

MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA



**Podsystem 01**

Zosuvy a iné svahové deformácie

Správa za rok 2020

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

Číslo geologickej úlohy: **207**

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

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

Spoluriešitelia: **RNDr. Peter Ondrejka, PhD., RNDr. Peter Ondrus,  
RNDr. Pavel Liščák, CSc., RNDr. Ivan Dananaj, PhD.,  
Mgr. Eduard Mašlár, Mgr. Ingrid Mašlarová,  
Ing. Ľubomír Petro, CSc., Mgr. Marián Stercz, Daniela  
Magalová, RNDr. Ľubica Iglárová, RNDr. Barbora  
Ondrášiková, Mgr. Daniel Grega, Ing. Katarína  
Pačajová, Ing. Martin Eged, RNDr. Peter Pauditš, PhD.**

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

Štatutárny zástupca: **RNDr. Igor Slaninka, PhD.  
generálny riaditeľ ŠGÚDŠ**

Bratislava november 2021

## OBSAH

1. ZOSUVY a INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE .....	3
1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete.....	3
1.2. Pozorované ukazovatele .....	7
1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov .....	11
1.4. Výsledky monitorovania.....	13
1.4.1. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko .....	14
1.4.2. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta .....	42
1.4.3. Lokalita Svätý Anton .....	52
1.4.4. Lokalita Hodruša-Hámre .....	59
1.4.5. Lokalita Slanec-TP .....	65
1.4.6. Lokalita Dolná Mičiná .....	87
1.4.7. Lokalita Okoličné .....	83
1.4.8. Lokalita Ďačov.....	88
1.4.9. Lokalita Bardejovská Zábava.....	98
1.4.10. Lokalita Čirč .....	107
1.4.11. Lokalita Vyšný Čaj .....	114
1.4.12. Lokalita Šenkvice .....	123
1.4.13. Lokalita Veľká Izra .....	130
1.4.14. Lokalita Sokol.....	133
1.4.15. Lokalita Košícký Klečenov.....	136
1.4.16. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou .....	140
1.4.17. Lokalita Handlová-Baňa .....	143
1.4.18. Lokalita Demjata.....	146
1.4.19. Lokalita Starina.....	152
1.4.20. Lokalita Jakub.....	154
1.4.21. Lokalita Bratislava-Železná studnička.....	157
1.4.22. Lokalita Pezinská Baba.....	160
1.4.23. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp .....	163
2. ZÁVER .....	177
LITERATÚRA.....	184

## 1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE

V rámci subsystému 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie sú prezentované výsledky monitorovania reprezentatívnych lokalít za roky 2019 a 2020 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 2020 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 2020 sa pokračovalo v monitorovacích meraniach na súbore zosuvov z roku 2019. V roku 2020 boli však zaznamenané zmeny v počte monitorovaných lokalít, a to z dôvodu zrušenia monitorovacieho bodu. Ide o dve lokality – Banská Bystrica-Jakub a Starina, na ktorých prebiehali merania zmien morfológie skalnej steny. Dôvody zrušenia monitorovaných lokalít súvisia so stabilizačno-sanačnými prácami a intenzívnym zvetrávaním skalnej steny v oblasti monitorovaného profilu. Rozsah použitých metód a frekvencia meraní bola rovnaká ako v roku 2019 (výnimku predstavujú len geodetické merania na lokalite Okoličné, ktoré v roku 2020 neboli zabezpečené – frekvencia režimu geodetických meraní na uvedenej lokalite je nastavená na dvojročné etapy).

Podsystém 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 zosuvov 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

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 ílovcy);
- Sedimenty flyšového charakteru (striedanie pieskovcov a ílovcov prevažne paleogénneho veku);
- Skálne horniny mezozoického a predmezozoického veku.

Od roku 2019, v súvislosti z redukciami 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. - Jakub - Pezinská Baba	
Región karpatského flyša	Oblasť flyšových hornatín		- Jaskyňa pod Spišskou		
	Oblasť flyšových vrchovín	- Bardejovská Zábava - Čirč - Ďačov		- Demjata - Starina	
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			

\* Svahový pohyb sa nachádza na hraniciach inžinierskogeologických celkov

Pri výbere reprezentatívnych lokalít je pravidelne aktualizovaná ich celospoločenskú 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 činnosťami – napr. výstavbou nových objektov). 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

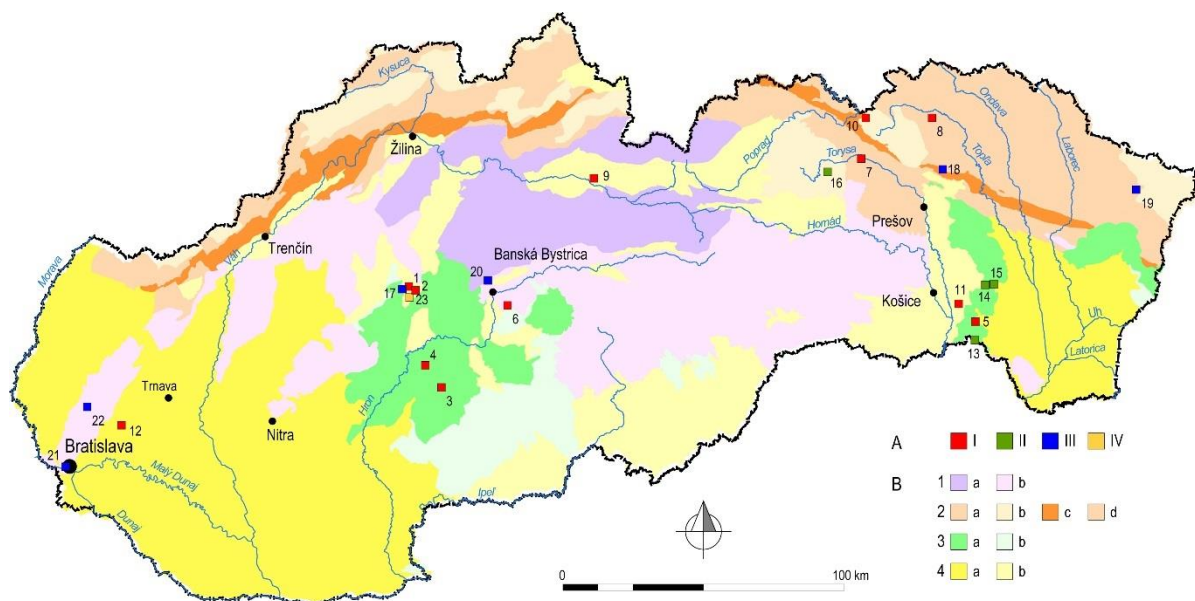
Typ svahového pohybu	Geologická stavba	Celospoločenská dôležitosť	Lokality
Zosúvanie	Neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentmi	Veľmi významná	1. Handlová-Morovnianske sídlisko 2. Handlová-Kunešovská cesta 3. Svätý Anton 4. Hodruša-Hámre
		Významná	5. Slanec-TP 6. Dolná Mičina
	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
Sedimenty flyš. char.		Významná	16. Jaskyňa p. Spišskou
Rútenie	Neogénne vulkanity	Menej významná	17. Handlová-Baňa
	Sedimenty flyšového charakteru	Významná	18. Demjata
		Menej významná	19. Starina
	Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku	Menej významná	20. Jakub 21. Bratislava-Železná st. 22. Pezinská Baba
Iné: Stabilita vodohospodárskeho diela	Antropogénne sedimenty na kvartérnych a paleogén. horninách	Veľmi významná	23. Handlová-Stabilizačný násyp

Zoradenie jednotlivých monitorovaných lokalít (stav z roku 2020) 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. 1.1.

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 naplňovania 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. 1.1. Rozmiestnenie monitorovaných lokalít svahových deformácií na území SR (čísla lokalít zodpovedajú číslovaniu 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 flyšových vrchovín, subregión vonkajších flyšových Karpát, b – oblasť flyšových hornatín, subregión vonkajších flyšových Karpát, c – oblasť flyšových vrchovín, subregión bradlového pásma, d – oblasť flyšových vrchovín, subregión vnútorných flyšových Karpát, 3 – región neogénnych vulkanitov: a – oblasť vulkanických hornatín, b – oblasť vulkanických vrchovín, 4 – región neogénnych tektonických vkleslín: a – oblasť vnútrokarpatských nížin, b – oblasť vnútrohorských kotlín.

## **1.2. Pozorované ukazovatele**

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

### **A. Zosúvanie**

#### **a/ Merania posunov**

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

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

Terestrické metódy boli v poslednom období prakticky nahradzané *presnou družicovou technológiou GNSS (Globálne navigačné satelitné systémy)*, často nie celkom správne nazývanou ako meranie GPS, 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.

