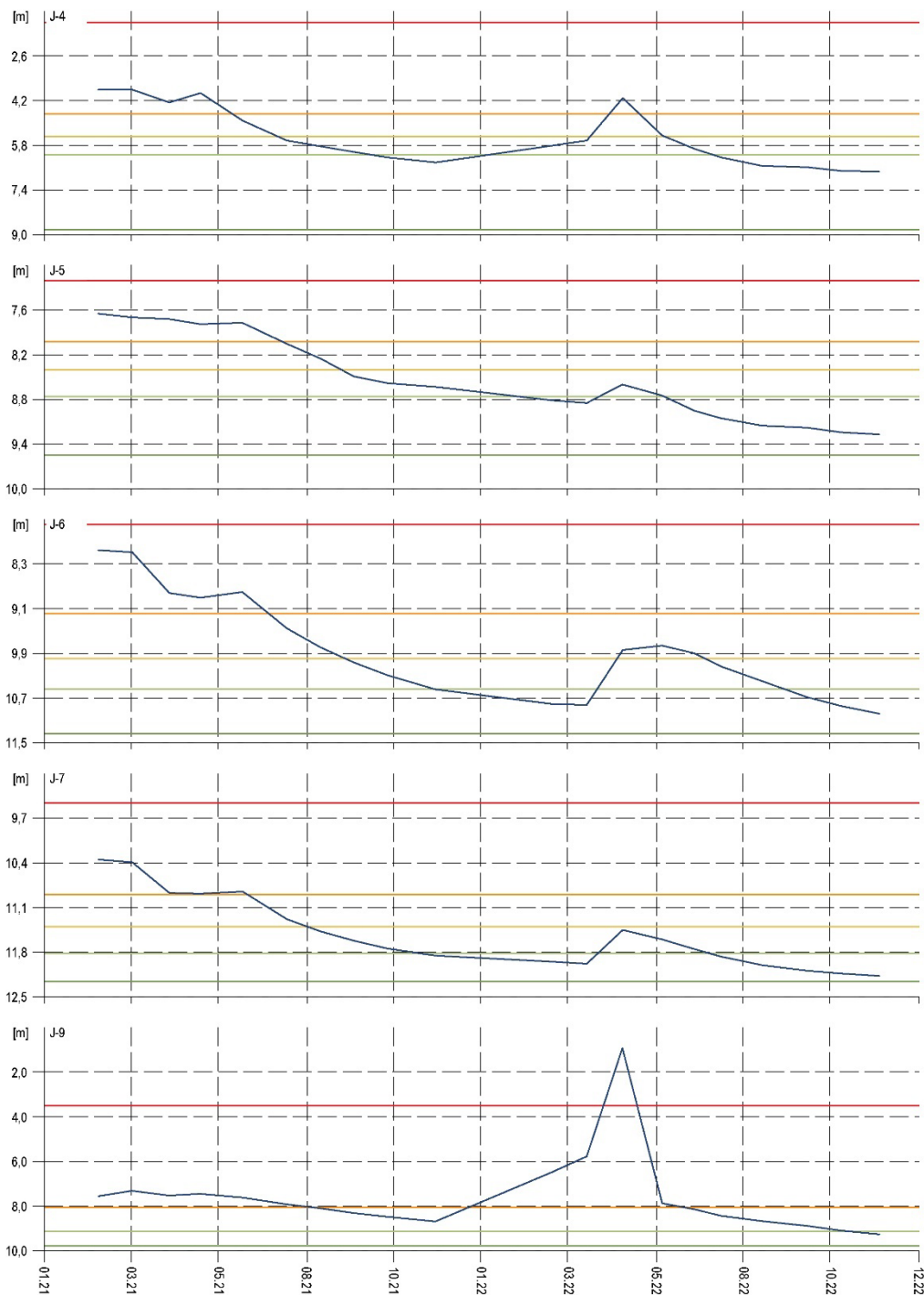


Obr. 4.5.1. Lokalita Slanec-TP – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.5.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2021.

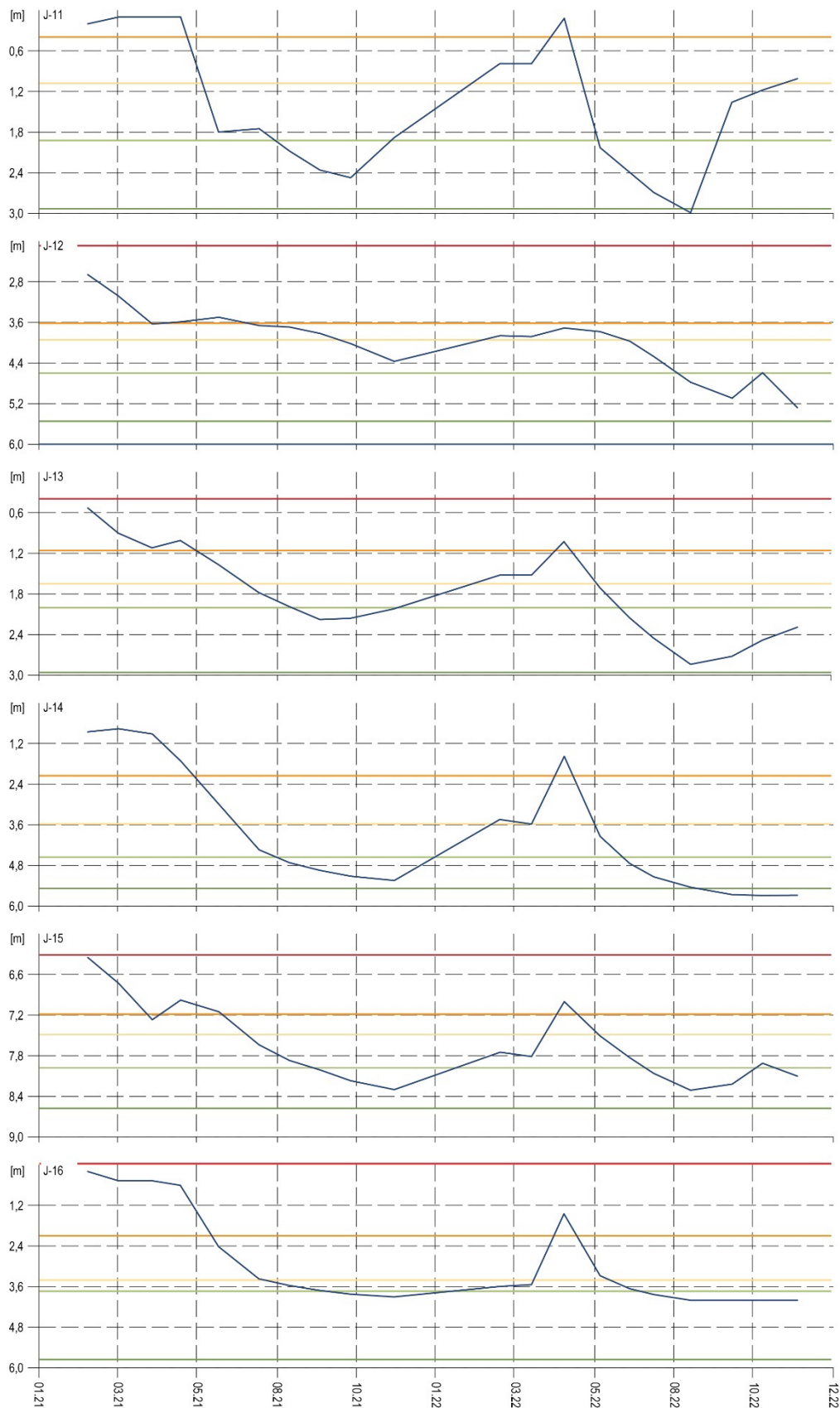
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-4	10	3,80	338,70	15. 2. 2021	6,41	336,09	23. 11. 2021	5,08	337,42	2,61
J-5	10	7,65	295,14	15. 2. 2021	8,63	294,16	23. 11. 2021	8,06	294,73	0,98
J-6	10	8,05	307,27	15. 2. 2021	10,54	304,78	23. 11. 2021	9,28	306,04	2,49
J-7	10	10,35	324,30	15. 2. 2021	11,85	322,80	23. 11. 2021	11,13	323,52	1,50
J-9	10	7,30	338,58	15. 3. 2021	8,68	337,20	23. 11. 2021	7,89	338,00	1,38
J-11	10	0,10	324,88	15. 3. 2021	2,47	322,51	14. 10. 2021	1,28	323,70	2,37
J-12	10	2,66	332,95	15. 2. 2021	4,37	331,24	23. 11. 2021	3,60	332,01	1,71
J-13	10	0,53	352,26	15. 2. 2021	2,18	350,61	16. 9. 2021	1,51	351,28	1,65
J-14	10	0,76	338,93	15. 3. 2021	5,24	334,45	23. 11. 2021	3,16	336,53	4,48
J-15	10	6,35	354,78	15. 2. 2021	8,30	352,83	23. 11. 2021	7,45	353,68	1,95
J-16	10	0,20	358,09	15. 2. 2021	3,90	354,39	23. 11. 2021	2,25	356,04	3,70

Naopak, najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej vody vo vrte J-7. Jej minimálna hladina sa nachádzala na úrovni 11,85 m pod terénom (23. november). Pod úroveň desiatich metrov klesla hladina podzemnej vody aj vo vrte J-6 (23. november). Relatívne vysoké stavy hladiny podzemnej vody boli počas jej minimálnej úrovne pozorované vo vrtoch J-13 a J-11 (2,18 – 2,47 m pod terénom). Minimálne hladiny podzemnej vody sa vyskytovali zväčša na konci novembra, len ojedinele bol ich výskyt spojený s neskorým letným a skorým jesenným obdobím (vrty J-13 a J-11). Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2021 dosiahla hĺbku 5,52 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku nepatrný vzostup (o 0,09 m). Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,28 (vrt J-11) do 11,13 m pod terénom (vrt J-7). Výrazné kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrtoch J-14 (4,48 m) a J-16 (3,70 m). V ostatných vrtoch bolo namerané kolísanie hladiny podzemnej vody v rozsahu od 0,98 do 2,61 m.



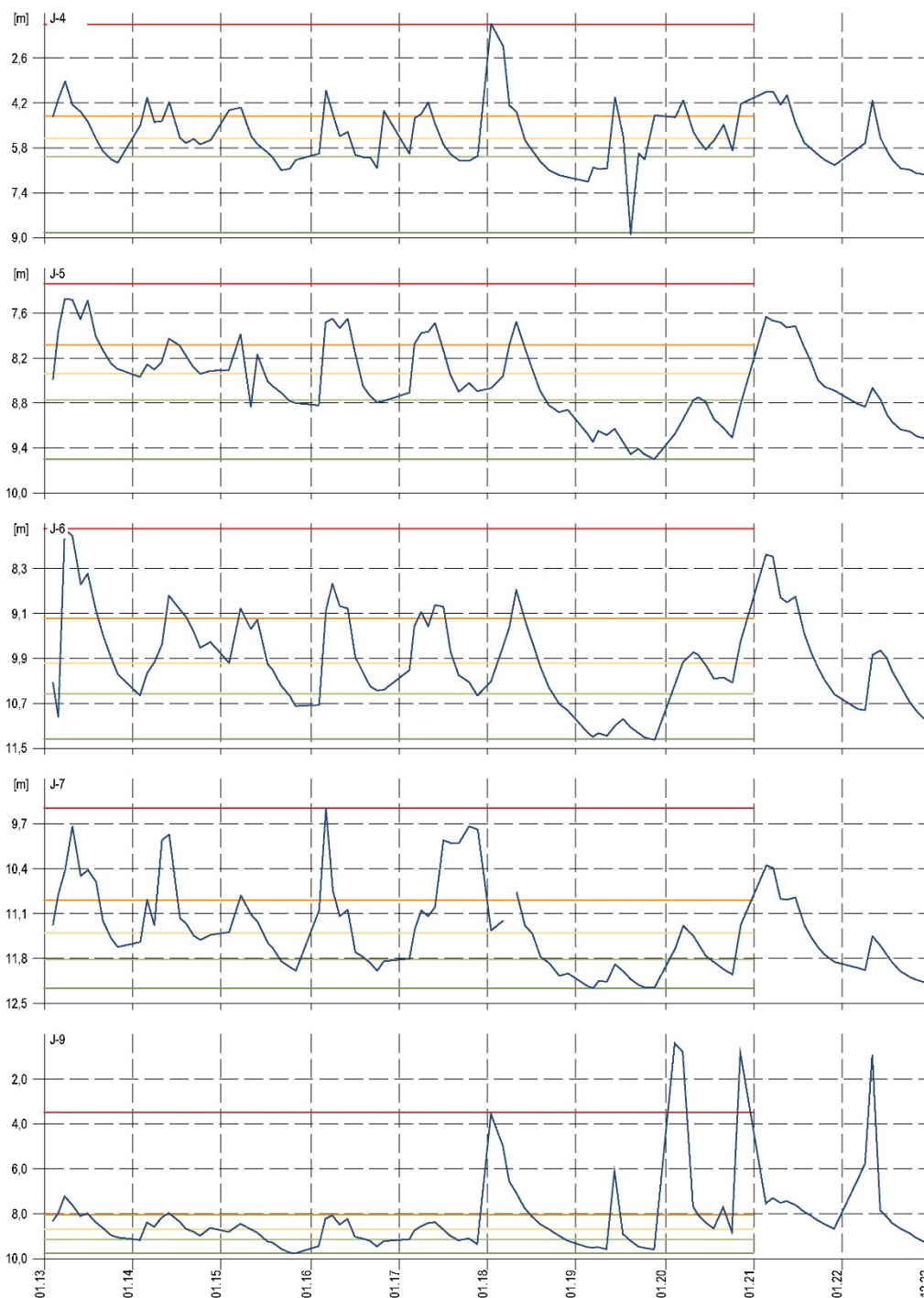
Obr. 4.5.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2021 a 2022 vo vrtoch: J-4, J-5, J-6, J-7 a J-9, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

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 vrtoch 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

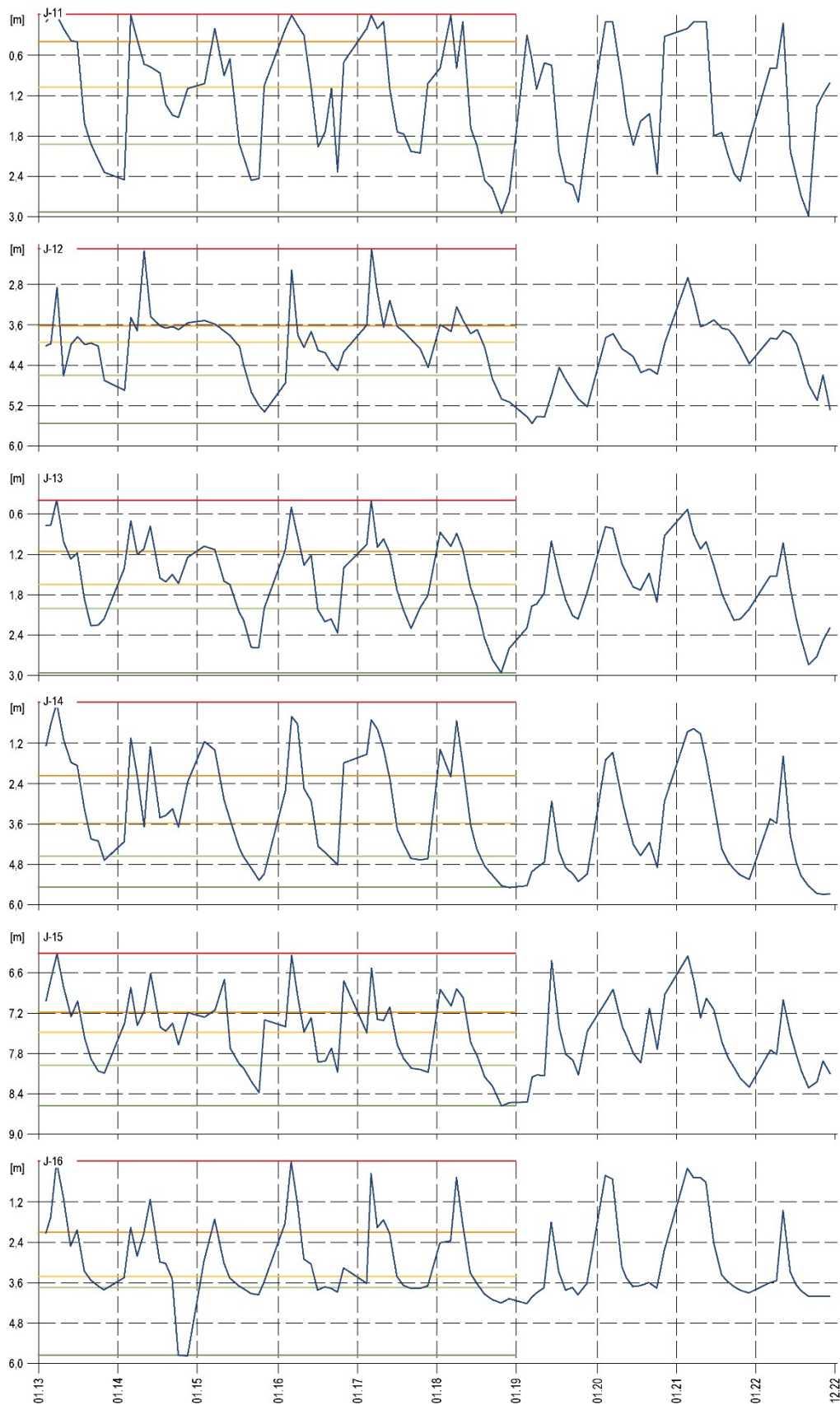


Obr. 4.5.3. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2021 a 2022 vo vrtoch: J-11, J-12, J-13, J-14, J-15 a J-16, spolu so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

vody boli rovnako dosiahnuté 28. apríla. Počas uvedeného termínu bol maximálne úroveň 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.



Obr. 4.5.4. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2013 až 2022 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 2013 až 2022 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.

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.

Tab. 4.5.3. 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

Z dlhodobého hľadiska (v období 2013 až 2022 – obr. 4.5.4 a 4.5.5) boli najvyššie namerané hladiny podzemnej vody – na úrovni terénu – vo vrtoch J-11 (apríl a marec 2013, február 2014, marec 2016 a marec 2018), J-16 (marec 2013 a marec 2016) a J-14 (marec 2013). 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 2013 až 2022 hladina podzemnej vody vystúpila najvyššie 25. marca 2013, a to do hĺbky 0,39 m pod terénom. Od roku 2019, ale najmä v rokoch 2021 a 2022, sú pozorovateľné výrazné vzostupy hladiny i vo vrte P-9 (2019 – 3,56 m pod terénom, 2020 – 0,42 m pod terénom, 2022 – 0,92 m pod terénom).

Najväčší počet dlhodobých maximálnych stavov bol nameraný v roku 2013, a to až v siedmich prípadoch (J-5, J-6, J-11, J-13, J-14, J-15 a J-16). Opačne, najhlbšie (viac ako 10 m) pod terén zostupujú hladiny vo vrtoch J-6 a J-7.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Slanec 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 2021 a 2022 bolo 2. a 4. stanovište (zberné šachty) zatápané vodou. Výsledky meraní za posledné dva roky sú graficky prezentované na obr. 4.5.6 a 4.5.7; podobným spôsobom je zhodnotená i posledná dekáda (obr. 4.5.8 a 4.5.9).

V roku 2021 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 15. februára do 23. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 15. marca na vrte V3/3 ($2,10 \text{ l.min}^{-1}$). Maximálne hodnoty výdatností boli najčastejšie v polovici februára, resp. v polovici júla, len ojedinele sa vyskytovali v júni alebo auguste, prípadne v už spomenutom marci. K prekročeniu dlhodobých maximálnych hodnôt prietoku došlo vo vrte V1/3; dňa 15. apríla 2021 bola na uvedenom vrte nameraná výdatnosť $0,81 \text{ l.min}^{-1}$.

Počas roka 2021 bolo pomerne často sledované, že odvodňovacie vrty boli suché; platí to najmä pre vrty V1/2 a V4/1. Pomerne veľká časť vrto (V2/1, V2/2, V2/3, V2/4, V2/5, V4/1, V4/2, V4/3) mala počas roku väčšinou zaliate ústia vrto a nebolo možné merať ich výdatnosť. Sumárna priemerná hodnota výdatnosti u vrto, ktoré vykazovali merateľné hodnoty, je $2,99 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s rokom 2020 pokles o $1,09 \text{ l.min}^{-1}$.

Tab. 4.5.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2021.

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	0,43	15. 6. 2021	0,02	15. 3. 2021	0,14	0,41
V1/2	10	0,75	15. 2. 2021	0,00	15. 6. 2021	0,14	0,75
V1/3	10	0,81	15. 4. 2021	0,15	16. 9. 2021	0,39	0,66
V1/4	10	0,80	15. 2. 2021	0,07	19. 8. 2021	0,30	0,73
V1/5	10	0,74	22. 7. 2021	0,05	16. 9. 2021	0,42	0,69
V2/1	10	Ústia odvodňovacích vrtov sa počas všetkých meraní nachádzali pod hladinou vody					
V2/2	10						
V2/3	10						
V2/4	10						
V2/5	10						
V3/1	10	0,72	15. 4. 2021	0,02	23. 11. 2021	0,34	0,70
V3/2	10	0,89	15. 4. 2021	0,01	14. 10. 2021	0,22	0,88
V3/3	10	2,10	15. 3. 2021	0,01	22. 7. 2021	0,52	2,09
V4/1	10	Ústie odvodňovacieho vrtu bolo počas 7 meraní pod hladinou vody a počas 3 meraní bolo suché					
V4/2*	10	0,03	19. 8. 2021	0,01	22. 7. 2021	0,02	0,02
V4/3*	10	0,12	22. 7. 2021	0,01	19. 8. 2021	0,05	0,11
V5/1	10	0,21	4. 6. 2021	0,00	4. 10. 2021	0,04	0,21
V5/2	10	kvapkanie					
V5/3	10	kvapkanie, suchý					
V5/4	10	0,40	15. 2. 2021	0,02	14. 10. 2021	0,01	0,10

Tab. 4.5.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2022

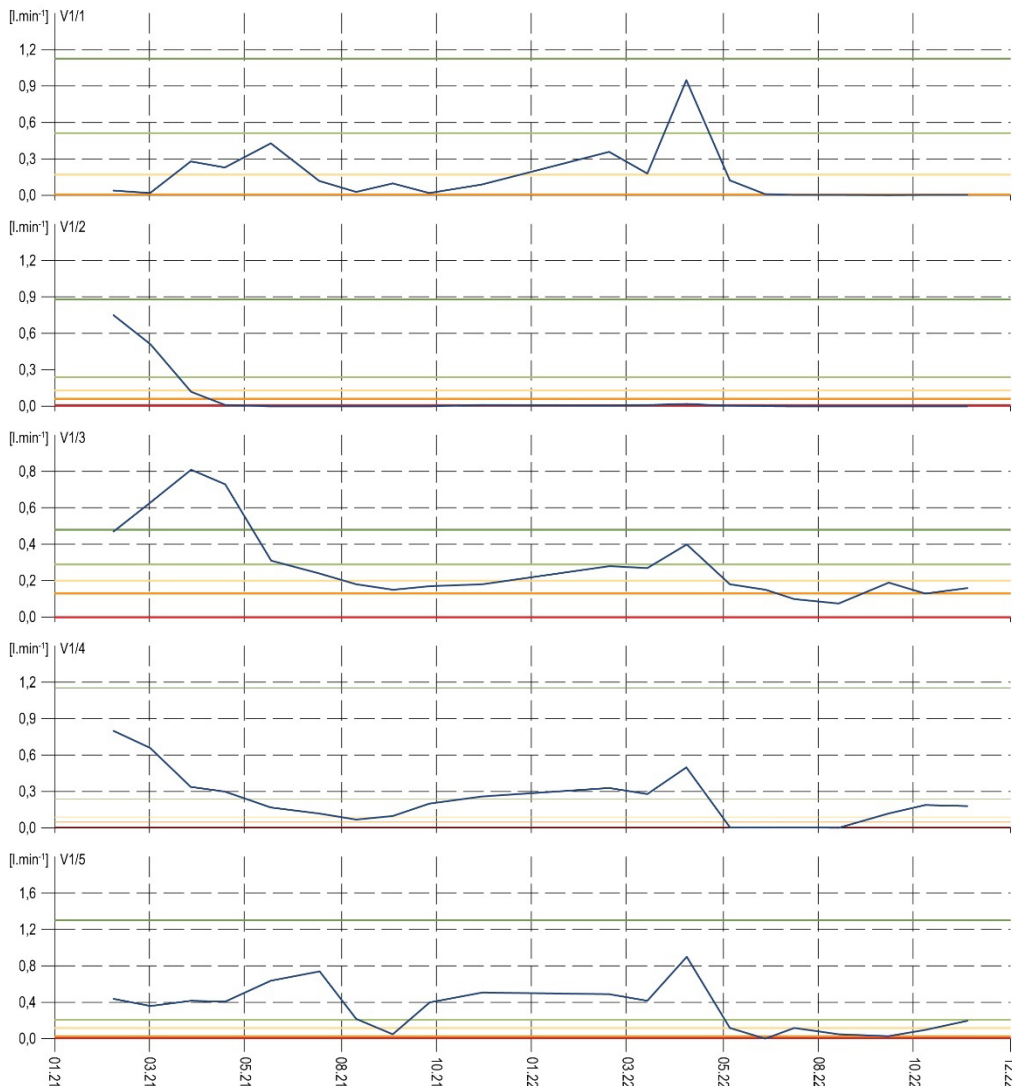
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
V1/1	10	0,95	28. 4. 2022	0,01	27. 6. 2022	0,21	0,94
V1/2	10	0,30	29. 3. 2022	0,00	19. 7. 2022	0,07	0,30
V1/3	10	0,40	28. 4. 2022	0,08	22. 8. 2022	0,19	0,33
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 aktuálne 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 vrtoch 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 vrtoch sa maximálne prietoky vyskytovali v auguste alebo v marci, ojedinele však i v máji a júli.

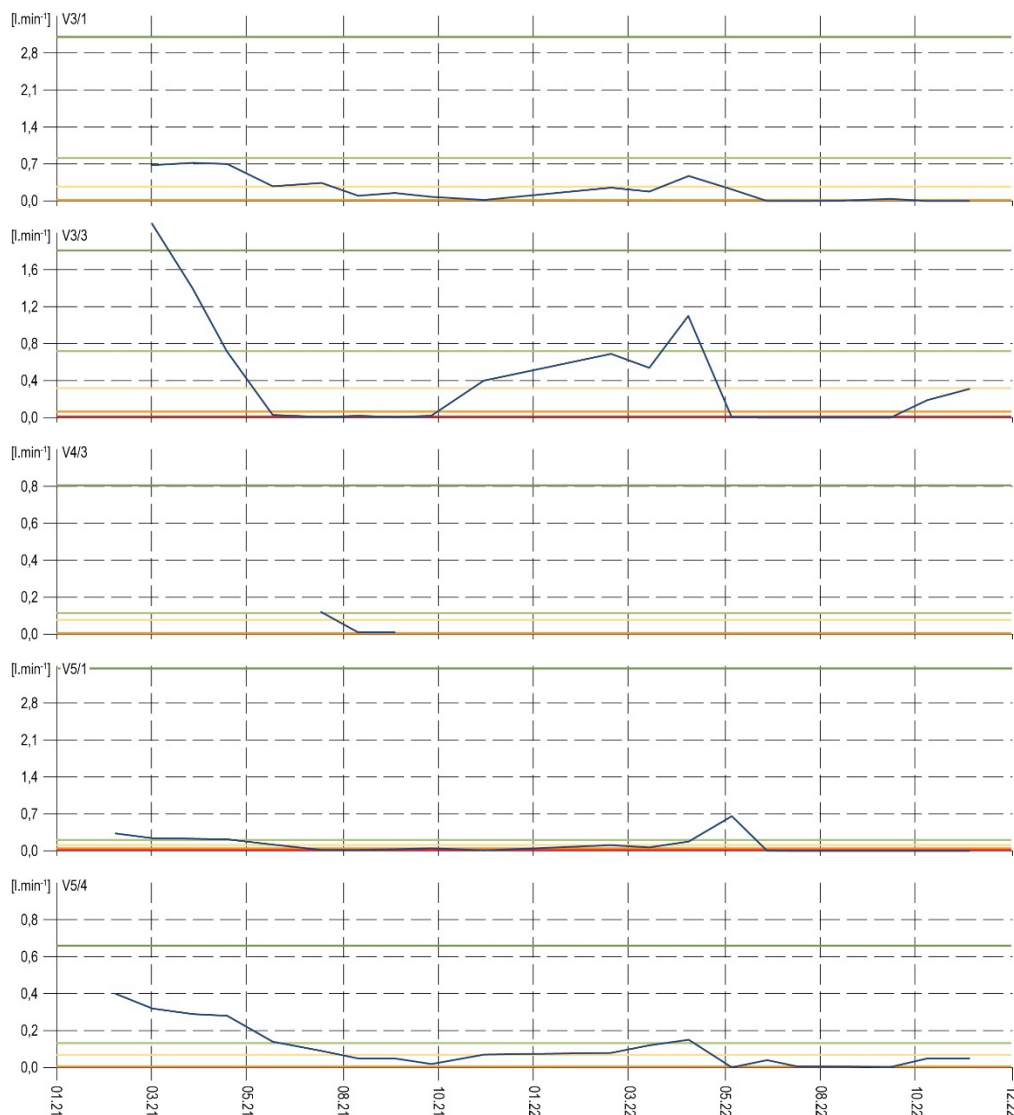
V množine vrtov V1/5, V1/4, V5/4, V1/1, V5/3, V5/2, V1/2, V3/2, V3/3, V5/1, V3/1 sa počas roka minimálne jedenkrát vyskytol veľmi nízky prietok na úrovni kvapkania, mnohé z uvedených vrtov boli však i dlhšiu dobu suché. Sumárna priemerná hodnota výdatnosti vrtov, na ktorých bolo možné v roku 2022 realizovať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

Pri hodnotení časového obdobia od roku 2013 do 2022 možno konštatovať, že v rámci odvodňovacej siete vrtov sa najefektívnejšie prejavujú vrty označené ako V2 – V2/2 (s priemernou výdatnosťou za posledné desaťročie 0,47 l.min⁻¹), V2/3 (0,50 l.min⁻¹), V2/4 (0,82 l.min⁻¹) a V2/1 (0,95 l.min⁻¹). V jednotlivých skupinách vrtov boli najvýznamnejšie

hodnoty výdatnosti namerané počas rokov 2013, 2016, 2017, 2020 a 2021. Na vrtoch ústiacich do šachty V3 bola v hodnotenom desaťročí pozorovaná pomerne premenlivá výdatnosť. Jej zmeny boli do značnej miery ovplyvnené cyklickým striedaním ročných období, pričom však nie je možné maximálne stavy výdatnosti jednoznačne priradiť k obdobiam jarného topenia sa snehovej pokrývky (hlbšiu analýzu kolísania výdatnosti odvodňovacích zariadení v tejto skupine vrtov by bolo možné urobiť len na základe údajov s vyššou frekvenciou meraní). Relatívne nízke výdatnosti sú pozorované vo vrtoch označených V4 a V5 (priemerná výdatnosť jednotlivých vrtov pod $0,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$). Od roku 2013 je možné pozorovať postupný pokles celkovej výdatnosti odvodňovacích zariadení, ktorý sa markantne prejavil najmä v rokoch 2018 a 2019 (iba $0,98 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ v roku 2019).



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 2021 a 2022, 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.

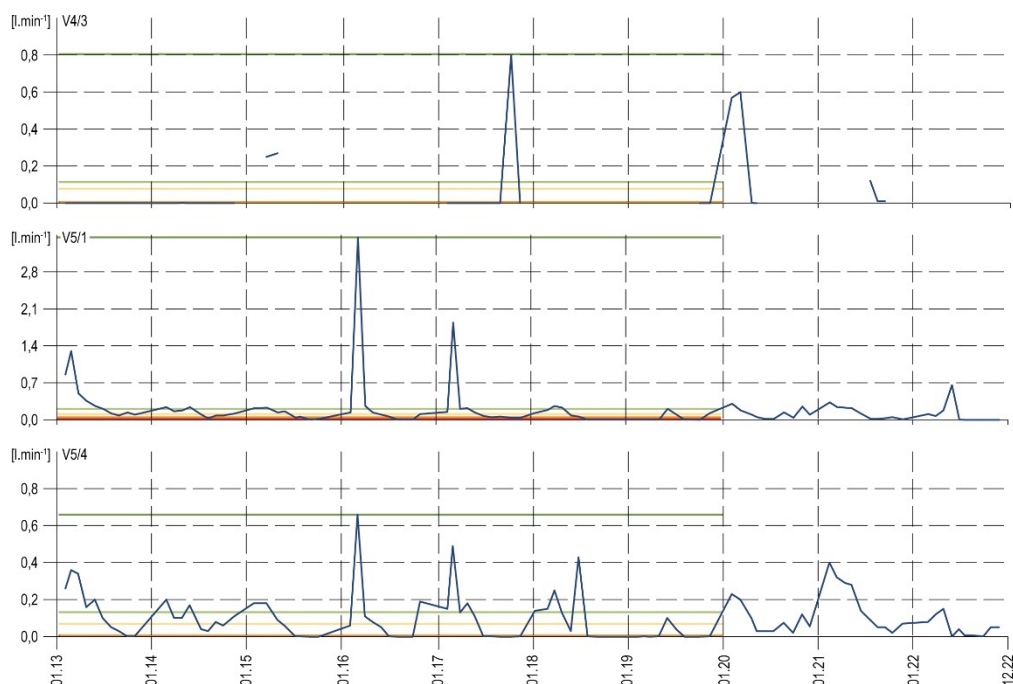


Obr. 4.5.7 Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V3/1, V3/3, V4/3, V5/1 a V5/4) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2021 a 2022, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 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.

Dlhodobým problémom monitorovania výdatnosti odvodňovacích zariadení na tejto lokalite je, že viaceré vrty sú počas roka zaplavované vytekajúcou vodou z drenážnych zariadení. V dôsledku tohto stavu nie je možné sledovať množstvo odtekajúcej vody zo zosuvného územia, ale čo je ešte horšie, zaplavovaním zberných šácht dochádza k znižovaniu účinnosti hĺbkového odvodnenia.



Obr. 4.5.8 Dlhodobý vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V1/1, V1/2, V1/3, V1/4, V1/5, V3/1 a V3/3) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2013 až 2022, 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. 4.5.9 Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V4/3, V5/1 a V5/4) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2013 až 2022, 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 2022 bol nameraný zrážkový úhrn 583,2 mm, čo zodpovedá 76,89 % dlhodobého priemeru, a teda išlo o veľmi suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas septembra (138,9 mm). Naopak, najsuchším mesiacom bol máj s 12,7 mm zrážok. Priemerný mesačný zrážkový úhrn sa nachádzal na úrovni 48,6 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Slanec sú monitorovacie aktivity zamerané prevažne na sledovanie najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Zároveň je sledovaná i efektívnosť sanačného opatrenia – výdatnosť subhorizontálnych odvodňovacích vrtoch. 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, a to o 0,7 m. V roku 2022 mali hladiny prevažne zostupný charakter. Výraznejšie kolísanie hladiny bolo pozorované na konci apríla, kedy boli vo väčšine vrtoch zaznamenané maximálne stavy. Z hľadiska dlhodobého vývoja sledovaných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody stojí za zmienku priebeh hladiny podzemnej vody vo vrte J-11. Namerané minimum z 22. augusta predstavuje najnižšiu hladinu podzemnej vody nameranú za celé monitorované obdobie (od roku 2003).

V súvislosti s monitorovaním hĺbkového odvodnenia je nevyhnutné opätovne konštatovať, že mnohé vrty ústiace do šachty V2 a V4 boli počas celého roka utopené pod

vodou. Uvedený stav výrazne znižuje efektívnosť hĺbkového odvodnenia, ktoré predstavuje jediné stabilizačné opatrenie v zosuvnom území a znemožňuje meranie výdatnosti uvedených vrtoŧ.

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 ďalej upozorňujeme, že monitorovacie aktivity, ktoré sú v zosuvnom území zabezpečované, sú sústredené výlučne len na sledovanie režimových ukazovateľov, a teda sú nepostačujúce. V zosuvnom 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 2023 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2022, 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 2021 a 2022

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2021 a 2022 na lokalite Dolná Mičiná, sú zhrnuté v tab. 4.6.1.

Tab. 4.6.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Dolná Mičiná v rokoch 2021 a 2022.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2022
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	JM-6 automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Banská Bystrica (indikatív 34300)	Denné úhrny zrážok	

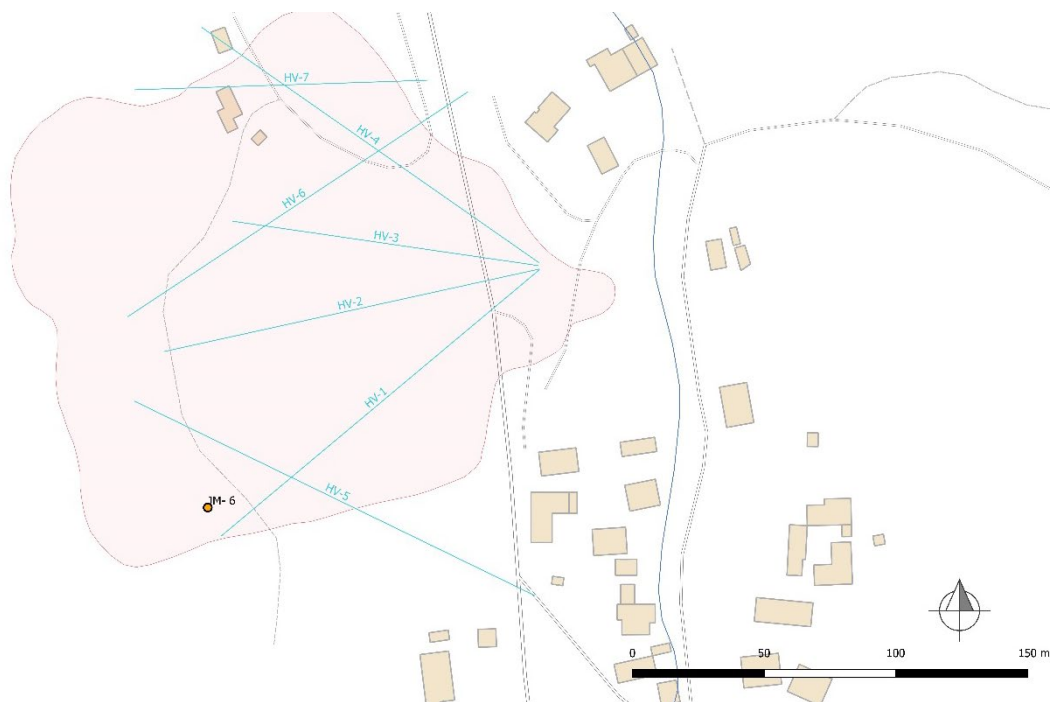
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Dolná Mičiná je automatickým hladinomerom zabezpečované meranie vo vrte JM-6 (obr. 4.6.1). Počas hodnotených rokov 2021 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, to znamená, že zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali každú hodinu. V roku 2022, vzhľadom na zastaralú technickú inštrumentáciu piezometrického vrtu (automatický hladinomer už výrazne prekročil výrobcom deklarovanú životnosť, ktorá bola len do roku 2012), došlo k prerušeniu monitorovacích meraní. V roku 2022 je k dispozícii 830 hodinových záznamov, čo predstavuje obdobie od 1. januára do 4. februára.

V roku 2021 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 4,34 m pod terénom (408,55 m n. m. – tab. 4.6.2 a obr. 4.6.2), čo je v porovnaní s rokom 2020 výrazný vzostup, a to až 4,01 m. Ide taktiež o najvyššiu hladinu podzemnej vody za poslednú dekádu a zároveň o najvyššiu hladinu od roku 2010, kedy nastal, vzhľadom na extrémne klimatické pomery, mimoriadne stabilne nepriaznivý stav. Po dosiahnutí maximálneho stavu mala hladina podzemnej vody prevažne zostupný ráz. K výraznejšiemu vzostupu došlo len v súvislosti s májovými zrážkami. Zostupný charakter hladiny podzemnej vody v roku 2021 pretrval až do konca roka. Minimálna hladina podzemnej vody s hĺbkou 15,02 m (397,87 m n. m.) bola dosiahnutá 30. decembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 11,61 m pod terénom (401,28 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 2,12 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 10,68 m, vďaka čomu je možné hladinu podzemnej vody v roku 2021

hodnotiť ako mimoriadne dynamickú (najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody od roku 2013). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 9,46 m pod terénom, 2. kvartil 11,99 m pod terénom a 3. kvartil 14,07 m pod terénom.



Obr. 4.6.1. Lokalita Dolná Mičina – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (oranžový bod – piezometrický vrt s automatickým hladinomerom) a sanačných opatrení (modré línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvu podľa Fussgängera a Jadroňa (1995), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.6.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Dolná Mičina v roku 2021.