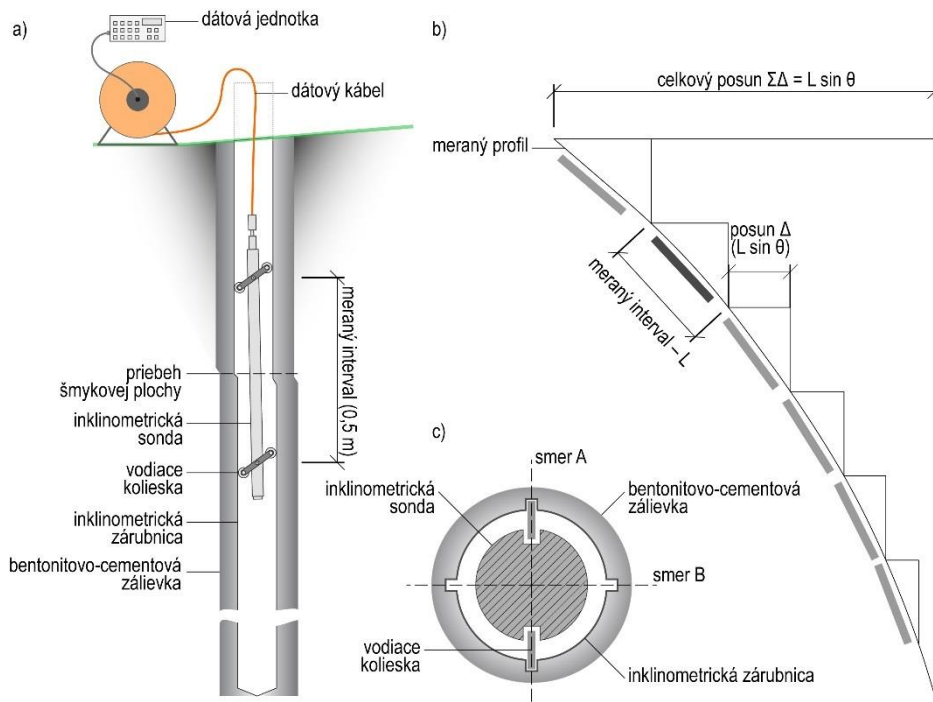
#### **b/ Merania deformácií**

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 overovať a možno ich považovať za perspektívne pri ďalšom vývoji a skvalitňovaní monitorovania deformácií, treba uviesť *metódu stacionárnej inklinometrie*. Metóda umožňuje 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 (Ondrejka et al., 2011). 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

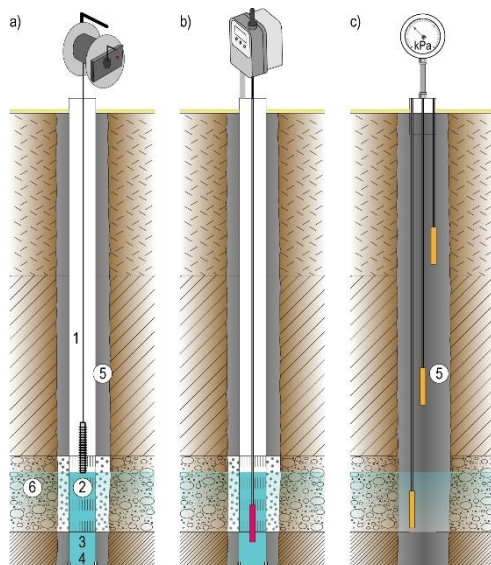
i v územiach Veľká Čausa, Prievidza-Hradec, Handlová z roku 1960, Handlová-Kunešovská cesta a Nižná Myšľa).



Obr. 1.2. 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).



Obr. 1.3. Meranie hladiny podzemnej vody. V otvorených systémoch: a – pomocou Rangovej pišťaly, b – pomocou automatického hladinomeru; v uzavretých systémoch – c – meranie pomocou snímačov pórového tlaku. 1 – Neperforovaná časť pažnice, 2 – filtračná časť pažnice, 3 – kalník, 4 – dno vrtu, 5 – ílové tesnenie, 6 – zvodnená vrstva.



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 hĺbkach hladiny podzemnej vody; žiaľ v súčasnosti sú uvedené varovné systémy mimo prevádzky).

V prípadoch, v ktorých údaje o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody, vzhľadom na filtračné parametre monitorovaného prostredia, nepodávali relevantné informácie o zmenách hladiny podzemnej vody, boli do vrtoz zabudované snímače pórového tlaku.

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 (terénny pozorovatelia, automatické hladinometry) – 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 mikromorfologických zmien povrchu horniny
Plazenie	a/ Posuny b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu	– Dilatometrické (opticko-mechanickým dilatometrom TM-71) – Merania zrážkových úhrnov

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 možnosti technickej inštalácie prístrojov na konkrétnej lokalite.

Nevyhnutnou súčasťou informácií o stave zosuvotvorných faktorov sú údaje o zrážkach. Táto informácia sa zvyčajne preberá zo siete staníc 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. Určité 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 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 vplývajúce na fyzický stav hodnoteného skalného masívu.

#### ***c/ Merania zmien morfológie skalnej steny***

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

### **C. Plazenie**

#### ***a/ Merania posunov***

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

#### ***b/ Merania zmien faktorov vplývajúcich na stabilitu svahu***

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

### 1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov

Základný spôsob zberu údajov je uvedený v predchádzajúcej kapitole a čiastočne i 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 budovaný napr. 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 2020, 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. Meranie sú zabezpečené v dvojročnom intervale, teda najbližšie etapové meranie je naplánované na rok 2021. 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 vykonávajú častejšie. Frekvencia meraní sa v súčasnosti ustálila na dvoch meraniach za rok, výnimočne však i troch meraniach za rok – lokalita Svätý Anton. V roku 2014/2015 pribudla na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko stacionárna inklinometrická sonda. Prístroje zaznamenávajú deformácie s frekvenciou jeden deň.

– 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 preberali z údajov 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 2019 a 2020 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 ďalšom 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). 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 2020 a na porovnanie uvádzame i výsledky meraní z roku 2019.

Štruktúra opisu jednotlivých monitorovaných lokalít je nasledujúca:

- Stručná charakteristika lokality (v snahe redukovať obsah 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 2020);

- Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2019 a 2020 zhrnutý v tabuľke;

- Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020. 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 2020, alebo – pri niektorých typoch meraní – do momentu posledného merania, uskutočneného v roku 2020;

- 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 je sledovaný parameter hodnotený kratšie obdobie, uvádzajú sa len výsledky za 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 37 pozorovacích piezometrických vrtoch. Od roku 2015 je sú lokalite realizované inklinometrické merania v dvoch vrtoch.

#### Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2019 a 2020

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 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Inklinometrické	2	AH-3 (Jánošíkova cesta), AH-2 (oblasť nad železničným oblúkom)	2 (11. apríl, 6. december)	2 (12. august, 1. december)
	1	AH-2 (oblasť nad železničným oblúkom); – stacionárna inklinometrická sonda	Kontinuálne (každý deň)	
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	41	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)	24 (2x za mesiac)
	2	P-17, P-19 – automatické hladinomery	Kontinuálne (každú hodinu)	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	13	oblasť nad železničným oblúkom: A (10 odvodňovacích vrtoch: HVA-1 až 10), C (9 vrtoch: HVC-1 až 9), D (9 vrtoch: HVD-1 až 9); Malá Hôrka: E (7 vrtoch: HVE-1 až 7), F (9 vrtoch: HVF-1 až 9), HV-6, HV-7, HV-8a, HV-8b Jánošíkova cesta: JH-5, JH-6, HV-101, HV-102	24 (2x za mesiac)	24 (2x za mesiac)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

## Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania

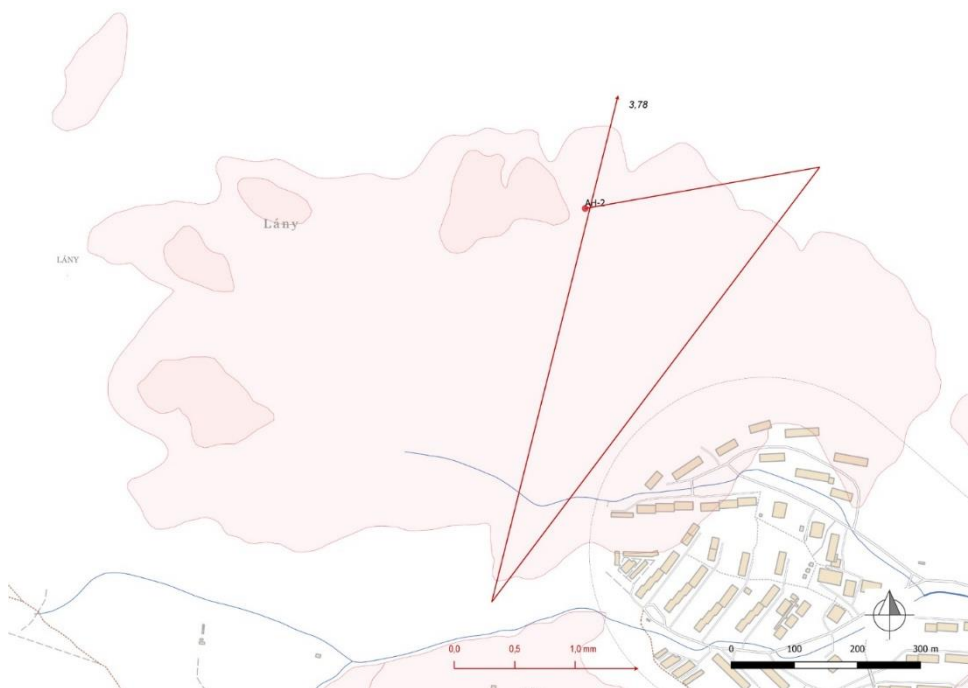
### a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko začali vykonávať v roku 2015 v 2 vrtoch (AH-2 a AH-3), ktoré sú v rámci monitorovaného územia situované do dvoch samostatných častí (oblasť nad železničným oblúkom a Jánošíkova cesta – IBV). Výsledky meraní z rokov 2019 a 2020 sú zhrnuté v tab. 4.1.2. a na obr. 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 a 4.1.4. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.1.5 a 4.1.6.

Tab. 4.1.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2019 a 2020.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	5. 12. 18 – 11. 4. 19			11. 4. 19 – 6. 12. 19			6. 12. 19 – 12. 8. 20			12. 8. 20 – 1. 12. 20		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
AH-2	3,78	4,74	1,97	80	8,07	4,51	217	3,84	4,30	14	38,09	34,93*	142
AH-2	8,78	1,49	0,91	134	4,53	3,52	215	0,54	4,22	14	28,93	29,08*	144
AH-2	19,28	1,99	0,40	140	3,41	1,75	206	1,66	1,77	7	14,52	13,00*	147
AH-3	6,57	29,44	1,03	91	31,74	2,44	101	42,38	10,76	73	49,54	7,16	79
AH-3	15,57	1,70	0,64	339	2,13	0,45	3	1,98	0,20	210	2,05	0,10	30

CD – celková deformácia od nultého merania (4. 3. 2015); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora. \* – namerané hodnoty etapovej deformácie nie sú v predloženej ročnej správe hodnotené, pretože je vysoká pravdepodobnosť, že vznikli v dôsledku technických problémov, súvisiacich s vystrojením inklinometrického vrtu alebo samotným meraním.

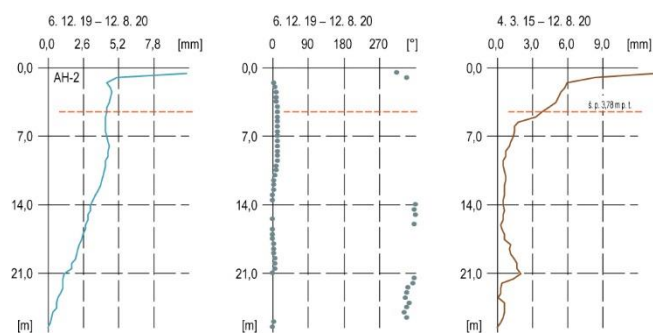


Obr. 4.1.1. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkovej cesty) – vektory deformácií namerané v rokoch 2019 a 2020 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.1.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

V oblasti nad železničným oblúkom (obr. 4.1.1) je vo vrte AH-2 od roku 2014 umiestnená stacionárna inklinometrická sonda. Všetky monitorovacie merania sú zamerané na spresnenie hĺbky šmykovej plochy, a tým pádom i optimalizáciu hĺbky umiestnenia automatického monitorovacieho zariadenia vo vrte. Na základe vývoja deformácie v jednotlivých horizontoch sú sledované hĺbky 3,78; 8,78 a 19,28 m pod terénom.

Počas roka 2019 boli zabezpečené 2 kontrolné merania (jar a jeseň). Vyššie hodnoty etapových prírastkov deformácie boli namerané počas jesennej etapy. V hĺbke 3,78 m pod terénom bol v období od 11. apríla 2019 do 6. decembra 2019 nameraný prírastok deformácie 4,51 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $6,89 \text{ mm.rok}^{-1}$  (azimut  $217^\circ$  – severozápad). Podobne i na hlbších šmykových plochách (v hĺbkach 8,78 a 19,28 m pod terénom boli počas jesennej etapy zaznamenané mierne zvýšené hodnoty pohybovej aktivity). Počas jarnej etapy v plytšom sledovanom horizonte dosiahla deformácia 1,97 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $5,67 \text{ mm.rok}^{-1}$  (azimut  $-80^\circ$ ).

Vo vrte AH-2 bola v roku 2020 počas augustového merania zaznamenaná najvyššia pohybová aktivita v hĺbke 3,78 m pod terénom (4,30 mm;  $6,27 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Následne, počas decembrovej etapy bola vysoká pohybová aktivita nameraná prakticky na všetkých sledovaných šmykových plochách. Vzhľadom na skutočnosť, že azimuty vektorov v aktuálnom roku, ale tiež i v predchádzajúcom období sa zásadne líšia, predpokladáme, že namerané vektory priamo nesúvisia so svahovým pohybom. Domnievame sa, že namerané etapové hodnoty sú výsledkom nesprávneho zabudovania inklinometrickej pažnice alebo technickej poruchy monitorovacieho zariadenia. Uvedené skutočnosti budú v nasledujúcom období predmetom analýzy; v prípade preukázania konštrukčných problémov vrtu, budú merania vo vrte pozastavené a inštalovaný stacionárny inklinometer premiestnený na lokalitu, na ktorej kontinuálne meranie bude mať väčšie opodstatnenie.



Obr. 4.1.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť nad železničným oblúkom; označenie vrtu je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, sivé body – etapové hodnoty azimutov nameraných vektorov, hnedá – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi).

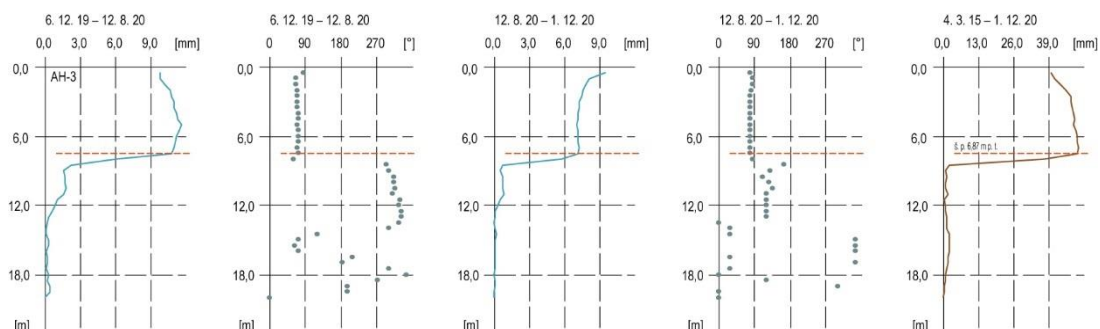
V oblasti Jánošíkovej cesty (IBV) boli počas roka 2019 (vo vrte AH-3) zabezpečené dve kontrolné etapy. Zvýšené hodnoty boli namerané počas jesennej etapy. V hĺbke 6,57 m pod terénom bol na šmykovej ploche (v období od 11. apríla 2019 do 6. decembra 2019) nameraný prírastok deformácie s hodnotou 2,44 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $3,72 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Azimut deformácie mal hodnotu  $101^\circ$ . Počas jarnej etapy nameraný vektor dosiahol 1,03 mm ( $2,96 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). V hlbšom sledovanom horizonte (15,57 m pod terénom) namerané vektory počas jednotlivých etáp merania nepresiahli 1 mm.

V roku 2020 boli v tomto vrte vykonané dve etapy meraní (august a december). Relatívne vysoká pohybová aktivita bola zaznamenaná počas oboch etapových meraní. Dňa 12. augusta bola nameraná deformácia 10,76 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $15,71 \text{ mm.rok}^{-1}$  a následne, 1. decembra deformácia 7,16 mm ( $23,54 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Azimuty vektorov boli orientované východným smerom. V hlbšom sledovanom horizonte sa v roku 2020 namerané vektory pohybovali v intervale 0,1 – 0,2 mm.



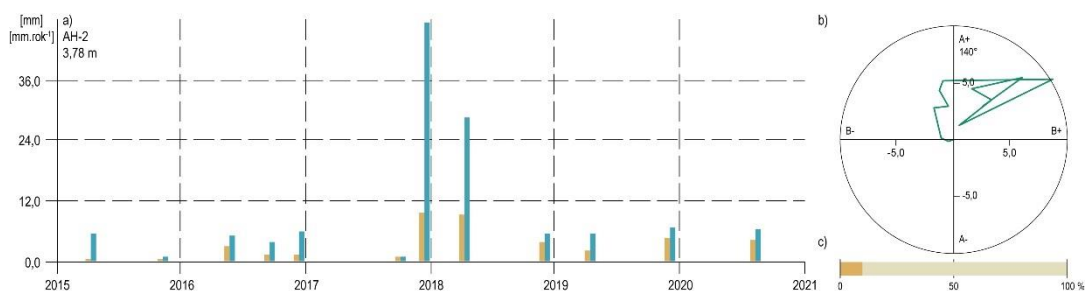


Obr. 4.1.3. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkova cesta) – vektory deformácií namerané v rokoch 2019 a 2020 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.1.2; hĺbka zaznamenatej deformácie je 6,87 m pod terénom); mapový podklad: ZBGIS®.