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.]	
JM-6	8760	4,34	408,55	10. 2. 2021	15,02	397,87	30. 12. 2021	11,61	401,28	10,68

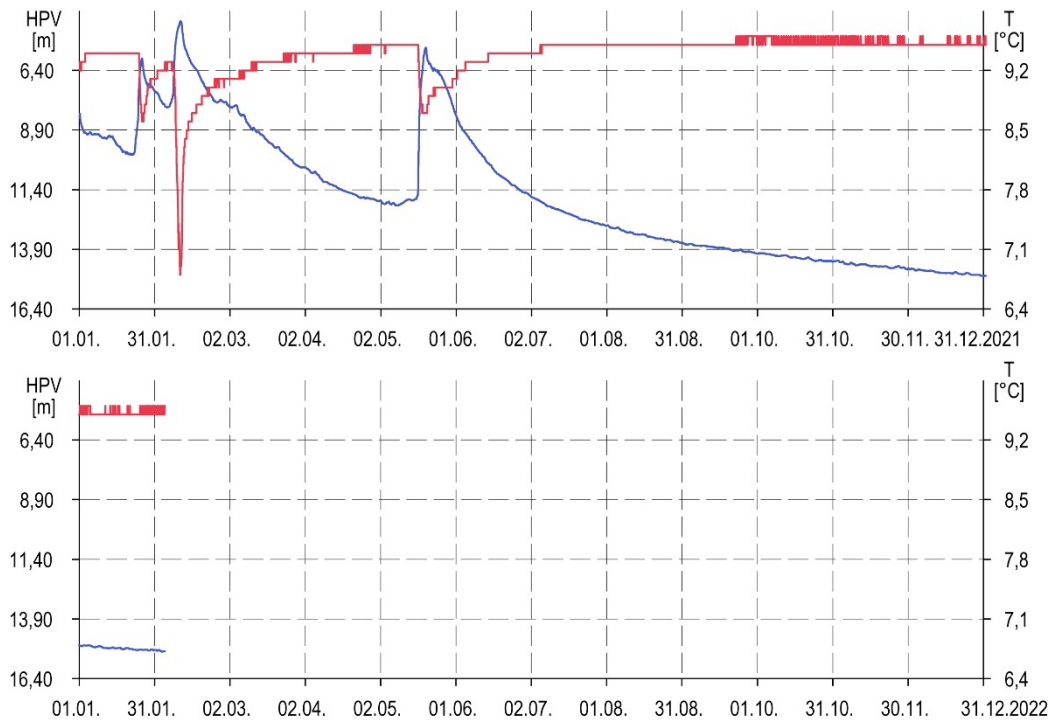
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,6 °C a najnižšia 6,8 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku predstavovala 9,4 °C.

Hladina podzemnej vody v roku 2022 bola sledovaná len krátke obdobie. Z nameraných hodnôt, zo začiatku kalendárneho roka, vyplýva jej mierny zostupný charakter. Minimálna hladina bola zaznamenaná 3. februára (15,13 m pod terénom – 397,76 m n. m.) a naopak, maximálny stav bol pozorovaný 4. januára (14,99 m pod terénom – 397,90 m n. m. – tab. 4.6.3 a obr. 4.6.2).

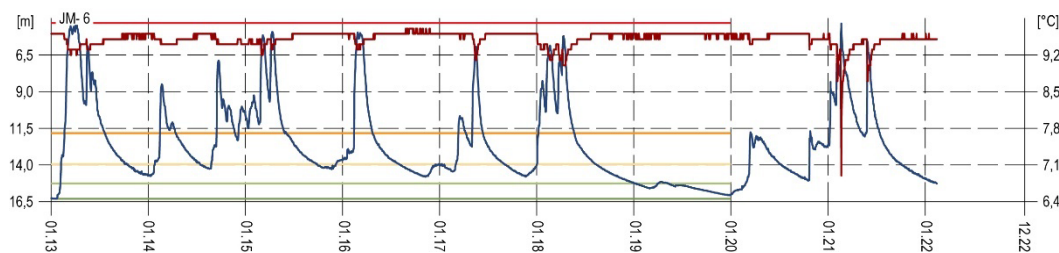
Teplota podzemnej vody počas krátkeho monitorovacieho obdobia v roku 2022 oscilovala v rozsahu 9,5 – 9,6 °C.

Tab. 4.6.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Dolná Mičina 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.]	
JM-6	830	14,99	397,90	4. 1. 2022	15,27	397,62	3. 2. 2022	15,13	397,76	0,28



Obr. 4.6.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom vo vrte JM-6 v rokoch 2021 a 2022 na lokalite Dolná Mičiná. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), červená línia – teplota podzemnej vody (T; pravá os).



Obr. 4.6.3. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2013 až 2022, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Dolná Mičiná. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JM-6. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (pravá os), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia (od januára 2012 do decembra 2019): tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, svetlozelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

Pri hodnotení poslednej dekády je možné sledovať prevažne pravidelný cyklus zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, ktorý odráža sezónne vplyvy, pričom veľkosť kolísania je priamo úmerná klimatickým pomerom v jednotlivých rokoch. Vzostupy súvisia prevažne s jarným obdobím topenia snehovej pokrývky, kedy sú zároveň dosahované maximálne stavy. Naopak, na konci jesene, prípadne na začiatku zimného obdobia, boli zvyčajne namerané minimálne úrovne. Výnimkou je rok 2019, kedy hladina podzemnej vody prakticky počas celého roka nestúpala.

Maximálna hladina za posledných desať rokov bola nameraná v roku 2021 (obr. 4.6.3). Opačným príkladom je rok 2019, ktorý je možné vyhodnotiť ako „najsuchší“. Minimálny stav hladiny podzemnej vody bol však nameraný až 13. januára 2013 s hodnotou 16,3 m pod terénom.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňajú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Banská Bystrica s indikatívom 34300. Dlhodobý ročný zrážkový priemer

nameraný v období od 1. januára 2000 do 31. decembra 2021 predstavuje 872,47 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1 289,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 72,7 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 2022 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 602,0 mm, čo zodpovedá 69,0 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas septembra (108,6 mm) a najvyšší denný úhrn 9. december (31,4 mm). Najsuchším mesiacom bol október s 15,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 3. septembra do 3. októbra 119,2 mm a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 3. októbra do 2. novembra) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 5,0 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2021 trvalo 9 dní (od 27. januára do 4. februára) s úhrnom 23,1 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Dolná Mičiná sú zabezpečované monitorovacie aktivity v jednom piezometrickom vrte. Pravidelne dvakrát ročne sa vykonávajú v území terénne rekognoskácie za účelom posúdenia morfologických zmien v oblasti zárubného múra, pozostávajúceho z gabiónových košov. Zároveň sú spracovávané a vyhodnocované klimatické ukazovatele zo zrážkomernej stanice SHMÚ Banská Bystrica.

Hladina podzemnej vody je od roku 2002 pozorovaná automatickým hladinomerom, ktorého životnosť je výrobcom garantovaná po dobu 10 rokov, na čo poukazujeme už dlhšiu dobu. V roku 2022 sa vyskytli technické problémy súvisiace so sťahovaním údajov z automatického hladinomeru. Disponujeme len krátkym časovým radom údajov zo začiatku roka, ktoré poukazujú na zostupný priebeh hladiny podzemnej vody. Vzhľadom na skutočnosť, že automatický hladinomer predstavoval na zosuvnej lokalite jediný monitorovací objekt, plánujeme v najbližšej dobe odstrániť technickú poruchu, resp. nahradiť ho modernejším automatickým hladinomerom.

V roku 2023 plánujeme obnoviť monitorovacie merania vo vrte JM-6. Zároveň budú spracované a vyhodnotené údaje o klimatických faktoroch zo stanice SHMÚ Banská Bystrica.

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 2021 a 2022

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2021 a 2022, sú zhrnuté v tab. 4.7.1.

Tab. 4.7.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Okoličné v rokoch 2021 a 2022.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2021	2022 ¹
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 (každú hodinu)	
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 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

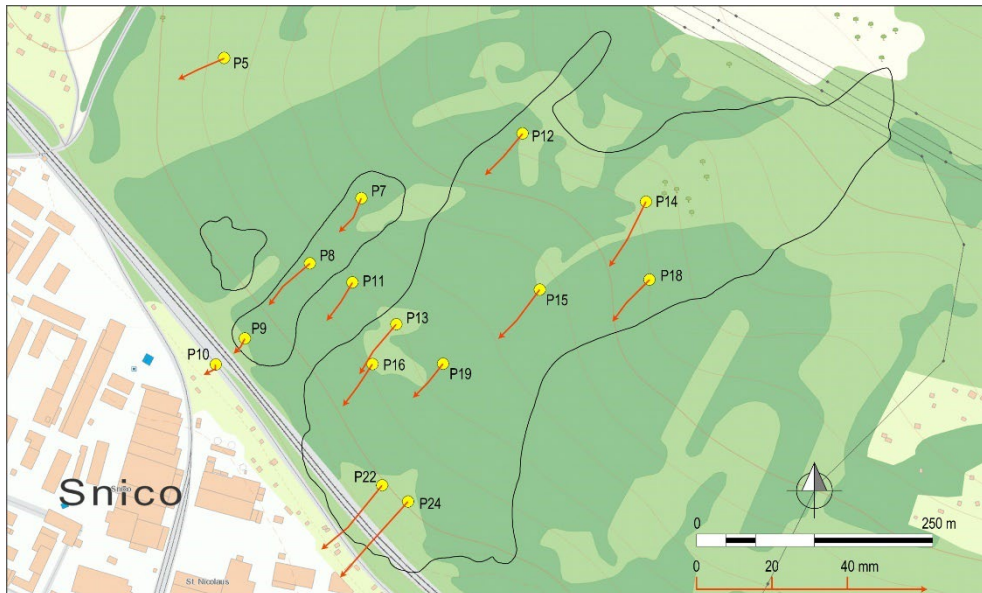
a/ Geodetické merania

Tab. 4.7.2. Výsledky geodetických meraní na lokalite Okoličné v roku 2022

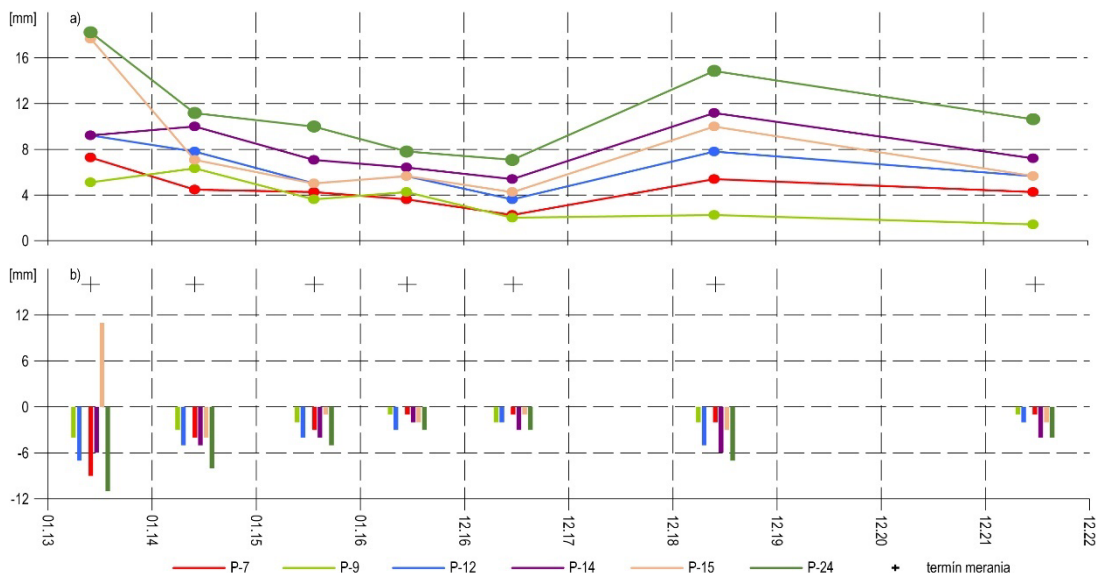
Bod	30. 5. 2019 – 23. 6. 2022		
	Premiestnenie [mm]		
	polohové	výškové	priestorové
P5	4,47	-1,00	4,58
P7	4,24	-1,00	4,36
P8	5,00	-4,00	6,40
P9	1,41	-1,00	1,73
P10	2,24	-1,00	2,45
P11	5,00	-1,00	5,10
P12	5,66	-2,00	6,00
P13	5,83	-2,00	6,16
P14	7,21	-4,00	8,25
P15	5,66	-2,00	6,00
P16	5,00	-3,00	5,83
P18	5,00	-2,00	5,39
P19	4,24	-2,00	4,69
P22	7,81	-4,00	8,77
P24	10,63	-4,00	11,36

V roku 2022 bolo na zosuvnej lokalite Okoličné zabezpečené 65. etapové meranie (Pisca, 2022). Predchádzajúce meranie bolo realizované v roku 2019. Z výsledkov meraní, ktoré

charakterizujú pohybovú aktivitu v trojročnom období vyplýva, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, že v zosuvnom území boli namerané relatívne nízke polohové posuny. Prevládali posuny do 10 mm (P9, P10, P19, P7, P5, P16, P11, P18, P8, P15, P12, P13, P14 a P22), len vo vrte P24 bol nameraný posun 10,63 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,46 mm.rok⁻¹. Vertikálne zmeny mali výlučne poklesový charakter, a to v intervale 1 až 4 mm. Na základe nameraných výsledkov je možné zosuvné územie považovať za pomerne stabilné (Pisca, 2022).



Obr. 4.7.1. Lokality Okoličné – výsledky geodetických meraní (metódou GNSS) za obdobie 30. máj 2019 až 23. jún 2022; mapový podklad: ŽBGIS®.



Obr. 4.7.2. Dlhodobé (2013 – 2022) zmeny polohy a výšky pozorovaných bodov zistené metódou GNSS na lokalite Okoličné (podľa Pisca, 2022); a – polohové zmeny geodetického bodu, b – vertikálne zmeny geodetického bodu.

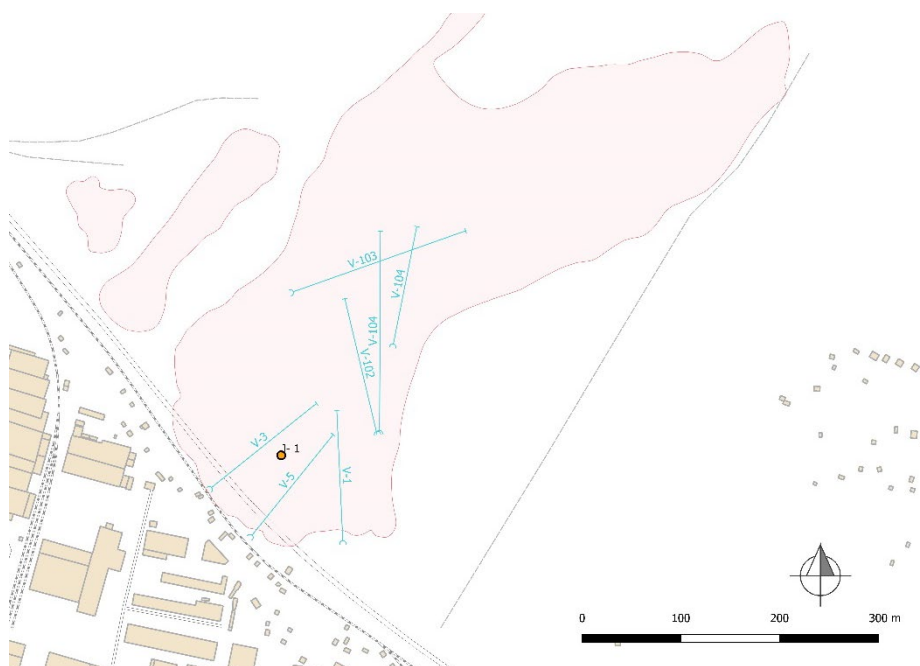
Z dlhodobého hľadiska (obdobie 2013 až 2022 – obr. 4.7.2a) možno konštatovať, že mierne zvýšené hodnoty posunov boli zaznamenané v rokoch 2013 a 2018. Pri hodnotení vertikálnych zmien v dlhšom časovom období (2013 až 2022) boli najväčšie zmeny zaznamenané v roku 2013 (obr. 4.7.2b). Od roku 2014 boli v zosuvnom území pozorované len zostupné vertikálne posuny.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami

Na lokalite Okoličné je automatický hladinomer umiestnený vo vrte J-1. Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody bolo v rokoch 2021 a 2022 možné pozorovať nepretržite, resp. v hodinovom intervale, žiaľ v roku 2022 došlo k technickej poruche na monitorovacom zariadení.

Tab. 4.7.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Okoličné v roku 2021.

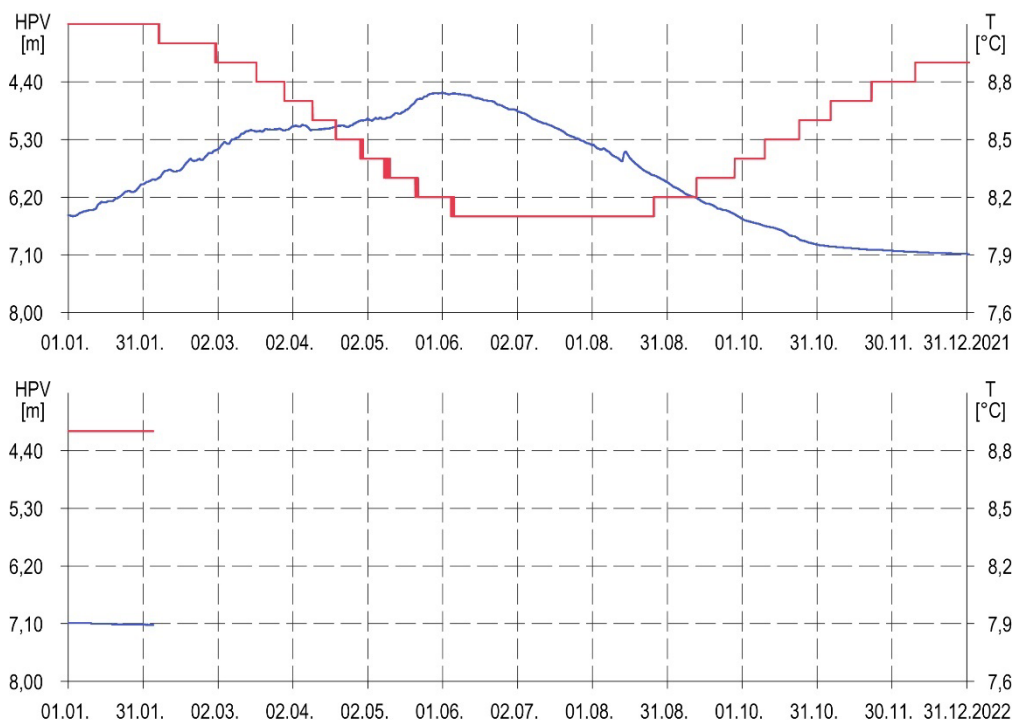
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-1	8760	4,57	603,50	1. 6. 2021	7,09	600,98	31. 12. 2021	5,81	602,26	2,52



Obr. 4.7.3. Lokalita Okoličné – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (oranžový bod – piezometrický vrt s automatickým hladinomerom) a sanačných opatrení (modré línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); ohraničenie zosuvov podľa Jadroňa (1980), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2021 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 1. júna v hĺbke 4,57 m pod terénom, čo predstavuje nadmorskú výšku 603,50 m n. m. Výrazný vzostup hladiny podzemnej vody bol pozorovaný už počas prvých mesiacov (približne od začiatku roka do polovice marca). Následne, počas trvania jedného mesiaca sa hladina podzemnej vody ustálila a začala mierne klesať. Uvedený maximálny stav bol výsledkom intenzívnych májových zrážok, ktoré sa podpísali pod jej relatívne náhly vzostup. Obdobie od júna do decembra bolo sprevádzané poklesom hladiny podzemnej vody. Postupný zostup hladiny sa spomalil v decembri, avšak jej pokles sa nezastavil a minimálna hladina podzemnej vody bola nameraná až 31. decembra s hĺbkou 7,09 m pod terénom. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 5,81 m pod terénom (600,52 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup o 1,23 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 2,52 m. V porovnaní s predchádzajúcimi dvoma rokmi došlo k výraznému nárastu jej kolísania, avšak z hľadiska dlhodobých pozorovaní, aktuálna hodnota ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody nie je neobvyklá. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa

nachádzal na úrovni 5,10 m pod terénom, 2. kvartil 5,68 m pod terénom a 3. kvartil 6,55 m pod terénom.



Obr. 4.7.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2021 a 2022 vo vrte J-1 na lokalite Okoličné. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), hnedá línia – teplota podzemnej vody (T – pravá os).

Tab. 4.7.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Okoličné 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.]	
J-1	826	7,09	600,98	1. 1. 2022	7,12	600,95	1. 2. 2022	7,10	600,97	0,03

Minimálna teplota podzemnej vody bola v roku 2021 nameraná 5. júna s hodnotu 8,1 °C a naopak, najvyššia teplota (9,1 °C) bola zaznamenaná 1. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,5 °C.

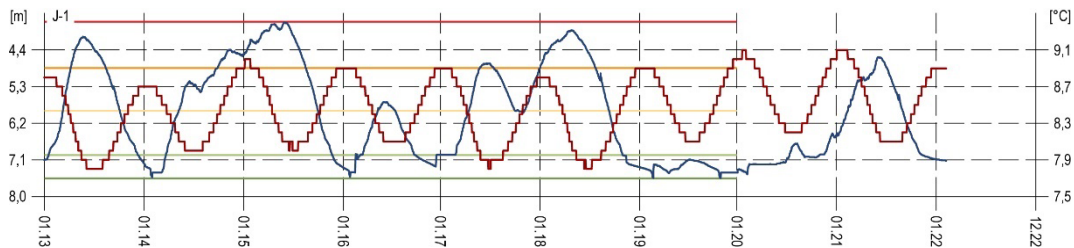
V roku 2022 záznamy z automatického hladinomera zachytávajú zmeny hladiny podzemnej vody za veľmi krátke obdobie (od 1. januára do 4. februára). V súvislosti s technickou poruchou došlo k strate nameraných údajov. Zo zachovaného záznamu vyplýva ustálený vývoj hladiny podzemnej vody počas prvých 35 dní v roku 2022 s priemernou hĺbkou 7,1 m pod terénom a amplitúdou 0,03 m.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné pozorovať, že zmeny hladiny podzemnej vody súvisia prevažne s ročným klimatickým cyklom (obr. 4.7.5). Hladina podzemnej vody vo vrte J-1 má mimoriadne pravidelný režim, maximálne stavy sa vyskytujú zvyčajne na konci prvej polovice roka. Minimálne stavy hladiny podzemnej vody sa vyskytujú prevažne na sklonku, resp. v prvých mesiacoch kalendárneho roka. Výnimku tvoria roky 2019 a 2020, počas ktorých boli pozorované len nepatrné zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody.

Maximálna hladina podzemnej vody za hodnotenú dekádu bola nameraná 5. júna 2015 s hodnotou 3,72 m pod terénom. Naopak, najnižšie hladina klesla 28. októbra 2019 (7,55 m pod terénom). Celková amplitúda v posudzovanom období tak dosiahla hodnotu 3,83 m.

Zaujímavosťou, ktorá vyplýva z dlhodobého monitorovania podzemnej vody vo vrte J-1, sú systematické a pravidelné zmeny teploty podzemnej vody, ktoré jednoznačne poukazujú na

hlboký režim jej obehu. Minimálne teploty sú prakticky vždy zaznamenané v máji, resp. júni a opačne, maximálne teploty sú pozorované len v zimných mesiacoch (december – január).



Obr. 4.7.5. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2013 až 2022, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Okoličné. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte J-1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV – ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (°C – pravá os); štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia (od januára 2012 do decembra 2019): tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, svetlozelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová s indikatívom 21130. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2021 predstavuje 642,35 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 2022 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 571,9 mm, čo zodpovedá 89,03 % dlhodobého priemeru, a teda išlo o suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas septembra (109,1 mm) a najvyšší denný úhrn 9. septembra (26,5 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 12,7 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 4. septembra do 4. októbra (129,10 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 25. februára do 27. marca), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 3,8 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie trvalo 10 dní, a to od 25. septembra do 4. októbra s úhrnom 42,8 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Okoličné sa monitorovacie činnosti postupne zredukovali na sledovanie hlavného zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody (prostredníctvom automatického hladinomera). Geodetické merania sa na lokalite vykonávajú s dvoj- až trojročnou frekvenciou.

Geodetické merania boli na lokalite realizované po približne troch rokoch. Zo spracovania nameraných výsledkov vyplýva, že zosuvná lokalita Okoličné je relatívne stabilná. Maximálny polohový vektor bol nameraný v bode P24, a to 10,63 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,46 mm.rok⁻¹. Na ostatných geodetických bodoch prevládali horizontálne posuny do 10 mm. Vertikálne zmeny nepresiahli 4 mm.

Piezometrické merania sú dlhodobo zabezpečované prostredníctvom automatického hladinomeru, ktorý je umiestnený vo vrte J-1 v čele svahovej deformácie. Počas sťahovania údajov, spojeného s terénnou rekognoskáciou, bolo možné konštatovať technickú poruchu prístroja. Zariadenie je vo vrte inštalované viac ako 15 rokov, pričom výrobcom deklarovaná životnosť je približne 10 rokov. Zo spracovania krátkočasového radu výsledkov meraní vyplýva mierny zostup hladiny podzemnej vody.

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 nasledujúcom roku obnoviť merania hladiny podzemnej vody prostredníctvom automatického hladinmera. Zároveň 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 2021 a 2022

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2021 a 2022, sú zhrnuté v tab. 4.8.1.

Tab. 4.8.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ďačov v rokoch 2021 a 2022.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2022
Inklinometrické	3	DA-1, 7, 9	1 – 2 (14. júl, 12. november)	1 – 2 (19. máj, 11. november)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	DA-5, DA-8, DA-10	10 (19. február, 16. marec, 16. apríl, 13. máj, 11. jún, 23. júl, 20. august, 17. september, 15. október, 19. november)	10 (1. marec, 30. marec, 29. apríl, 27. máj, 30. jún, 21. júl, 23. august, 30. september, 28. október, 29. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Lipany (indikatív 59100)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

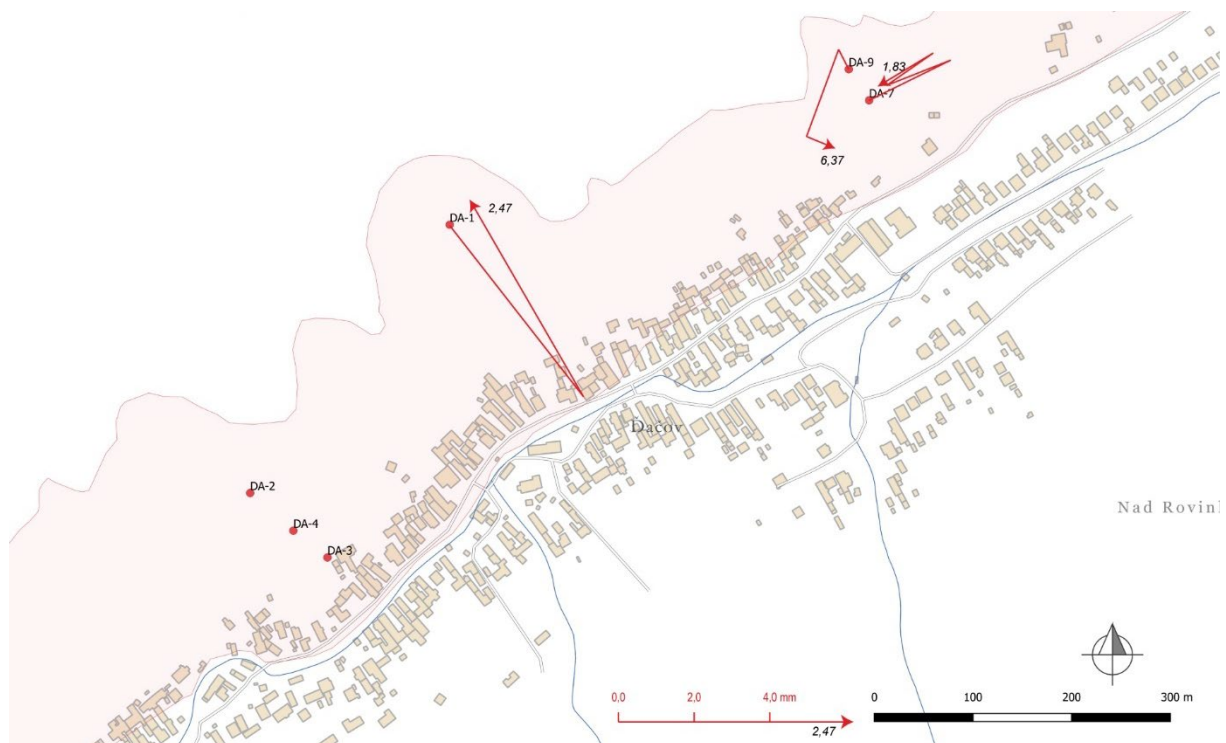
a/ Inklinometrické merania

Na lokalite Ďačov bolo v roku 2010 vybudovaných viacero inklinometrických vrtov, z ktorých sa v súčasnosti systematicky monitorujú už len vrty DA-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 2021 a 2022 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.

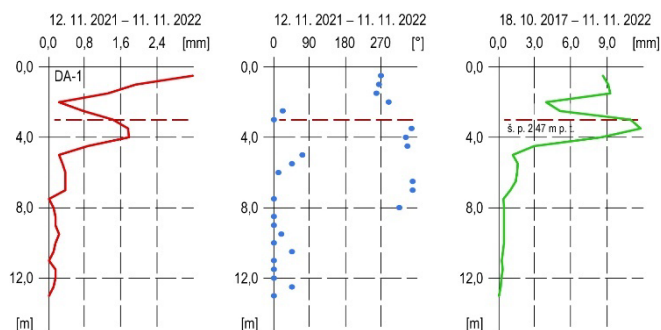
V roku 2021 sa pokračovalo v pravidelných etapových meraniach vo vrtoch DA-7 a DA-9 (2 etapy) a 12. novembra vo vrte DA-1 (1 etapové meranie).

Vo vrte DA-1 bolo meranie realizované v prvej polovici novembra, z výsledkov merania vyplýva, že etapový prírastok deformácie dosiahol 5,8 mm a jeho azimut mal severozápadný smer. Znamená to, že sa opakuje situácia z predchádzajúcej kontrolnej etapy, kedy rozdiely v orientácii nameraných vektorov boli 180°. Podobne, i v tomto prípade má nameraný vektor

opačnú orientáciu ako vektor z predchádzajúceho kontrolného merania. Aktuálna hodnota celkovej deformácie dosiahla veľkosť 9,71 mm.



Obr. 4.8.1. Lokalita Dačov – vektory deformácií namerané v rokoch 2021 a 2022 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.8.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektorech označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.



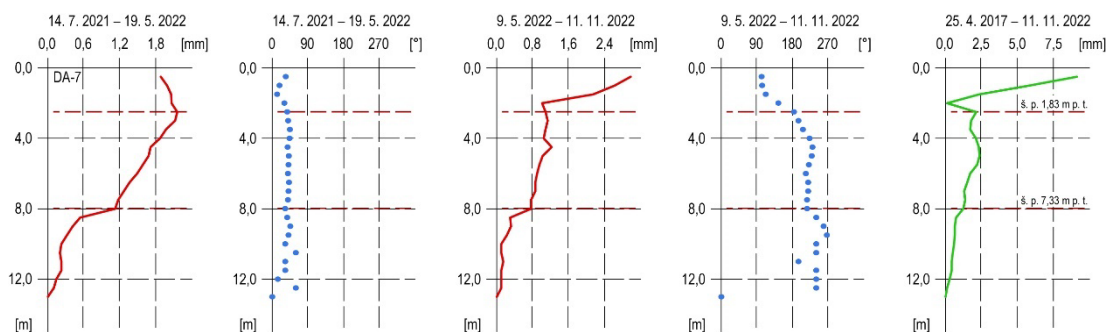
Obr. 4.8.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte DA-1 na lokalite Dačov. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie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

Počas letnej etapy (od 12. novembra 2020 do 14. júla 2021) bola vo vrte DA-7 na sledovanej šmykovej ploche v hĺbke 1,83 m pod terénom nameraná etapová deformácia 1,5 mm ($2,25 \text{ mm.rok}^{-1}$; azimut – 55° – severovýchod). Následne, pri jesennom kontrolnom meraní bola v rovnakej hĺbke nameraná prakticky identická deformácia (1,5 mm; $4,53 \text{ mm.rok}^{-1}$), avšak azimut pohybu sa zmenil na 239° (smer juhozápad). Z prezentovaných etapových meraní v tab. 4.8.2 a na obr. 4.8.1 vyplýva viac-menej pravidelný cyklický pohyb v smere severovýchod – juhozápad. Výsledný pohyb za prezentované obdobie je ale veľmi malý. Na základe uvedeného je možné konštatovať, a to i napriek nameraným vektorom, že pohybová aktivita v hĺbke 1,83 m pod terénom je v posledných rokoch len zdanlivá a s najväčšou pravdepodobnosťou nesúvisí so svahovým pohybom.

Tab. 4.8.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Ďačov v rokoch 2021 a 2022.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	12. 11. 2020 – 14. 7. 2021			14. 7. 2021 – 12. 11. 2021			12. 11. 2021 – 19. 5. 2022			19. 5. 2022 – 11. 11. 2022		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
DA-1	2,47				9,71 ¹	5,80 ¹	330 ¹				10,92 ³	1,41 ³	0 ³
DA-7	1,83	2,27	1,50	55	1,51	1,50	239	3,18	2,15	37	2,13	1,08	183
DA-7	7,33	1,27	0,20	59	0,89	0,51	228	1,91	1,12	32	1,22	0,76	216
DA-9	6,37	2,63 ²	2,45 ²	200 ²	2,69	0,61	113	2,19	0,51	21	3,10	1,00	218

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. 2020 – 12. 11. 2021; ² – namerané hodnoty sú za obdobie: 15. 6. 2020 – 14. 7. 2021; ³ – namerané hodnoty sú za obdobie: 12. 11. 2021 – 11. 11. 2022.



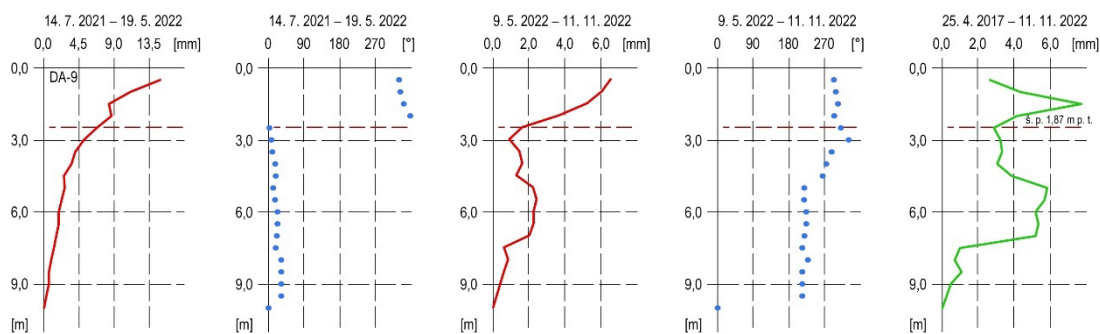
Obr. 4.8.3. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte DA-7 na lokalite Ďačov. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie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

V hlbšom horizonte v 7,33 m pod terénom bola počas jarnej etapy nameraná deformácia 0,2 mm (rýchlosť pohybu 0,3 mm.rok⁻¹) a následne pri jesennej kontrolnej etape 0,51 mm (1,54 mm.rok⁻¹). Azimuty nameraných vektorov sa podobne ako v plytšom horizonte výrazne líšili.

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 2021 bola výraznejšia deformácia nameraná v hlbšom horizonte. Počas letného merania, ktoré v tomto vrte charakterizuje pohybovú aktivitu od 15. júna 2020 do 14. júla 2021, dosiahol etapový prírastok hodnotu 2,45 mm (2,27 mm.rok⁻¹). Orientácia nameraného vektora mala juho-juhovýchodný smer. Jesenné meranie preukázalo pokles pohybovej aktivity a odklon na juhovýchod.

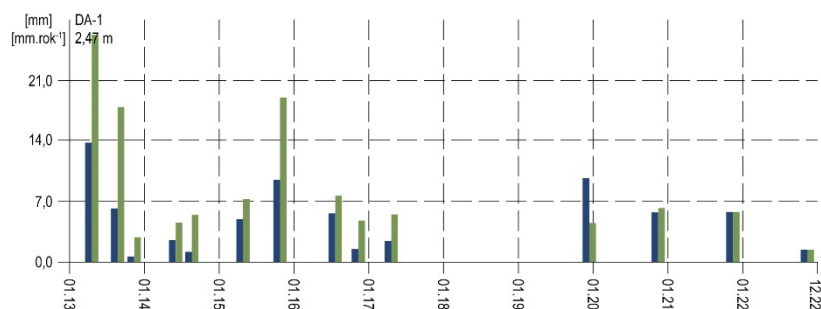
V roku 2022 boli zabezpečené 1 až 2 merania – jarná (vo vrtoch DA-7 a DA-9 – od 12. novembra 2021 do 19. mája 2022) a jesenná etapa (vo vrtoch DA-1 – od 12. novembra 2021 do 11. novembra 2022 DA-7 a DA-9 – od 19. mája 2022 do 11. novembra 2022).

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



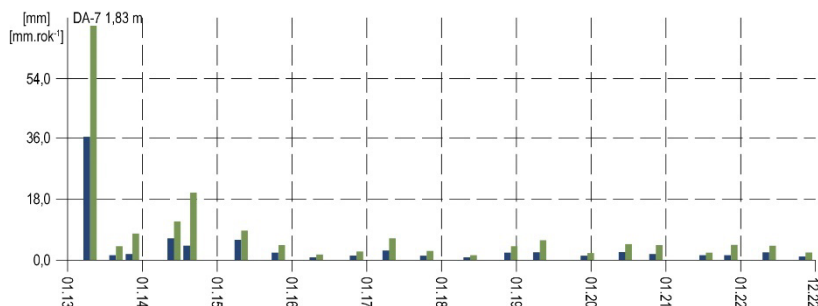
Obr. 4.8.4. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte DA-9 na lokalite Ďačov. Červená línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie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

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 2013 a o niečo nižšie v rokoch 2015 a 2019; mierne zvýšené hodnoty etapových deformácií boli namerané aj pri jesenných meraniach v rokoch 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 48,26 %. Relatívne nízka hodnota posudzovaného pomeru naznačuje, že deformácie v sledovanom horizonte nie sú priamočiare, ale naopak, v priebehu monitorovaného obdobia sa menia azimuty etapových vektorov.



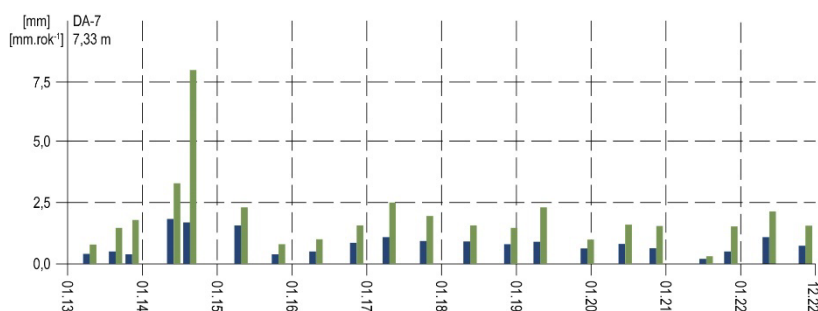
Obr. 4.8.5. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-1 v období rokov 2013 až 2022; modrá – etapové deformácie a zelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

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 2013. 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 11,52 %. Z uvedeného vyplýva, že v oblasti došlo k prirodzenej stabilizácii zosuvu, najmä v dôsledku stabilizácie priaznivých klimatických pomerov. Celkový vektor, nameraný v období aktuálnej epochy (za obdobie apríl 2017 – november 2022), dosiahol hodnotu 2,13 mm a priemerná rýchlosť deformácie dosahuje len 0,38 mm.rok⁻¹. Pokles rýchlosti deformácie na sledovanej šmykovej ploche dokumentuje i skutočnosť, že počas predchádzajúcej epochy bol nameraný výsledný vektor až 52,23 mm (9,72 mm.rok⁻¹).



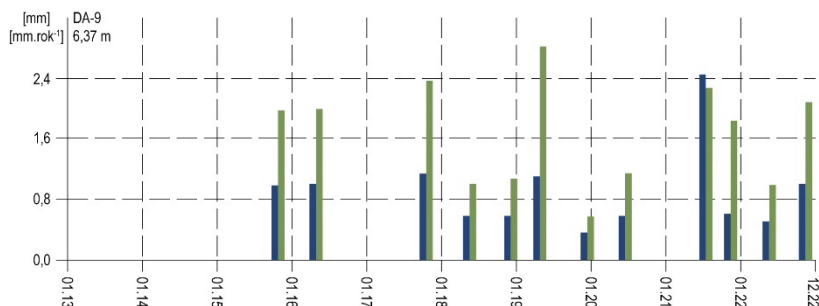
Obr. 4.8.6. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-7 v hĺbke 1,83 m pod terénom v období rokov 2013 až 2022; modrá – etapové deformácie a zelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu 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 do 1,84 mm (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 veľmi nízke (prvá epocha – 26,4 %, druhá epocha – 14,77 %).



Obr. 4.8.7. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-7 v hĺbke 7,33 m pod terénom v období rokov 2013 až 2022; modrá – etapové deformácie a zelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

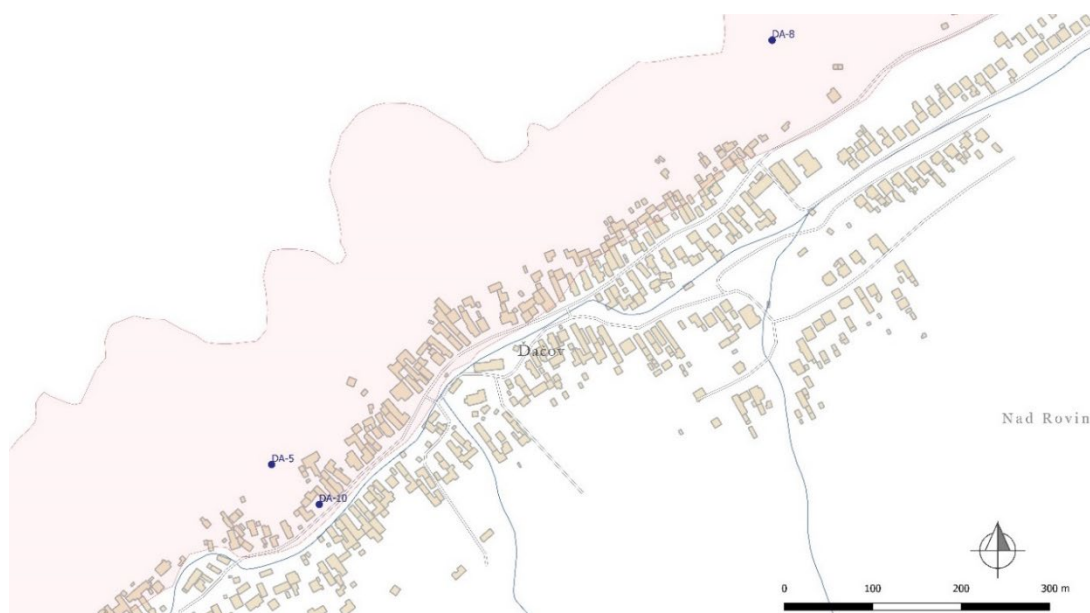
Vo vrte DA-9, na základe výsledkov dlhodobého monitoringu na úrovni predpokladanej šmykovej plochy v hĺbke 6,37 m pod terénom (obr. 4.8.8), možno konštatovať, že najväčšia etapová deformácia inklinometrickej pažnice bola nameraná v roku 2021 ($2,45 \text{ mm}$; $2,27 \text{ mm.rok}^{-1}$). Azimut výslednej deformácie, nameranej počas obdobia prvej epochy, bol orientovaný na juhovýchod. Počas druhej epochy sa smer výslednej deformácie zmenil na juhojuhozápad. 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 34,77 %. Nízka hodnota posudzovaného pomeru naznačuje, že svahový pohyb v sledovanom horizonte nie je priamočiary, ale naopak, etapové vektory často menia svoj smer. Výsledný vektor nameraný počas prvej epochy inklinometrických meraní (za obdobie apríl 2015 – apríl 2016) dosiahol hodnotu $10,85 \text{ mm}$, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie $10,8 \text{ mm.rok}^{-1}$. Počas druhej epochy (v období od apríla 2017 do novembra 2021) bol nameraný výsledný vektor $3,10 \text{ mm}$, teda vypočítaná priemerná rýchlosť deformácie dosiahla $0,31 \text{ mm.rok}^{-1}$.



Obr. 4.8.8. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-9 v hĺbke 6,37 m pod terénom v období rokov 2013 až 2022; 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 2021 a 2022 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 monitorovacích objektov hladiny podzemnej vody; mapový podklad: ZBGIS®.

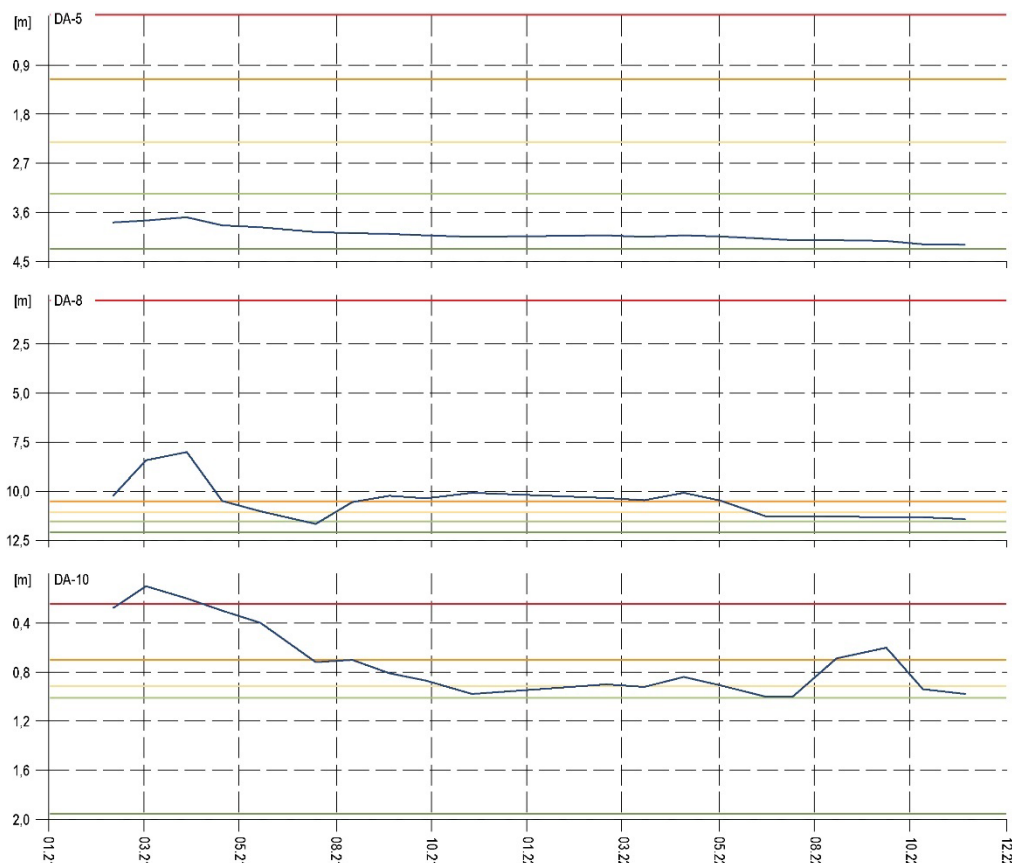
V roku 2021 bolo vo všetkých troch vrtoch zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 19. februára do 19. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte DA-10 (0,10 m pod terénom – 429,96 m n. m.), a to dňa 16. marca (najvyššia za celé obdobie monitorovania). Následne, počas nasledujúceho kontrolného merania, boli pozorované aj maximálne stavy hladiny vo vrtoch DA-5 (3,69 m pod terénom) a DA-8 (8,00 m pod terénom).

Naopak, najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte DA-8 (11,66 m pod terénom – 23. júl). V ostatných vrtoch boli minimálne hladiny podzemnej vody namerané počas posledného kontrolného merania (4,05 m pod terénom vo vrte DA-5 a 0,98 m pod terénom vo vrte DA-10).

Tab. 4.8.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2021.

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	0,10	429,96	16. 3. 2021	0,98	429,08	19. 11. 2021	0,54	429,52	0,88
DA-5	10	3,69	438,42	16. 4. 2021	4,05	438,06	19. 11. 2021	3,89	438,06	0,36
DA-8	10	8,00	428,81	16. 4. 2021	11,66	425,15	23. 7. 2021	10,10	426,71	3,66

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla v roku 2021 hodnotu 4,85 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup o 0,35 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v intervale od 0,54 (DA-10) do 11,10 m pod terénom (vrt DA-8).



Obr. 4.8.10. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Ďačov, nameranej v rokoch 2021 a 2022 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.

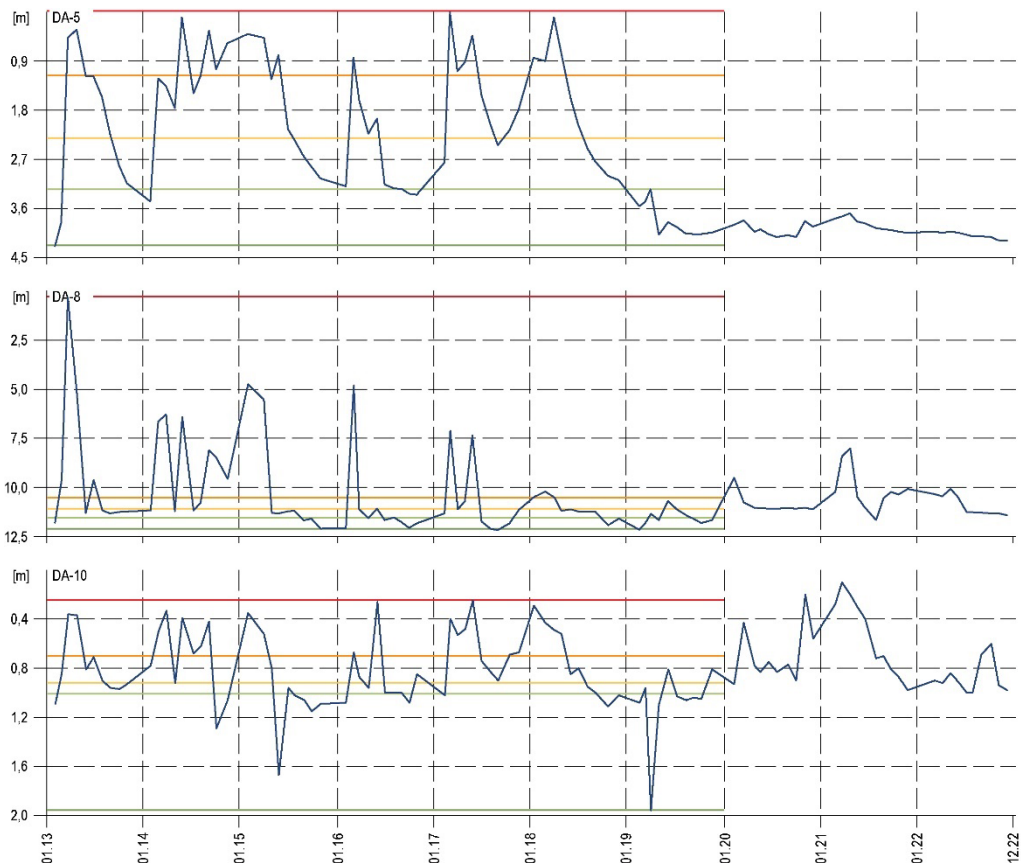
Tab. 4.8.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2022.

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

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).

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 neprekročilo 0,40 m.



Obr. 4.8.11. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Ďačov v rokoch 2013 až 2022 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, bledo zelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Z dlhodobého hľadiska je možné konštatovať, že najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo namerané v roku 2013. Počas tohto roku, v zimných a jarných mesiacoch, došlo k jej pomerne výraznému vzostupu, a to vo všetkých vrtoch. Vo vrte DA-8, v ktorom je sledovaná podzemná voda s hlbším obehom, bola hladina nameraná v blízkosti terénu (0,35 m pod povrchom; 22. marec). Nameraná hodnota predstavuje maximálnu hladinu podzemnej vody v danom vrte za celé obdobie monitorovania. Vo vrte DA-5 bol najvyšší stav nameraný v roku 2017 – kedy sa hladina podzemnej vody dostala až na úroveň terénu (1. marec). A vo vrte DA-10 bola najvyššia úroveň hladiny podzemnej vody nameraná v roku 2021 (0,10 m pod terénom).

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 2021 predstavuje 624,74 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 770,6 mm (rok 2020); priemerný mesačný úhrn 53,6 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 2022 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 489,1 mm, čo zodpovedá 76,1 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas septembra (104,3 mm) a najvyšší denný úhrn 21. augusta (42,5 mm). Najsuchším mesiacom bol máj s 7,1 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 23. júla do 22. augusta (122,4 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 7. mája do 6. júna) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 0,1 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2021 trvalo 9 dní (od 25. septembra do 3. októbra) s úhrnom 64,9 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 vrtov. Týmto krokom malo dôjsť k optimalizácii inklinometrických meraní; nespoľahlivé vrty, ktoré nepodávali jednoznačné výsledky, boli z monitorovacích meraní vylúčené.

V roku 2022 boli merania zabezpečené vo vrtoch DA-1, DA-7 a DA-9. Mierne zvýšená pohybová aktivita bola zaznamenaná vo vrte DA-7 s hodnotou etapovej deformácie 2,15 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,18 mm.rok⁻¹ (nameraná deformácia bola v hĺbke 1,83 m pod terénom).

Aj napriek optimalizácii v množine inklinometrických vrtov, pri posudzovaní pohybovej aktivity v oblasti vrtu DA-1 vládne vážna neistota, ktorá súvisí s orientáciou etapových vektorov. V roku 2022, podobne ako po minulé roky, došlo medzi etapami opätovne k zásadným zmenám v orientácii vektorov. Zmeny orientácie sú blízke hodnote 180°.

Meraním vo vrte DA-9, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, bol počas oboch kontrolných etáp pozorovaný pokles pohybovej aktivity. Priebeh deformácie vo vrte, ako aj azimuty nameraných vektorov poukazujú na aktivizáciu pohybu na hlbšej šmykovej ploche.

Monitorované piezometrické vrty zachytávajú hladinu podzemnej vody vo viacerých hĺbkových úrovniach. V roku 2022 vystúpila hladina najvyššie vo vrte DA-10 do blízkosti úrovne terénu (0,6 m pod terénom). Naopak, najhlbšie pod terén hladina podzemnej vody klesla vo vrte DA-8 (11,41 m pod terénom). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2022, v porovnaní s rokom 2021, klesla o 0,45 m.

V roku 2023 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 2021 a 2022

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2021 a 2022, sú zhrnuté v tab. 4.9.1.

Tab. 4.9.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2021 a 2022.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2022
Inklinometrické	1	BIJ-1	2 (15. jún, 26. november)	2 (13. júl, 14. november)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	BHJ-1, BHJ-3	10 (19. február, 16. marec, 16. apríl, 13. máj, 11. jún, 23. júl, 20. august, 17. september, 15. október, 19. november)	10 (1. marec, 30. marec, 29. apríl, 27. máj, 30. jún, 21. júl, 23. august, 30. september, 28. október, 29. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	HV-1, HV-2, HV-3, HV-4	10 (19. február, 16. marec, 16. apríl, 13. máj, 11. jún, 23. júl, 20. august, 17. september, 15. október, 19. november)	10 (1. marec, 30. marec, 29. apríl, 27. máj, 30. jún, 21. júl, 23. august, 30. september, 28. október, 29. november)
Merania zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Bardejov (indikatív 49120)	Denné úhrny zrážok	

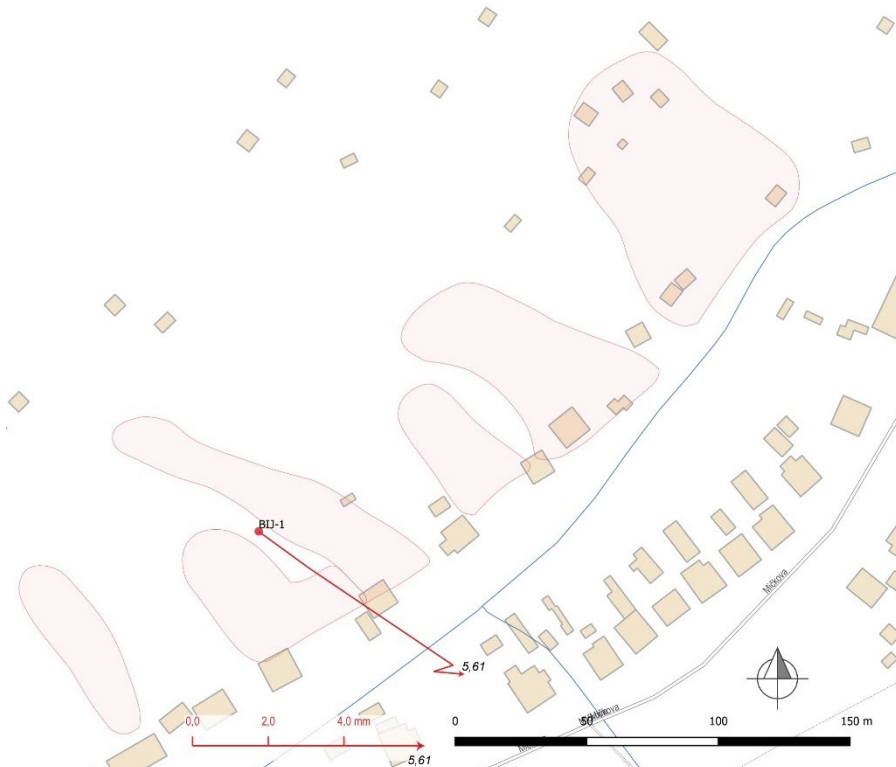
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

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 polovici novembra 2022.

V roku 2021 bolo vďaka kontrolným meraniam metódou presnej inklinometrie možné pozorovať akceleráciu svahového pohybu na šmykovej ploche v hĺbke 5,61 m pod terénom. Počas letnej etapy, ktorá zachytáva pohybovú aktivitu v období od 26. novembra 2020 do 14. júla 2021, bola na šmykovej ploche nameraná deformácia 1,65 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 2,62 mm.rok⁻¹. Azimut nameranej deformácie mal hodnotu 126°, teda pohyb zosuvného telesa sleduje orientáciu spádnicie svahu. Následné jesenné meranie len

potvrdilo nepriaznivý stabilný stav v oblasti monitorovacieho objektu. Nameraná hodnota deformácie dosiahla 4,59 mm, čo po prepočítaní na priemernú rýchlosť predstavuje až 14,95 mm.rok⁻¹. Nameraná rýchlosť v oblasti aktívnej šmykovej plochy je najvyššia za celé obdobie monitorovania. Podobne, i počas tejto etapy nameraný vektor vykazoval juhovýchodný smer, pričom hodnota azimutu bola prakticky totožná s júlovým meraním.



Obr. 4.9.1. Lokalita Bardejovská Zábava – vektory deformácií namerané v rokoch 2021 a 2022 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.9.2; hĺbka zaznamenananej 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 2021 a 2022.

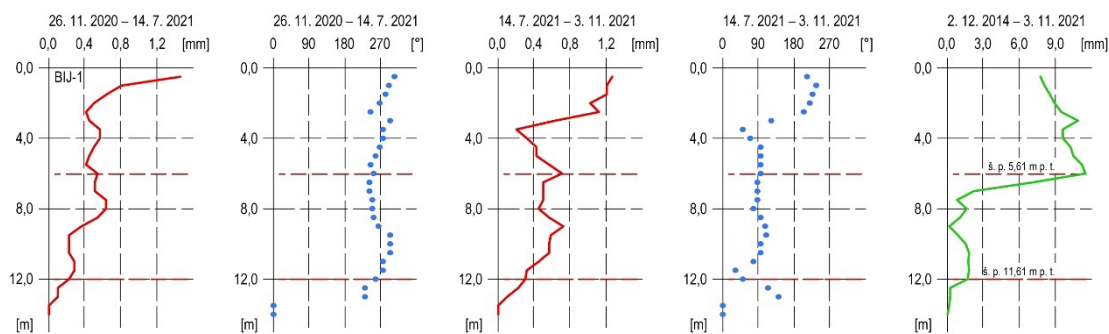
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	26. 11. 2020 – 14. 7. 2021			14. 7. 2021 – 3. 11. 2021			3. 11. 2021 – 13. 7. 2022			13. 7. 2022 – 14. 11. 2022		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
BIJ-1	2,11	5,69	1,51	148	10,00	4,32	127	9,80	0,41	244	10,10	1,12	203
BIJ-1	5,61	7,37	1,65	126	11,95	4,59	124	11,61	0,54	252	12,24	0,71	95
BIJ-1	11,61	1,63	0,22	257	1,65	0,10	50	1,71	0,22	257	1,77	0,30	50

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

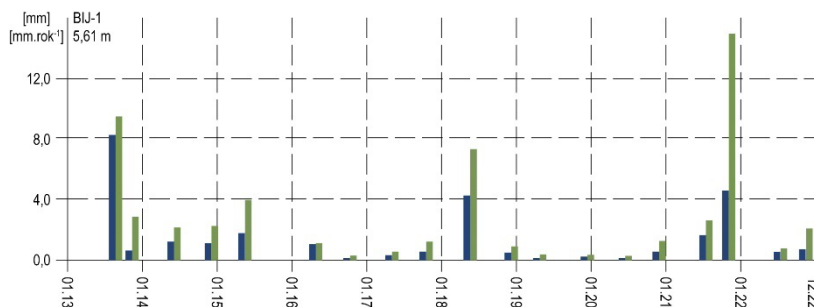
V sledovanej hĺbke 2,11 m pod terénom boli zaznamenané podobné prejavy deformácií ako na úrovni aktívnej šmykovej plochy (tab. 4.9.2). Na potenciálnej šmykovej ploche v hĺbke 11,61 m pod terénom boli počas jednotlivých kontrolných etáp namerané prírastky deformácie do 0,22 mm.

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 stabilne 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 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 mm.rok⁻¹). Počas júlovej kontrolnej etapy nepresiahli namerané vektory 0,54 mm (0,78 mm.rok⁻¹). Na potenciálnej šmykovej ploche v hĺbke 11,61 m pod terénom dosiahla maximálna deformácia hodnotu 0,22 mm.



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.



Obr. 4.9.3. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Bardejovská Zábava vo vrte BIJ-1 v období rokov 2013 až 2022; modrá – etapové deformácie a zelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

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 roku 2013 (8,25 mm; 9,47 mm.rok⁻¹); relatívne vysoká hodnota etapovej deformácie bola nameraná i v roku 2021 a tiež aj v roku 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 – 71,22 %). 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 – november 2022) dosiahol 12,24 mm, čo znamená, že aktuálne dosahuje priemerná rýchlosť deformácie zosuvného telesa hodnotu 1,54 mm.rok⁻¹.

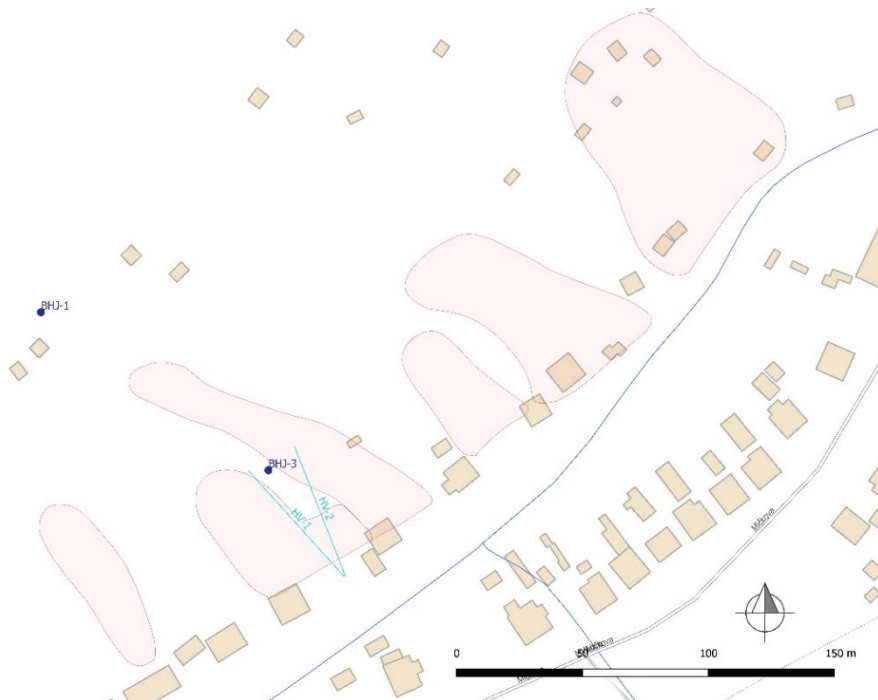
b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

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 2021 a 2022, 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 2021

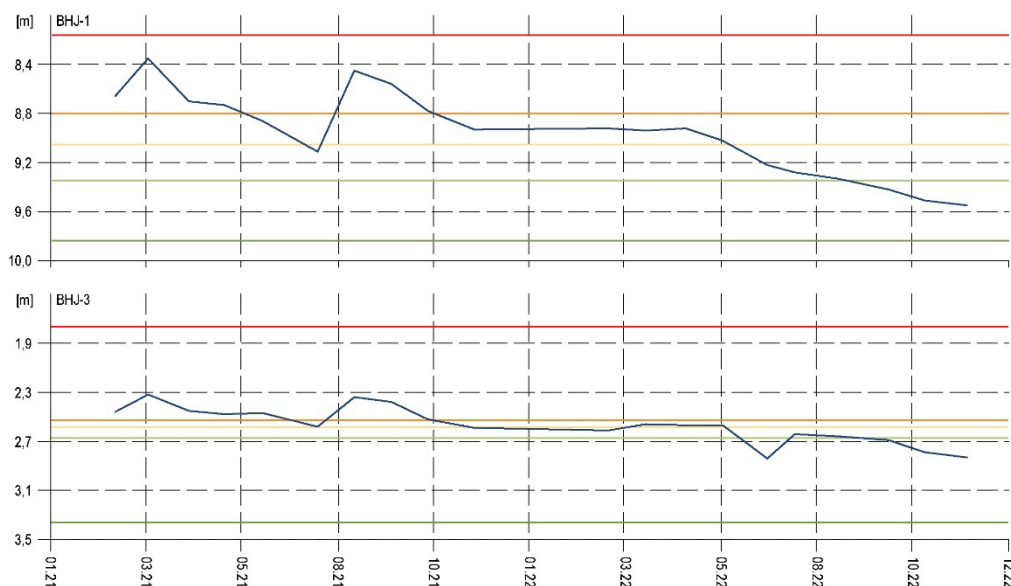
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
BHJ-1	10	8,35	345,41	16. 3. 2021	9,11	344,65	23. 7. 2021	8,71	345,05	0,76
BHJ-3	10	2,32	301,27	16. 3. 2021	2,59	301,00	19. 11. 2021	2,46	301,13	0,27



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 vrtov); ohraňenie zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2021 bolo v oboch vrtoch zabezpečených 10 meraní. Režimové pozorovania boli vykonávané od 19. februára do 19. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-3 dosiahla úroveň 2,32 m pod terénom (301,27 m n. m.). V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo v prípade max. hladiny podzemnej vody k vzostupu o 0,16 m. Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 16. marca. Vo vrte BHJ-1, v ktorom je sledovaný hlbší horizont hladiny podzemnej vody, bol maximálny stav zaznamenaný taktiež v čase marcového kontrolného merania, a to na úrovni 8,35 m pod terénom. V porovnaní s predchádzajúcim rokom maximálna hladina podzemnej vody stúpila až o 0,55 m.

Najhlbšie klesla hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-1, jej minimálna hĺbka sa nachádzala na úrovni 9,11 m pod terénom (23. júla). Minimálna hladina vo vrte BHJ-3 bola nameraná počas posledného kontrolného merania v hĺbke 2,59 m po terénom. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2021 dosiahla hĺbku 5,59 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,34 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,46 (vrt BHJ-3) do 8,71 m pod terénom (vrt BHJ-1). V obidvoch vrtoch bolo pozorované relatívne malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,76 m vo vrte BHJ-1 a 0,27 m vo vrte BHJ-3).



Obr. 4.9.5. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Bardejovská Zábava, nameranej v rokoch 2021 a 2022 vo vrtoch: BHI-1 a BHI-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.

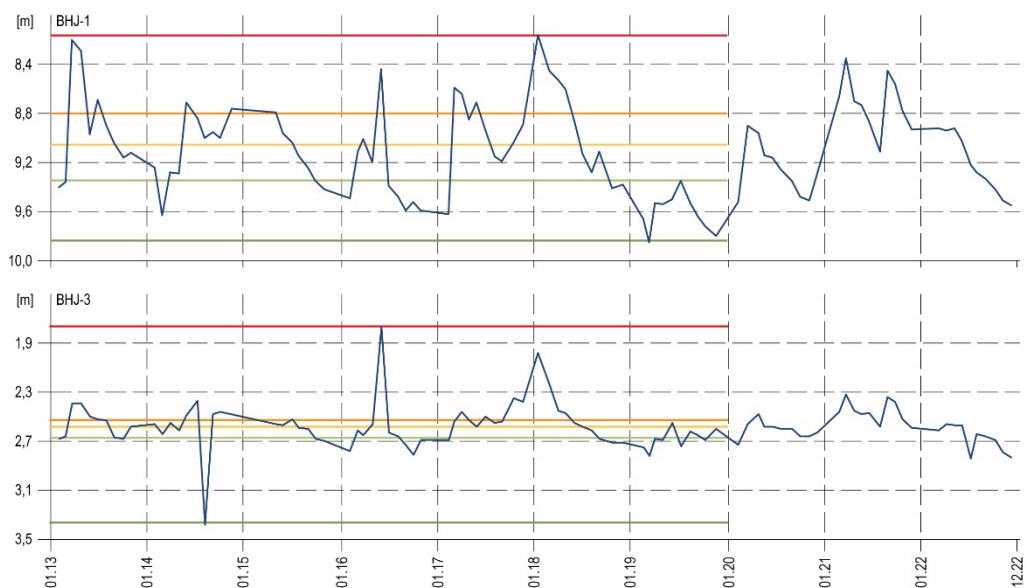
V roku 2022 sa pokračovalo v meraniach v dvoch piezometrických vrtoch, pričom bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa vykonávali od 1. marca do 29. novembra. Najvyššia hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte BHI-3 (2,56 m pod terénom; 301,03 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej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

Najhlbšie klesla hladina podzemnej vody vo vrte BHI-1, jej minimálna hĺbka sa nachádzala na úrovni 9,55 m pod terénom (29. novembra); minimálna hladina vo vrte BHI-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. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,68 (vrt BHI-3) do 9,21 m pod terénom (vrt BHI-1). V oboch vrtoch bolo pozorované relatívne malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,63 m vo vrte BHI-1 a 0,28 m vo vrte BHI-3).

Tab. 4.9.4. 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.]	
BHI-1	10	8,92	344,84	1. 3. 2022	9,55	344,21	29. 11. 2022	9,21	344,55	0,63
BHI-3	10	2,56	301,03	30. 3. 2022	2,84	300,75	30. 6. 2022	2,68	300,91	0,28

Pri hodnotení údajov z dlhšieho časového obdobia režimových pozorovaní (2013 až 2022 – obr. 4.9.6) možno konštatovať, že hladina podzemnej vody na zrážkové úhrny reaguje minimálne. Výraznejšie vzostupy hladiny podzemnej vody boli pozorované v rokoch 2013, 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.



Obr. 4.9.6. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Bardejovská Zábava, nameranej v rokoch 2013 až 2022 vo vrtoch: BHI-1 a BHI-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.

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 2021

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	0,20	17. 9. 2021	0,00	19. 2. 2021	0,03	0,20
HV-2	10	1,20	16. 3. 2021	0,20	20. 8. 2021	0,74	1,00
HV-3	10	0,01	16. 3. 2021	0,00	19. 2. 2021	0,00	0,01
HV-4	10	0,20	16. 3. 2021	0,01	19. 2. 2021	0,06	0,19

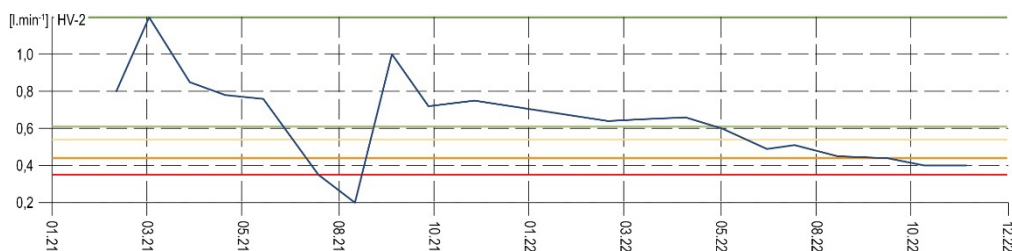
Počas roka 2021 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, ktoré boli realizované v období od 19. februára do 19. novembra. V porovnaní s predchádzajúcim rokom sa situácia čiastočne zlepšila. V roku 2021 bol nameraný prietok vody minimálne počas jedného kontrolného merania. Najvyššia výdatnosť bola nameraná, podobne ako po minulé roky, vo vrte HV-2, a to 1,20 l.min⁻¹. Vo vrtoch HV-1 a HV-4 boli maximálne prietoky na úrovni 0,20 l.min⁻¹. Maximálne prietoky sa vyskytovali v marci a len ojedinele v septembri. Minimálna hodnota výdatnosti vo vrte HV-2 bola nameraná v druhej polovici augusta s hodnotou 0,2 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 0,74 l.min⁻¹, čo je o 0,26 l.min⁻¹ viac ako v predchádzajúcom roku. Celková sumárna priemerná výdatnosť v roku 2021 predstavovala hodnotu 0,83 l.min⁻¹. Priebiehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacieho zariadenia HV-2 v rokoch 2021 a 2022 sú znázornené na obr. 4.9.7.

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.

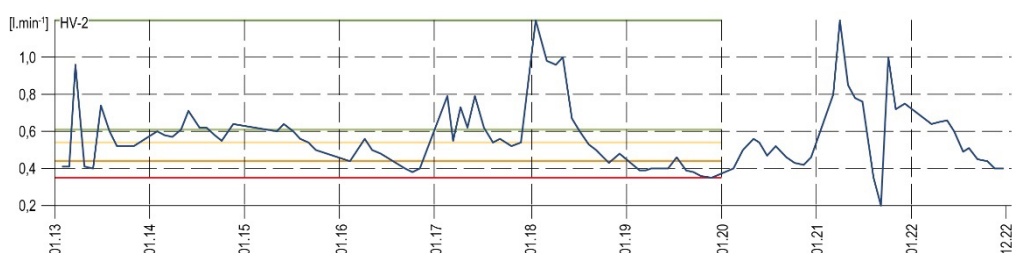
Priemerná výdatnosť v tomto vrte dosiahla $0,52 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, čo v porovnaní s rokom 2021 je v danom vrte pokles o $0,22 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. Pri porovnaní sumárnej priemernej hodnoty z predchádzajúcim rokom došlo k poklesu o $0,31 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$.

Tab. 4.9.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2022

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$]	Max. kolísanie výdat. [$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$]
		[$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$]	dátum	[$\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$]	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					



Obr. 4.9.7. Vývoj výdatnosti na vybranom odvodňovacom vrte HV-2 na zosuvnej lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2021 a 2022, 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.



Obr. 4.9.8. Vývoj výdatnosti na vybranom odvodňovacom vrte HV-2 na zosuvnej lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2013 až 2022, 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.

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 zaznamenané kvapkanie. Jediné zariadenie, ktoré dlhodobo účinne odvádza podzemnú vodu, je spomenutý vrt HV-2. V tomto vrte prevládajú prietoky v intervale $0,40$ až $0,60 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$.

Z hodnotenia dlhodobých výsledkov merania výdatností na lokalite Bardejovská Zábava, ktoré sú prezentované na obr. 4.9.8, vyplýva, že zvýšené prietoky boli namerané v druhej polovici marca 2013, ale hlavne v rokoch 2018 a v roku 2021. Počas marcového merania v roku 2013 spoločná výdatnosť vo vrtoch HV-2, HV-3 a HV-4 dosiahla $2,06 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, v marci 2017 to bolo až $3,31 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, v januári 2018 $1,45 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ a v marci 2021 dosiahla $1,41 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$.

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 2021 predstavuje $664,70 \text{ mm}$ a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol $798,0 \text{ mm}$ (rok 2017); priemerný mesačný úhrn $55,4 \text{ mm}$

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 2022 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 454,3 mm, čo zodpovedá 68,35 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas septembra (103,9 mm) a najvyšší denný úhrn 5. júla (31,9 mm). Najsuchším mesiacom bol máj s 13,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 3. septembra do 3. októbra (114,7 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 7. mája do 6. júna), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 2,9 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2022 trvalo 9 dní (od 25. septembra do 3. októbra) s úhrnom 54,5 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V katastri obce Bardejovská Zábava boli v zosuvnom území v roku 2022 zabezpečené inklinometrické merania (v jednom vrte) a zároveň bol sledovaný režim hĺbky hladiny podzemnej vody v piezometrických vrtoch a výdatnosť 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 počas novembrového merania zaznamenaný vektor 1,12 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,29 mm.rok⁻¹). Prevládali však vektory do 0,71 mm (2,08 mm.rok⁻¹). Azimuty nameraných vektorov sa nachádzali v intervale od severovýchodu – 50° až po juhozápad – 257°. V hĺbke 5,61 m pod terénom, na najaktívnejšej šmykovej ploche, mal nameraný vektor v čase jarnej etapy juhozápadný azimut, avšak počas novembrového kontrolného merania sa orientácia deformácie zmenila na východ.

Hladiny podzemnej vody v porovnaní s predchádzajúcim rokom klesli. Z prezentovaného priebehu hladiny podzemnej vody na obr. 4.9.5 vyplýva, že podzemná voda mala prevažne zostupný charakter. Maximálne hladiny boli dosiahnuté na konci zimného, resp. začiatku jarného obdobia. Zostup hladiny podzemnej vody zároveň dokumentuje i medziročný pokles priemernej hodnoty o 0,36 m. Kolísanie hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch bolo nevýrazné (do 0,36 mm).

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 2022 pohybovali v rozsahu od 0,40 do 0,66 l.min⁻¹. Priemerná výdatnosť na tomto odvodňovacom zariadení v období monitorovania dosahuje 0,52 l.min⁻¹. Vrty HV-1, HV-3 a VH-4 boli počas jednotlivých kontrolných meraní suché, resp. vo vrte HV-4 bolo zaznamenané kvapkanie. Na uvedených vrtoch sa podobná situácia opakuje už dlhšie obdobie a ich dlhodobá priemerná hodnota je blízka nule.

V roku 2023 plánujeme kontrolným inklinometrickým meraním overiť stabilitu zosuvného územia a zabezpečiť režimové pozorovania v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2022.

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 2021 a 2022

V rokoch 2021 a 2022 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 2021 a 2022.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2022
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	Č-1 a Č-3	10 (19. február, 16. marec, 16. apríl, 13. máj, 11. jún, 23. júl, 20. august, 17. september, 15. október, 19. november)	10 (1. marec, 30. marec, 29. apríl, 27. máj, 30. jún, 21. júl, 23. august, 30. september, 28. október, 29. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	3	Spoločná výdatnosť troch odvodňovacích vrtov (VV-1, VV-2, VV-3)	10 (19. február, 16. marec, 16. apríl, 13. máj, 11. jún, 23. júl, 20. august, 17. september, 15. október, 19. november)	10 (1. marec, 30. marec, 29. apríl, 27. máj, 30. jún, 21. júl, 23. august, 30. september, 28. október, 29. november)
Merania zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Lipany (59100); Malcov (49040)	Denné úhrny zrážok	

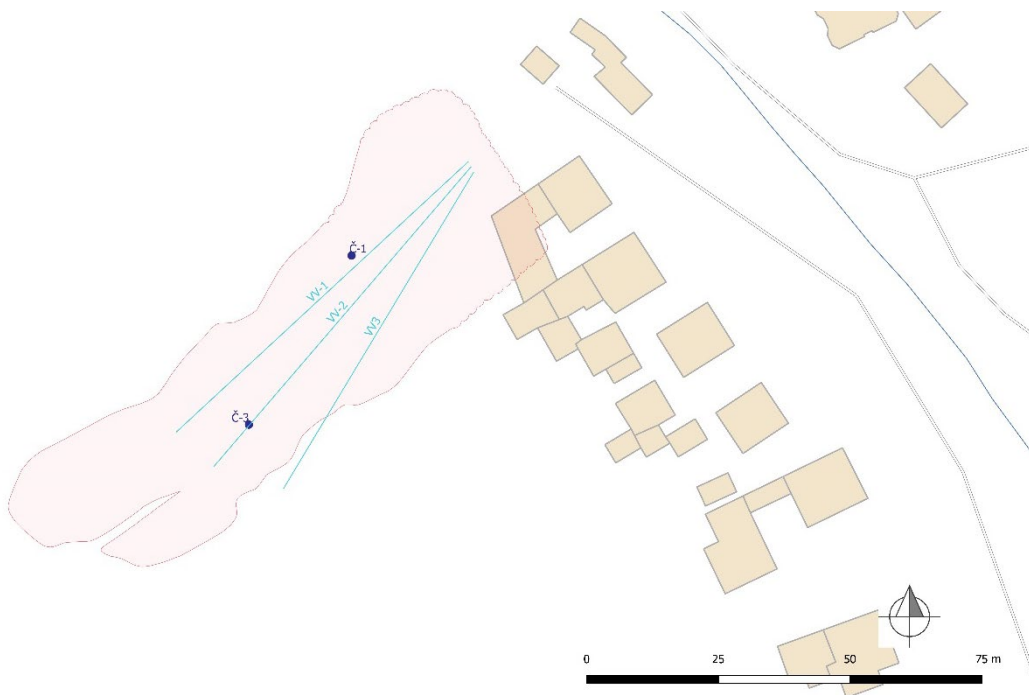
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

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 2021 a 2022 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi sú na obr. 4.10.2 a jej dlhodobé zmeny sú na obr. 4.10.3.