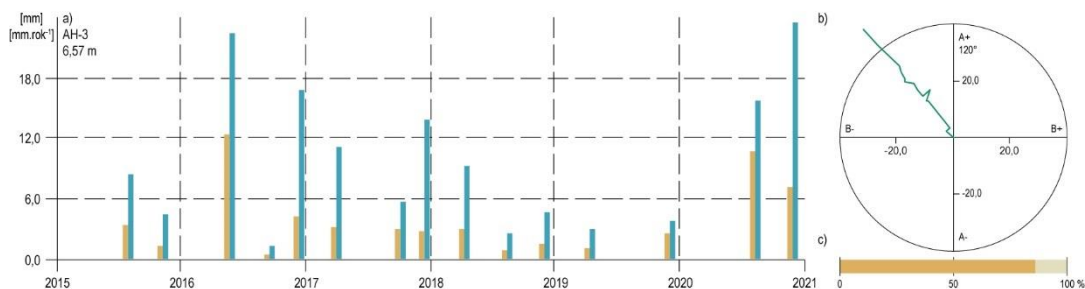
Obr. 4.1.4. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkova cesta; označenie vrtu je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, sivé body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, hnedá línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi).

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia vo vrte AH-2, je možné konštatovať, že najvyššie deformácie boli namerané v rokoch 2017 a 2018. Zároveň treba poznamenať, že azimuty jednotlivých etapových vektorov sa od seba výrazne líšia. Pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu v horizonte predpokladanej šmykovej plochy (6,87 m pod terénom) je len 9,4 % (nie je započítaný vektor, ktorý bol nameraný počas decembrovej etapy). Veľmi nízka hodnota posudzovaného pomeru naznačuje, že deformácie v sledovanom horizonte nie sú priamočiare, ale naopak, v priebehu monitorovaného obdobia dochádza k častým zmenám v orientácii etapových vektorov. Uvedená skutočnosť potvrdzuje, že v sledovanom hĺbkovom horizonte nie je možné predpokladať priebeh šmykovej plochy. Predpokladáme, že namerané deformácie vznikli v dôsledku technických problémov, súvisiacich s vystrojením inklinometrického vrtu alebo realizáciou samotným meraním.



Obr. 4.1.5. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko vo vrte AH-2 v období rokov 2015 až; a – etapové deformácie (žltá) a rýchlosti (modrá) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

Pri hodnotení celého obdobia realizácie monitorovacích meraní vo vrte AH-3 je zrejmé, že oblasť je výrazne pohybovo aktívna. K najvyššej deformácii v tomto vrte došlo v roku 2016, avšak pomerne vysoká hodnota etapovej deformácie bola nameraná i v aktuálne hodnotnom roku. 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 86,7 %. Znamená to, že prevažná časť deformácií, nameraných v sledovanom horizonte, priamo súvisí so svahovým pohybom. Výsledný vektor nameraný na aktívnej šmykovej ploche dosiahol 49,54 mm (za obdobie apríl 2015 – december 2020), čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 8,62 mm.rok<sup>-1</sup>.

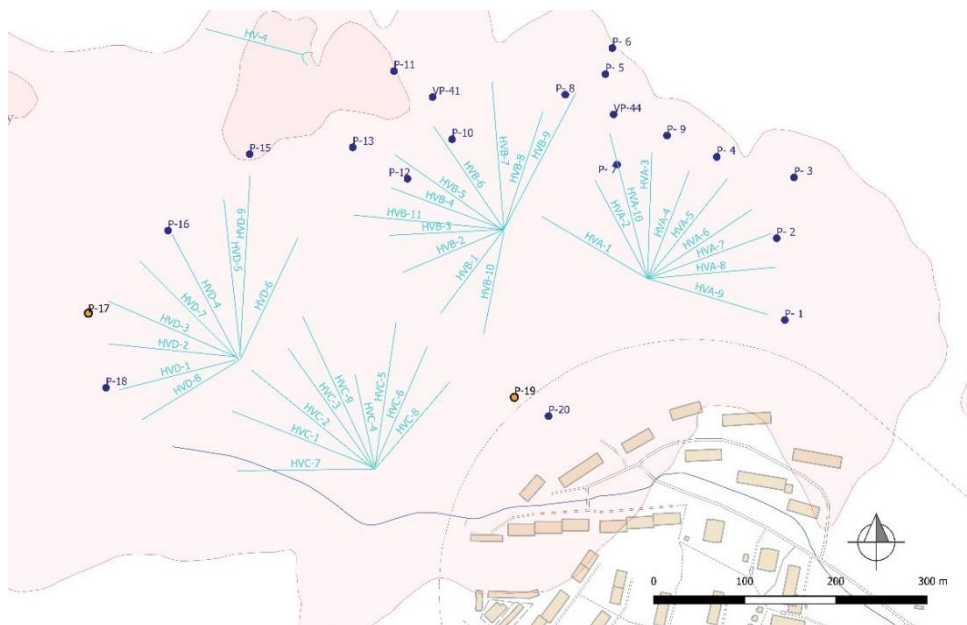


Obr. 4.1.6. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko vo vrte AH-3 v období rokov 2015 až 2020; a – etapové deformácie (žltá) a rýchlosti (modrá) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

#### a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

##### a1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Hladina podzemnej vody sa na lokalite meria v troch skupinách objektov – v starších vrtoch realizovaných prevažne v osemdesiatych rokoch (6 objektov – označených ako HG, J a VP), vo vrtoch z roku 2002 (35 objektov, označených písmenom P) a dvoma automatickými hladinomeri (nainštalovanými vo vrtoch P-17 a P-19, ktoré sú hodnotené samostatne; situovanie piezometrických vrtoch je na obr. 4.1.7, 4.1.8 a 4.1.9). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch za roky 2019 a 2020, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.1.10, 4.1.11, 4.1.12 a 4.1.13. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch za dlhšie obdobie monitorovania sú znázornené na obr. 4.1.14, 4.1.15 a 4.1.16.



Obr. 4.1.7. 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 hladinomeri; objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie subhorizontálnymi odvodňovacími vrtmi); mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2019 sa režimové pozorovania zabezpečovali v 41 vrtoch a celkove bolo vykonaných 24 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 15. januára do 28. decembra. V roku 2019 bola hladina podzemnej vody s pozitívnym vztlakom pozorovaná vo vrte P-34 (0,62 m nad terénom; 485,44 m n. m.; 13. marec). Do blízkosti terénu sa hladiny podzemnej vody dostali i vo vrtoch P-35, P-38 a P-32. Ich maximálne úrovne dosahovali hĺbky v intervale 0,27 až 0,94 m pod terénom. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa v jednotlivých vrtoch vyskytovali prevažne v na konci decembra (až v šiestnástich prípadoch – P-38, P-32, P-21, P-23, P- 1, P-24, P- 8, P-28, J-317, P- 6, P- 4, VP-44, P- 9, P-10, P-27, P-30, P-36, P-11, P-18 – max. hladina v uvedených vrtoch sa pohybovala v intervale od 0,47 do 10,58 m pod terénom). V ostatných piezometrických vrtoch boli maximálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané počas marca.

Najhlbšie pod terénom sa hladiny podzemnej vody vyskytovali čiastočne v januári a čiastočne v októbri a novembri, výnimočne v máji, auguste a decembri. V šiestnástich 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 (suchý počas celého roka) a J-317 (suchý prakticky počas celého roka, výnimkou bolo len marcové meranie). Väčšiu časť roka boli suché i vrty P-25, P-27, P-28, HG-351, P-15 a P-26.

Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2019 dosiahla hĺbku 5,77 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku jej zostup (vzhľadom na veľké množstvo suchých vrtov nie je možné vykonávať porovnanie s predchádzajúcim rokom). Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,72 (vrt P-34) do 12,49 m pod terénom (vrt P-29). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte P-4 (5,49 m). Podobne ako v predchádzajúcich rokoch, ešte výraznejšie zmeny je možné predpokladať vo vrte P-18, v ktorom sa počas roka vystriedali súčasne preliv podzemnej vody cez ochrannú pažnicu a pokles hladiny pod dno vrtu.

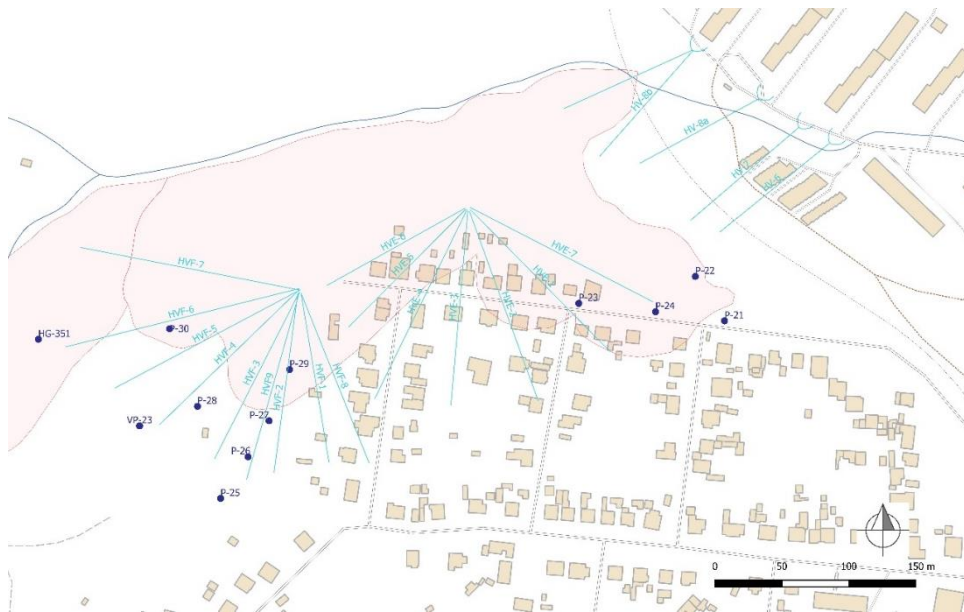
V roku 2020 sa pokračovalo v režimových pozorovaniach v 41 vrtoch a počas roku bolo vo vrtoch vykonaných 24 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 13. januára do 28. decembra.