V roku 2021 bolo v oboch vrtoch zabezpečených rovnako 10 kontrolných meraní. Režimové pozorovania boli zabezpečované od 19. februára do 19. novembra. V plytšom horizonte, vo vrte Č-1, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody nameraný v hĺbke 4,36 m pod terénom (494,92 m n. m.), teda o 0,18 m hlbšie ako v predchádzajúcom roku. Vo vrte Č-3 bol maximálny stav hladiny podzemnej vody zaznamenaný v hĺbke 8,94 m pod terénom (495,77 m n. m.), čo znamená, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom stúpila zaznamenaná maximálna hladina podzemnej vody o 0,15 m. V oboch prípadoch boli maximálne hodnoty

namerané po nevýraznom kolísaní 20. augusta. Počas nasledujúcich meraní bol v oboch vrtoch pozorovaný zostup hladiny podzemnej vody. Najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala na konci monitorovaného obdobia, 19. novembra. Vo vrte Č-3 hladina podzemnej vody klesla na úroveň 9,8 m pod terénom a vo vrte Č-1 na 4,64 m pod terénom. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2021 hĺbku 6,86 m pod terénom, čo je oproti roku 2020 nenápadné zvýšenie (o 0,13 m). Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,48 (vrt Č-1) do 9,26 m pod terénom (vrt Č-3). V oboch vrtoch bolo pozorované relatívne malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,86 m vo vrte Č-3 a len 0,26 m vo vrte Č-1). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2021 s údajmi z predchádzajúceho obdobia (od 2013 do 2019) vyplýva, že nedošlo k prekročeniu dlhodobých maximálnych alebo minimálnych hladín.



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 2021.

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	4,36	494,92	20. 8. 2021	4,64	494,64	19. 11. 2021	4,48	494,80	0,28
Č-3	10	8,94	495,77	20. 8. 2021	9,80	494,91	19. 11. 2021	9,26	495,45	0,86

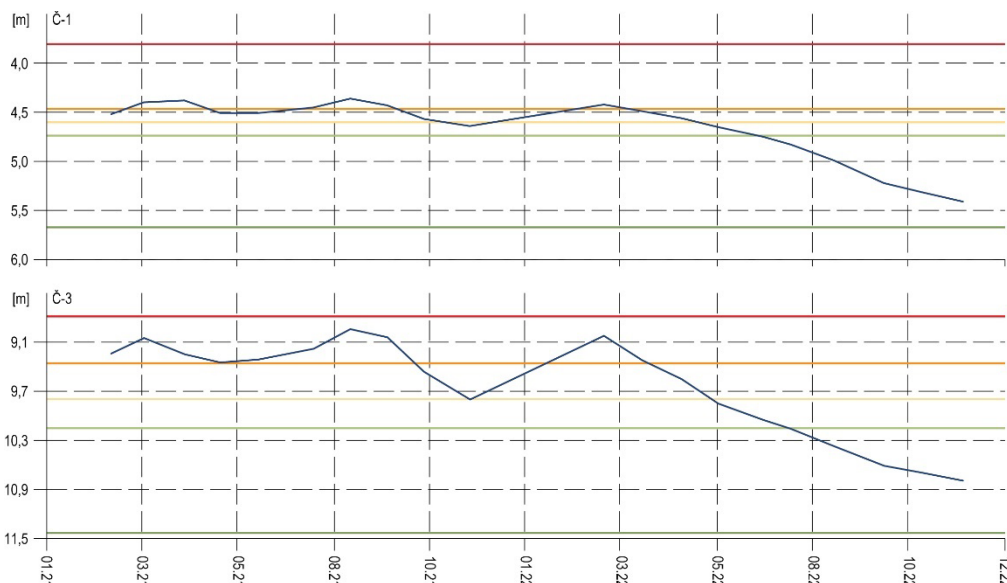
V roku 2022 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a celkovo bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Režimové pozorovania boli zabezpečované od 1. marca do 29. novembra. V plytšom horizonte, vo vrte Č-1, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody nameraný v hĺbke 4,49 m pod terénom (494,79 m n. m.) v termíne 30. marca. V rovnakom termíne bol 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).

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

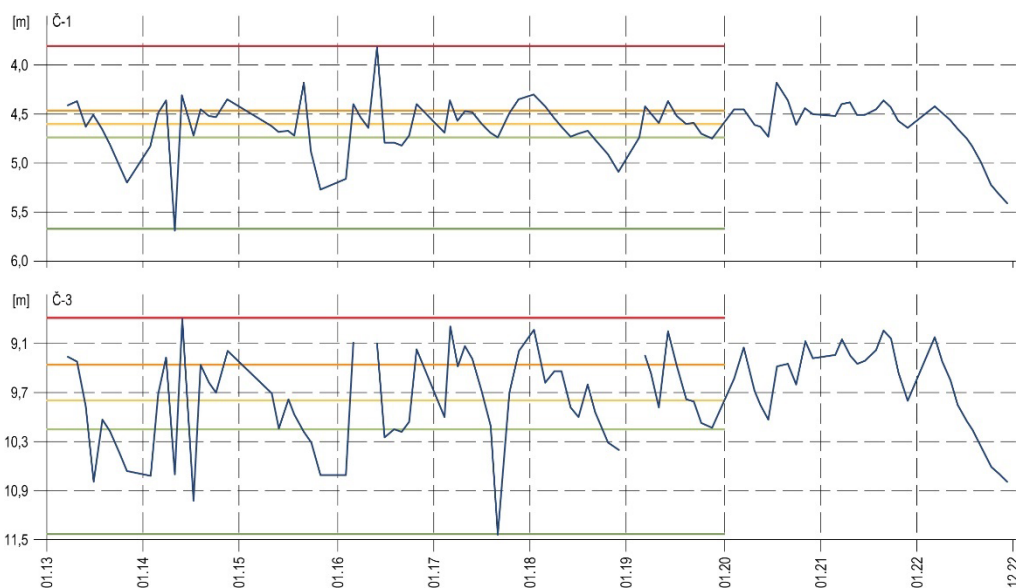
v rozsahu od 4,86 (vrt Č-1) do 10,04 m pod terénom (vrt Č-3). V oboch vrtoch bolo pozorované malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,99 m vo vrte Č-1 a 1,02 m vo vrte Č-3). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2022 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2013 do 2019) vyplýva, že nedošlo k prekročeniu dlhodobých maximálnych alebo minimálnych hladín (obr. 4.10.2).

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



Obr. 4.10.2. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Čirč, nameranej v rokoch 2021 a 2022 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.



Obr. 4.10.3. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Čirč, nameranej v rokoch 2013 až 2022 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.

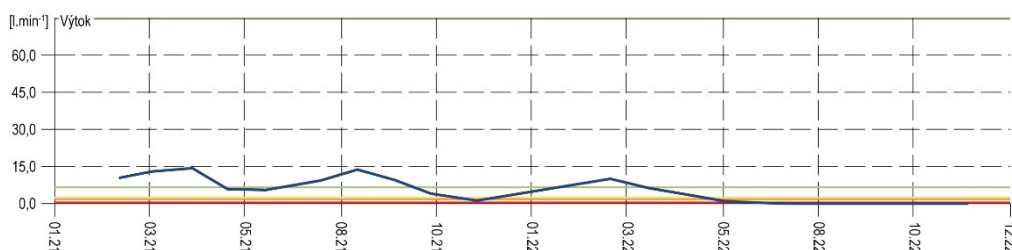
Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (2013 až 2022 – obr. 4.10.3), vzhľadom na skutočnosť, že frekvencia meraní je nízka, len 10 meraní za rok, je problematické vyhodnotiť zaznamenaný priebeh hladiny podzemnej vody. V oboch prípadoch hladiny vody vo vrtoch kolíšu pomerne výrazne, pričom nie je možné 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 hladinomera s pravidelným hodinovým záznamom.

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).

Tab. 4.10.4. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2021.

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	14,37	16. 4. 2021	1,26	19. 11. 2021	8,71	13,11



Obr. 4.10.4. Vývoj výdatnosti na spoločnom výtokovom objekte (označenom ako „výtok“) na zosuvnej lokalite Čirč v rokoch 2021 a 2022, 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.

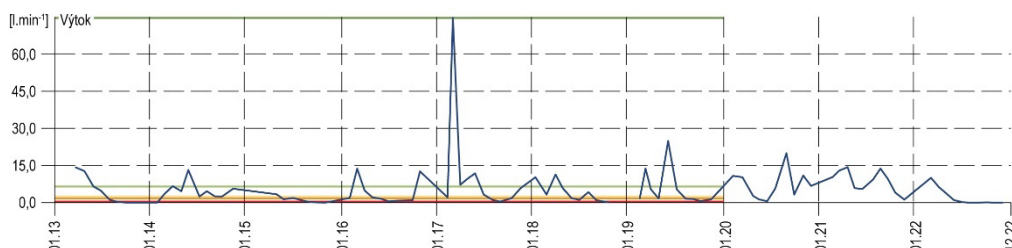
V roku 2021 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 19. februára do 19. novembra. Najvyššia výdatnosť (14,37 l.min⁻¹) bola nameraná 16. apríla, pravdepodobne ako reakcia na výdatnejšie zrážky z predchádzajúceho obdobia (30-denný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Lipany dosiahol 59,6 mm; posledné zrážkové udalosti boli zaznamenané 12. až 14. apríla so sumárnou hodnotou 32,1 mm). Podobne, zvýšená výdatnosť bola nameraná aj 20. augusta – 13,80 l.min⁻¹. Najnižšia výdatnosť, ktorá bola zaznamenaná v novembri, sa nachádzala na úrovni 1,26 l.min⁻¹. Celkové kolísanie výdatnosti tak dosiahlo hodnotu 13,11 l.min⁻¹. Priemerná hodnota výdatnosti za rok 2021 je 8,71 l.min⁻¹, čo je o 1,48 l.min⁻¹ viac ako v predchádzajúcom roku.

Tab. 4.10.5. 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

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.



Obr. 4.10.5 Vývoj výdatnosti na spoločnom výtokovom objekte (označenom ako Výtok) na zosuvnej lokalite Čirč v rokoch 2013 až 2022, 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 0,7 až 2,1 l.min⁻¹. Pomerne vysoké zastúpenie majú aj najnižšie výdatnosti (do 0,7 l.min⁻¹). Zároveň sa pravidelne vyskytujú udalosti, kedy odvodňovacie zariadenie nárazovo odvádza prietok viac ako 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 2021, dosiahol 716,05 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 889,90 mm (rok 2021); priemerný mesačný úhrn 59,7 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 2022 bol nameraný zrážkový úhrn 430,3 mm, čo zodpovedá len 60,09 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas septembra (88,9 mm) a najvyšší denný úhrn 22. augusta (26,7 mm). Najsuchším mesiacom bol máj s 13,2 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 3. septembra do 3. októbra (101,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 7. mája do 6. júna), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 2,9 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2022 trvalo 10 dní (od 25. januára do 3. februára) s úhrnom 24,6 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 2022, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, došlo k zostupu priemernej úrovne hladiny podzemnej vody, a to o 0,58 m. Ešte výraznejší pokles bol zaznamenaný kontrolnými meraniami v prípade výdatností výtokového objektu, odvádzajúceho vodu z hĺbkového odvodnenia. Z porovnania výsledkov posledných dvoch rokov vyplýva, že v roku 2022 došlo k medziročnému poklesu sumárnej priemernej hodnoty až o $5,18 \text{ l.min}^{-1}$.

Predpokladáme, že na poklese hladín podzemnej vody, ale najmä výdatnosti odvodňovacích zariadení sa prejavil zrážkový deficit (na stanici SHMÚ Lipany bol totiž nameraný zrážkový úhrn len 430,3 mm, čo predstavuje 60,09 % 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 2023 plánujeme na zosuvnej lokalite pokračovať v monitorovacích meraniach v nezmenenom rozsahu a frekvencii ako v predchádzajúcom roku 2022.

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 najväznejší 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 2021 a 2022

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2021 a 2022, sú zhrnuté v tab. 4.11.1.

Tab. 4.11.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2021 a 2022.

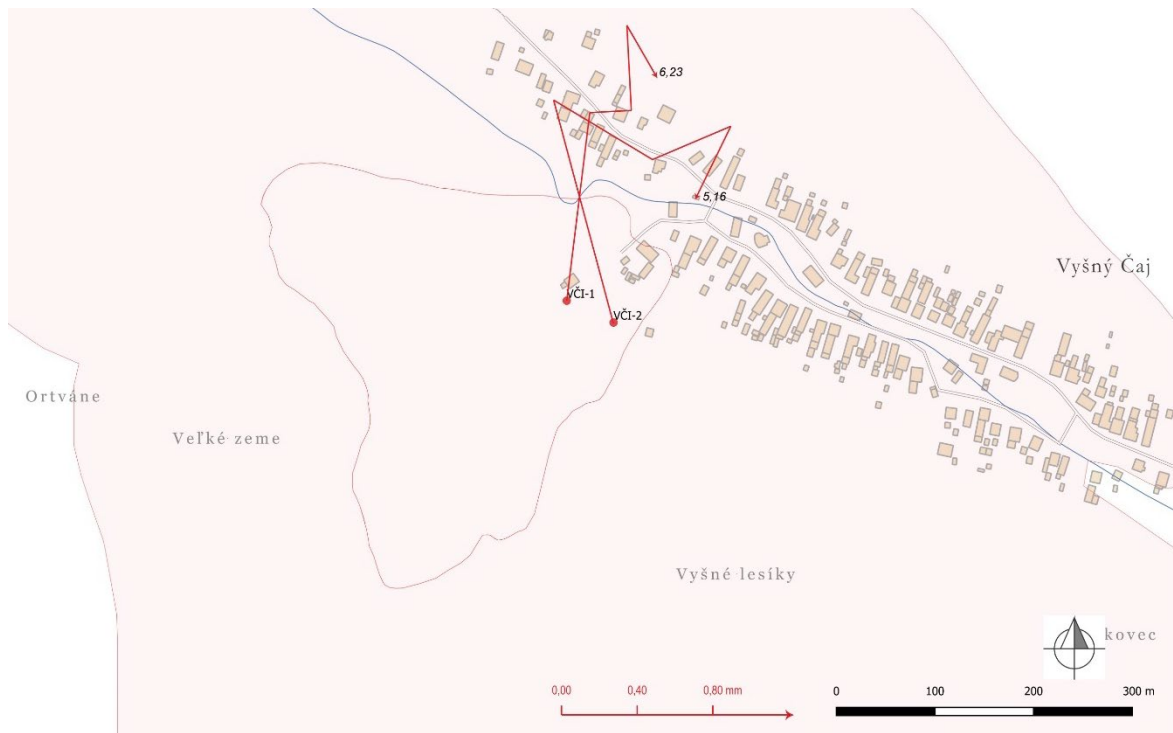
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2022
Inklinometrické	2	VČI-1, VČI-2	2 20. jún, 30. november)	2 11. máj, 11. november)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	VČHG-2, VČHG-3	10 (15. február, 15. marec, 15. apríl, 11. máj, 15. jún, 22. júl, 19. august, 16. september, 14. október, 23. november)	10 (28. február, 29. marec, 28. apríl, 31. máj, 27. jún, 19. júl, 22. august, 29. september, 27. október, 28. november,)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	2	VČSHV-1, VČSHV-2	10 (15. február, 15. marec, 15. apríl, 11. máj, 15. jún, 22. júl, 19. august, 16. september, 14. október, 23. november)	10 (28. február, 29. marec, 28. apríl, 31. máj, 27. jún, 19. júl, 22. august, 29. september, 27. október, 28. november,)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Vyšný Čaj (indikatív 60100)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

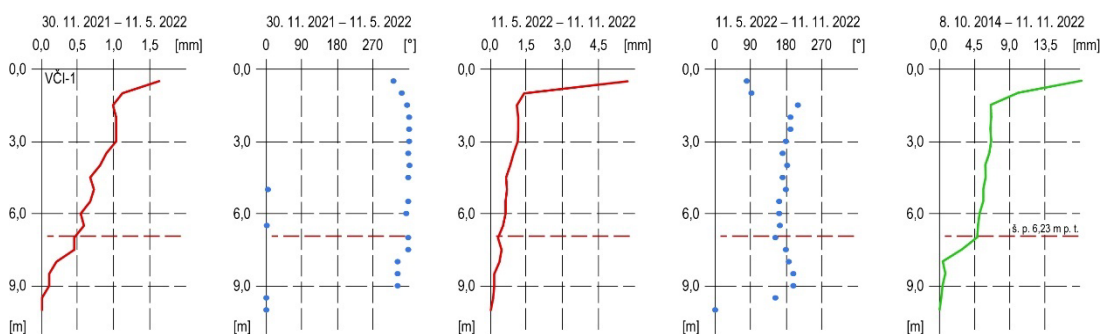
a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa realizujú v dvoch vrtov (VČI-1 a VČI-2; obr. 4.11.1), ktoré sú situované neďaleko miestneho cintorína. Namerané hodnoty z kontrolných etapových meraní z rokov 2021 a 2022 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.

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 2021 a 2022 (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); ohraničenie zosuvu podľa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.



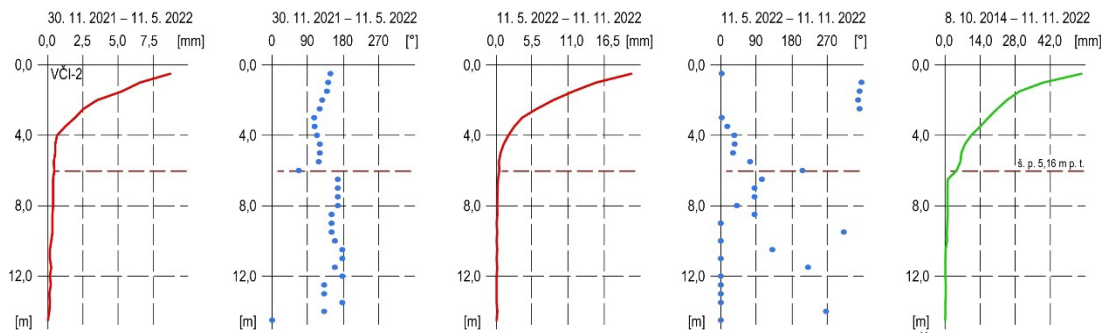
Obr. 4.11.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte VČI-1 na lokalite Vyšný Čaj. Červená línia – etapové deformácie inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, zelená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie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

Tab. 4.11.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2021 a 2022.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	12. 11. 2020 – 22. 6. 2021			22. 6. 2021 – 30. 11. 2021			30. 11. 2021 – 11. 5. 2022			11. 5. 2022 – 11. 11. 2022		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
VČI-1	6,23	4,30	1,00	7	4,50	0,22	87	4,72	0,45	357	4,70	0,30	150
VČI-2	5,16	4,20	1,22	345	4,37	0,61	121	4,81	0,45	67	4,44	0,41	206

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

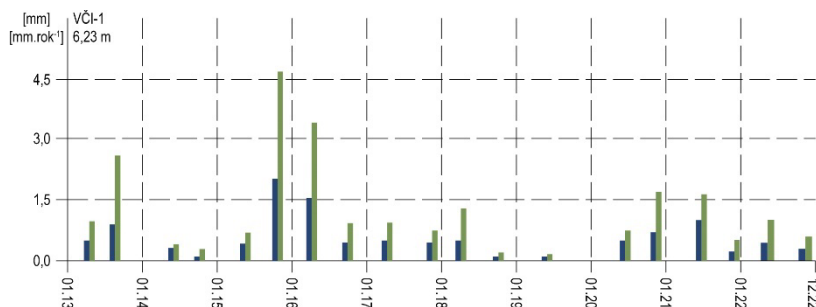
V roku 2021 boli vo vrte VČI-1 počas obidvoch kontrolných meraní na sledovanej šmykovej ploche v hĺbke 6,23 m pod terénom pozorované relatívne nízke hodnoty deformácie. Počas jarnej etapy, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu obdobia do 12. novembra 2020 do 22. júna 2021, bol nameraný vektor s dĺžkou 1,0 mm a azimutom 7°. Následným jesenným meraním bol preukázaný pokles pohybovej aktivity. Nameraný vektor za obdobie od júna do novembra dosiahol 0,22 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 0,51 mm.rok⁻¹ a azimut 87°.



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).

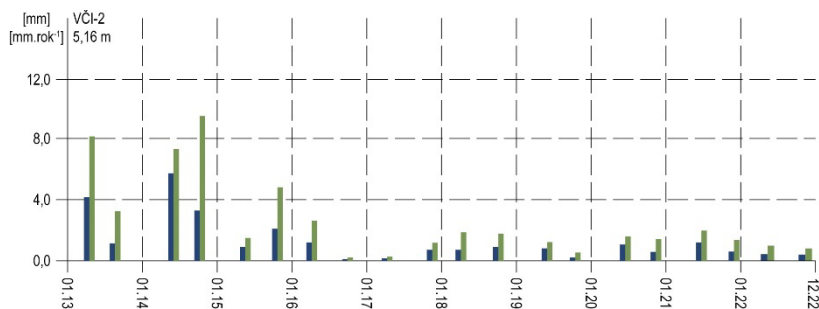
Vo vrte VČI-2 v hĺbke 5,16 m pod terénom bola počas jarnej etapy nameraná deformácia 1,22 mm. Nameraná deformácia charakterizuje pohybovú aktivitu za obdobie od 12. novembra 2020 do 22. júna 2021, čo teda predstavuje priemernú rýchlosť $2,01 \text{ mm.rok}^{-1}$. Azimut nameraného etapového vektora mal severozápadný smer (345°). Počas jesennej etapy (obdobie od druhej polovice júna do polovice novembra 2021) bol na šmykovej ploche nameraný prírastok deformácie $0,61 \text{ mm}$ ($1,38 \text{ mm.rok}^{-1}$; azimut 121°).

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 jarnej etapy dosiahol etapový vektor na sledovaných šmykových plochách hodnotu $0,45 \text{ mm}$, čo predstavuje priemernú rýchlosť $1,01 \text{ mm.rok}^{-1}$. Následné jesenné meranie poukázalo na mierny pokles pohybovej aktivity ($0,3 \text{ mm}$, resp. $0,59 \text{ mm.rok}^{-1}$ vo vrte VČI-1 a $0,41 \text{ mm}$, resp. $0,82 \text{ mm.rok}^{-1}$ vo vrte VČI-2).



Obr. 4.11.4. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšný Čaj vo vrte VČI-1 v období rokov 2013 až 2022; 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 $50,71 \%$. Celková deformácia inklinometrickej pažnice (v hĺbke šmykovej plochy) počas prvej epochy dosiahla $3,45 \text{ mm}$ a počas druhej epochy $4,7 \text{ mm}$.



Obr. 4.11.5. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšný Čaj vo vrte VČI-2 v období rokov 2013 až 2022; modrá – etapové deformácie a zelená – zaznamenané rýchlosti deformácií na šmykovej ploche (orientačná hĺbka šmykovej plochy pod úrovňou terénu je uvedená vľavo hore).

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 rokoch 2014 (5,85 mm; 7,76 mm.rok⁻¹) a 2013 (4,25 mm; 8,30 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 sa počas jednotlivých monitorovacích epoch líšia len nepatrne (prvá epocha – 37,8 %, druhá epocha – 36,3 %).

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 vrtoch je na obr. 4.11.6). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v období rokov 2021 a 2022, sú spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, znázornené na obr. 4.11.7. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody za obdobie rokov 2013 až 2022 je znázornený na obr. 4.11.8.

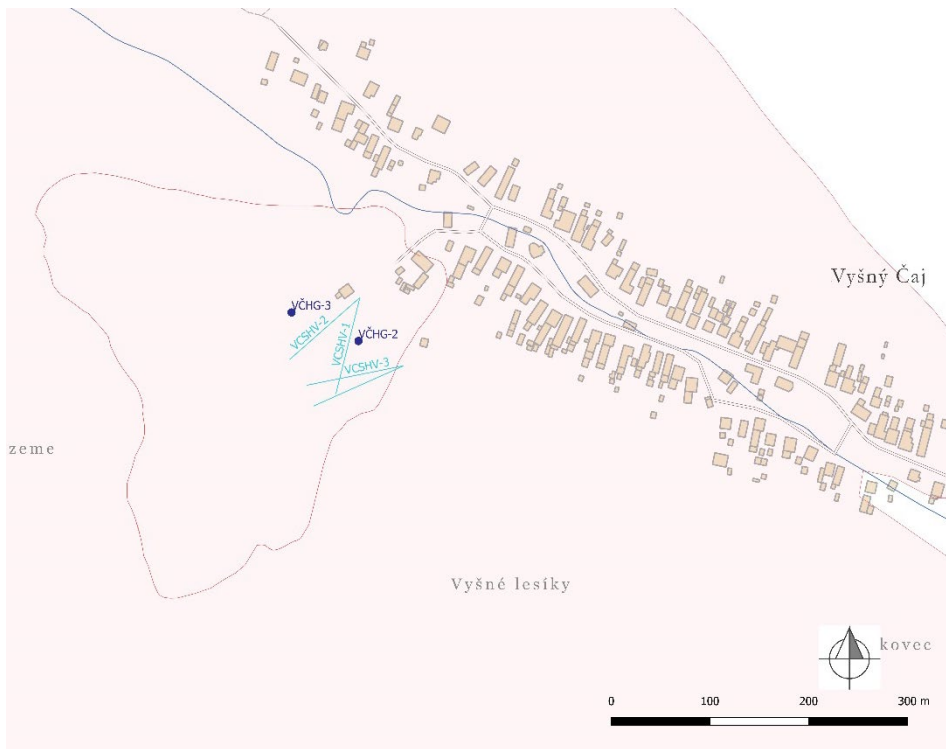
Tab. 4.11.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2021.

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	5,25	249,44	15. 6. 2021	6,10	248,59	15. 2. 2021	5,72	248,97	0,85
VČHG-3	10	3,10	252,24	15. 6. 2021	4,47	250,87	14. 10. 2021	3,80	251,54	1,37

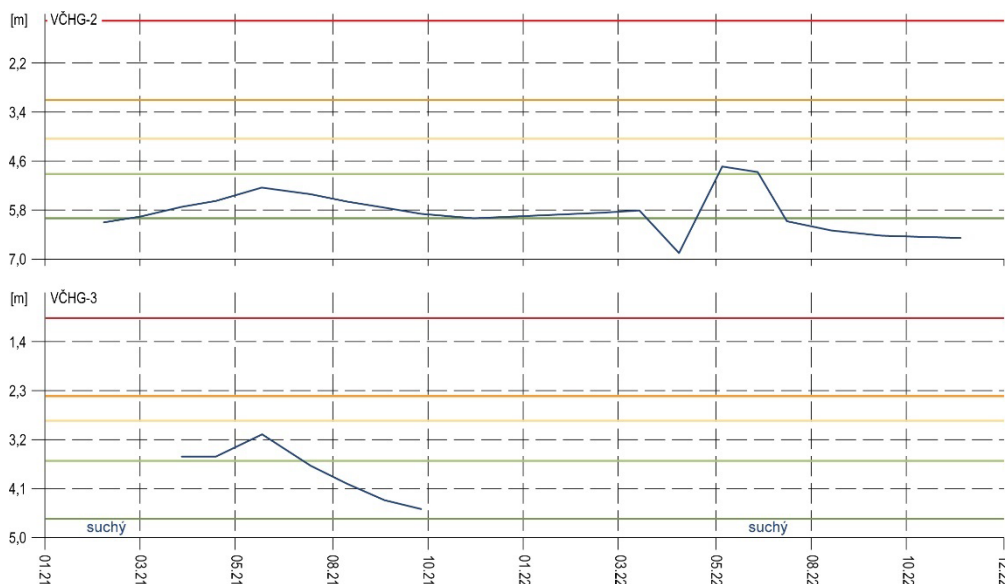
V roku 2021 bolo možné po dlhšej dobe sledovať zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody v oboch piezometrických vrtoch. Zabezpečených bolo podobne ako po minulé roky 10 kontrolných meraní, ktoré sa vykonávali od 15. februára do 23. novembra. Plytšie pod terén sa dostala hladina podzemnej vody vo vrte VČHG-2, počas maximálnej úrovne dosiahla hĺbku 5,25 m pod terénom (249,44 m n. m.; 15. jún). Priebeh hladiny podzemnej vody mal v prvej polovici roka vzostupný charakter. Minimálna hladina bola nameraná počas februárového kontrolného merania. Naopak, hladina podzemnej vody v druhej polovici roka vykazovala zostup, a to až do novembra, kedy bolo zabezpečené posledné kontrolné meranie. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody vo vrte VČHG-2 dosiahla hĺbku 5,75 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,22 m.

Vo vrte VČHG-3, ktorý bol dlhodobo suchý, bola v roku 2021 nameraná hladina podzemnej vody počas 7 kontrolných meraní (od 15. apríla do 14. októbra), v ostatnom období bol vrt suchý. Z nameraných hĺbok hladiny podzemnej vody vyplýva, že k jej maximálnemu vzostupu došlo, podobne ako vo vrte VČHG-2, v polovici júna (3,1 m pod terénom). V nasledujúcom období bol pozorovaný zostup hladiny podzemnej vody. Najnižšia

zaznamenaná hladina dňa 14. októbra dosiahla hĺbku 4,47 m pod terénom. V termíne novembrového merania bol vrt suchý.



Obr. 4.11.6. Lokalita Vyšný Čaj – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrt, 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 2021 a 2022 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.

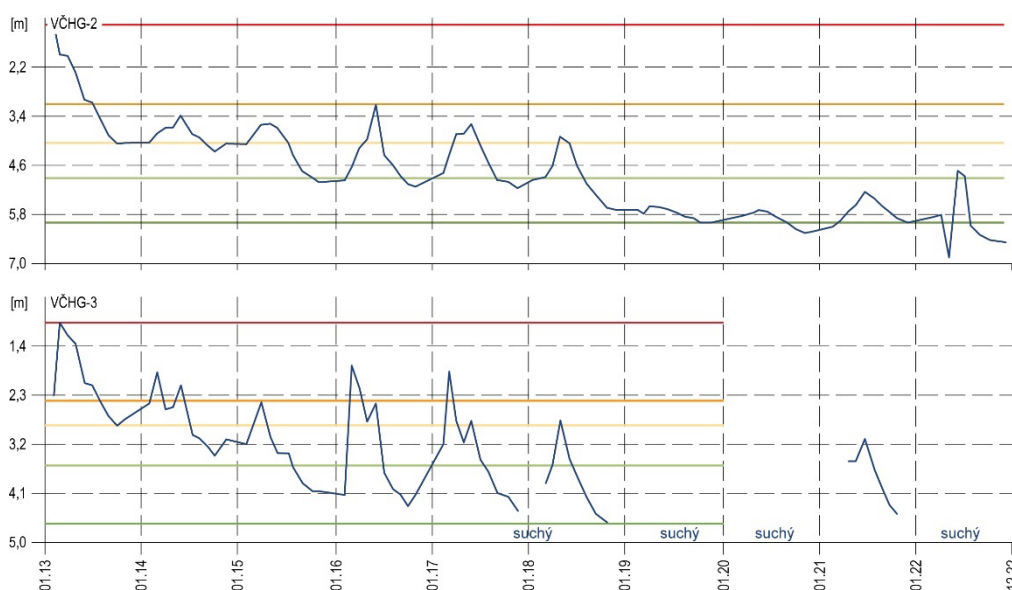
V roku 2022 boli merania vykonávané od 28. februára do 28. decembra, pričom bolo zabezpečených rovnako, ako v predchádzajúcich rokoch, 10 kontrolných etáp. Vrt VČH-3 bol prakticky počas všetkých meraní suchý (hladina bola zaznamenaná len 28. apríla). Maximálna

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 v porovnaní s rokom 2021 zaznamenané výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody, a to 2,12 m.

Tab. 4.11.4. 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					

Z dlhodobého vývoja hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch na obr. 4.11.8 vyplýva, že na začiatku monitorovaného obdobia sa hladiny nachádzali približne v jednej úrovni. K diferenciacii hĺbok došlo až neskôr, čo môže súvisieť s vybudovaným hĺbkovým odvodnením. V obidvoch prípadoch však možno sledovať podobný vývoj. Maximálne stavy boli namerané v zimných mesiacoch roku 2013. Od uvedeného termínu je možné pozorovať v obidvoch prípadoch zostupný trend hladín. 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 2013 až 2022 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

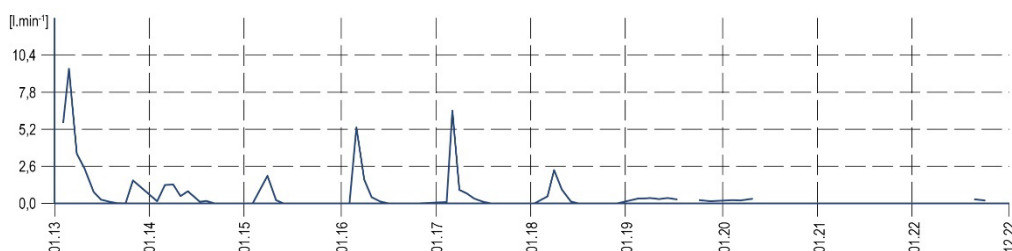
Na lokalite Vyšný Čaj sú merania realizované na dvoch odvodňovacích zariadeniach – VČSHV-1 a VČSHV-2 (tab. 4.11.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.11.5 a 4.11.6).

V roku 2021, podobne ako po predchádzajúce roky, bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, a to v období od 15. februára do 23. novembra. Z výsledkov terénnych pozorovaní je však možné konštatovať len, že oba sledované vrty boli počas všetkých meraní zaliate vodou, ktorá zo zbernej šachty nedostatočne odteká. I napriek uvedenej skutočnosti, na ktorú dlhodobo poukazujeme, je možné na základe dlhodobého zostupného vývoja hĺbky hladiny podzemnej vody konštatovať, že odvodňovacie zariadenie plní svoju funkciu.

Tab. 4.11.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2021

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	zaliaty					
VČSHV-2	10	zaliaty					

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 zaliaty 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. 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.



Obr. 4.11.9. Vývoj sumárnej výdatnosti na zosuvnej lokalite Vyšný Čaj z vrtov VČSHV-1 a VČSHV-2 v rokoch 2013 až 2022.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia od roku 2013 do roku 2022 bola maximálna výdatnosť nameraná v roku 2013, o niečo nižšie hodnoty boli zaznamenané aj v rokoch 2016 a 2017. Pribeh sumárneho množstva odvádzanej vody z vrtu VČSHV-1 a VČSHV-2 je znázornený na obr. 4.11.9. 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.

Tab. 4.11.6. 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 zaliaty 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

Voda z vrtu VČSHV-2 vytekala len počas 4 kontrolných meraní, prevažnú časť monitorovaného obdobia bola šachta, v ktorej sa odvodňovací vrt nachádza, zaliata vodou.

d/ Merania zrážkových úhrnov

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

Na stanici Vyšný Čaj dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2021, dosiahol 618,85 mm; maximálny ročný úhrn 699,2 mm (rok 2019); priemerný mesačný úhrn 51,6 mm a maximálny mesačný úhrn 189,3 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 22. júna 2011 do 22. júla 2011) dosiahol 203,2 mm.

V roku 2022 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 488,10 mm, čo zodpovedá 78,87 % dlhodobého priemeru, a teda išlo o veľmi suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas septembra (134,7 mm) a najvyšší denný úhrn 31. marca (25,4 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 8,8 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 1. septembra do 30. septembra a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 5. januára do 4. februára) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 6,8 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2022 trvalo 8 dní (od 25. septembra do 2. októbra) s úhrnom 52,4 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 2022 je možno konštatovať, že pohybová aktivita v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierne klesla. Namerané vektory sa počas jednotlivých kontrolných etáp pohybovali v intervale od 0,3 do 0,45 mm. Priaznivý stabilný vývoj súvisí s deficitným charakterom zrážkových úhrnov. Nízke úhrny zrážok sa prejavili i poklesom priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody (medziročný zostup o 0,26 m).

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 2022 nebolo možné zabezpečiť hodnotenie efektívnosti odvodnenia z vrtu VČSHV-1. Zariadenie bolo značnú časť monitorovaného obdobia zaliate vodou. Vrt VČSHV-2 odvádzal podzemnú vodu počas všetkých kontrolných meraní. Maximálne 27. júna s hodnotou 0,36 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.

V roku 2023 je plánované pokračovať v monitorovacích meraniach. Rozsah a frekvencia režimových pozorovaní budú zachované ako v roku 2022. Frekvencia inklinometrických meraní, vzhľadom na uspokojujúci stabilný stav, bude upravená na jedno etapové meranie za rok.

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 2021 a 2022

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2021 a 2022, sú zhrnuté v tab. 4.12.1.

Tab. 4.12.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Šenkvice v rokoch 2021 a 2022.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2022
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 2021 a 2022 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 2021 a 2022 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke.

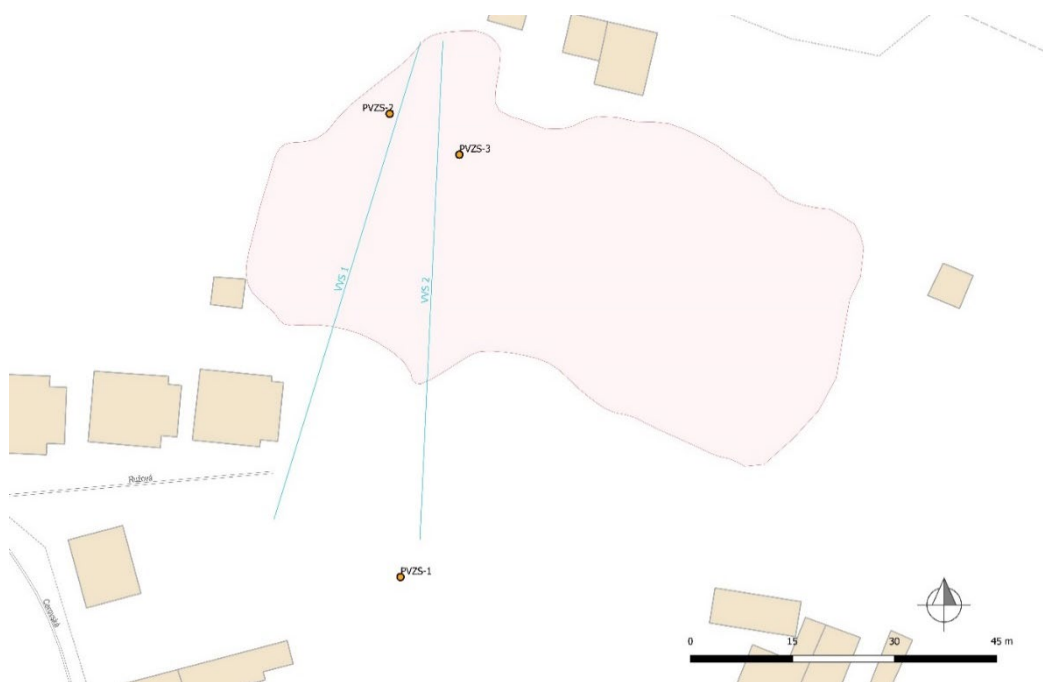
Tab. 4.12.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Šenkvice v roku 2021.

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	9,35	155,80	4. 3. 2021	11,52	153,63	23. 11. 2021	10,79	154,36	2,17
PVZS-2	8760	5,64	147,76	1. 2. 2021	6,60	146,80	14. 9. 2021	6,18	147,22	0,96
PVZS-3	8760	6,86	145,90	10. 2. 2021	7,75	145,01	15. 9. 2021	7,38	145,38	0,89

Vo vrte PVZS-1 bola v roku 2021 maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 9,35 m pod terénom (155,80 m n. m.) 4. marca, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,86 m. Dosiachnutiu maximálnej úrovne hladiny podzemnej vody predchádzal mierny vzostup, ktorý sa začal formovať v jesenných mesiacoch predchádzajúceho roka. Uvedená maximálna hladina predstavuje najvyššiu hodnotu od roku 2015. V súvislosti s výskytom takto vysokej hladiny podzemnej vody vzniká podozrenie kolmatácie odvodňovacieho potrubia, do ktorého bola ešte v minulosti ilegálne pripojená splašková

kanalizácia (obdobie pred výskytom maximálnej úrovne hladiny podzemnej vody nebolo významné z hľadiska zrážkových úhrnov – v predchádzajúcom 30-dennom intervale spadlo na stanici SHMÚ Modra 29,8 mm zrážok, teda predpokladáme, že hladina podzemnej vody, bola dotovaná aj z iného zdroja). Hladina podzemnej vody po dosiahnutom maximálnom stave až do druhej polovice novembra mala zostupný charakter. Minimálna úroveň bola zaznamenaná 23. novembra v hĺbke 11,52 m pod terénom. V nasledujúcom období až do konca roka bol pozorovaný mierny vzostup.

Prejavy zrážkovej činnosti v zostupnej fáze hladiny podzemnej vody sa prejavovali len minimálne (mierny vzostup súvisí s májovými zrážkami). 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, po vybudovaní ktorého dochádza každoročne k poklesu hladiny podzemnej vody. Je teda možné predpokladať, že problémy súvisiace s upchatím, avizovaným v predchádzajúcom období, sú vyriešené a odvodňovacie potrubie umožňuje bezpečne odvádzať zachytené podzemné vody.



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

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 10,79 m pod terénom (154,36 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2020 len nepatrná zmena (vzostup o 0,16 m). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 2,17 m. V porovnaní s rokom 2020 sa táto hodnota prakticky zdvojnásobila. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 10,84 m pod terénom, 2. kvartil 11,07 m pod terénom a 3. kvartil 11,19 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody vykazovala len veľmi malé zmeny. V roku 2021 sa nachádzala v intervale 11,3 – 11,4 °C.