Tab. 4.1.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2019.

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	23	4,29	478,70	27. 2. 2019	suchý					
J-317	24	4,27	486,09	28. 12. 2019	suchý					
J-318	24	4,87	497,74	28. 6. 2019	6,18	496,43	15. 1. 2019	5,40	497,21	1,31
P- 1	24	3,17	428,98	28. 12. 2019	4,87	427,28	10. 10. 2019	4,46	427,69	1,70
P- 2	24	3,75	438,29	28. 3. 2019	4,79	437,25	30. 1. 2019	4,28	437,76	1,40
P- 3	24	3,73	448,05	28. 3. 2019	5,60	446,18	12. 11. 2019	4,93	446,85	1,87
P- 4	24	6,19	443,85	28. 12. 2019	11,68	438,36	12. 11. 2019	9,48	440,56	5,49
P- 5	24	4,15	452,21	28. 3. 2019	4,89	451,47	30. 1. 2019	4,55	451,81	0,74
P- 6	24	4,75	456,00	28. 12. 2019	6,49	454,26	30. 1. 2019	5,63	455,12	1,74
P- 7	24	9,93	433,65	12. 2. 2019	11,80	432,50	10. 12. 2019	10,80	432,78	1,15
P- 8	24	4,05	446,35	28. 12. 2019	suchý					
P- 9	24	7,80	440,41	28. 12. 2019	10,72	437,49	30. 1. 2019	9,98	438,23	2,92
P-10	24	8,08	439,26	28. 12. 2019	suchý					
P-11	24	preliv			0,12	459,34	29. 10. 2019	preliv		
P-12	24	11,91	437,86	28. 3. 2019	suchý					
P-13	24	2,51	461,04	28. 3. 2019	suchý					
P-15	24	11,06	461,69	13. 3. 2019	suchý					
P-16	24	1,93	473,84	13. 3. 2019	suchý					
P-18	24	preliv			suchý					
P-20	24	6,90	424,12	13. 6. 2019	6,59	423,62	12. 11. 2019	6,29	423,92	0,50
P-21	24	2,78	445,90	28. 12. 2019	4,13	444,55	29. 10. 2019	3,43	445,25	1,35
P-22	24	6,96	440,07	27. 2. 2019	8,59	438,44	30. 1. 2019	7,79	439,24	1,63
P-23	24	2,91	453,24	28. 12. 2019	4,69	451,46	30. 1. 2019	3,97	452,18	1,78
P-24	24	3,50	448,96	28. 12. 2019	5,15	446,86	29. 10. 2019	4,35	447,66	2,10
P-25	24	11,55	476,05	13. 3. 2019	suchý					
P-26	24	9,89	474,82	13. 3. 2019	suchý					
P-27	24	9,30	471,85	28. 12. 2019	suchý					
P-28	24	4,10	482,18	28. 12. 2019	suchý					
P-29	24	12,46	461,96	13. 3. 2019	12,52	461,90	30. 1. 2019	12,49	461,93	0,06
P-30	24	10,58	469,62	28. 12. 2019	suchý					
P-31	24	4,31	497,99	12. 2. 2019	5,13	497,17	13. 5. 2019	4,86	497,44	0,82
P-32	24	0,94	489,94	28. 12. 2019	1,87	489,01	30. 8. 2019	1,28	489,60	0,93
P-33	24	2,30	492,78	28. 3. 2019	4,91	490,17	28. 8. 2018	3,89	491,19	1,78
P-34	24	-0,62	485,44	13. 3. 2019	2,15	482,67	29. 10. 2019	0,72	484,10	2,77
P-35	24	0,27	497,17	28. 3. 2019	1,37	496,07	29. 10. 2019	0,81	496,63	1,10
P-36	24	permanently suchý								
P-37	24	6,34	495,80	28. 3. 2019	suchý					
P-38	24	0,47	501,61	28. 12. 2019	4,34	497,74	15. 1. 2019	3,23	498,85	3,87
VP-23	24	12,18	477,60	15. 1. 2019	12,71	477,07	10. 12. 2019	12,41	477,37	0,53
VP-41	24	6,52	445,11	28. 3. 2019	9,70	442,56	29. 10. 2019	7,60	444,03	2,55
VP-44	24	7,70	441,16	28. 12. 2019	suchý					

V hodnotenom roku bolo v šiestich vrtoch (P-11, P-16, P-18, P-34, P-37 a P-38) pozorované dosiahnutie pozitívnej vztlakovej hladiny. Výskyt tejto stabilite nepriaznivej úrovne podzemnej vody bol spojený zväčša so zimným obdobím. Mimoriadne vysoké úrovne hladiny podzemnej vody boli zaznamenané aj vo vrtoch P-1, P-2, P-4, P-13, P-32, P-35 a P-36 (maximálne stavy sa nachádzali v intervale od 0,55 do 0,96 m p. t.). Výskyt maximálnych stavov hladiny podzemnej vody v uvedených vrtoch bol viazaný prevažne na prvú polovicu mesiaca október, teda na obdobie s výdatnými zrážkami. V ostatných vrtoch boli maximálne úrovne hladiny zaznamenané prevažne tiež v prvej polovici októbra alebo v jarom období (prvá polovica marca) a pohybovali sa na úrovni 1,01 až 12,86 m pod terénom.

Minimálne stavy hladiny podzemnej vody sa počas roka vyskytovali najmä v auguste a septembri (18 vrtoch) a tiež často i v januári a decembri (13 vrtoch). Hladina podzemnej vody klesla minimálne počas jedného merania do väčšej hĺbky ako je úroveň dna vrtu v 13 vrtoch, čo je menší počet objektov v porovnaní s rokom 2019 a zároveň v niektorých vrtoch bolo počas roka pozorované kolísanie hladiny, kedy v určitom období klesla hladina pod dno vrtu a v určitom období vystúpila nad úroveň terénu (vrty P-16 a P-18).



Obr. 4.1.8. 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 vrto); mapový podklad: ZBGIS®.

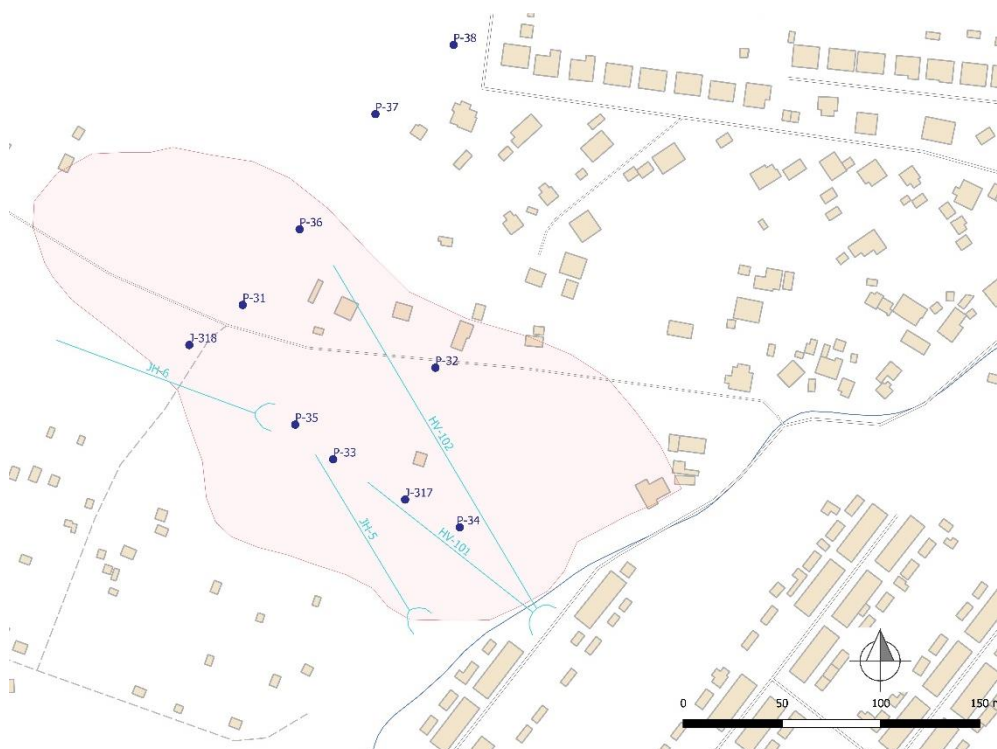
Tab. 4.1.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2020.

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	4,04	478,95	28. 2. 2020	suchý					
J-317	24	2,57	487,79	12. 10. 2020	suchý					
J-318	24	4,59	498,02	13. 3. 2020	5,69	496,92	12. 10. 2020	5,08	497,53	1,10
P- 1	24	0,62	431,53	12. 10. 2020	4,44	427,71	12. 8. 2020	3,36	428,79	3,82
P- 2	24	0,70	441,34	12. 10. 2020	4,26	437,78	10. 9. 2020	3,27	438,77	3,56
P- 3	24	1,12	450,66	12. 10. 2020	5,17	446,61	10. 9. 2020	4,10	447,68	4,05
P- 4	24	0,89	449,15	12. 10. 2020	10,79	439,25	10. 9. 2020	6,92	443,12	9,90
P- 5	24	1,61	454,75	12. 10. 2020	4,53	451,83	10. 9. 2020	4,04	452,32	2,92
P- 6	24	1,01	459,74	12. 10. 2020	5,54	455,21	10. 9. 2020	4,27	456,48	4,53
P- 7	24	6,77	436,81	12. 10. 2020	10,82	432,76	13. 1. 2020	9,46	434,12	4,05
P- 8	24	1,20	449,20	12. 10. 2020	6,62	443,78	12. 8. 2020	4,95	445,45	5,42
P- 9	24	7,40	440,81	28. 2. 2020	10,65	437,56	10. 9. 2020	9,43	438,78	3,25
P-10	24	7,83	439,51	12. 10. 2020	13,13	434,21	30. 8. 2020	10,65	436,69	5,30
P-11	24	preliv			0,05	459,41	12. 8. 2020	preliv		
P-12	24	12,86	436,91	12. 10. 2020	suchý					
P-13	24	0,55	463,00	13. 3. 2020	4,80	458,75	31. 1. 2020	2,81	460,74	4,25
P-15	24	11,54	461,21	12. 10. 2020	suchý					
P-16	24	preliv			suchý			preliv, suchý		
P-18	24	preliv			suchý			preliv, suchý		
P-20	24	5,59	424,62	28. 12. 2020	6,42	423,79	13. 1. 2020	5,86	424,35	0,83
P-21	24	2,44	446,24	13. 3. 2020	3,21	445,47	31. 1. 2020	2,86	445,82	0,77
P-22	24	6,05	440,98	13. 3. 2020	7,69	439,34	10. 12. 2020	7,06	439,97	1,64
P-23	24	1,81	454,34	13. 3. 2020	3,56	452,59	12. 8. 2020	2,80	453,35	1,75
P-24	24	2,11	449,90	13. 3. 2020	4,17	447,84	31. 1. 2020	3,19	448,82	2,06
P-25	24	10,65	476,95	12. 10. 2020	suchý					
P-26	24	9,57	475,14	12. 10. 2020	suchý					
P-27	24	7,44	473,71	12. 10. 2020	suchý					

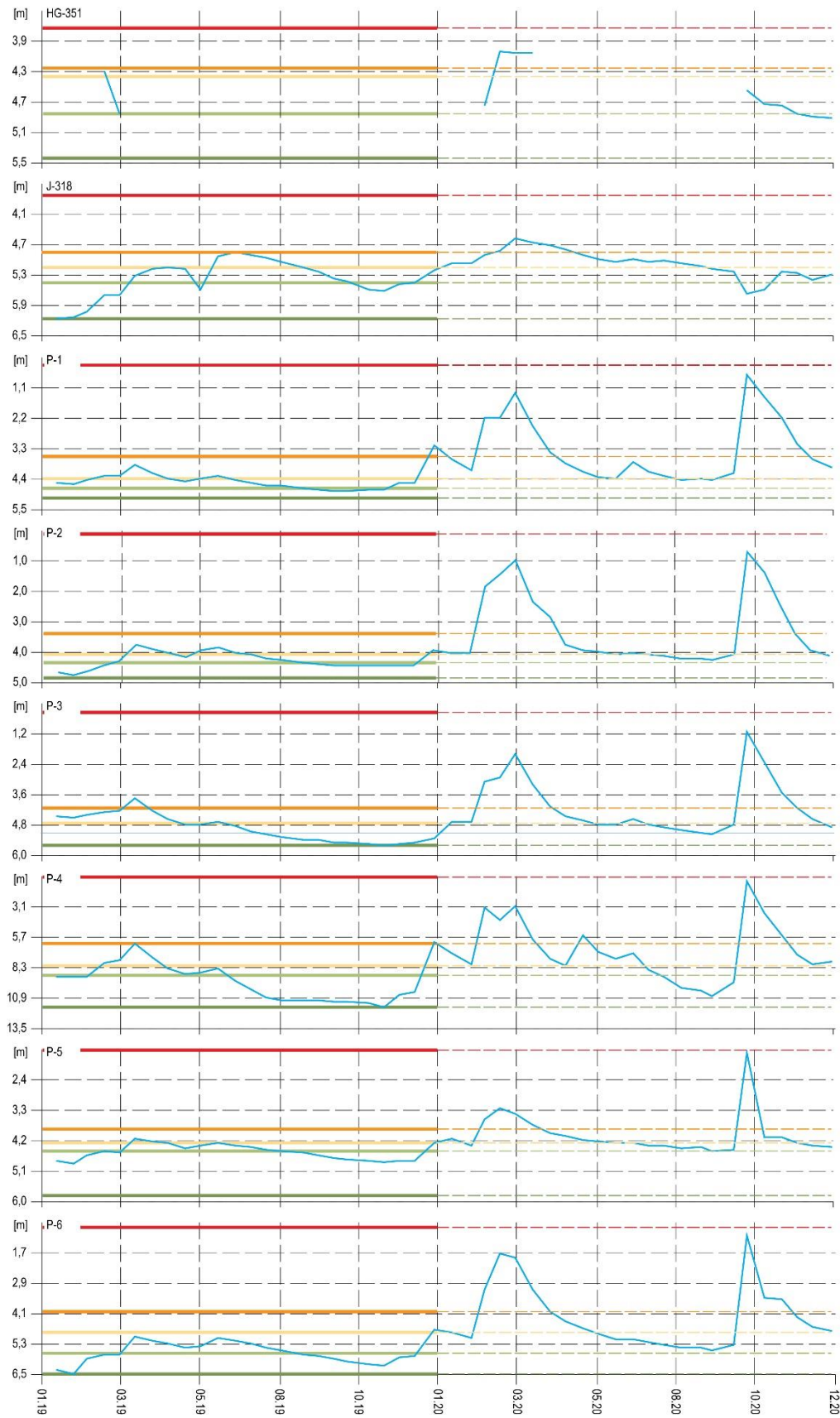
Tab. 4.1.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2020 (pokračovanie).

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.]	
P-28	24	2,44	483,84	12. 10. 2020	suchý					
P-29	24	12,40	462,02	12. 10. 2020	12,50	461,92	13. 1. 2020	12,46	461,96	0,10
P-30	24	9,31	470,89	28. 02. 2020	10,86	469,34	30. 8. 2020	10,14	470,06	1,55
P-31	24	3,60	498,70	12. 10. 2020	6,55	495,75	10. 12. 2020	5,95	496,35	2,95
P-32	24	0,76	490,12	28. 2. 2020	2,39	488,49	28. 4. 2020	1,24	489,64	1,63
P-33	24	3,60	491,48	12. 10. 2020	4,51	490,57	28. 4. 2020	4,10	490,98	0,91
P-34	24	preliv			2,11	482,71	10. 9. 2020	preliv		
P-35	24	0,96	496,48	13. 3. 2020	1,93	495,51	10. 9. 2020	1,56	495,88	0,97
P-36	24	permanentne suchý								
P-37	24	2,29	499,85	13. 3. 2020	suchý					
P-38	24	preliv			3,42	498,66	10. 9. 2020	preliv		
VP-23	24	12,61	477,17	13. 2. 2020	12,81	476,97	30. 8. 2020	12,75	477,03	0,20
VP-41	24	5,75	445,88	13. 3. 2020	7,80	443,83	10. 9. 2020	6,69	444,94	2,05
VP-44	24	3,65	445,21	13. 3. 2020	8,76	440,10	10. 9. 2020	7,33	441,53	5,11