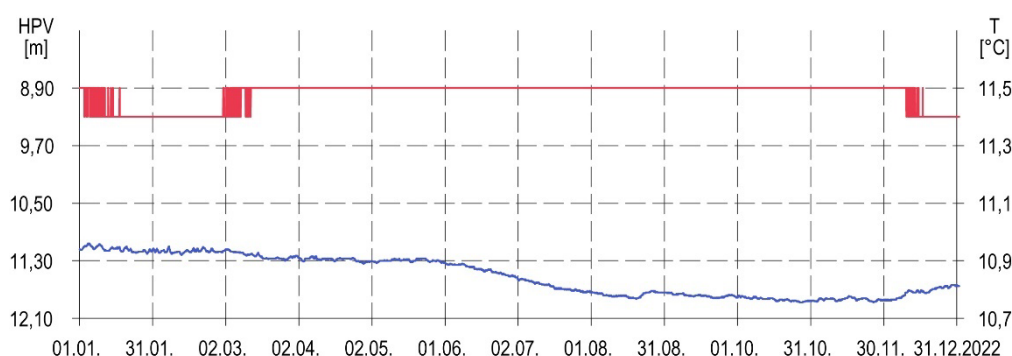
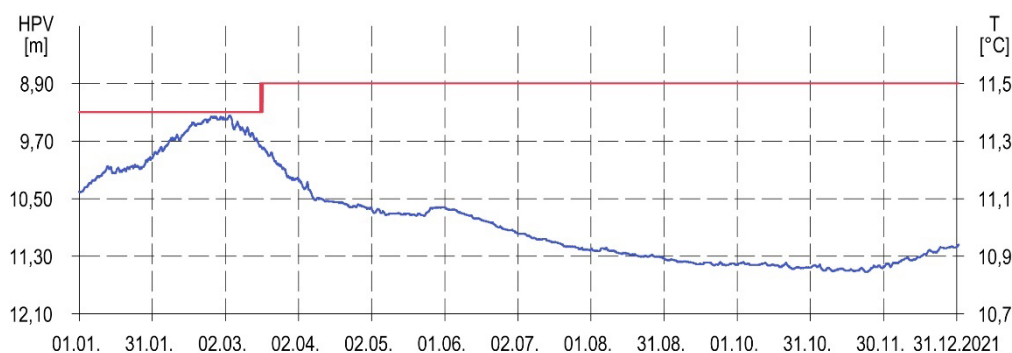
V roku 2022 bola vo vrte PVZS-1 nameraná maximálna hladina podzemnej vody 4. januára v hĺbke 11,06 m pod terénom (154,09 m n. m.). Počas celého roka mala hladina podzemnej vody mierne zostupný charakter, čo korešponduje s dlhodobým trendom, ktorý, vďaka vybudovaniu spomenutého drenážno-stabilizačného 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.

Tab. 4.12.3. 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
PVZS-2	8760	6,16	147,24	4. 1. 2022	6,91	146,49	19. 8. 2022	6,49	146,91	0,75
PVZS-3	8760	7,32	145,44	4. 1. 2022	7,87	144,89	19. 8. 2022	7,58	145,18	0,55



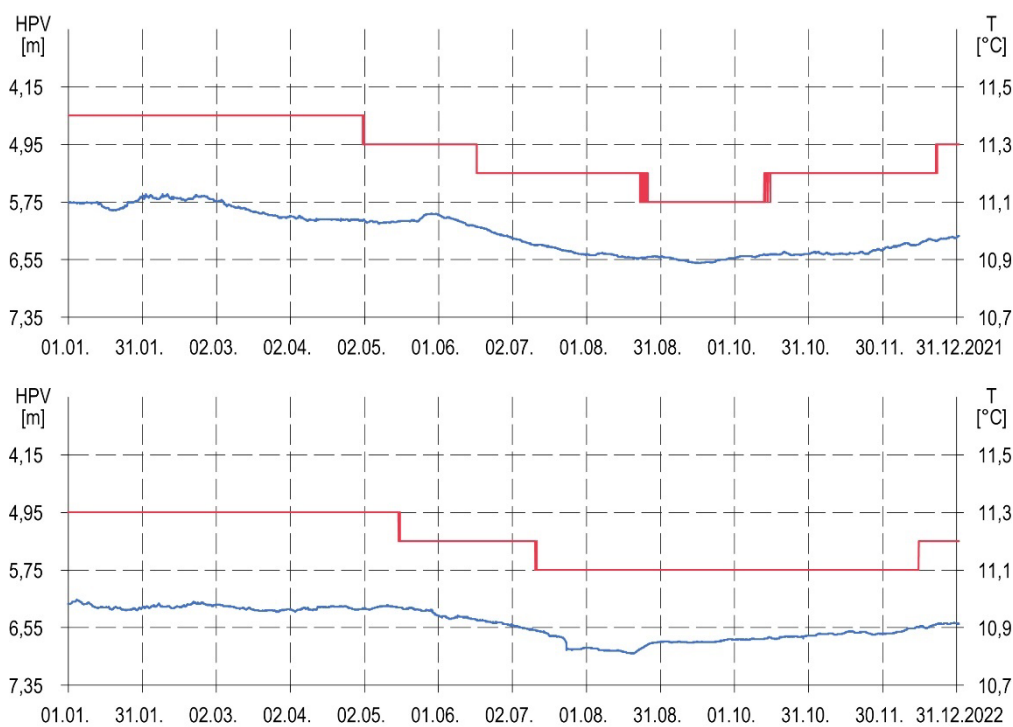
Obr. 4.12.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2021 a 2022 vo vrte PVZS-1 na lokalite Šenkvice. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), hnedá línia – teplota podzemnej vody (T – pravá os).

Vo vrte PVZS-2 v roku 2021 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 1. februára (5,64 m pod terénom; 147,76 m n. m. – tab. 4.12.3, obr. 4.12.3), po jej veľmi miernom januárovom vzostupe. V porovnaní s predchádzajúcim rokom ide o mierny vzostup (o 0,1 m). Po uvedenom termíne až do začiatku júna hladina podzemnej vody mierne kolísala a následne začala klesať. Tento trend pretrval do polovice septembra, kedy dosiahla minimálny stav (6,60 m pod terénom; 146,80 m n. m.). Ide o podobnú hodnotu, aká bola počas minimálnej hladiny nameraná v roku 2020. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 6,18 m pod terénom (147,22 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2020 predstavuje vzostup o 0,21 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,96 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 5,94 m pod terénom, 2. kvartil 6,42 m pod terénom a 3. kvartil 6,47 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,4 °C 1. januára, naopak, najnižšia teplota (11,1 °C) bola zaznamenaná 23. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,3 °C.

V roku 2022, podobne ako vo vrte PVZS-1, bol pozorovaný mierny zostupný trend hladiny podzemnej vody. Minimálna hladina podzemnej vody (6,91 m pod terénom; 146,49 m n. m. – tab. 4.12.2, obr. 4.12.3) bola zaznamenaná 19. augusta a naopak, maximálna (6,16 m pod terénom; 147,24 m n. m.) na začiatku januára (4. januára). K výraznejším zmenám hladiny podzemnej vody nedošlo ani po výdatnejších zrážkach. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2022 dosiahla 6,49 m pod terénom (146,91 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2021 predstavuje zostup o 0,32 m. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 0,75 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 6,68 m pod terénom, 2. kvartil 6,49 m pod terénom a 3. kvartil 6,28 m pod terénom. Z uvedeného vyplýva, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k zlepšeniu všetkých sledovaných ukazovateľov.

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.



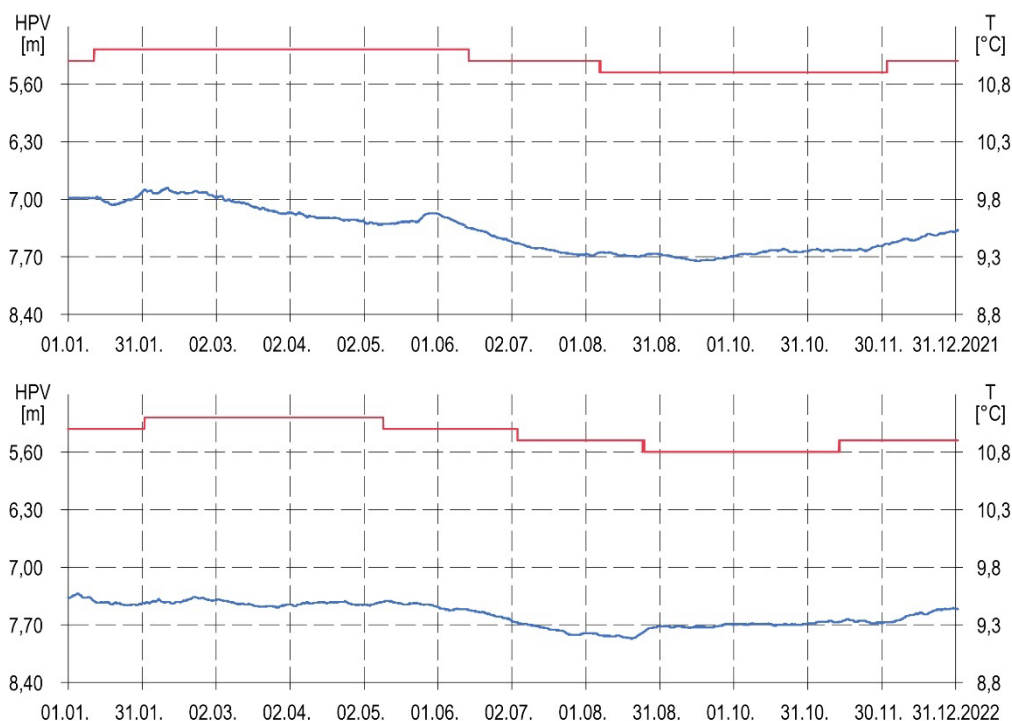
Obr. 4.12.3. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2021 a 2022 vo vrte PVZS-2 na lokalite Šenkvice. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), hnedá línia – teplota podzemnej vody (T – pravá os).

Vo vrte PVZS-3 v roku 2021 dosiahla maximálna hladina podzemnej vody 10. februára úroveň 6,86 m pod terénom (145,37 m n. m. – čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny vzostup, a to o 0,12 m). V nasledujúcom období bol pozorovaný pokles hladiny. Minimálna hladina bola zaznamenaná v polovici septembra (7,75 m pod terénom; 145,01 m n. m.). Od tohto termínu až do konca roka boli pozorované len veľmi malé zmeny s miernou zostupnou tendenciou. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 dosiahla 7,38 m pod terénom (145,38 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2020 vzostup o 0,24 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,89 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,17 m pod terénom, 2. kvartil 7,43 m pod terénom a 3. kvartil 7,63 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,1 °C 11. januára, naopak, najnižšia teplota (10,9 °C) bola zaznamenaná 6. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,0 °C.

V roku 2022 dosiahla maximálna hladina podzemnej vody 7,32 m, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,46 m. Nameraná bola, podobne ako v prípade vrtov PVZS-1 a PVZS-2, na začiatku roka (4. januára). Najnižšia úroveň hladiny podzemnej vody bola nameraná 19. augusta (7,87 m pod terénom). Kolísanie podzemnej vody, i keď len s minimálnou amplitúdou, bolo spôsobené zimnými, jarnými a jesennými zrážkami. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2022 dosiahla 7,57 m pod terénom (145,18 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2021 len mierny zostup (o 0,19 m). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,55 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,7 m pod terénom, 2. kvartil 7,55 m pod terénom a 3. kvartil 7,44 m pod terénom.

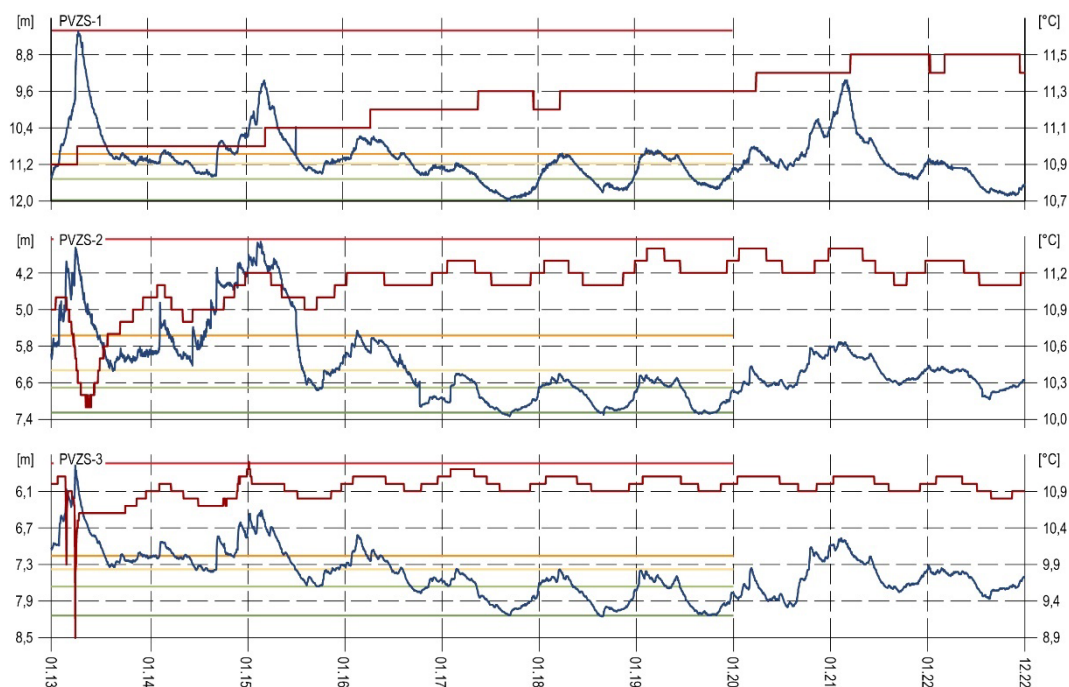
Kolísanie teplôt bolo podobné ako v roku 2021. Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla 11,1 °C, minimálna 10,8 °C a priemerná 11,0 °C.



Obr. 4.12.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2021 a 2022 vo vrte PVZS-3 na lokalite Šenkvice. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (ľavá os – HPV), hnedá línia – teplota podzemnej vody (T – pravá os).

Z dlhodobého hľadiska (obr. 4.12.5) je možné konštatovať, že na zmenách hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch sa výraznejšie prejavujú zimné a jarné zrážky (najmä v roku 2013). K výraznejším zmenám hladiny podzemnej vody dochádzalo do 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, najmä vo vrte PVZS-1.

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.



Obr. 4.12.5. Dlhodobé zmeny úrovne hladín a teplôt podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomerami v rokoch 2013 až 2022, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Šenkvice. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch PVZS-1, PVZS-2 a PVZS-3. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (pravá os), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia (od apríla 2012 do decembra 2019 – vrt PVZS-1; od januára 2012 do decembra 2019 – vrty PVZS-2 a PVZS-3): tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, svetlozelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

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 2021 predstavuje 709,63 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1 093,7 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 59,1 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 2022 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 559,6 mm, čo zodpovedá 78,86 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. V roku 2022 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas septembra (84,6 mm) a najvyšší denný úhrn 9. septembra (27,5 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 21,1 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 20. augusta do 19. septembra (99,5 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 22. februára do 24. marca) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 3,5 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2022 trvalo 7 dní (od 14. septembra do 20. septembra) s úhrnom 47,2 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Šenkvice sú monitorovacie aktivity zabezpečované formou kontinuálnych režimových pozorovaní v troch piezometrických vrtoch. Z pravidelných záznamov automatických hladinomerov z roku 2022 vyplýva, že vo všetkých vrtoch došlo k zostupu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. Zároveň, v porovnaní s rokom 2021, klesli i všetky sledované ukazovatele režimu podzemnej vody. Hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch naďalej odrážajú vývoj klimatických faktorov, pozorovaných na stanici

SHMÚ Modra, avšak ich prejavy sú v porovnaní s výsledkami z obdobia pred sanáciou podstatne menšie.

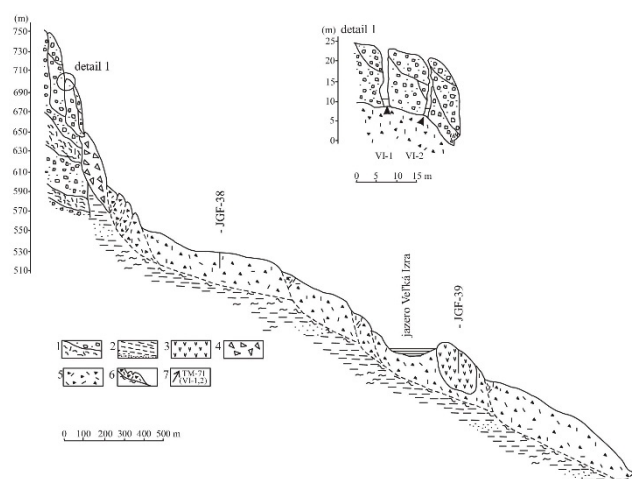
Žiaľ, ani v roku 2022 nebolo možné zabezpečiť merania výdatnosti zo spomenutých odvodňovacích zariadení. Realizácii meraní bráni v minulosti vybudované nelegálne pripojenie splaškovej kanalizácie z príľahlého rodinného domu priamo do odvodňovacieho potrubia, ktoré odvádza podzemnú vodu zo zosuvného územia. Vzhľadom na vzostup hladiny podzemnej vody v roku 2021 je odôvodnené podozrenie, že splaškové vody sa prejavili na zníženej prietochnosti v odtokovom potrubí.

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 – morfologicky 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 2021 a 2022 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Veľká Izra sa v každom z rokov 2021 a 2022 uskutočnili štyri odčítania hodnôt deformácií zaznamenaných prístrojmi TM-71 (tab. 4.13.1). Aj v roku 2020 pokračoval zber údajov o zrážkach zo stanice SHMÚ Slanská Huta.

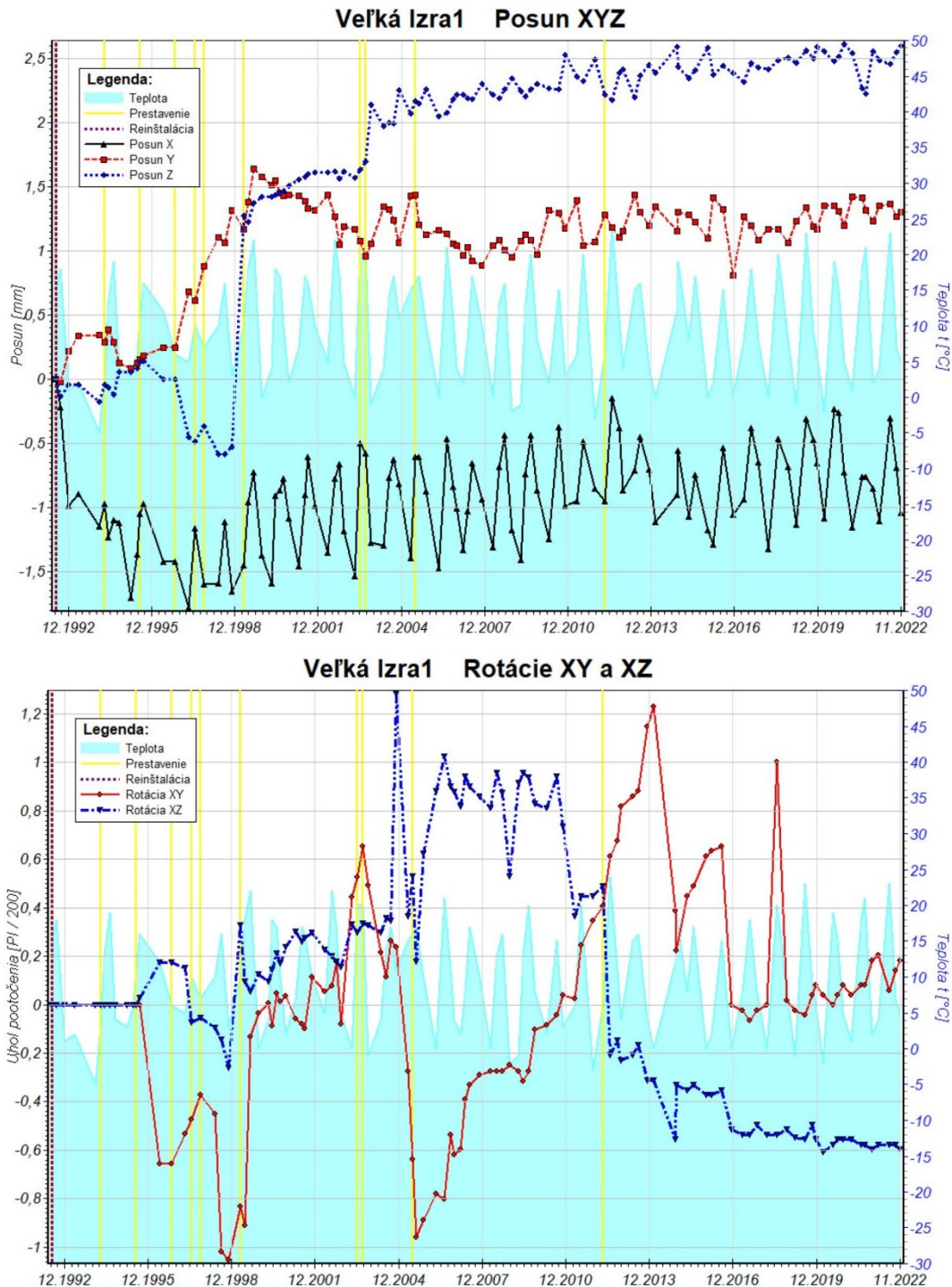
Tab. 4.13.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Izra v rokoch 2021 a 2022

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	VI-1 (horný)	2021 – 4x 23. február, 7. júl, 24. august, 24. november
			2022 – 4x 22. február, 7. júl, 4. október, 1. december

a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v rokoch 2021 a 2022 (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 2022 0,685 mm, 1,308 mm a 2,601 mm. Priemerné rýchlosti posunov (*X*, *Y*, *Z*) za vyše 30 rokov meraní dosahujú hodnoty 0,023 mm.rok⁻¹, 0,044 mm.rok⁻¹

a $0,087 \text{ mm.rok}^{-1}$. 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 2022 dosiahol hodnotu $0,182 \text{ gr.}$, 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 2021 dosiahol 709,8 mm. Mesačný priemer bol 59,2 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 110,4 mm (august) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 2,8 mm (október). V roku 2022 klesol zrážkový úhrn o 126,6 mm a dosiahol len 583,2 mm. Podobne klesol aj mesačný priemer, a to na úroveň 48,6 mm (medziročný pokles o 10,6 mm). Najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný v septembri s hodnotou 138,9 mm. Najnižší mesačný úhrn 12,7 mm bol nameraný počas mája.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

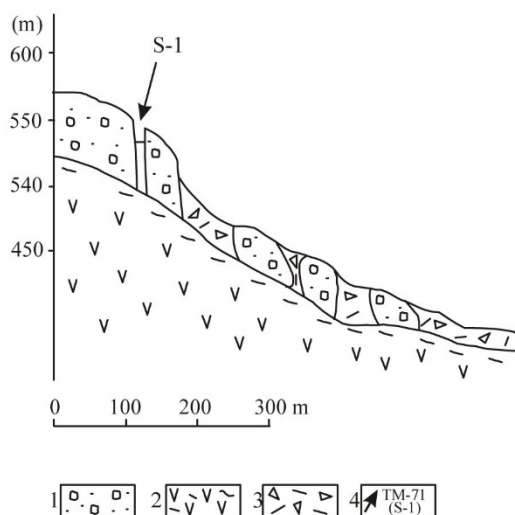
Výsledky doterajších meraní potvrdzujú trend dlhodobého pozvoľného poklesávania vrchného monitorovaného bloku voči masívu (celkovo 2,601 mm), veľmi pomalý dlhodobý rast šmykového pohybu bloku pozdĺž trhliny a dlhodobú osciláciu pomalého otvárania a zatvárania trhliny v rozmedzí cca 0,4 – 1,4 mm.

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 zbrekciovatý, 3 – balvanité a úlomkovito-ílovité svahové sedimenty (sute), 4 – lokalizácia dilatometra TM-71 (S-1)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2021 a 2022 a ich celkové zhodnotenie

Hodnoty posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 sa v rokoch 2021 aj 2022 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 2021 a 2022

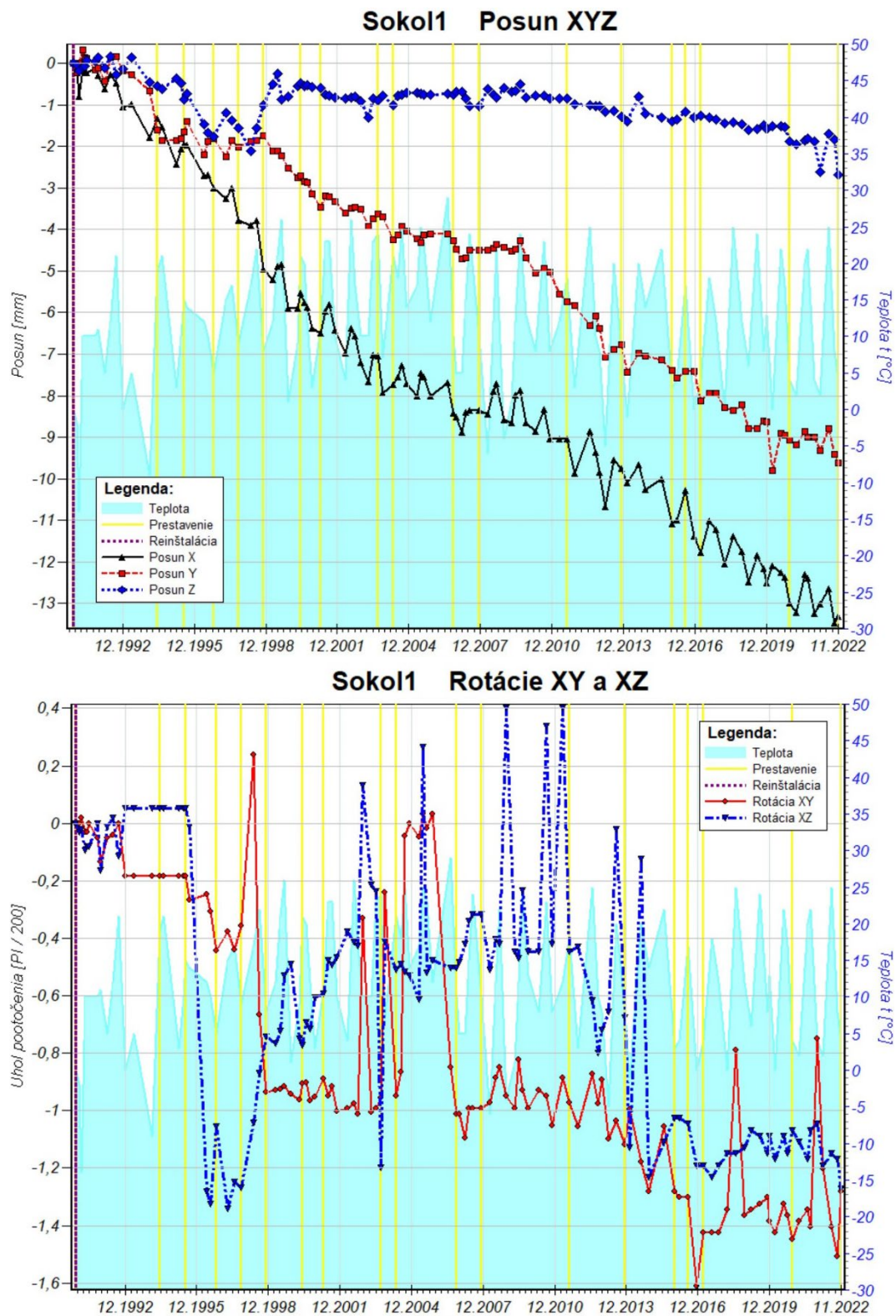
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	S-1	2021 – 4x 23. február, 7. júl, 24. august, 24. november
			2022 – 4x 22. február, 7. júl, 4. október, 1. december*

* – prestavenie prístroja

a/ Meranie deformácií dilatometrom

Aj v rokoch 2021 a 2022 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 2021 o 0,268 mm a v roku 2022 o 0,055 mm na celkových 13,303 mm. Šmykový posun pozdĺž trhliny (Y) sa v roku 2021 zväčšil o 0,034 mm a v roku 2022 o 0,621 mm na celkových 9,613 mm. V smere osi Z (pokles bloku voči masívu) bol

v roku 2021 zaznamenaný posun iba 0,001 mm, avšak v roku 2022 až 0,796 mm. Celkový pokles za 32 rokov je 2,677 mm. Rotácie bloku v oboch rovinách, vodorovnej XY a vertikálnej XZ, nepresahujú 1,6 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 2021 dosiahol 506,3 mm. Mesačný priemer bol 42,2 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 73,5 mm (november) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 0,6 mm (október). V roku 2022 klesol zrážkový úhrn o 69,1 mm a dosiahol len 437,2 mm. Podobne klesol aj mesačný priemer, a to na úroveň 36,4 mm (medziročný pokles o 5,8 mm). Najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný v septembri s hodnotou 98,1 mm. Najnižší mesačný úhrn 7,0 mm bol nameraný počas októbra.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

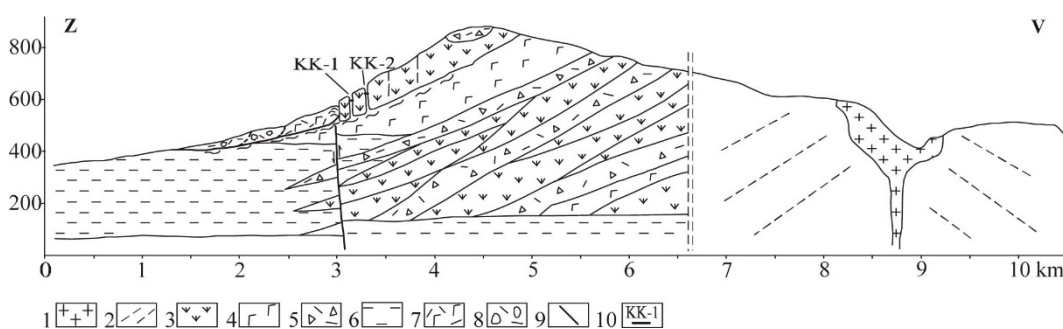
Najvýznamnejšie posuny v rokoch 2021 a 2022 boli zaznamenané v smere osi X (otváranie trhliny) a v smere osi Y (šmykový posun pozdĺž trhliny). Kým v roku 2021 nastalo spomalenie poklesu horninového bloku voči masívu (os Z), v roku 2022 tento pohyb narástol až o 0,796 mm. Priemerná rýchlosť posunov v smere osí X , Y a Z za celé monitorovacie obdobie (32 rokov) je $0,416 \text{ mm.rok}^{-1}$, $0,300 \text{ mm.rok}^{-1}$ a $0,084 \text{ mm.rok}^{-1}$.

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 – ílito-úlomkovitá suť, 9 – aktívny zlom, 10 – lokalizácia dilatometrov KK-1 a KK-2

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2021 a 2022 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite sa v každom z uvedených rokov vykonali 4 odčítania na oboch dilatometroch, pričom KK-1 bol prestavený vo februári a KK-2 v novembri 2021 (tab. 4.15.1). V rokoch 2021 a 2022 pokračoval zber údajov zo zrážkomernej stanice Herľany.

Tab. 4.15.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Košický Klečenov v rokoch 2021 a 2022

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	2	KK-1	2021-4x (23. február*, 7. júl*, 24. august, 24. november)
		(dolný)	2021-4x (22. február, 7. júl, 4. október, 1. december)
		KK-2	2021-4x (23. február, 7. júl, 24. august, 24. november*)
		(horný)	2021-4x (22. február, 7. júl, 4. október, 1. december)

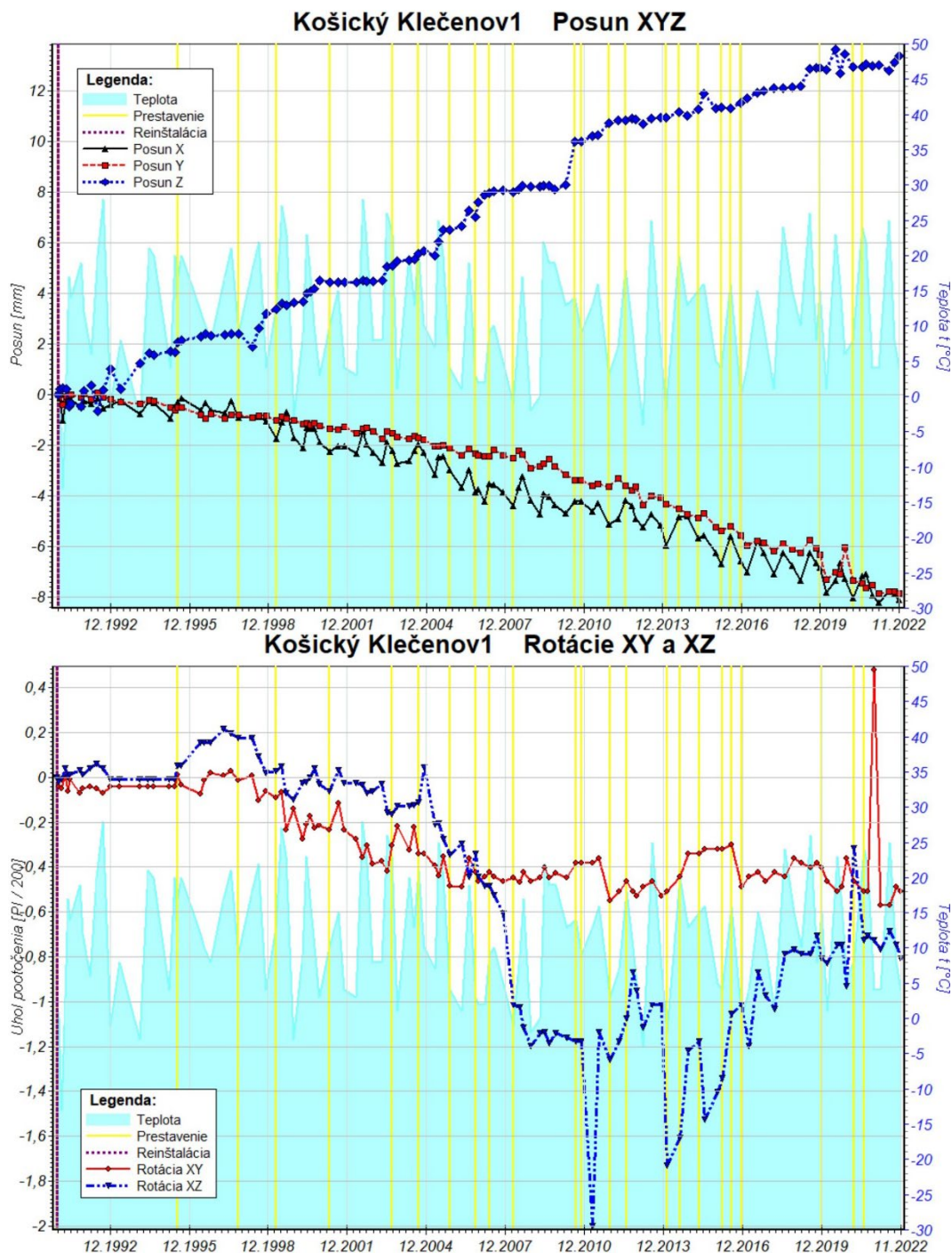
* – prestavenie prístroja

a/ Meranie deformácií dilatometrami

V rokoch 2021 a 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 2021 vzrástlo o 0,663 mm a v roku 2022 o 0,189 mm (celkové rozšírenie trhliny za 32 rokov predstavuje 8,116 mm). Pohyb pozdĺž trhliny (os Y) v roku 2021 vzrástol o 0,451 mm a v roku 2022 o 0,302 mm (celkový pohyb dosiahol 7,826 mm). Kým v roku 2021 pokles spodného bloku voči hornému stagnoval na úrovni cca 12,979 mm, v roku 2022 vzrástol o 0,372 mm (na celkových 13,351 mm).

Merania prístrojom KK-2 (horný) v rokoch 2021 aj 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 2021 stagnoval, v roku 2022 vzrástol

o 0,312 mm (výsledná deformácia 4,567 mm). Pokles horného bloku (os Z) je dlhodobo najrýchlejším pohybom a jeho priemerná rýchlosť je 0,527 mm.rok⁻¹. V roku 2021 dosiahol pokles 0,594 mm a v roku 2022 klesol na 0,275 mm (výsledná deformácia 14,238 mm). V porovnaní so spodným blokom klesá horný rýchlejšie.

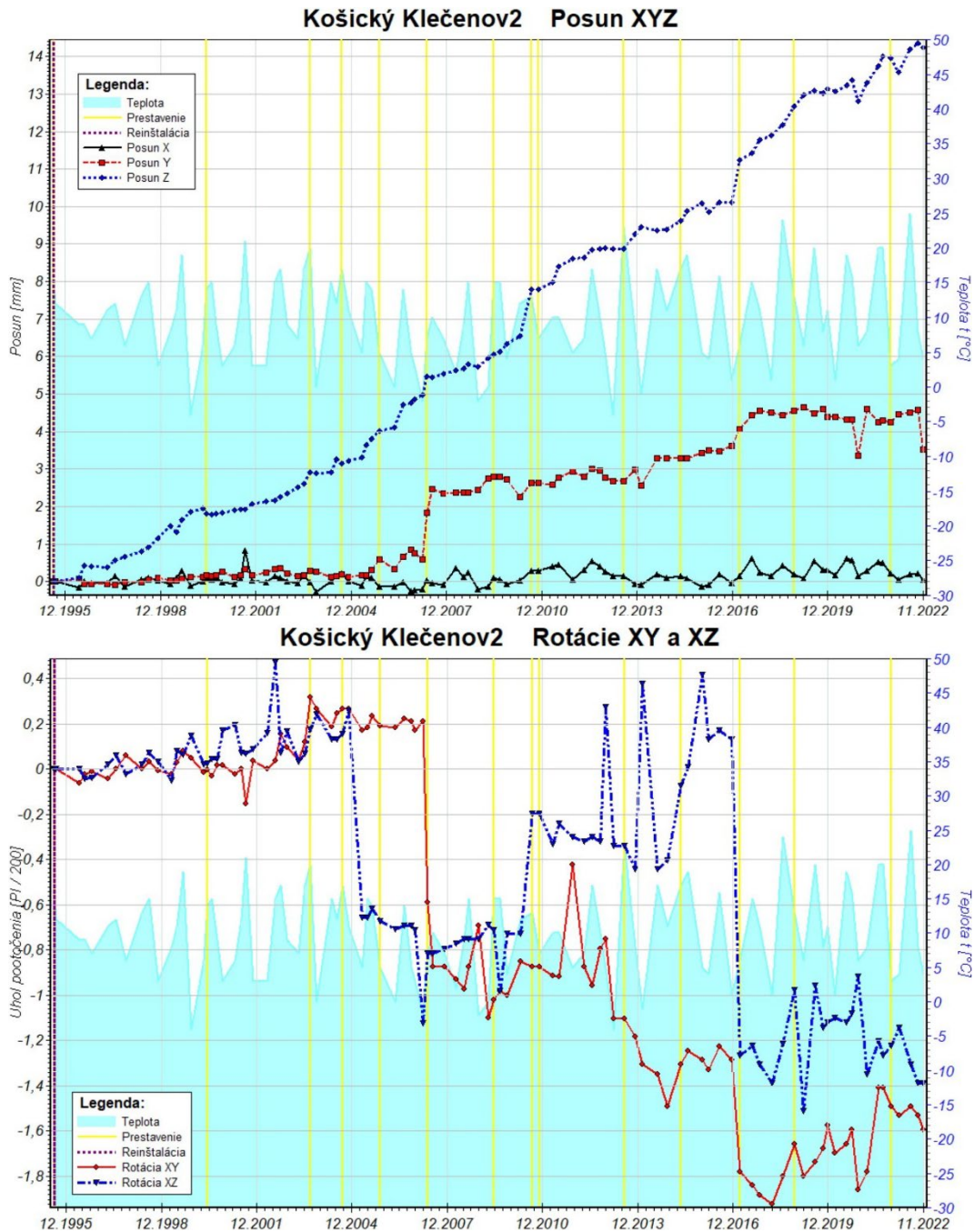


Obr. 4.15.2. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Košický Klečenov (prístroj KK-1). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm), Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v $\pi/200$ grádov). Žltými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

Z dlhodobého hľadiska obidva prístroje TM-71 (KK-1 a KK-2) preukazujú 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 32 (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 Košický 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 2021 predstavoval hodnotu 631,9 mm. Mesačný priemer bol 52,7 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 118,7 mm (august) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 2,4 mm (október).

V roku 2022 klesol zrážkový úhrn o 113,2 mm a dosiahol len 518,7 mm. Podobne klesol aj mesačný priemer, a to na úroveň 43,2 mm (medziročný pokles o 9,4 mm). Maximálny mesačný úhrn bol zaznamenaný v septembri s hodnotou 150,2 mm. Najnižší mesačný úhrn 13,8 mm bol nameraný v januári.

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 8,116 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 – 0,254 mm.rok⁻¹ (X), 0,245 mm.rok⁻¹ (Y), 0,417 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).