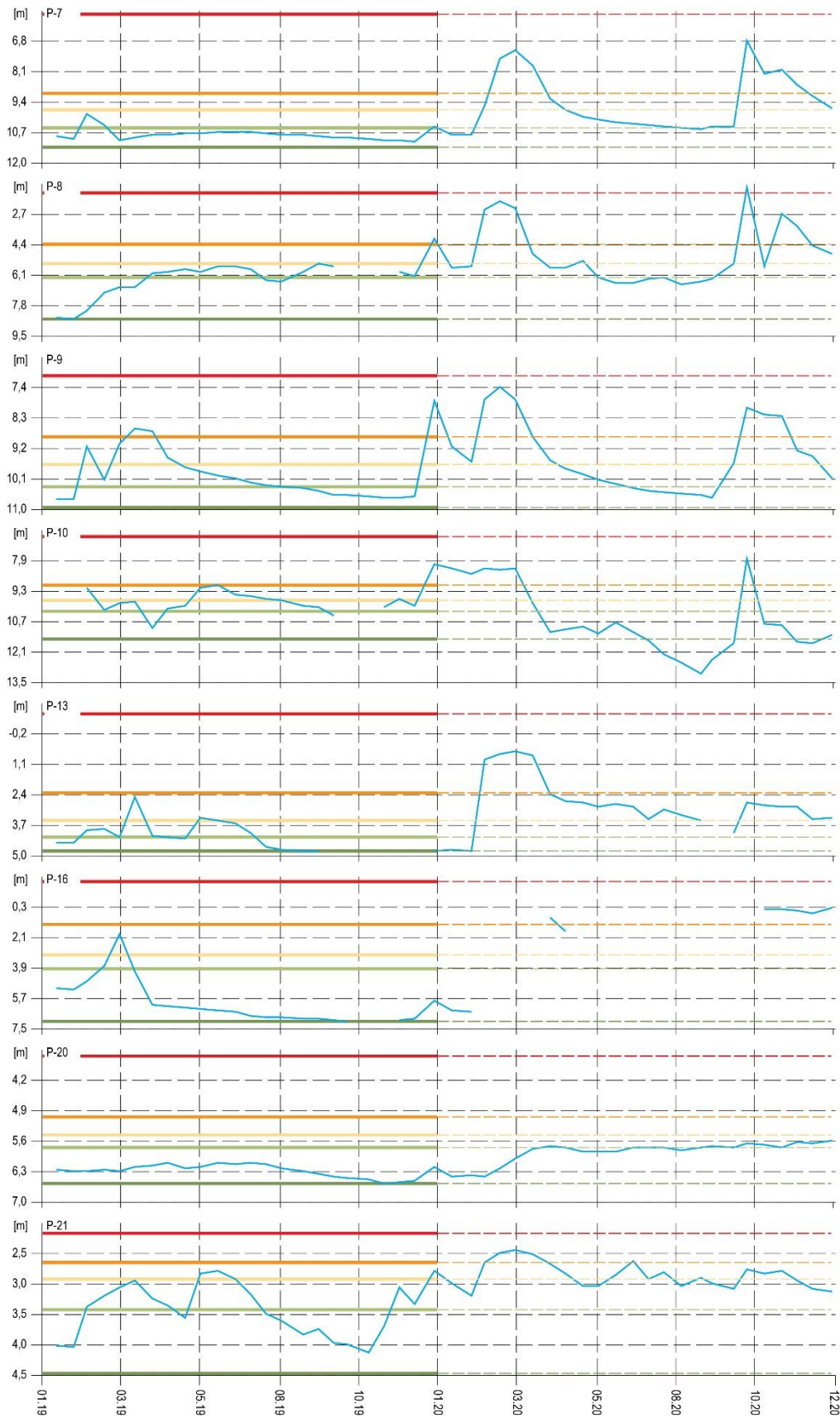
Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2020 dosiahla úroveň 5,81 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku nepatrný zostup, ale vzhľadom na veľké množstvo suchých vrtov nie je možné vykonávať porovnanie s predchádzajúcim rokom. V jednotlivých vrtoch sa priemerné hĺbky pohybovali v rozsahu od 0,02 (vrt P-11 s často zaznamenaným prelivom) do 13,01 m pod terénom (vrt P-12). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody, okrem vrtov s prelivom a suchých vrtov, podobne ako v predchádzajúcom roku, bolo pozorované vo vrte P-4 (9,90 m). Avšak výrazné kolísanie, spôsobené aj dosiahnutím maximálnych stavov úrovne hladiny podzemnej vody v prvej polovici októbra, bolo pozorované vo väčšom počte objektov, najmä vo vrtoch P-3, P-6, P-7, P-8, P-10, P-13, P-16, P-28, P-37, VP-44.



Obr. 4.1.9. 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 vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

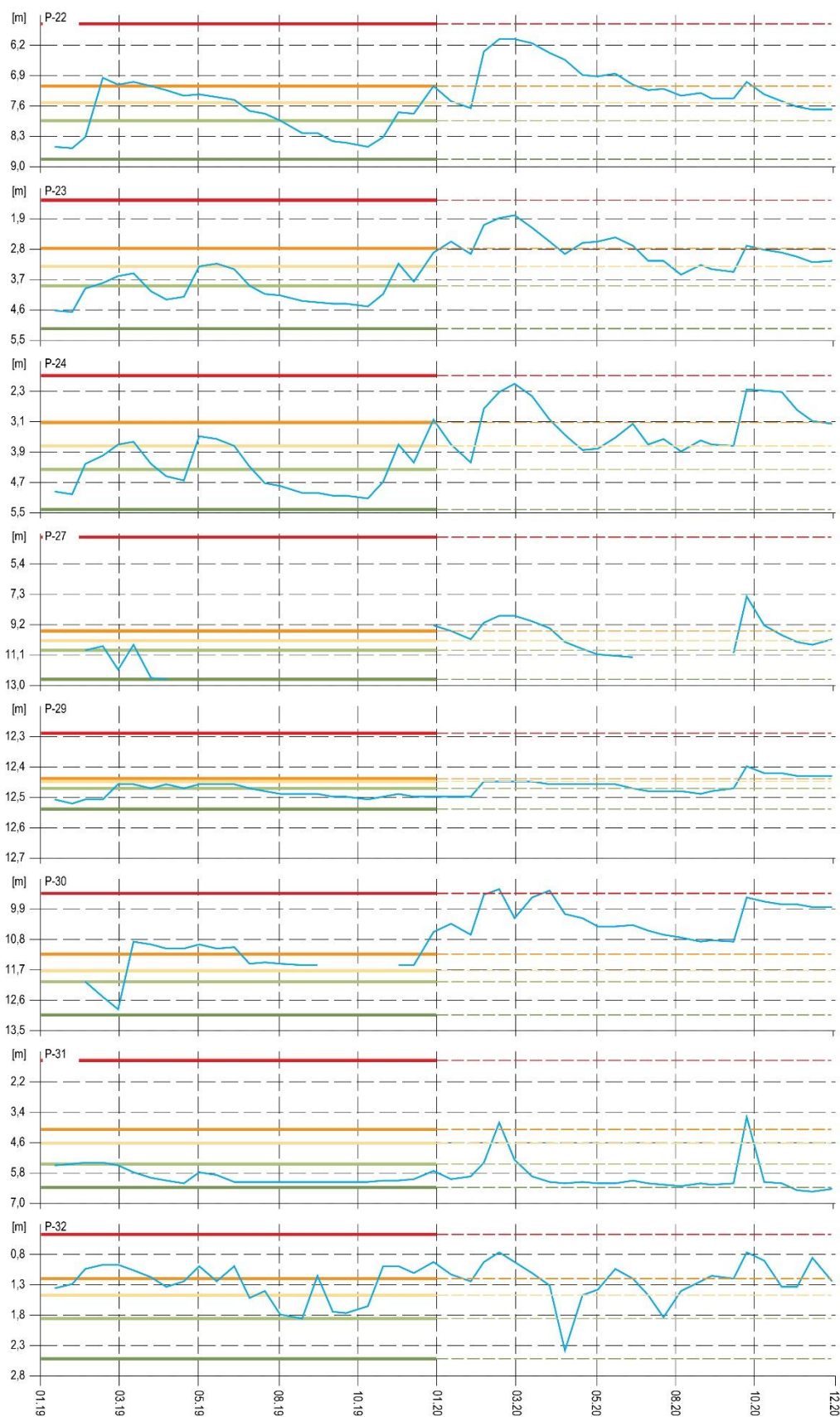


Obr. 4.1.10. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: HG-351, J-318, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5 a P-6, spolu so štatistickým ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