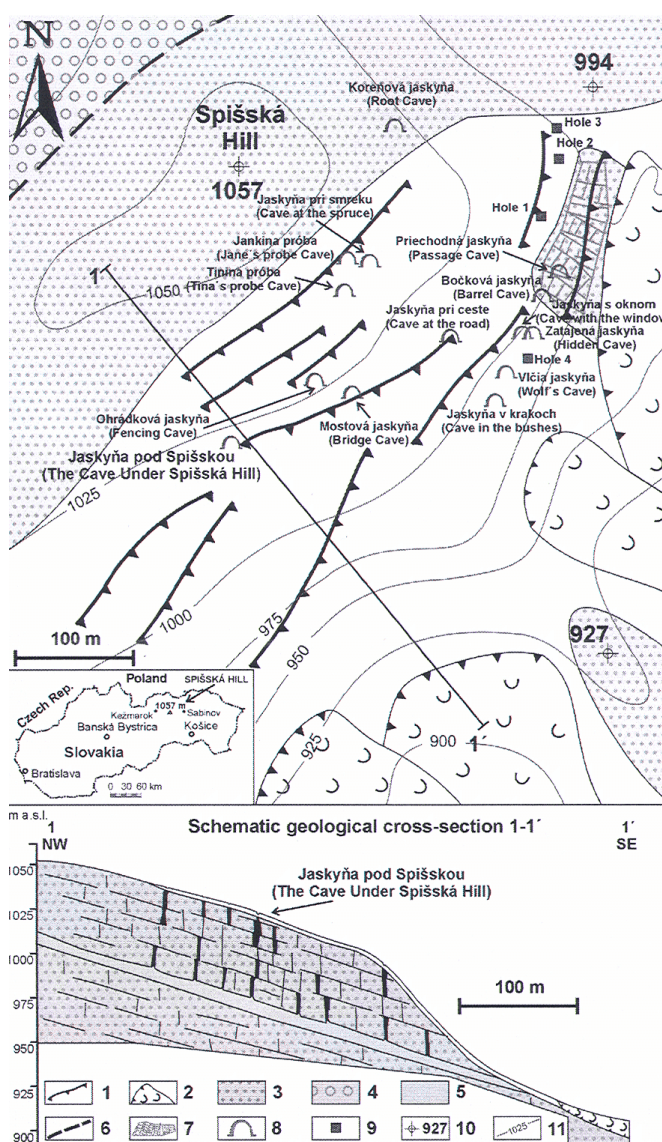
Najpravdepodobnejším vysvetlením recentnej aktivity oboch blokov je kombinovaný vplyv tektoniky (zdvih masívu pozdĺž S – J okrajového zlomu) a plazivého pohybu blokov, ktorý sa prejavuje ich nerovnomerným zabáraním, resp. vytláčaním. Merania v nasledujúcom období (vykonávané aspoň 4-krát ročne) môžu 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

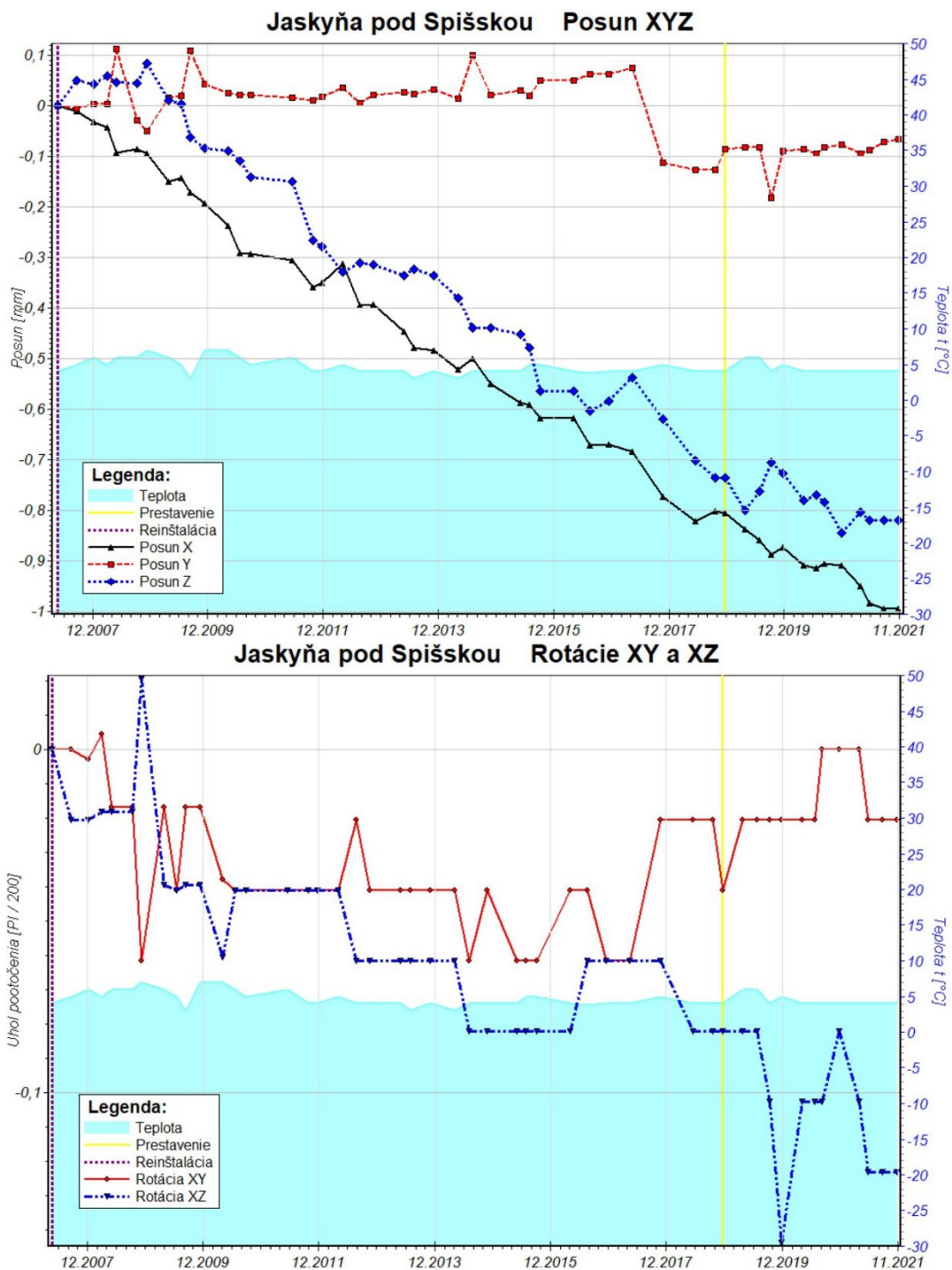
Lokalita je situovaná na severovýchodnom okraji Levočských vrchov, severoseverovýchodne od obce Brutovce, asi 300 m južne od kóty Spišská (1056,5 m n. m.) v nadmorskej výške 1022 m n. m.

Jaskyňa vznikla v paleogénnych pieskovočoch bielopotockého súvrstvia. Hrubé polohy pieskovočov 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 pričný 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 – hrubolavicovitý flyš (pieskovec s tenkými polohami ílovcov), 4 – hrubolavicovitý flyš s konglomerátmi, 5 – predpokladaná poloha tenkolavicovitého 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 Torusy 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 2021 a 2022 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Jaskyňa pod Spišskou sa v roku 2021 aj roku 2022 štyri odčítania hodnôt posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 (tab. 4.16.1). V rokoch 2021 a 2022 pokračovalo preberanie údajov o mesačných úhrnoch zrážok zo stanice SHMÚ Brezovica nad Torysou.

Tab. 4.16.1. Prehľad monitorovacích aktivít uskutočnených na lokalite Jaskyňa pod Spišskou v r. 2021 a 2022.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	JS-1	2021 – 4x (30. apríl, 25. máj, 25. august, 23. november)
			2021 – 4x (17. marec, 6. júl, 3. október, 29. november)

a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v rokoch 2021 aj 2022 preukázali doterajší výrazný trend pohybu v smere osi X (otváranie trhliny) aj v smere osi Z (pokles bloku). Otvorenie trhliny v roku 2021 vzrástlo o 0,085 mm a v roku 2022 o 0,054 mm na celkových 1,053 mm. Trhlina sa rozširuje priemernou rýchlosťou 0,067 mm.rok⁻¹. Pokles bloku v roku 2021 narástol o 0,085 mm a v roku 2022 o 0,094 mm. Celkový pokles od roku 2007 dosiahol 0,914 mm. Priemerná rýchlosť poklesávania bloku je 0,059 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 2022 pohyb narástol o 0,054 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 2021 hodnotu 672,0 mm. Mesačný priemer bol 56,0 mm a najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný na úrovni 168,0 mm (júl) a naopak, najnižší mesačný úhrn bol 9,2 mm (október).

V roku 2022 klesol zrážkový úhrn až o 198,8 mm a dosiahol len 473,2 mm (najnižší zrážkový úhrn počas montovaného obdobia – od roku 2008). Podobne klesol aj mesačný priemer, a to na úroveň 39,4 mm (medziročný pokles o 16,6 mm). Najvyšší mesačný úhrn bol zaznamenaný v septembri s hodnotou 104,4 mm. Najnižší mesačný úhrn 8,7 mm bol nameraný počas mája.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Napriek pomerne krátkej dobe monitorovania (necelých 16 rokov) preukazujú merania pokračujúci trend pomalého poklesávania monitorovaného bloku a rozširovania trhliny. Celkové otvorenie trhliny už prekročilo 1 mm, celkový pokles bloku hodnotu 0,9 mm. Hlavnou príčinou takého 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 oboch 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 svahu oproti svahu katastrofálneho handlovského zosuvu, 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 2021 a 2022

V rokoch 2021 a 2022 bolo na lokalite realizované po jednom meraní mikromorfologických zmien. Prehľad termínov meraní za uvedené dva roky je v tab. 4.17.1.

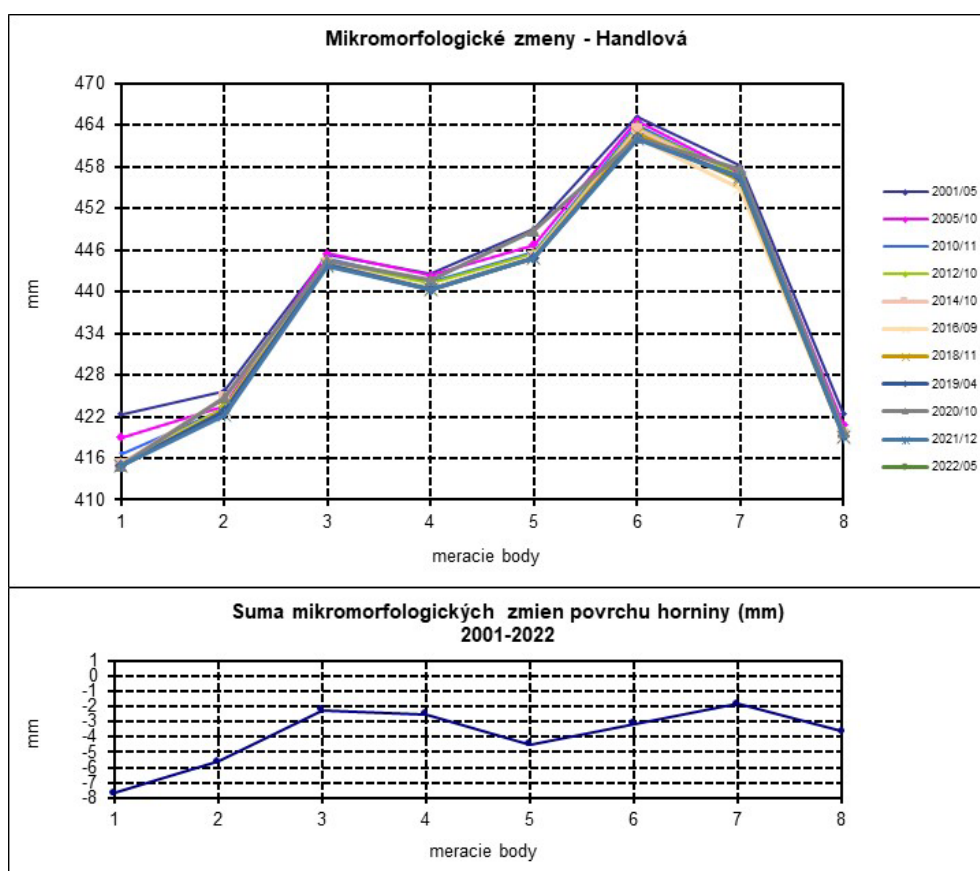
Tab. 4.17.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Baňa v rokoch 2021 a 2022.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2022
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	8	1 Stanovište MZ	1 (14. december)	1 (27. máj)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania boli realizované 14. decembra v roku 2021 a 27. mája v roku 2022. Vo všetkých bodoch boli zaznamenané pomerne výrazné 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 úbytku horninového masívu – priemerne $-0,21$ mm za 5,5 mesiaca, s minimálnou hodnotou $+0,02$ mm v bode 5 (v podstate prírastok masívu) a s maximálnou hodnotou $-2,04$ mm v bode 2 (obr. 4.17.2), čo signalizuje vypadnutie väčšieho úlomku. Priemerný ústup masívu za celé monitorované obdobie (21 rokov) predstavuje $-3,90$ mm. Z obr. 4.17.2 vyplýva, že v rámci celého sledovaného profilu je ústup masívu relatívne rovnomerný v rozpätí $\langle -1,84$ mm až $-5,60$ mm \rangle , iba v bode 1 dosiahol ústup masívu hodnotu $-7,70$ mm.



Obr. 4.17.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2001 – 2022) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Handlová-Baňa (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 2001 – 2022).

b/ Merania zrážkových úhrnov

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

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2022 v porovnaní s rokom 2021 došlo vplyvom špecifických klimatických podmienok k relatívne nepatrnej zmene správania masívu, t. j. k úbytku horninového masívu

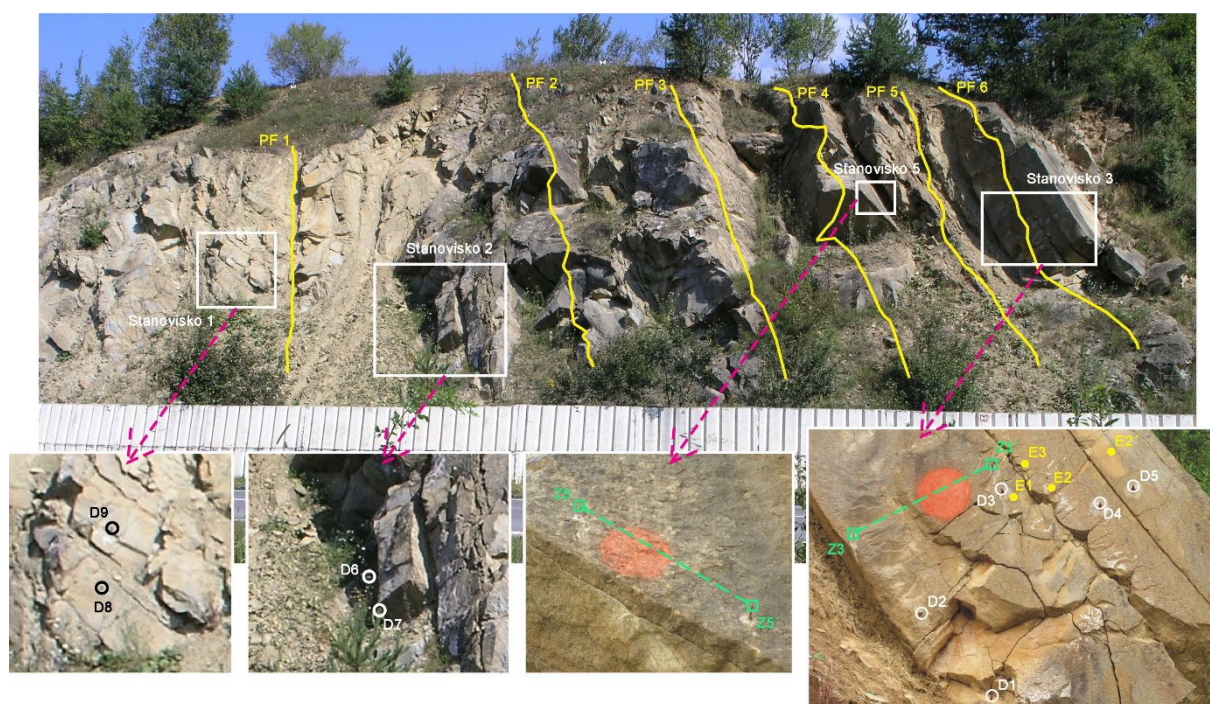
- 0,21 mm – nepochybne je to ovplyvnené aj časovým rozstupom medzi meraniami – 5,5 mesiaca. Aj keď uvedený odkryv bezprostredne neohrozuje žiadny objekt infraštruktúry, odporúčame pokračovať v hodnotení zvetrávania a rozvoľňovania, keďže ide o jedinú lokalitu tufov, pozorovanú v rámci monitoringu. Najbližšie meranie mikromorfologických zmien, na základe ktorého bude možné posúdiť ďalší vývoj procesu zvetrávania, bude realizované v roku 2023.

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 rozvoľňovanie 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 protiľahlej stene skalného zárezu;

Stanovište 5: body Z5 a Z5' na upevnenie meradla mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2021 a 2022

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2021 a 2022, sú zhrnuté v tab. 4.18.1.

Tab. 4.18.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Demjata v rokoch 2021 a 2022

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2021
Dilatometrické merania: – Dilatometer Somet	6	E1, E2, E3, E2', E4, E5	1 (26.október)	1 (30.jún)
– Meradlo posuvov	7	D1, D2, D3, D4, D5, D8, D9a	1 (26.október)	1 (30.jún)
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	16	2 stanovištia MZ	1 (28. jún)	1 (30. jún)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Kapušany (59220)	<i>Mesačné úhrny zrážok</i>	
Meranie počtu mrazových dní	2	Stanice SHMÚ Bardejov (11962), Prešov-vojsko (11955)	<i>Počet dní s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C</i>	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Dilatometrické merania

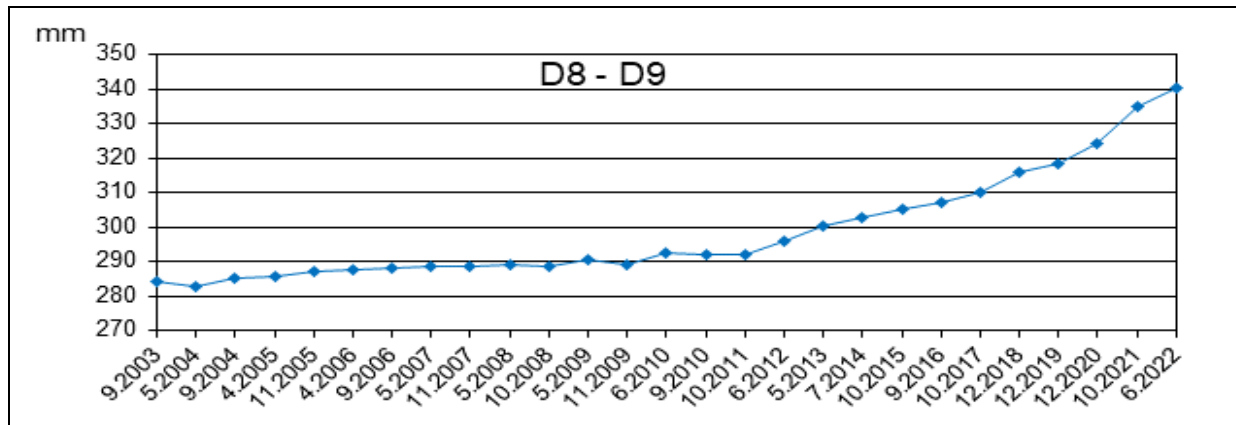
a1/ Dilatometer Somet

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.

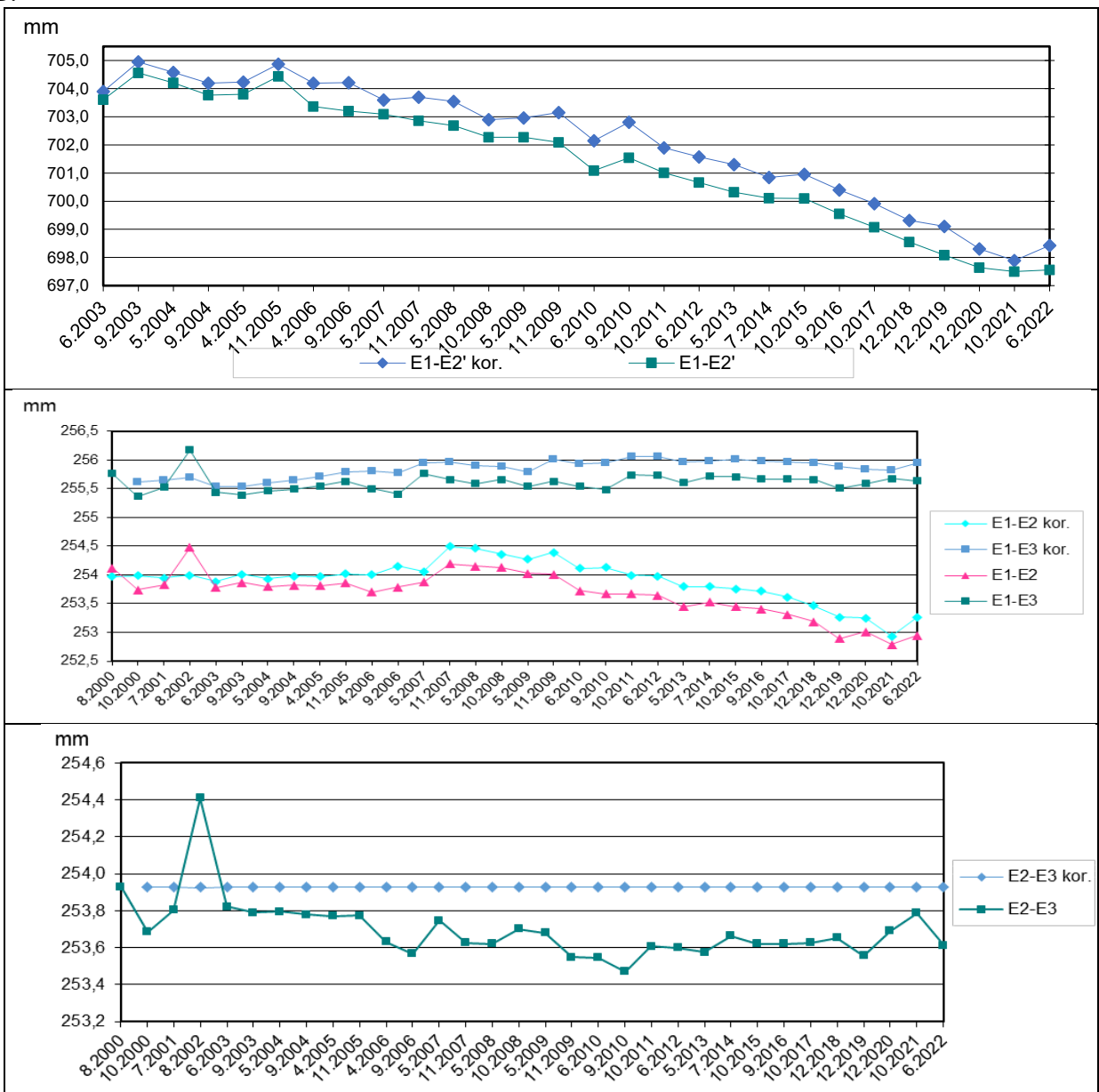
Na stanovišti č. 3 pokračoval v roku 2022 pohyb dvoch na sebe uložených skalných lavíc v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu. V monitorovacom cykle 2022 posuny okrajovej lavice stagnovali, pozorované bolo nepatrné zmenšenie rozvoľnenia o 0,05 mm, ktoré môže byť spôsobené teplotnými zmenami (profil E1 – E2'), v predchádzajúcom roku 2021 bol zaznamenaný posun 0,143 mm. V porovnaní s monitorovacími cyklami v rokoch 2021 a 2022 boli v rokoch 2016 až 2020 posuny tejto lavice intenzívnejšie a takmer kontinuálne v rozsahu od 0,5508 mm do 0,4367 mm za rok.

Pohyb uvoľneného horninového bloku v podloží okrajovej lavice bol v roku 2022 nepatrný. Na profile E1 – E2 bol zaznamenaný posun, ktorého výsledkom bolo zmenšenie rozvoľnenia o veľkosti 0,157 mm, čo je možné hodnotiť aj ako málo významnú rotáciu tohto bloku, alebo vplyv rôznych teplotných pomerov pri realizovaní monitorovacích meraní. Na profile E1 – E3 v roku 2022 naopak pohyb stagnoval resp. pozorované bolo nepatrné uvoľnenie bloku v tomto smere o 0,042 mm. V predchádzajúcom roku 2021 bol naopak zaznamenaný na profile E1 – E2 posun o 0,220 mm, ktorý znamenal zväčšenie rozvoľnenia oddeleného horninového bloku v horninovom masíve v podloží okrajovej lavice. Naopak, v profile E1 – E3 nedošlo k žiadnym zmenám, resp. bolo zaznamenané nepatrné zmenšenie rozvoľnenia 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 sú zabudované meracie body D8 a D9 (obr. 4.18.1). Skalný blok, na ktorom bol umiestnený bod stanovišťa č. 2, sa zrútil. 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 (ako je napr. profil na stanovišti č. 1). Vzhľadom na nižšiu presnosť metódy, výsledky meraní pohybu vplyvom rozvoľňovania skalných blokov nie je možné jednoznačne interpretovať.

Na stanovišti č. 1 pretrváva nezvratný trend uvoľňovania skalného bloku, ohrozenie cestnej premávky však nepredpokladáme. Rozvoľňovanie diskontinuity medzi bodmi D8 – D9 pokračovalo v roku 2022, zaznamenané bolo rozšírenie diskontinuity o 4,998 mm, v predchádzajúcom roku sa puklina rozšírila o 10,88 mm (obr. 4.18.2). Trend mierne zvýšenej intenzity pohybov je v tomto profile zaznamenávaný od roku 2012.

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 sa obnovili až v roku 2007 na dvoch profiloch (stanovište 3 s bodmi Z3 a Z3' a stanovište 5 s okrajovými bodmi Z5 a Z5' – obr. 4.18.3a, b).

Meraniami bol v profile 3 zaznamenaný celkový priemerný „ústup“ materiálu (za 15 rokov monitoringu) v masíve -0,11 mm a v profile 5 celkový priemerný „ústup“ masívu - 1,14 mm (obr. 4.18.3a, b). V porovnaní s meraním v roku 2021 bolo v profile 3 zaznamenané priemerné „pribúdanie“ masívu +0,86 mm. Z obr. 4.18.3a je zrejmé, že v dohľadnej budúcnosti dôjde v dôsledku zvetrávania k vypadnutiu tenkej dosky v rámci celého profilu III. V profile 5 (4.18.3b) došlo v období 2021 – 2022 k „ústupu“ masívu -1,83 mm, čím bola potvrdená prognóza z predchádzajúceho roku, ktorá predpokladala vypadnutie tenkej „šupiny“ v profile 5. Najbližšie meranie je plánované na rok 2023.

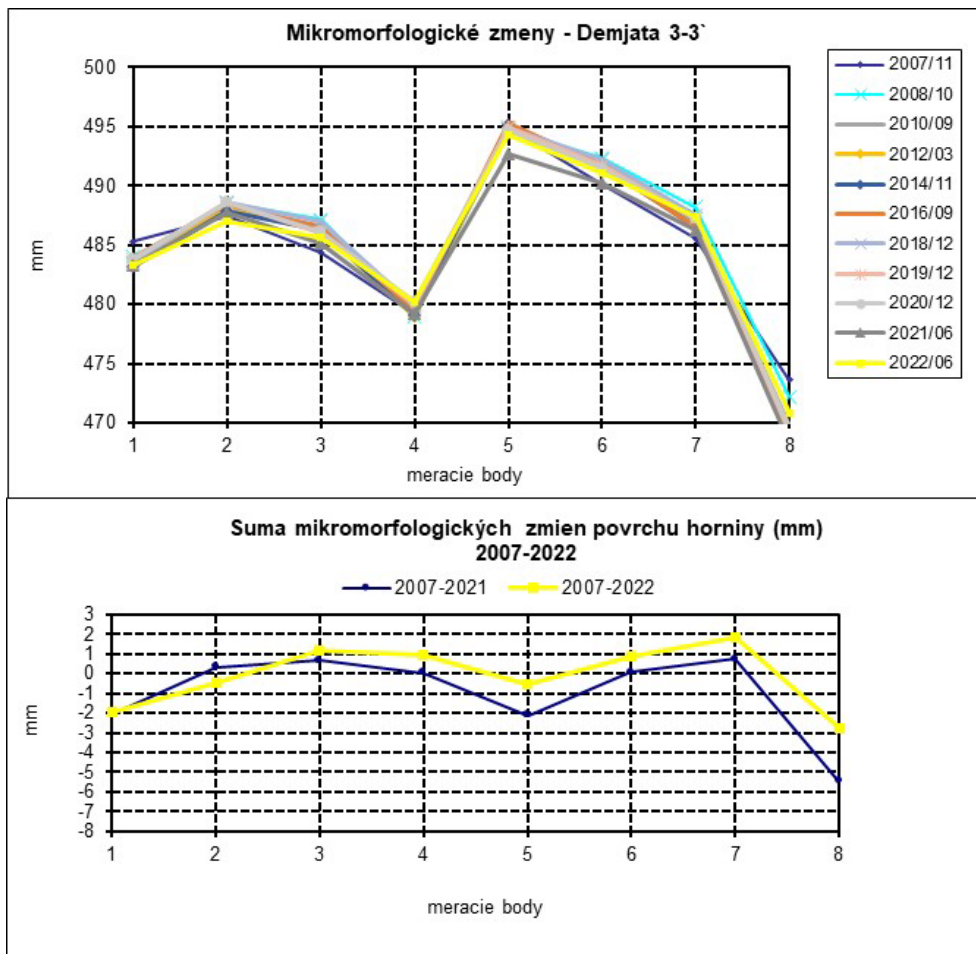
c/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Kapušany (indikatív 59220) v roku 2021 dosiahol hodnotu 686,1 mm. V roku 2022 úhrn zrážok klesol na 490,8 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 2020/2021 bol počet mrazových dní 105 t. j. 92,5 % dlhodobého priemeru (stanica Bardejov) a počet mrazových dní na stanici Prešov-vojsko bol 103, t. j. 85,7 % dlhodobého priemeru.

V zime 2021/2022 bol počet mrazových dní na stanici Bardejov 132 (116,3 % dlhodobého priemeru) a na stanici Prešov-vojsko 103 dní (110,71 % dlhodobého priemeru).

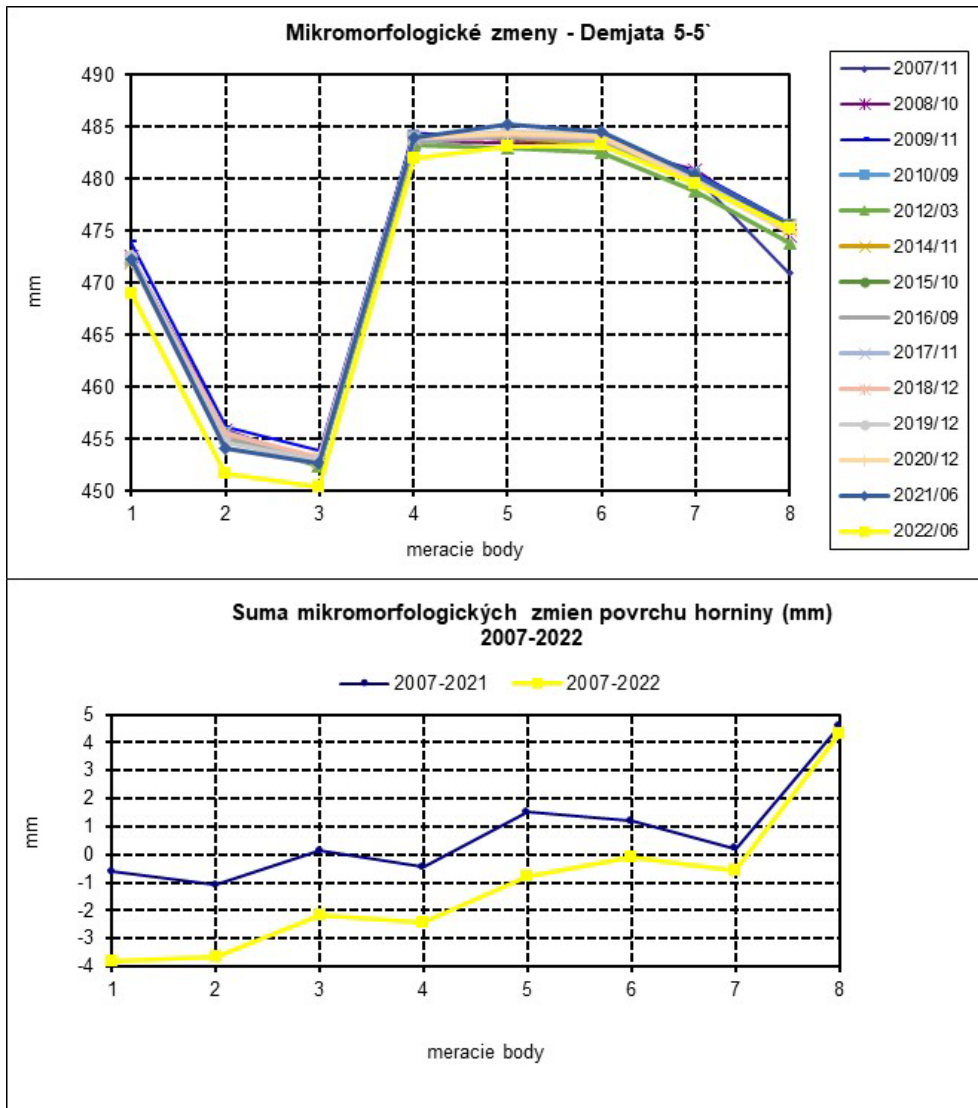


Obr. 4.18.3. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 – 2022) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Demjata v profile 3 – 3'.

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 Raslavíc a pokračuje aj rozvoľňovanie menšieho pozorovaného bloku (stanovište č. 1) na rovnakej strane zárezu cesty. 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 2023 pri relatívnom pozorovaní zmien v rámci masívu, a to predovšetkým dilatometriou typu Somet, doplnenou o informácie meraní mikromorfologických zmien skalnej steny.



Obr. 4.18.4. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 – 2022) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Demjata v profile 5 – 5'.

1.4.19. Lokalita Bratislava-Železná studnička

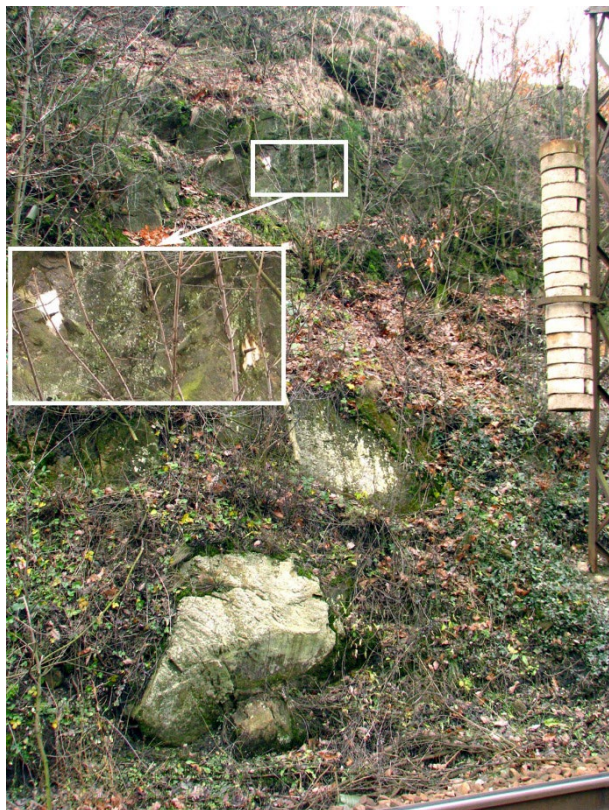
Stručná charakteristika lokality

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 2021 a 2022

V rokoch 2021 a 2022 bol zabezpečený zber klimatologických faktorov – zrážkové úhrny, teploty vzduchu, a najmä počty mrazových dní. Monitorovacie aktivity, realizované na lokalite v rokoch 2021 a 2022 sú zhrnuté v tab. 4.19.1.

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

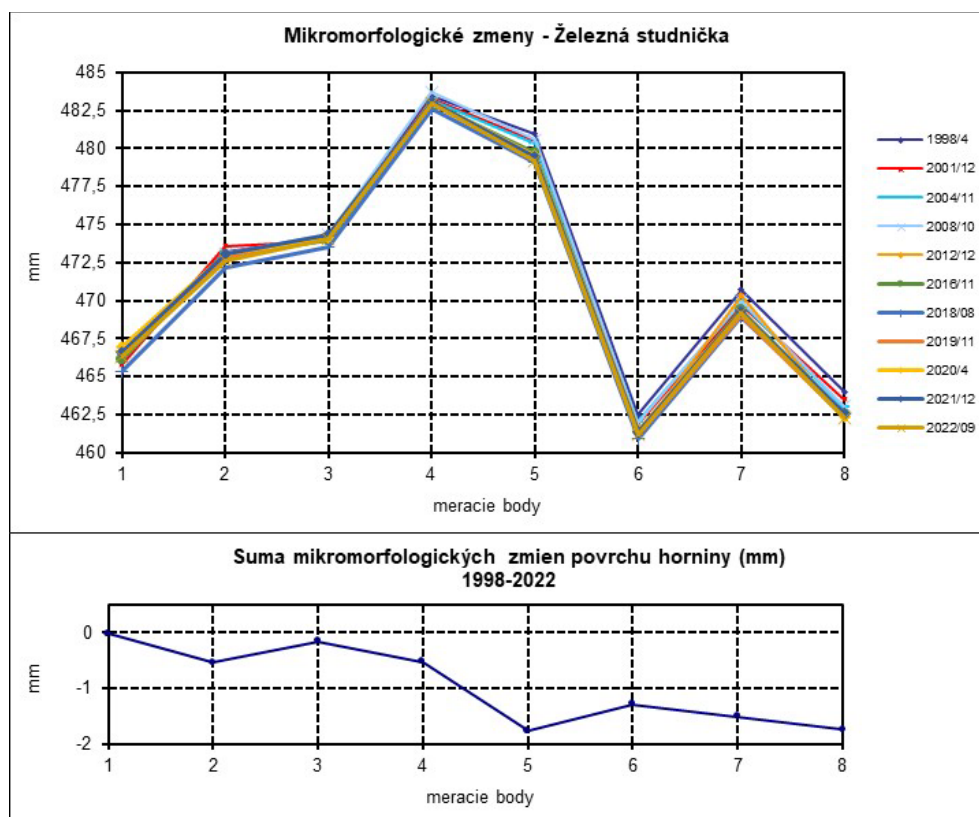
a/ Merania mikromorfologických zmien

V roku 2022 sa uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu granitoidov so severnou orientáciou pomocou meradla mikromorfologických zmien. Celkový priemerný úbytok za

24 rokov sledovania dosiahol $-0,94$ mm; priemerný ročný úbytok za sledované obdobie je $-0,04$ mm, pričom výraznejší úbytok, v intervale $-1,28$ mm až $-1,76$ mm, je charakteristický pre body 5 až 8 (obr. 4.19.2).

Tab. 4.19.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bratislava-Železná studnička v rokoch 2021 až 2022

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2022
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 (8. december)	1 (28. september)
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-Kolíba (indikatív 11813)	Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0°C	



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

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.

Počet mrazových dní zaznamenaných na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) nie je možné stanoviť, pretože v roku 2021 boli na stanici prerušené merania v mesiaci december. Z tohto dôvodu nie je možné vykonať analýzu počtu mrazových dní.

Na stanici SHMÚ Bratislava-Koliba (indikatív 11813) bolo počas zimy 2020/2021 zaznamenaných 45 mrazových dní a počas zimy 2021/2022 ich počet stúpol na 70 dní.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Procesy zvetrávania a rozvolňovania 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 2023 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 1 200 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 2021 a 2022

Podobne ako i v prípade ostatných lokalít, na ktorých sú monitorovacie aktivity zamerané predovšetkým na merania mikromorfologických zmien, boli posledné merania realizované v roku 2021, ako aj v roku 2022 (1 termín merania v roku 2021 a 1 termín merania v roku 2022, tab. 4.20.1). V oboch rokoch bola pozornosť venovaná zberu a analýze klimatologických ukazovateľov. Súhrnný prehľad monitorovacích aktivít, realizovaných v rokoch 2021 a 2022, je zhrnutý v tab. 4.20.1.

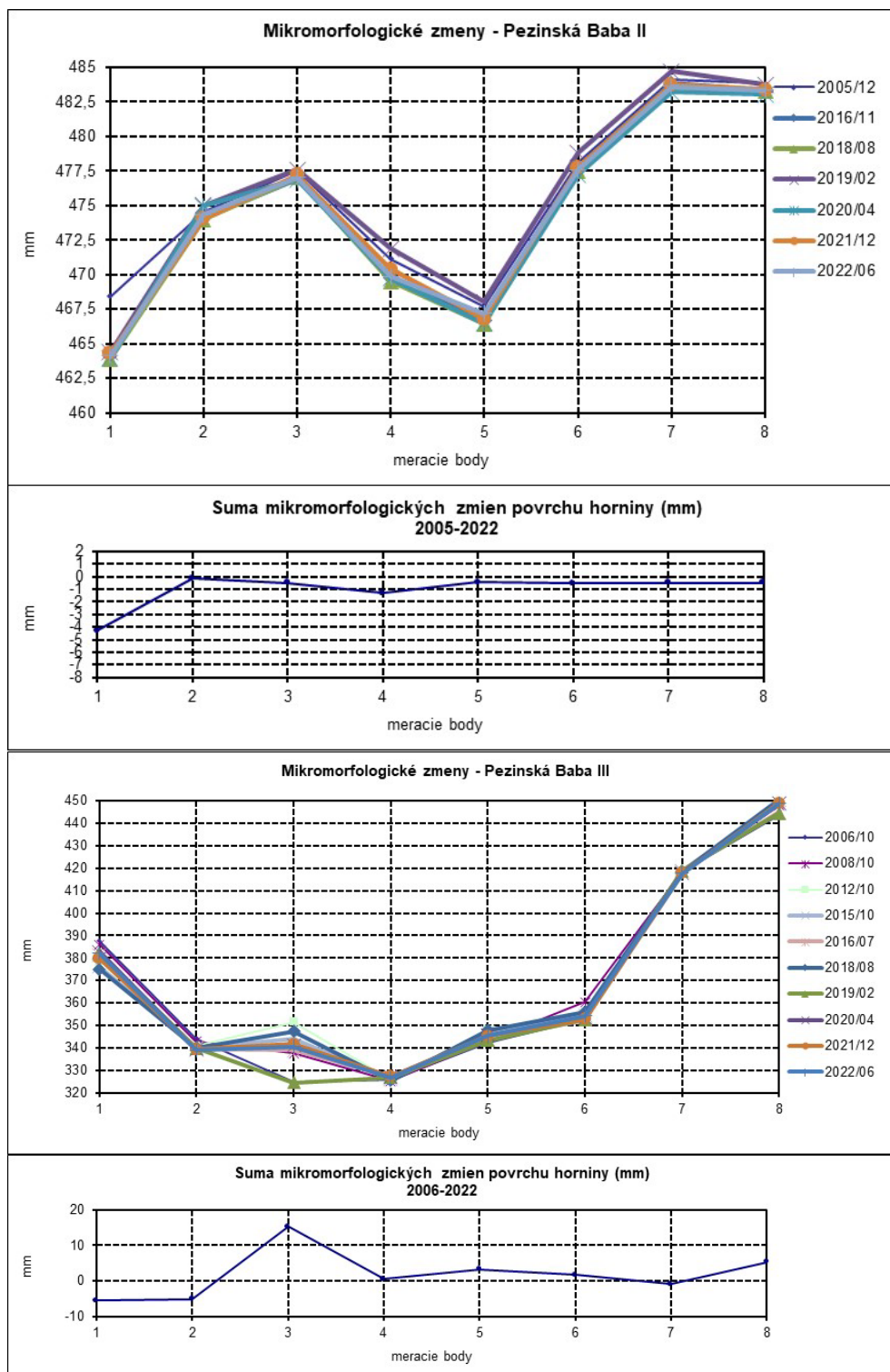
Tab. 4.20.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Pezinská Baba v rokoch 2021 a 2022

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2021	Rok 2022
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	16	2 stanovišťa MZ	1 (8. december)	1 (28. september)
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 2021 a 2022 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

V rokoch 2021 a 2022 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 (2005/2006 – 2022) mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny na lokalite Pezinská Baba, profily II (stanovište 2) a III (stanovište 3). Spodné grafy: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 2005/2006 – 2022).

Na profile II (obr. 4.20.2) bol v roku 2022 v porovnaní s rokom 2021 zaznamenaný „ústup“ horninového masívu (-0,06975 mm; $x_{\min} = -0,54$ mm, $x_{\max} = +0,3$ mm). Tento vývoj potvrdil predpoklad z predchádzajúceho hodnoteného obdobia (rok 2021), kedy sme predpokladali „výrazné“ odlúpenie v blízkej budúcnosti (vplyvom klimatických faktorov) pozdĺž plôch bridličnatosti. Priemerná hodnota ročného úbytku za celé sledované obdobie (17 rokov) predstavuje -0,06132 mm. Celkový priemerný úbytok na profile II je -1,0425 mm.

V porovnaní s rokom 2021 bola potvrdená výraznejšia zmena v konfigurácii profilu III (obr. 4.20.2). V bode 3 toho profilu sme zaznamenali výrazný prírastok masívu = +15,34 mm. Avšak, zatiaľ sa nepotvrdil predpoklad z predchádzajúceho hodnotenia z roku 2021, že príde k odlúpnutiu väčšieho úloмку pozdĺž plochy bridličnatosti. Predpokladáme však, že v dohľadnej dobe sa tak udeje.

V rámci celého profilu III tak priemerná hodnota prírastku masívu v perióde 2017 – 2018 dosiahla +2,81 mm, v perióde 2019 – 2020 sme zaregistrovali pomerne výrazný priemerný prírastok masívu +2,915 mm, v roku 2021 – 2022 pribúdanie masívu činilo v priemere +0,165 mm. Priemerný prírastok za celé monitorované obdobie (16 rokov) dosiahol hodnotu +1,815 mm; priemerný ročný prírastok bol +0,113 mm (tieto hodnoty sú však výrazne ovplyvnené extrémnym prírastkom v bode 3, obr. 4.20.2).

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050) v roku 2021 dosiahol 700,6 mm. V roku 2022 klesol zrážkový úhrn na uvedenej stanici na hodnotu 617,1 mm.

Počet mrazových dní v zime 2020/2021 bol 58 (stanica Modra-Piesok, indikatív 11833), v zimnom období 2021/2022 ich počet stúpol na 90.

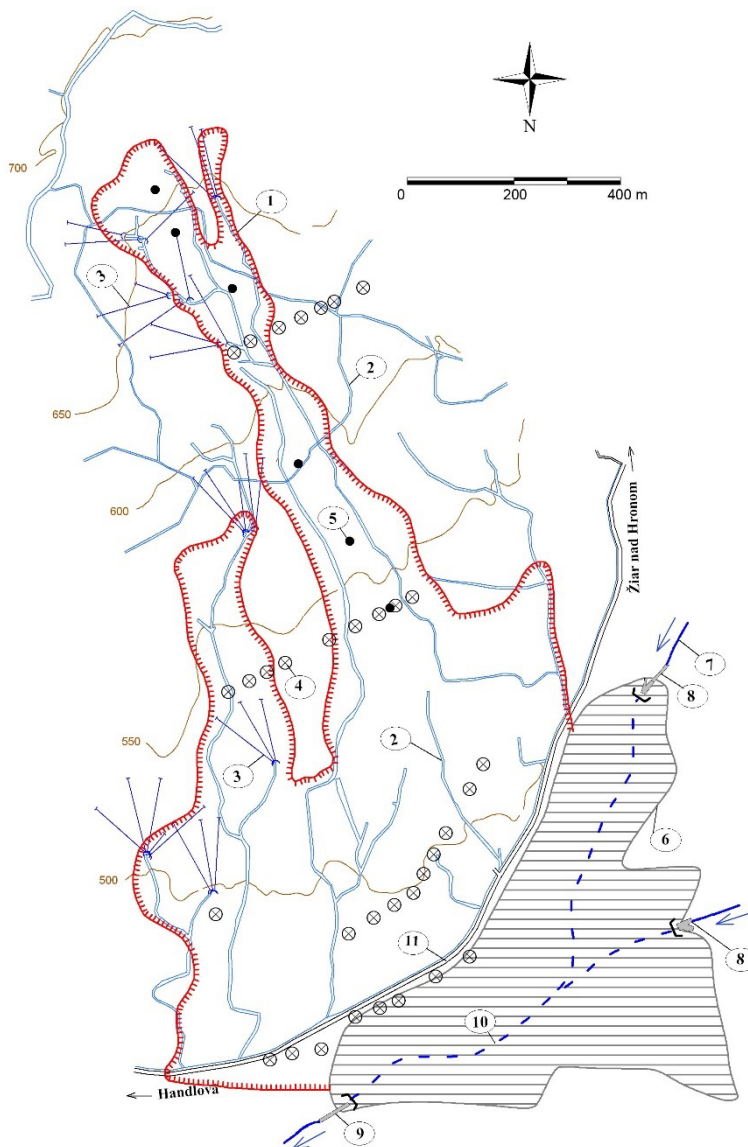
Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Vzhľadom na priamy kontakt skalnej steny odrezu s frekventovanou cestnou komunikáciou, ktorá je na viacerých úsekoch postihnutá aj zosúvaním, považujeme za potrebné v roku 2023 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 bloky, ktoré padajú na cestnú komunikáciu a ohrozujú dopravu.

1.4.21. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp

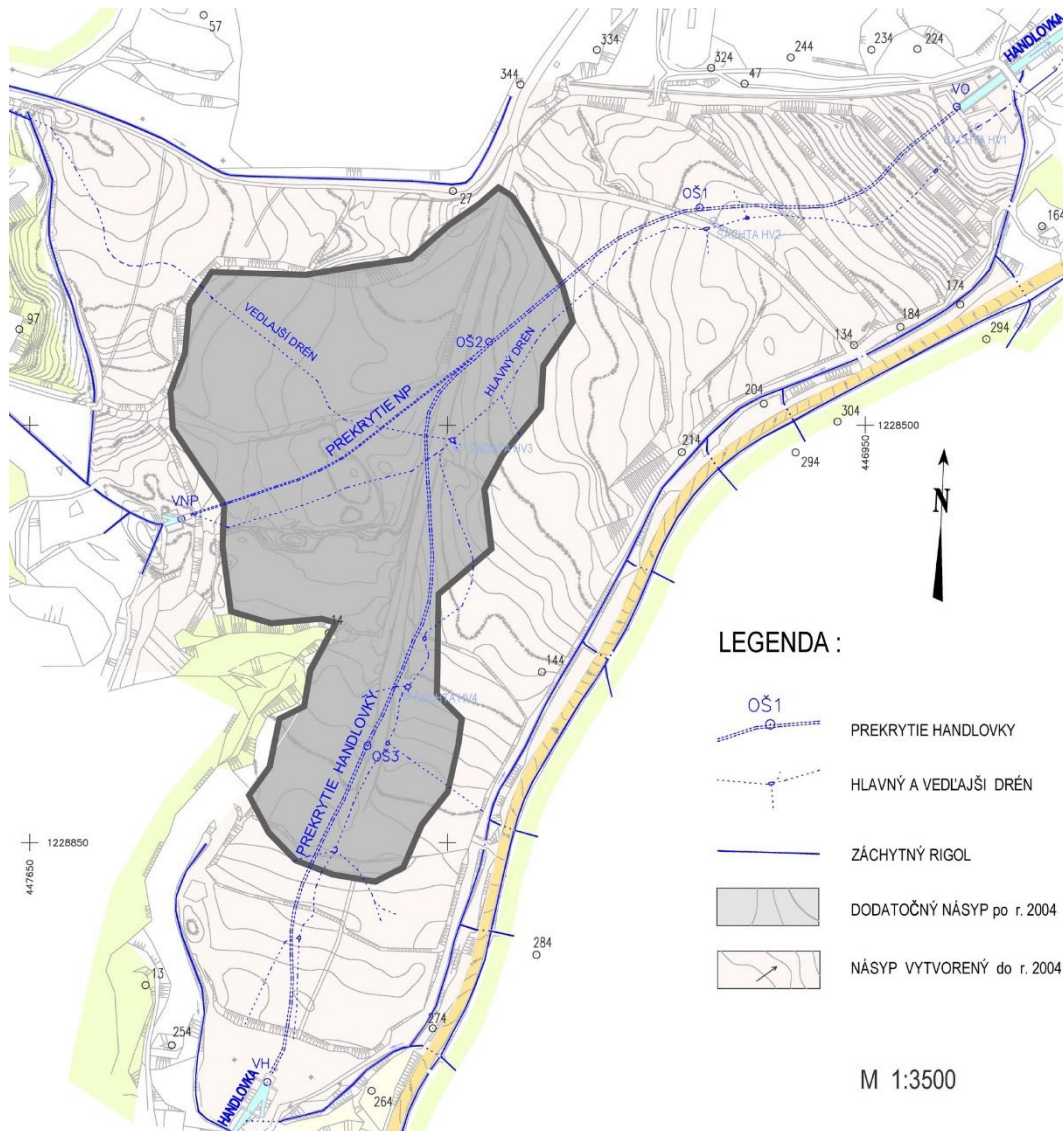
Stručná charakteristika lokality

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 oboch 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 zo 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 pieskocov 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 2021 a 2022

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2021 a 2022 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 2021 a 2022

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2021	2022
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)	52 (1x za týždeň)
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

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2021 a 2022 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 oboch hodnotených rokov boli monitorovacie merania zabezpečované v týždennom režime, teda realizovaných bolo 2 x 52 meraní (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 a 4.21.8. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody za obdobie rokov 2013 až 2022 je znázornený na obr. 4.21.9, 4.21.10, 4.21.11, 4.21.12 a 4.21.13.

V roku 2021 prebiehali monitorovacie merania od 8. januára do 30. decembra. Počas uvedeného obdobia bola maximálna hladina podzemnej vody zaznamenaná, podobne ako i v predchádzajúcich rokoch, vo vrte N-1 (0,44 m nad terénom – 489,69 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný 5. februára. Vrt sa nachádza nad cestou E572 v čele zosuvu z rokov 1960/1961. Pomerne vysoko, v rovnakom termíne, vystúpila hladina podzemnej vody i vo vrtoch M-2 (0,24 m pod terénom – 539,61 m n. m.), N-3 (0,25 m pod terénom – 498,51 m n. m.), N-4 (0,30 m pod terénom – 506,86 m n. m.). Vrty N-3 a N-4 sa podobne ako vrt N-1 nachádzajú na pravom brehu rieky Handlovky v telese zosuvu z rokov 1960/1961, avšak vrt M-2 je situovaný na protiľahlom svahu. V rovnakom termíne (5. februára) bola nameraná maximálna hladina podzemnej vody aj vo vrtoch H-5 a H-7. Počas hodnoteného roka sa k úrovni terénu priblížila aj hladina podzemnej vody vo vrte N-2, a to v prvej polovici januára (vrt sa nachádza v blízkosti objektu N-1, situovaný je vyššie vo svahu). Výskyt maximálnych hladín bol prevažne spojený so zimným obdobím (2020/2021 – január až marec – v tomto období sa max. hladiny podzemnej vody vyskytli až v 15 vrtoch), resp. jarným

obdobím (21. máj – počas tohto termínu bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná vo 8 vrtoch). Len ojedinele boli namerané max. hladiny podzemnej vody aj v zimnom období 2021/2022 – december – 2 vrty. Interval maximálnych hladín v roku 2021 bol od už spomenutej úrovne 0,44 m nad terénom až do 14,67 m pod terénom (PV-107 – vrt sa nachádza v severnej časti telesa násypu – hrádza).

K prekročeniu, resp. dosiahnutiu dlhodobých maximálnych hladín podzemnej vody, nameraných počas monitorovaného obdobia, nedošlo. Rovnako nedošlo ani k prekročeniu maximálnych stavov, zaznamenaných v hodnotenom desaťročnom období (2012 – 2021).

Výskyt minimálnych stavov hladiny podzemnej vody bolo možné pozorovať už od marca, avšak najpočetnejšie v novembri (v 11 vrtoch) a decembri (v 7 vrtoch). Minimálne stavy, počas ktorých hĺbka hladiny podzemnej vody klesla hlbšie ako 10 m pod terénom, boli dokumentované vo vrtoch NV-112, NV-110, PV-112, INV-4, IN-4 a PV-107 (v intervale 10,38 až 17,53 m pod terénom). Zo stabilitného hľadiska považujeme za nepriaznivé tie hladiny podzemnej vody, ktoré sa počas minimálneho stavu nachádzali v blízkosti terénu. Ide o vrty N-1 a M-2. V uvedených vrtoch sa hladiny podzemnej vody v čase minimálnych stavov nachádzali v hĺbkach 0,41 a 1,66 m pod terénom.

Z obr. 4.21.4 až 4.21.8 vyplýva, že vývoj hladín podzemnej vody v roku 2021, sledovaný v jednotlivých piezometrických vrtoch, je možné charakterizovať ako zostupný s výraznejším kolísaním podzemnej vody v zimných a jarných mesiacoch.

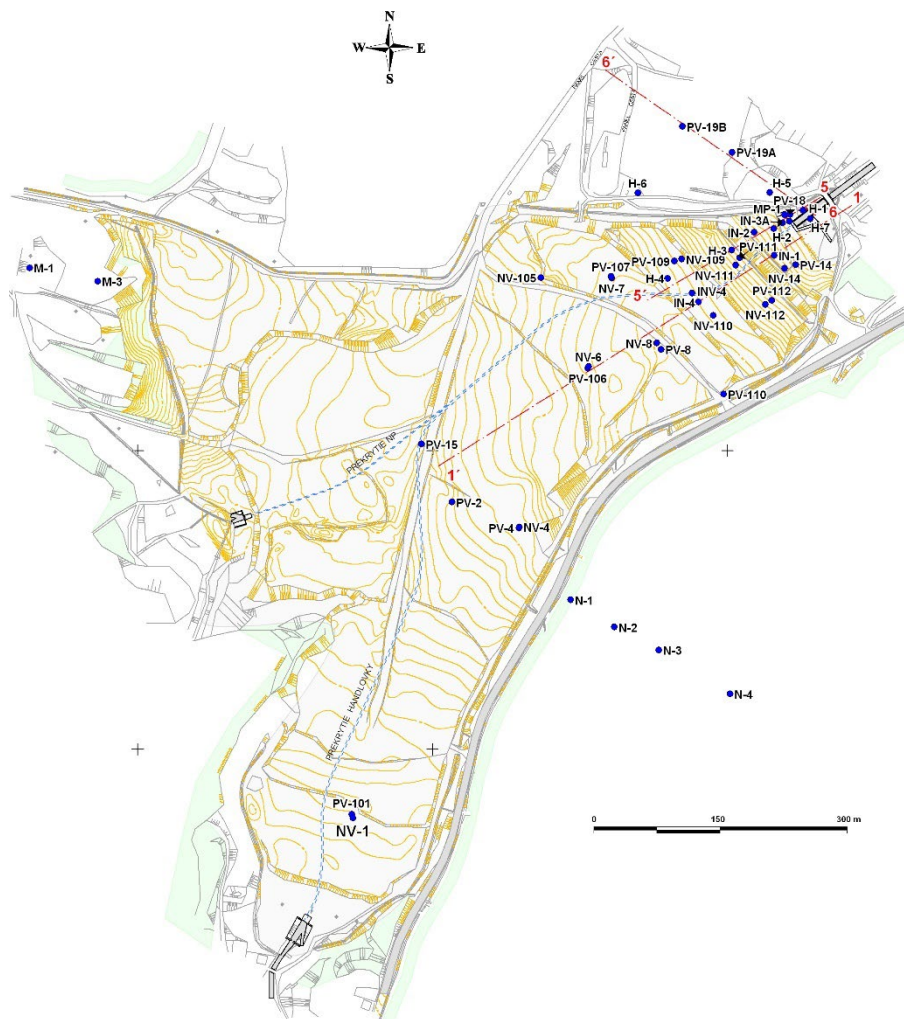
Tab. 4.21.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2021

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	2,21	452,68	21. 5. 2021	4,67	450,22	26. 11. 2021	4,36	450,53	2,46	
H-2	52	8,90	452,57	29. 1. 2021	9,62	451,85	26. 11. 2021	9,30	452,17	0,72	
H-3	52	5,80	464,00	21. 5. 2021	8,81	460,99	17. 12. 2021	6,32	463,48	3,01	
H-5	52	2,57	458,27	5. 2. 2021	7,92	452,92	26. 11. 2021	6,14	454,70	5,35	
H-7	52	3,14	450,84	5. 2. 2021	3,93	450,05	26. 11. 2021	3,56	450,42	0,79	
IN-1	52	4,84	458,22	21. 5. 2021	6,94	456,12	17. 12. 2021	6,12	456,94	2,10	
IN-3A	52	7,88	452,72	29. 1. 2021	8,53	452,07	26. 11. 2021	8,24	452,36	0,65	
IN-4	52	12,28	464,80	29. 1. 2021	17,52	459,56	17. 12. 2021	14,19	462,89	5,24	
INV-4	52	12,09	465,02	29. 1. 2021	12,83	464,28	23. 12. 2021	12,28	464,82	0,74	
M-1	52	1,72	515,01	3. 12. 2021	4,89	511,84	16. 7. 2021	3,85	512,88	3,17	
M-2	52	0,24	539,61	5. 2. 2021	1,66	538,19	26. 11. 2021	0,95	538,90	1,42	
M-3	52	1,49	506,40	17. 12. 2021	4,10	503,79	2. 7. 2021	1,92	505,97	2,61	
N-1	52	-0,44	489,69	5. 2. 2021	0,41	488,84	15. 10. 2021	0,14	489,11	0,85	
N-2	52	0,73	494,82	8. 1. 2021	2,29	493,26	5. 11. 2021	1,54	494,01	1,56	
N-3	52	0,25	498,51	5. 2. 2021	2,19	496,57	9. 7. 2021	1,07	497,69	1,94	
N-4	52	0,30	506,86	5. 2. 2021	3,58	503,58	17. 9. 2021	1,83	505,33	3,28	
NV-110	52	4,16	472,91	21. 5. 2021	11,56	465,51	30. 12. 2021	7,22	469,85	7,40	
NV-111	52	8,21	462,17	12. 3. 2021	9,11	461,27	26. 11. 2021	8,95	461,43	0,90	
NV-112	52	10,07	461,05	12. 2. 2021	10,38	460,74	23. 12. 2021	10,22	460,90	0,31	
PV-107	52	14,67	467,68	21. 5. 2021	17,53	464,82	30. 12. 2021	16,16	466,19	2,86	
PV-109	52	7,87	469,17	21. 5. 2021	suchý						
PV-111	52	7,98	461,99	29. 1. 2021	8,93	461,04	12. 3. 2021	8,29	461,68	0,95	
PV-112	52	9,68	460,59	29. 1. 2021	12,52	457,75	26. 11. 2021	10,98	459,29	2,84	
PV-14	52	3,30	458,51	21. 5. 2021	4,35	457,46	26. 11. 2021	4,05	457,76	1,05	
PV-4	52	8,56	482,42	21. 5. 2021	9,51	481,47	26. 11. 2021	9,27	481,70	0,95	

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2021 bola 6,62 m pod terénom, čo v porovnaní s predchádzajúcim rokom predstavuje zostup o 0,81 m. Ako už bolo naznačené, najplytšie pod terénom sa hladina podzemnej vody v roku 2021 držala vo vrte N-1. Jej priemerná hladina dosiahla 0,14 m pod terénom. Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody kolísala vo vrte PV-107 (s priemernou hĺbkou 16,16 m po terénom; Ondrejka et al., 2022).

Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte NV-110 (7,40 m). V dvoch vrtoch (IN-4 a H-5) amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody dosiahla viac ako 5 m. Naopak, minimálne zmeny hladiny podzemnej vody boli pozorované vo

vrtoch: NV-112, IN-3A, H-2, INV-4, H-7, N-1, NV-111, PV-4 a PV-111, pričom kolísanie dosahovalo od 0,31 do 0,95 m.

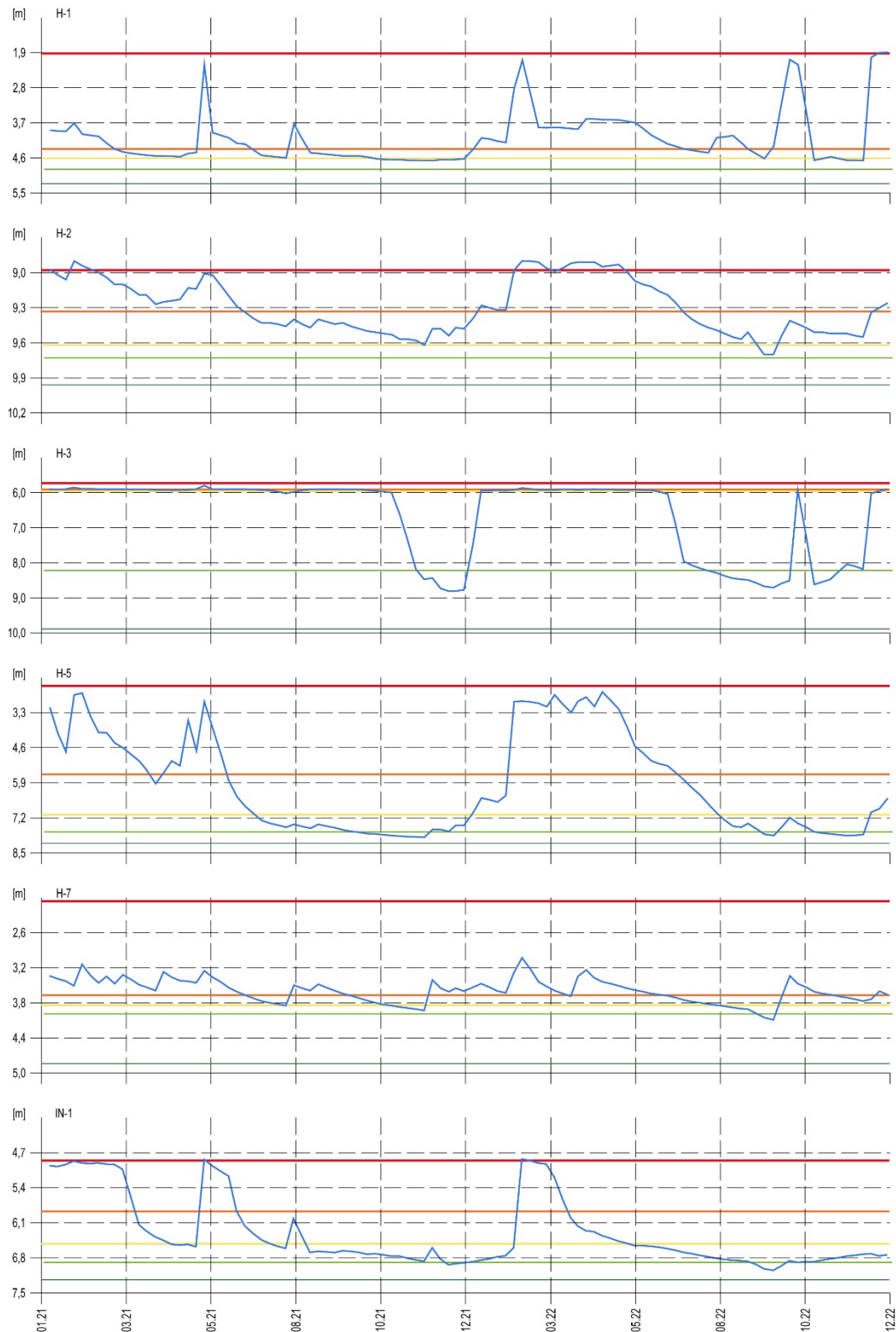


Obr. 4.21.3. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp. Situovanie vrto, určených na meranie hĺbky hladiny podzemnej vody.

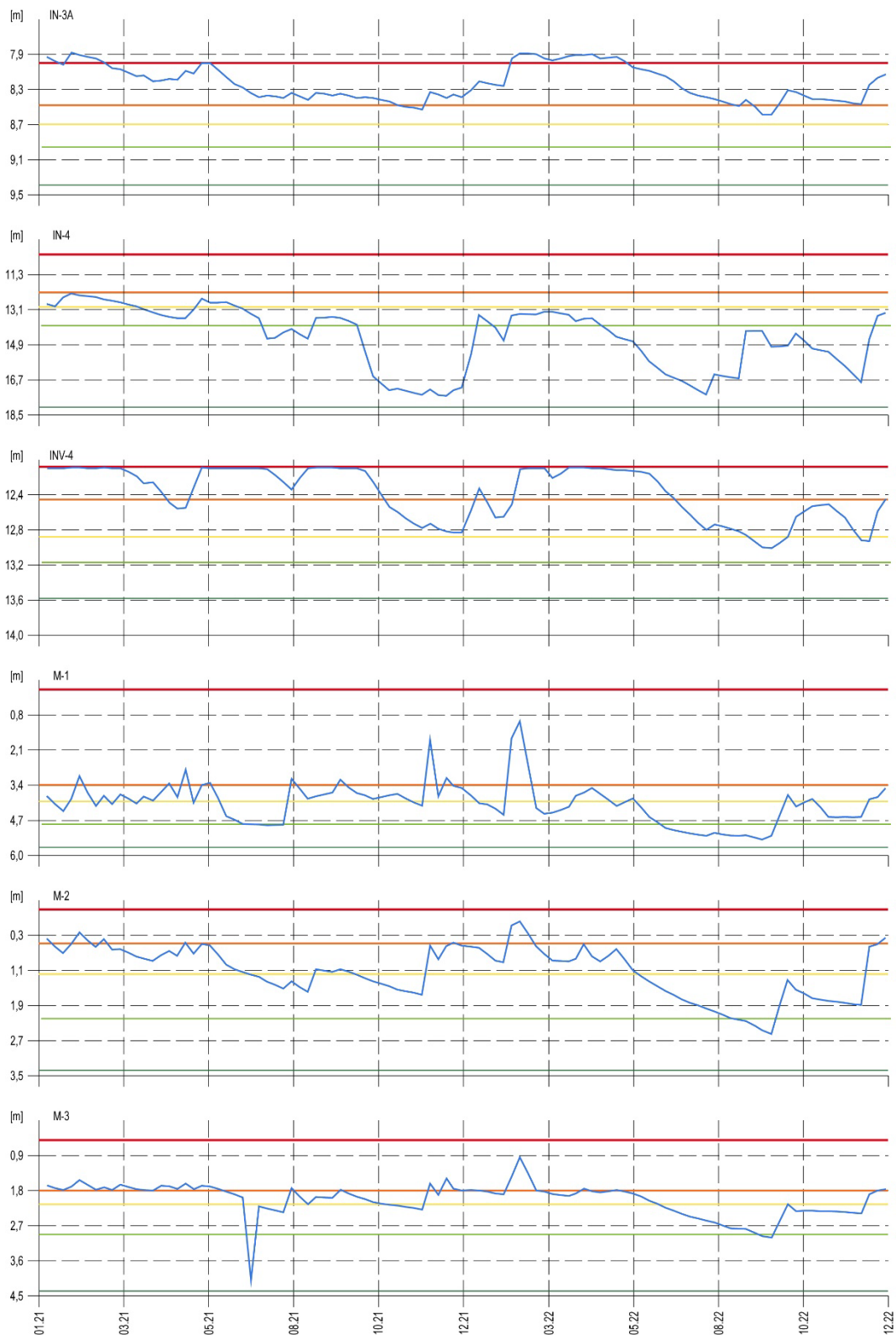
V roku 2022 boli režimové merania realizované od 7. januára do 29. decembra. Na základe analýzy výsledkov meraní je možné konštatovať, že i v hodnotenom roku bola najvyššia hladina podzemnej vody nameraná vo vrte N-1 (0,43 m nad terénom – 18. február). Hladina vo vrte má výrazný vztlačový charakter a 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). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v tomto vrte v roku 2022 dosiahla 1,30 m pod terénom. Do blízkosti úrovne terénu sa hladiny podzemnej vody dostali i vo vrtoch N-4, N-3 a M-3. Maximálne hladiny v týchto vrtoch sa nachádzali v intervale od 0,01 do 0,95 m pod terénom a ich výskyt 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, podobne, ako v predchádzajúcom roku, nedošlo.

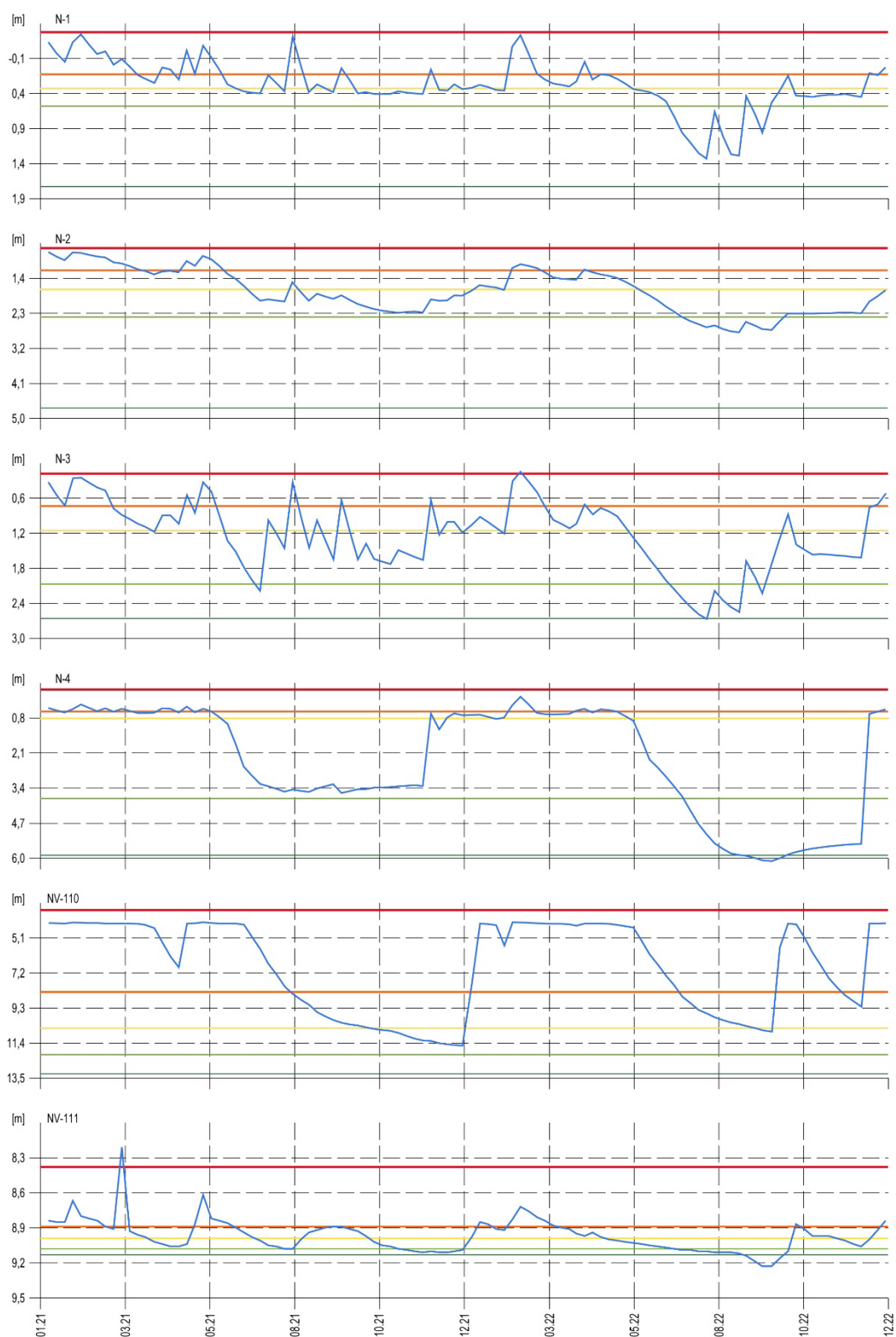
Rovnako, nedošlo ani k prekročeniu maximálnych stavov, zaznamenaných v hodnotenom desaťročnom období (2013 – 2022).



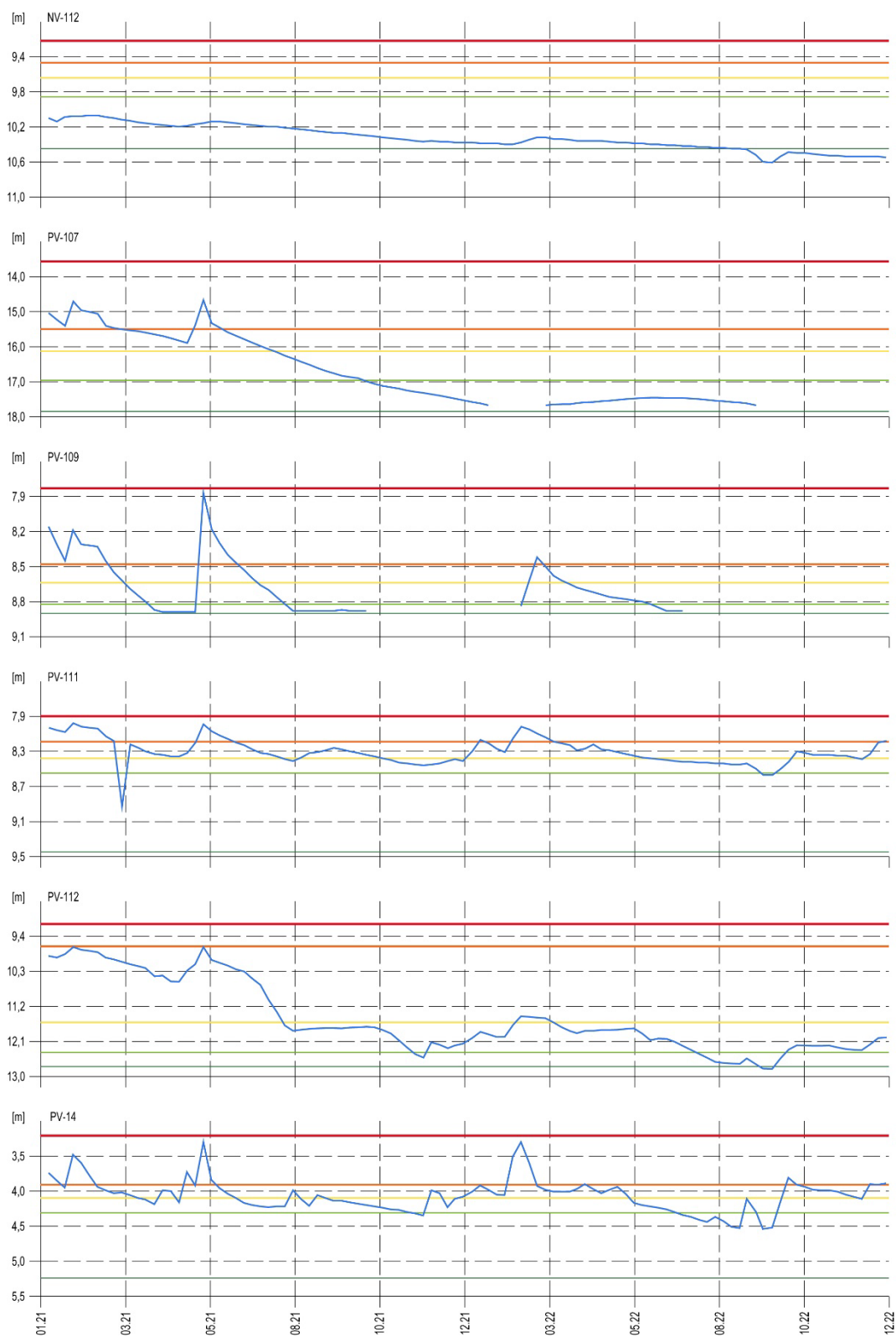
Obr. 4.21.4. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2021 a 2022 vo vrtoch: H-1, H-2, H-3, H-5, H-7, IN-1, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.21.5. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2021 a 2022 vo vrtoch: IN-3A, IN-4, INV-4, M-1, M-2, M-3, 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. 4.21.6. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2021 a 2022 vo vrtoch: N-1, N-2, N-3 a N-4, NV-110, NV-111, 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.



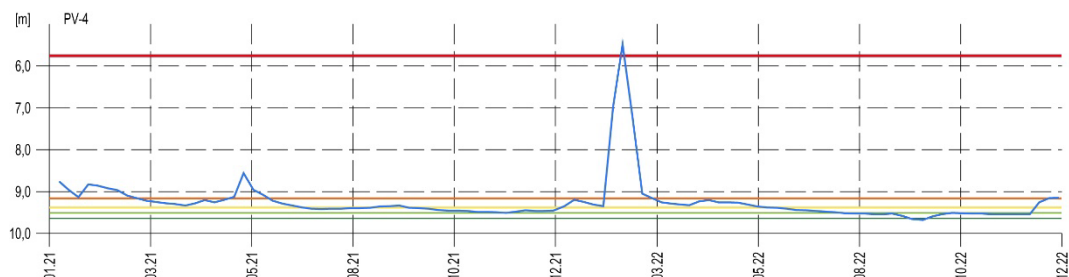
Obr. 4.21.7. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2021 a 2022 vo vrtoch: NV-112, PV-107, PV-109, PV-111, PV-112 a PV-14, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

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). Navyac, vrt PV-107 bol počas 21 meraní suchý. Ešte častejšie bol suchý vrt PV-109, a to až 30-krát.

Tab. 4.21.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2022

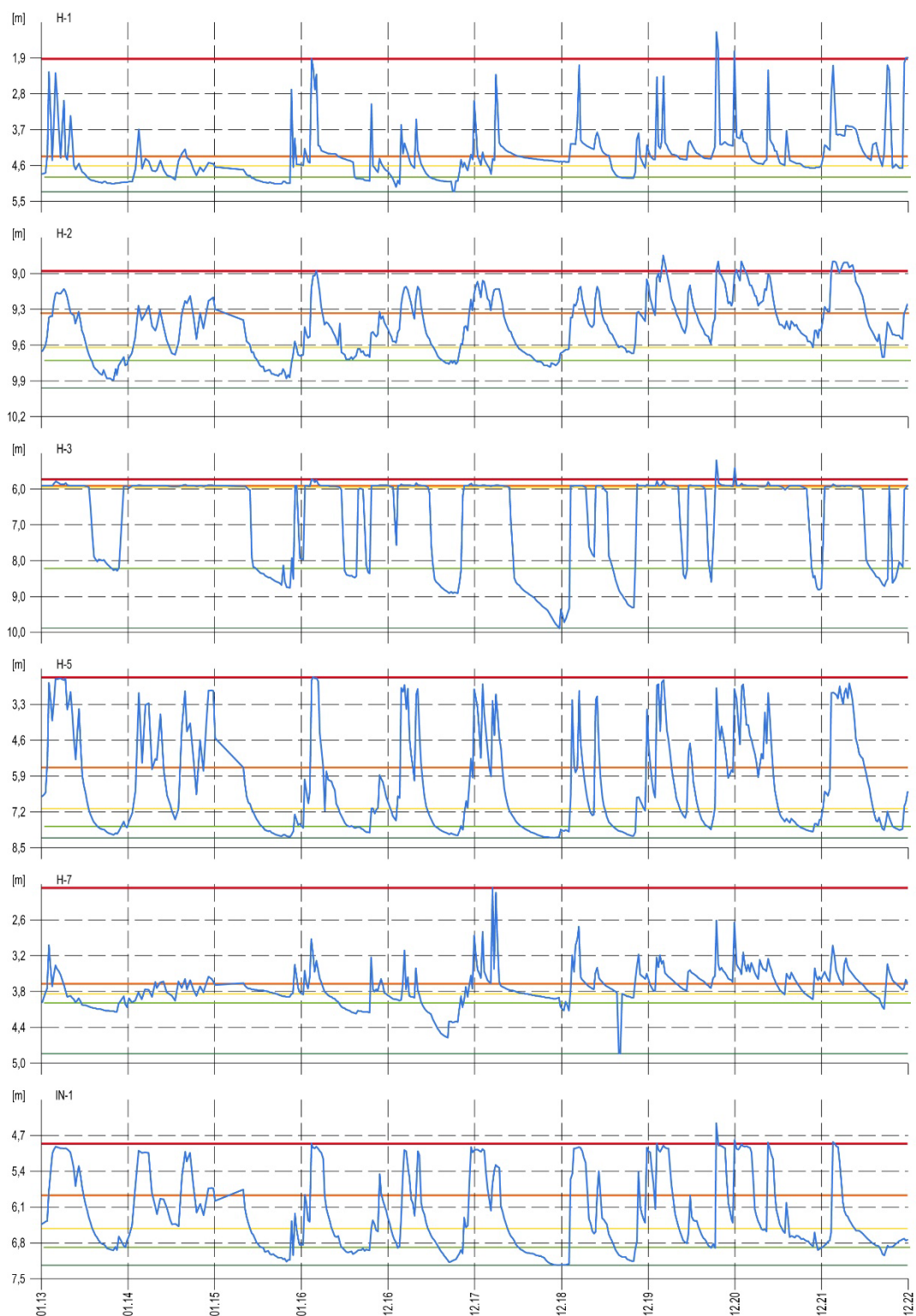
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Mín. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]	
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]		
H-1	52	1,89	453,00	29. 12. 2022	4,67	450,22	8. 12. 2022	3,82	451,07	2,78	
H-2	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	



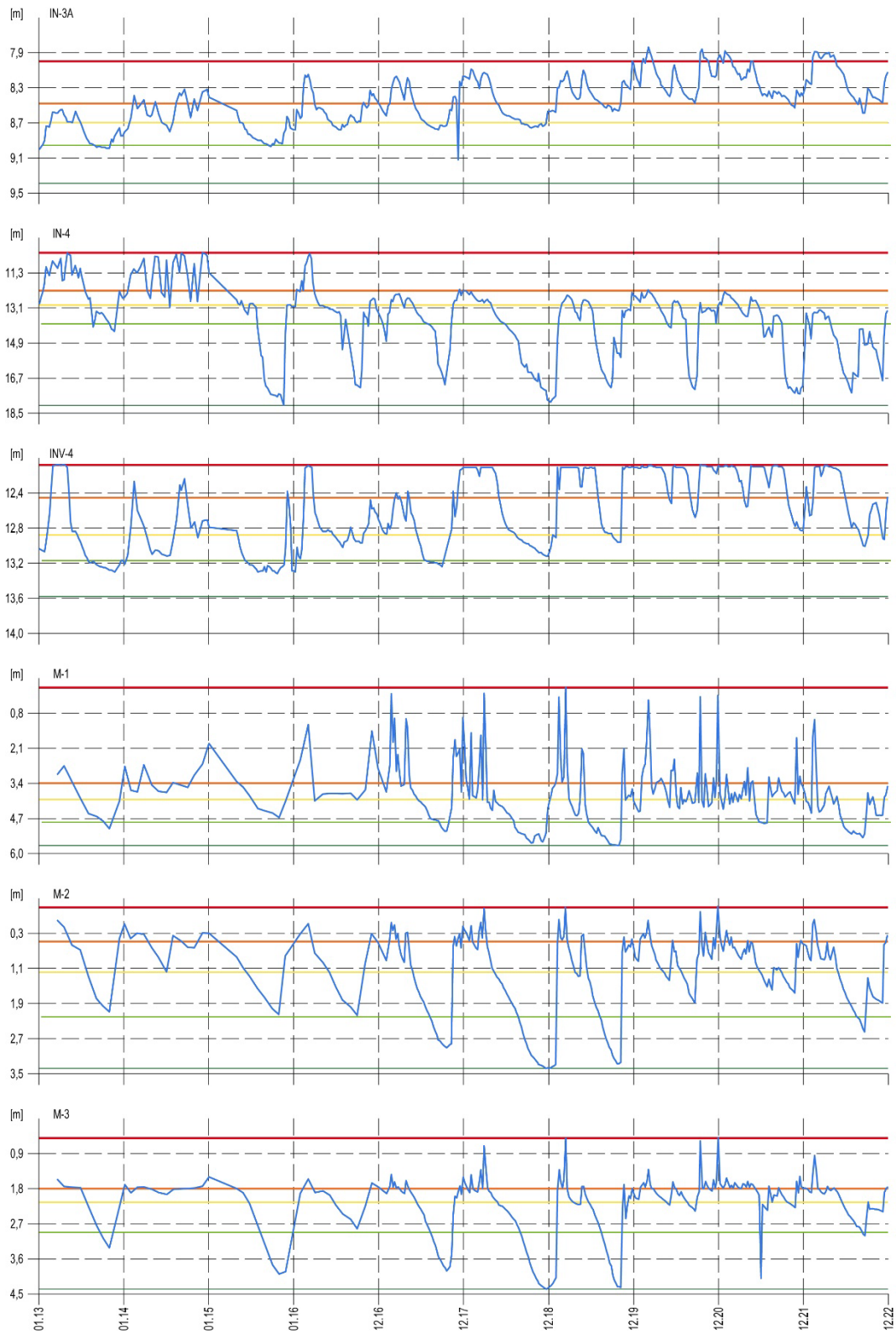
Obr. 4.21.8. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2021 a 2022 vo vrte PV-4, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

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.

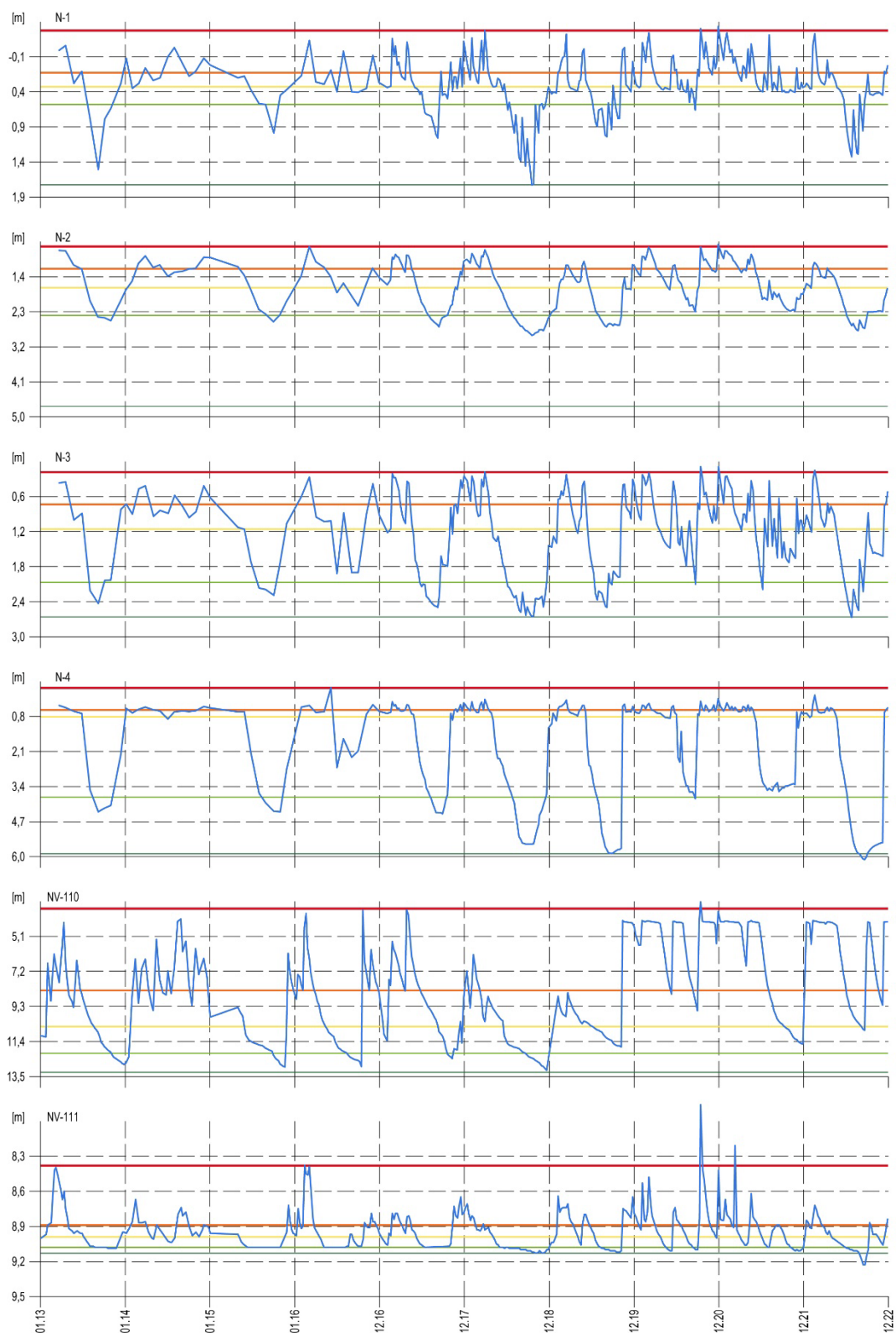
Priemerná hladina podzemnej vody odvodená v priestore Stabilizačného násypu v roku 2022 dosiahla hĺbku 6,88 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny zostup, a to o 0,26 m.



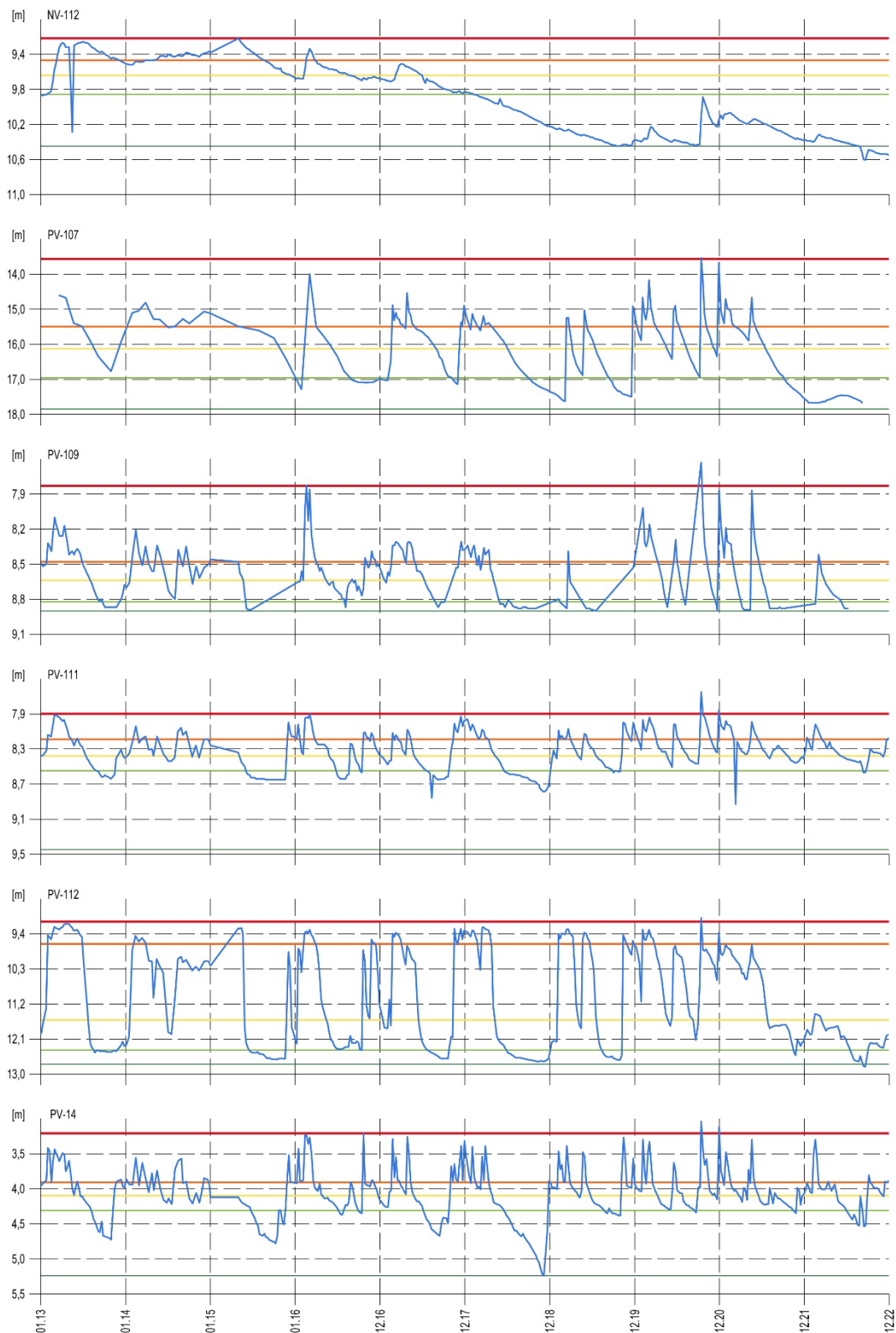
Obr. 4.21.9. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2013 až 2022 vo vrtoch: H-1, H-2, H-3, H-5, H-7 a IN-1 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.21.10. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2013 až 2022 vo vrtoch: IN-3A, IN-4, INV-4, 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.



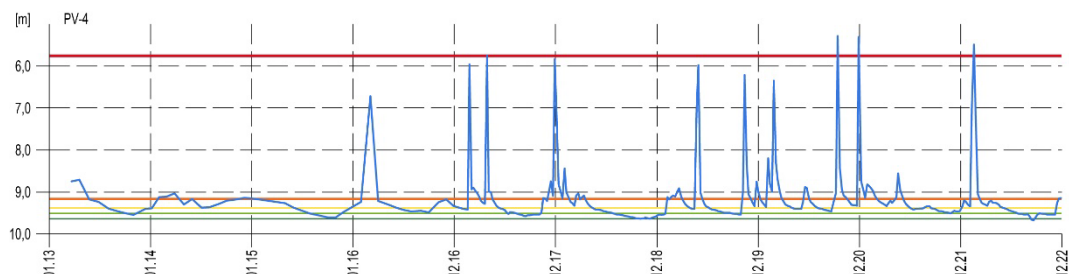
Obr. 4.21.11. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2013 až 2022 vo vrtoch: N-1, N-2, N-3, N-4, NV-110 a NV-111 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.21.12. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2013 až 2022 vo vrtoch: NV-112, PV-107, PV-109, PV-111, PV-112 a PV-14 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. 4.21.9, 4.21.10, 4.21.11, 4.21.12 a 4.21.13 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.



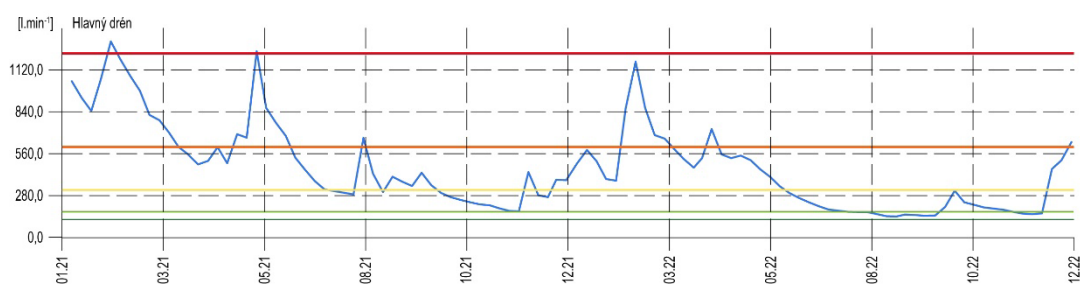
Obr. 4.21.13. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2013 až 2022 vo vrte PV-4 a porovnanie so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – 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 v hodnotených rokoch 2021 a 2022 zabezpečované s týždennou frekvenciou, teda podobne ako pri piezometrických vrtoch boli zabezpečené 52 krát za rok (tab. 4.21.1, 4.21.4 a 4.21.5). Kolísanie prietoku v odvodňovacom dréne, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, sú znázornené na obr. 4.21.14. Dlhodobý vývoj výdatnosti (obdobie rokov 2013 až 2022) je znázornený na obr. 4.21.15.

Tab. 4.21.4. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacieho zariadenia (Hlavného drénu) na lokalite Stabilizačný násyp Handlová v roku 2021

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	1312,80	5. 2. 2021	175,80	26. 11. 2021	551,50	1137,00



Obr. 4.21.14. Priebeh výdatnosti (Q) Hlavného drénu v rokoch 2021 a 2022 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.

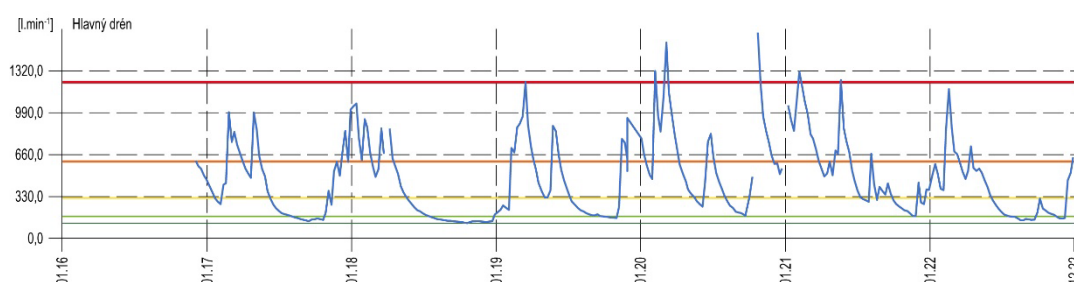
V roku 2021 bola maximálna výdatnosť nameraná 5. februára po dosiahnutí maximálnych stavov hladiny podzemnej vody v januári a februári a dosahovala hodnotu 1312,80 l.min⁻¹. Zaznamenané vzostupy prietoku v zimnom a jarnom období presiahli, resp. dosiahli maximálnu nameranú hodnotu v období rokov 2016 až 2019. Naopak, najnižšie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané v novembri – minimálna hodnota 175,80 l.min⁻¹ zo dňa 26. novembra. V tomto termíne boli v desiatich vrtoch namerané aj najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody.

Priemerná hodnota výdatnosti drenážneho objektu v období roka 2021 dosiahla 551,50 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 57,25 l.min⁻¹ (Ondrejka et al., 2022).

V roku 2022 bol najvyšší prietok na odvodňovacom zariadení zaznamenaný 18. februára (1176,60 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 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 °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 l.min⁻¹, čo v porovnaní s rokom 2021 predstavuje pokles o 174,76 l.min⁻¹.

Tab. 4.21.5. 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. 4.21.15. Dlhodobý priebeh výdatnosti Hlavného odvodňovacieho drénu v rokoch 2016 až 2022 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. 4.21.15), že kolísanie prietoku vytekajúcej vody z odvodňovacích systémov, zachytených v hlavnom dréne, 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.

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 rokoch 2021 a 2022 neboli prekročené doteraz namerané maximálne stavy hĺbok hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch. Z výsledkov meraní vyplýva, že hĺbky hladiny podzemnej vody v monitorovacích objektoch kolíšu v závislosti od sezónnych cyklov. 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).

Pravidelným etapovým meraním výdatnosti Hlavného drénu bolo v roku 2021 preukázané prekročenie maximálnych hodnôt, odvodených z údajov z predchádzajúceho obdobia. V roku 2022 sa hodnoty prietokov nachádzali v intervale dlhodobých min. a max. výdatností z predchádzajúceho obdobia monitoringu.

V súvislosti zo sledovaním prietokov na ústí Hlavného drénu bol v rámci geologickej úlohy Monitoring zosuvných 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.

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, resp. dennou 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 geologickej úlohy „Monitoring svahových deformácií“. Uvedená geologická úloha je riešená v rámci Operačného programu Kvalita životného prostredia, prioritnej osi 3: „Podpora riadenia rizík, riadenia mimoriadnych udalostí a odolnosti proti mimoriadnym udalostiam ovplyvneným zmenou klímy“, investičnej priority 3.1 „Podpora investícií na riešenie osobitných rizík, zabezpečenie predchádzania vzniku katastrof a vyvíjanie systémov zvládania katastrof“, špecifického cieľa 3.1.2: „Zvýšenie účinnosti preventívnych a adaptačných opatrení na elimináciu environmentálnych rizík (okrem protipovodňových opatrení)“. Riešiteľom geologickej úlohy je Štátny geologický ústav Dionýza Štúra. Riešenie geologickej úlohy je zabezpečované od roku 2018 a ukončenie geologickej úlohy je naplánované na december 2023.

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,

kríkmi 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 prívalovým bahnom z násypu, 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);
- **dlhodobo upozorňujeme na slabo zabezpečenú revíziu šachtu OŠ-3 na stabilizačnom násype, ktorá je prekrytá iba dreveným poklopom a hrozí tu nebezpečenstvo úrazu.** Šachtu je potrebné trvalo zabezpečiť prekrytím veľkým betónovým panelom;
- 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 2022 vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – **zosúvanie** (12 lokalít), **plazenie** (4 lokality) a **náznaky aktivizácie rútvých 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 2022.

Celkovo sa teda v rámci podsystemu 01 v roku 2022 monitorovalo 21 lokalít. V roku 2022 boli monitorovacie aktivity zabezpečované na rovnakom súbore lokalít ako v roku 2021. 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 2022

Lokality zo skupiny zosúvania sa monitorovali metódou zaznamenávajúcou deformácie na úrovni šmykovej plochy (metóda presnej inklinometrie), resp. posunov na povrchu (geodetické merania) 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 rútvých pohybov, boli sledované prejavy aktivity pomocou dilatometrických a mikromorfologických meraní.

Okrem priamo vykonávaných monitorovacích meraní bola v roku 2022 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

Na základe hodnotenia výsledkov z inklinometrických meraní, ktoré boli v roku 2022 realizované na 6 lokalitách (Handlová-Morovnianske sídlisko, Svätý Anton, Hodruša-Hámre, Ďačov, Bardejovská Zábava a Vyšný Čaj), možno konštatovať, že opätovne boli najväčšie deformácie namerané na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko.

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko sa inklinometrické merania od roku 2021 realizujú len vo vrte AH-3, ktorý sa nachádza v južnej časti rozsiahleho zosuvného územia s názvom Jánošíkova cesta. V roku 2022 boli v tomto vrte vykonané dve etapy meraní (31. máj a 25. október). Vysoké hodnoty deformácie boli potvrdené hlavne jarným kontrolným meraním. V hĺbke 6,07 m pod terénom bola nameraná deformácia 26,22 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 24,92 mm.rok⁻¹ s azimutom 10°. Nameraná hodnota predstavuje najvyššiu etapovú deformáciu v období monitorovania (v sledovanom horizonte). Uvedená pohybová aktivita dokumentuje obdobie jedného roka (predchádzajúce meranie – 12. máj 2021). Jesenné kontrolné meranie naznačilo istý pokles pohybovej aktivity, avšak jeho reprezentatívnosť je diskutabilná. Vzhľadom na extrémne zakrivenie inklinometrickej zárubnice v oblasti aktívnej šmykovej plochy (v čase jarného merania dosiahla deformácia až 78,99 mm) je prechod inklinometrickej sondy problematický, čo sa prejavuje zhoršenou presnosťou merania. Z uvedeného dôvodu považujeme namerané výsledky jesennej etapy za nedôveryhodné. Potvrďuje to i skutočnosť, že počas jesenného merania sa nameraný azimut deformácie výrazne líšil od dlhodobého trendu. Vzhľadom na uvedené skutočnosti považujeme vrt AH-3 ďalej už za nemerateľný.

O nameraných výsledkoch bola bezodkladne dňa 1. júna listom informovaná primátorka mesta Handlová. Zároveň bola informácia o ukončení monitorovacích aktivít vo vrte AH-3 prekonzultovaná i so zodpovedným referentom MÚ. Navrhnuté boli možné riešenia pri zabezpečovaní monitoringu pohybovej aktivity tejto časti mesta Handlová.

Z hľadiska hodnotenia zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, ktorá je monitorovaná v 26 objektoch, konštatujeme, že aktuálne hodnotený rok je ďalší v poradí s klesajúcim počtom prípadov s výskytom vztlakovej úrovne hladiny podzemnej vody s prelivom (na optimalizovanom súbore monitorovaných piezometrov nebol v roku 2022 zaznamenaný preliv podzemnej vody cez ústie pažnice ani na jednom vrte). Vývoj zmien hĺbky hladiny podzemnej vody najlepšie dokumentuje záznam automatického hladinomeru, inštalovaného vo vrte P-19. Z porovnania priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody s rokom 2021 vyplýva, že v roku 2022 došlo k poklesu hladiny o 2,7 m.

Odvodňovacie zariadenia sú na lokalite vybudované buď ako samostatné vrty, alebo sú sústredené do vejárov a zvedené do zberných šácht. Najvyššie výdatnosti sú dlhodobo pozorované na výtokových objektoch zo zberných šácht (v roku 2022 sa nachádzali v intervale od 5,92 do 92,00 l.min⁻¹). Dlhodobým problémom odvodňovacích zariadení je upchávanie výtokových potrubí, čo okrem sťaženia monitorovacích meraní znižuje efektívnosť odvodňovacích zariadení.

Na ostatných zosuvných lokalitách boli počas jednotlivých monitorovacích etáp namerané prírastky deformácie do 2,15 mm (Ďačov – vrt DA-7). Priaznivý stabilný vývoj prisudzujeme vývoju klimatických ukazovateľov a s tým súvisiacemu poklesu hĺbky hladiny podzemnej vody.

Na zosuvnej lokalite Ďačov, podobne ako v predchádzajúcom období, boli zabezpečené 2 kontrolné merania metódou presnej inklinometrie (máj a november) vo vrtoch DA-7 a DA-9 a jedno meranie (november) vo vrte DA-1. Tak, ako bolo uvedené, mierne zvýšená pohybová aktivita bola nameraná vo vrte DA-7. Relatívne plytko, v hĺbke 1,83 m pod terénom, bola na šmykovej ploche nameraná deformácia 2,15 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,18 mm.rok⁻¹, s azimutom 37°. Vrt sa nachádza v severovýchodnej časti obce. Deformácia nad 1 mm bola nameraná vo vrte DA-1. Počas novembrovej etapy bol v hĺbke 2,47 m pod terénom nameraný prírastok deformácie s veľkosťou 1,41 mm (1,42 mm.rok⁻¹, 0°).

Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú sledované v troch piezometrických vrtoch: DA-5, DA-8 a DA-10. V hodnotenom období najvyššie vystúpila hladina podzemnej vody vo vrte DA-10, a to až do blízkosti terénu (0,6 m pod terénom – 30. september). Vrt sa nachádza v JV časti zosuvného územia v oblasti IBV. Priemerná hladina podzemnej vody na zosuvnej lokalite (odvodená z jednotlivých meraní) dosiahla hĺbku 5,30 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2021 pokles o 0,82 m.

Na lokalite Bardejovská Zábava je vo vrte BIJ-1 sledovaná pohybová aktivita na viacerých šmykových plochách (v hĺbkach 2,11 m pod terénom a 5,61 m pod terénom). V roku 2022 boli zabezpečené 2 kontrolné merania (júl a november). Väčšie deformácie boli namerané počas novembrového merania. V hĺbke 2,11 m pod terénom bola zaznamenaná etapová deformácia 1,12 mm; 3,29 mm.rok⁻¹). Počas júlovej etapy namerané vektory na sledovaných šmykových plochách nepresiahli 1,0 mm.

Vývoj zmien hĺbky hladiny podzemnej vody je na lokalite sledovaný vo vrtoch BHJ-1 a BHJ-3. Z desiatich kontrolných meraní vyplýva, že hladiny mali prevažne ustálený vývoj s veľmi malou amplitúdou (max. kolísanie 0,63 m – BHJ-1). V porovnaní s dlhodobými ukazovateľmi, vyplýva, že vo vrte BHJ-1 sa priemerná hladina podzemnej vody v roku 2022 nachádzala nad úrovňou dlhodobého priemeru. Vo vrte BHJ-3 je aktuálna priemerná hodnota hladiny podzemnej vody blízka dlhodobému priemeru.

Pri posudzovaní efektívnosti odvodňovacích zariadení možno konštatovať, že podzemná voda bola odvádzaná najmä horizontálnym vrtom HV-2 a čiastočne i vrtom HV-4. Priemerná

výdatnosť vo vrte HV-2 dosahovala $0,52 \text{ l.min}^{-1}$, pričom maximálna hodnota bola nameraná na konci apríla ($0,66 \text{ l.min}^{-1}$) a minimálna na konci novembra ($0,40 \text{ l.min}^{-1}$). Vrty HV-1 a HV-3 boli počas všetkých meraní suché.

Pohyb zosuvu na lokalite Hodruša-Hámre, ktorý je v priamom kontakte s Dolným Hodrušským jazerom, je kontrolovaný vo vrtoch IP-2 a PS-Z1. V hodnotenom období boli zabezpečené dve merania (5. máj a 21. september), na základe ktorých možno konštatovať uspokojivý stabilný stav (max. etapový vektor – $0,92 \text{ mm}$ vo vrte IP-2).

Hladina podzemnej vody monitorovaná vo vrte PS-H1 mala počas hodnoteného roka sínusoidálny charakter. Priemerná hodnota hladiny podzemnej vody v porovnaní s rokom 2021 klesla o $0,44 \text{ m}$ a dosiahla úroveň $2,34 \text{ m}$ pod terénom.

Ďalšou lokalitou v poradí, na ktorej boli počas roka 2022 zaznamenané relatívne priaznivé stabilné pomery, je zosuvné územie v obci Svätý Anton. Počas jednotlivých kontrolných etáp prírastky deformácie dosahovali max. $0,92 \text{ mm}$. V rokoch 2021 a 2022 boli v zosuvnom území vykonané záchranné a sanačné práce. Dôkazom úspešnosti sanácie sú aj výsledky režimových meraní.

V zosuvnom území nad obcou Vyšný Čaj je monitorovanie pohybovej aktivity zabezpečené prostredníctvom vrtovej VČI-1 a VČI-2. Z výsledkov etapových inklinometrických meraní vyplýva, že zosuvné územie bolo v roku 2022 relatívne stabilné. Potvrdzujú to i merania hladiny podzemnej vody v piezometrických vrtoch VČHG-2 a VČHG-3. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody vo vrte VČHG-2 dosiahla $5,98 \text{ m}$ pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o $0,26 \text{ m}$. Vrt VČHG-3 bol prevažne suchý. V obdobiach so zvýšenými prietokmi dochádza k zaplavovaniu zbernej šachty, do ktorej sú zvedené odvodňovacie vrty. V roku 2022 boli zberné šachty zaplavené počas šiestich kontrolných meraní.

Na lokalite Okoličné bola v roku 2022 zabezpečená 65. kontrolná etapa geodetických meraní. Z výsledkov meraní, ktoré charakterizujú obdobie predchádzajúcich troch rokov je možné konštatovať, že zosuvné územie je relatívne stabilné.

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

V Dolnej Mičinej je hladina podzemnej vody dlhodobo monitorovaná automatickým hladinomerom vo vrte JM-6. Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody vykazujú relatívne pravidelný sínusoidálny priebeh. Podobný charakter bol pozorovaný i v roku 2022.

Na lokalite Šenkvice je hladina podzemnej vody monitorovaná v troch piezometrických vrtoch. Vo všetkých troch piezometrických vrtoch došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k poklesu hladiny podzemnej vody. Výsledky namerané vo vrtoch PVZS-2 a PVZS-3, vzhľadom na ich technickú životnosť, nie je možné jednoznačne považovať za preukazné. Naďalej pretrvával problém súvisiaci s odvodňovacím potrubím, na ktoré bolo v minulosti nelegálne pripojené kanalizačné potrubie so splaškovými vodami z príľahlého rodinného domu.

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

Pri hodnotení zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, ktoré sú monitorované v 11 vrtoch, možno konštatovať, že priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v hodnotenom roku (odvodená zo všetkých meraní) dosiahla hĺbku $6,22 \text{ m}$ pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom zostup o $0,70 \text{ m}$.

Na lokalite Čirč bol na odvodňovacom potrubí v roku 2022 nameraný priemerný prietok $2,12 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazný zostup (o $6,59 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$). Priemerná hladina podzemnej vody (odvodená zo všetkých meraní) v hodnotenom roku dosiahla 7,45 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2021 zostup o 0,58 m.

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta sa stav hladiny podzemnej vody od mája 2022 monitoruje automatickým hladinomerom, umiestneným do vrtu JK-3. Z výsledkov vyplýva, že priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla počas hodnoteného obdobia 3,61 m pod terénom. Pri porovnaní aktuálnej priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody s výsledkami z predchádzajúceho obdobia vyplýva, že aktuálna priemerná hladina sa nachádza o 0,81 m hlbšie oproti dlhodobému priemeru.

Svahové pohyby charakteru plazenia

V roku 2022 pokračovali monitorovacie práce s využitím 5 mechanicko-optických dilatometrov TM-71 na štyroch lokalitách: Veľká Izra1, Košický Klečenov (2 prístroje), Sokol a Jaskyňa pod Spišskou. Na lokalite Veľká Izra1 otváranie trhliny (os X) od roku 2011 stagnuje pri hodnote cca 0,75 mm, pokles bloku (os Z) je dlhodobý, v roku 2022 vzrástol iba o 0,045 mm (celkovo 2,601 mm), šmykový posun (os Y) od roku 2007 pomaly rastie (0,074 mm v roku 2022; celkovo 1,308 mm). V lokalite Košický Klečenov sa dlhodobo prejavuje pohyb spodného bloku (KK1) vo všetkých troch smeroch. Otvorenie trhliny (os X) vzrástlo o 0,189 mm (celkovo 8,116 mm), šmykový posun pozdĺž trhliny (os Y) narástlo o 0,302 mm (celkovo 7,826 mm), pokles bloku (os Z) o 0,372 mm (celkovo 13,351 mm). Pokles (os Z) vrchného bloku (KK2) narástol o 0,275 mm (celkovo 14,238 mm), otvorenie trhliny (os X) stagnuje dlhodobo okolo hodnoty cca 0,12 mm, šmykový posun (os Y) od roku 2005 pomaly rastie (0,312 v roku 2022, celkovo 4,567 mm). Dlhodobo platí, že vrchný blok klesá rýchlejšie než spodný. V lokalite Sokol sa potvrdil dlhodobý trend pohybu v smere všetkých troch osí. Trhlinka sa rozšírila (os X) o 0,055 mm (celkovo 13,303 mm), blok sa posunul pozdĺž trhliny (os Y) o 0,621 mm (celkovo 9,613 mm) a poklesol (os Z) o 0,796 mm (celkovo 2,677 mm). V Jaskyni pod Spišskou otvorenie trhliny (os X) narástlo o 0,054 mm (celkovo 1,053 mm), dlhodobý pokles spodného bloku (os Z) o 0,094 mm (celkovo 0,914 mm), šmykový posun pozdĺž trhliny (os Y) o 0,026 mm (celkovo 0,039 mm). Dlhodobý trend platí pre osi X a Z.

Náznaky aktivizácie rúťivých pohybov a monitorovanie mikromorfologických zmien

V roku 2022 boli monitorované náznaky aktivizácie rúťivých pohybov na štyroch lokalitách. Aplikované boli dilatometrické a mikromorfologické merania. V rámci pozorovaných lokalít sú spracovávané aj informácie o významných zosuvotvorných faktoroch (zrážky, mrazové dni).

Na lokalite Demjata je monitorované pomalé rozvoľňovanie oddelených skalných lavíc v záreze cestnej komunikácie z Demjaty do Raslavič. V roku 2022 posuny okrajovej vrchnej lavice stagnovali, pozorované bolo nepatrné zmenšenie rozvoľnenia o 0,05 mm. V podloží okrajovej lavice bolo na uvoľnenom horninovom bloku v roku 2022 pozorované taktiež zmenšenie rozvoľnenia o 0,16 mm, pravdepodobne podmienené odlišnými teplotnými pomermi v čase ročných meraní. Monitorovaný menší skalný blok v severnejšej časti zárezu pokračoval v roku 2022 v gravitačnom posune o 5,08 mm, nepredstavuje však bezpečnostné riziko.

Na lokalite Demjata 3 došlo v roku 2022 k „rozpínaniu“ masívu, čo umožňuje vysloviť predpoklad, že v blízkej budúcnosti príde k odlúpnutiu vrstvy pozdĺž plochy bridličnatosti.

Na lokalitách Demjata 5, Handlová-Baňa, Bratislava-Železná studnička, Pezinská Baba 2 a 3, na ktorých sa vykonávajú merania mikromorfologických zmien, boli zaznamenané zmeny v rozsahu odvodených dlhodobých trendov.

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

Do špecifickej skupiny lokalít hodnotenia stability prostredia je zaradený objekt **Stabilizačného násypu v Handlovej**. 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 (SN) boli v roku 2022 zabezpečené merania hladiny podzemnej vody, výdatnosti Hlavného drénu a pravidelne raz mesačne boli vykonávané obhliadky všetkých objektov SN. 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 dosiahla priemerná hodnota hĺbky hladiny podzemnej vody (odvodená z jednotlivých meraní) 6,64 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrná zmena, a to zostup o 0,04 m. Najvyššia priemerná ročná hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte N-1 (0,42 m pod terénom). V rámci monitorovacej siete bola na tomto vrte nameraná zároveň i najvyššia úroveň hladiny podzemnej vody za rok 2022. Jej maximálny stav bol zaznamenaný 18. februára s piezometrickou úrovňou 0,43 m nad terénom. Do blízkosti terénu sa dostala hladina podzemnej vody vo vrte M-2, (0,01 m pod terénom). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol nameraný rovnako v druhej polovici februára; počas uvedeného termínu bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná celkovo až v 18 vrtoch. V ostatných vrtoch bol výskyt maximálnych stavov hladiny podzemnej vody zaznamenaný ešte v marci a apríli (v 5 vrtoch). Naopak, najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody boli pozorované najmä v septembri (v 18 vrtoch), prípadne počas letného obdobia (v 5 vrtoch) a len výnimočne v zimnom období. Najväčšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané vo vrte NV-110 – 6,56 m, pričom maximálny stav bol v tomto vrte nameraný 11. februára s hodnotou 4,17 m pod terénom a minimálny stav bol zaznamenaný 22. septembra s hodnotou 10,73 m pod terénom

Maximálny prietok ($1176,6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) na Hlavnom dréne bol nameraný 18. februára, teda v termíne maximálnych stavov hladiny podzemnej vody. Naopak, najnižšia výdatnosť ($142,20 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$) bola nameraná 25. augusta. V tomto termíne dochádzalo k poklesu hladiny podzemnej vody. Priemerná výdatnosť dosiahla $376,74 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$, čo je v porovnaní s rokom 2021 pokles o $174,76 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$.

Nové zosuvy v roku 2022

Základné informácie o svahových deformáciách v roku 2022, resp. statických poruchách, ktoré boli poskytnuté Centrálnym monitorovacím a riadiacim strediskom, odborom operačného riadenia, sekciou krízového riadenia MV SR, sa týkali katastrálnych území: Domaniža, Lubelňa, Holíč, Hontianske Nemce, Hrachovište, Krajná Poľana, Rykynčice, Šarišské Bohdanovce.

Pracovníci ŠGÚDŠ v roku 2022 vykonali na základe požiadavky sekcie geológie a prírodných zdrojov MŽP SR obhliadku/registráciu 8 svahových deformácií (Čadca, Domaniža, Hrachovište, Nižný Tvarožec, Strečno-Starý hrad a Šarišské Bohdanovce). Na lokalite Plavé Vozokany vykonal obhliadku Dr. Kmeť a posudok poskytol ŠGÚDŠ; obhliadka zosuvného územia v obci Zubák bola vykonaná na základe informácie poskytnutej starostom obce.

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, ktoré sú vhodným podkladom pre realizáciu inžinierskogeologických prieskumov, resp. okamžitých protihavarijných opatrení. Niektoré z lokalít, na ktorých boli vykonané obhliadky aktuálneho stabilného stavu, môžu byť v súčinnosti so sekciou geológie a prírodných zdrojov MŽP navrhnuté do aktualizovaných zoznamov dokumentu „Program prevencie zosuvných rizík – aktualizácia “ v rámci OP KŽP 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, INGEO, a.s. Žilina. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro, L., 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. INGEO, 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: Súčasná 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, L., 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, E., 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 pohybov 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, E., Boorová, D., Zlinská, A., †Siráňová, 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., Mokrý, 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, E., Petro, L., Scherer, S., 2002: Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií. *Geol. práce, Spr.*, 106, s. 21 – 42.
- Wagner, P., Ondrejka, P., Iglárová, E., 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.