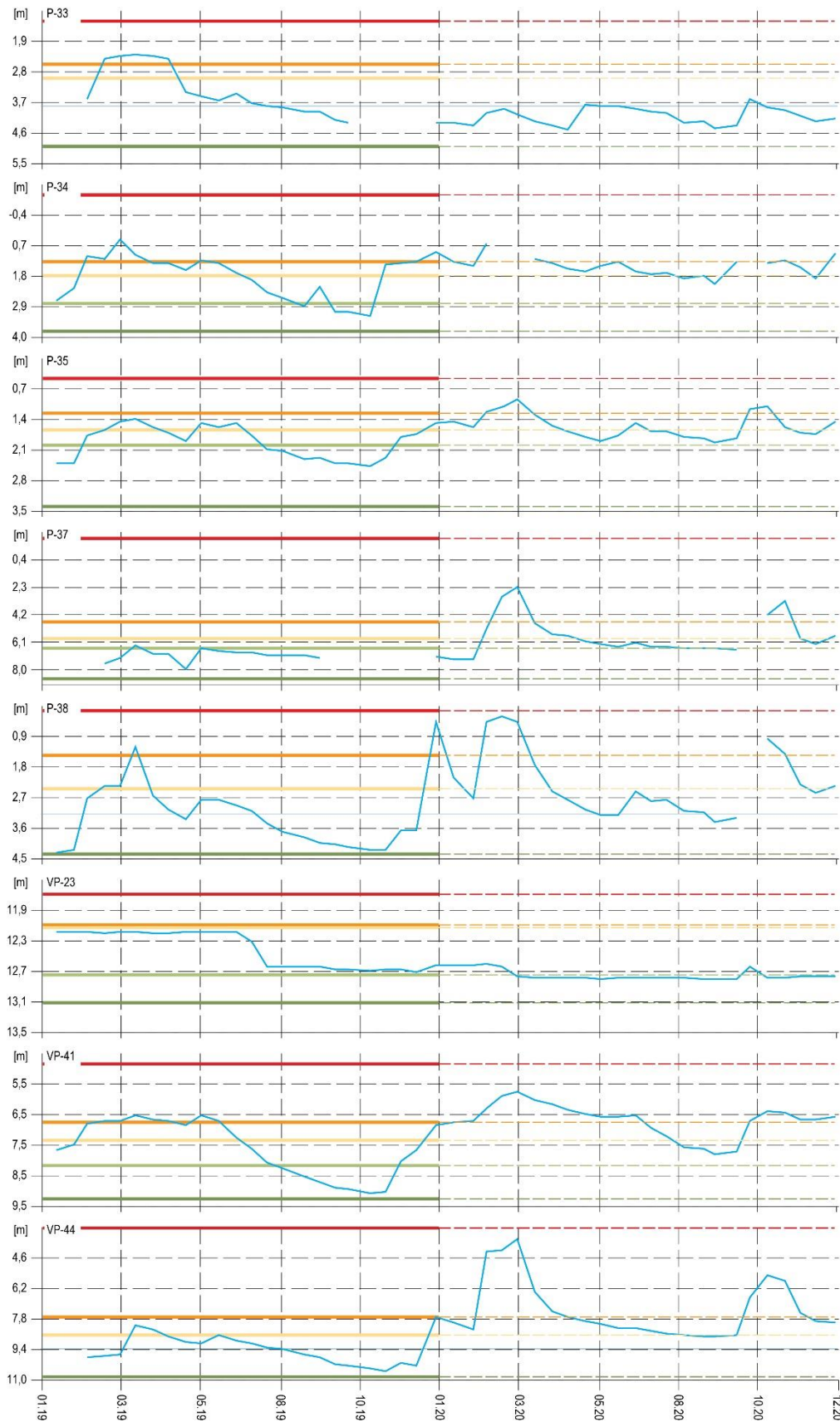


Obr. 4.1.11. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: P-7, P-8, P-9, P-10, P-13, P-16, P-20 a P-21, spolu so štatistickým ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

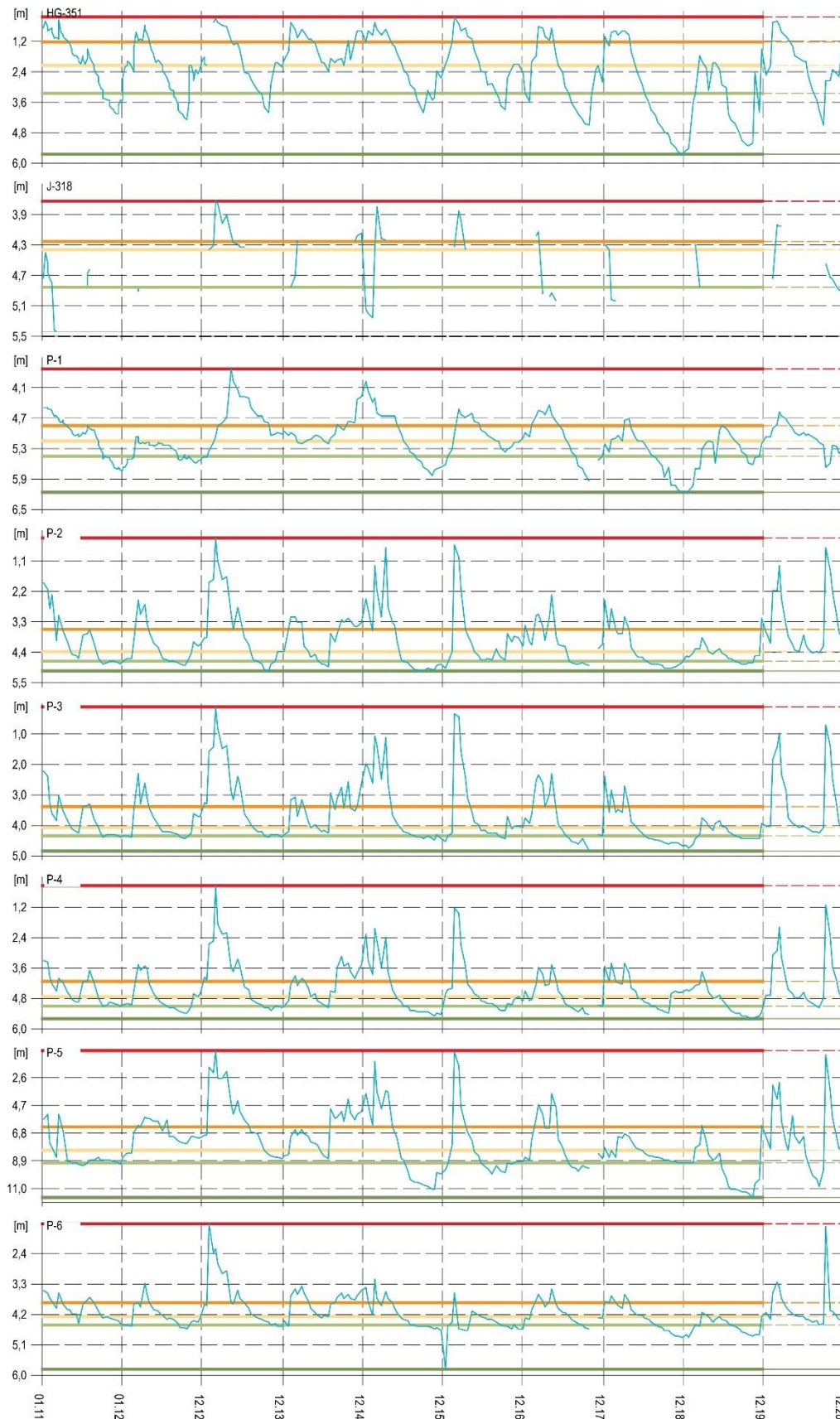




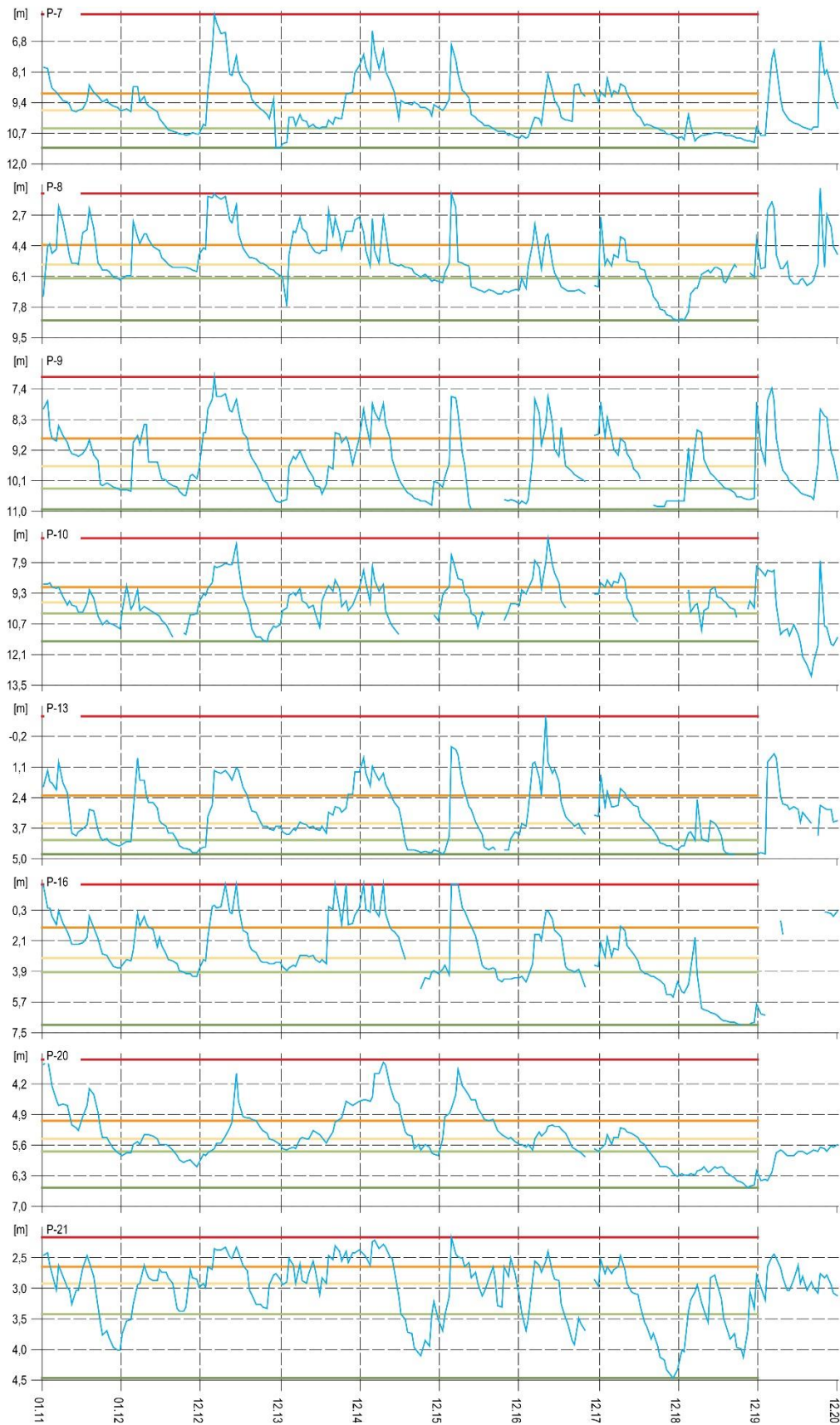
Obr. 4.1.12. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: P-22, P-23, P-24, P-27, P-29, P-30, P-31 a P-32, spolu so štatistickým ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



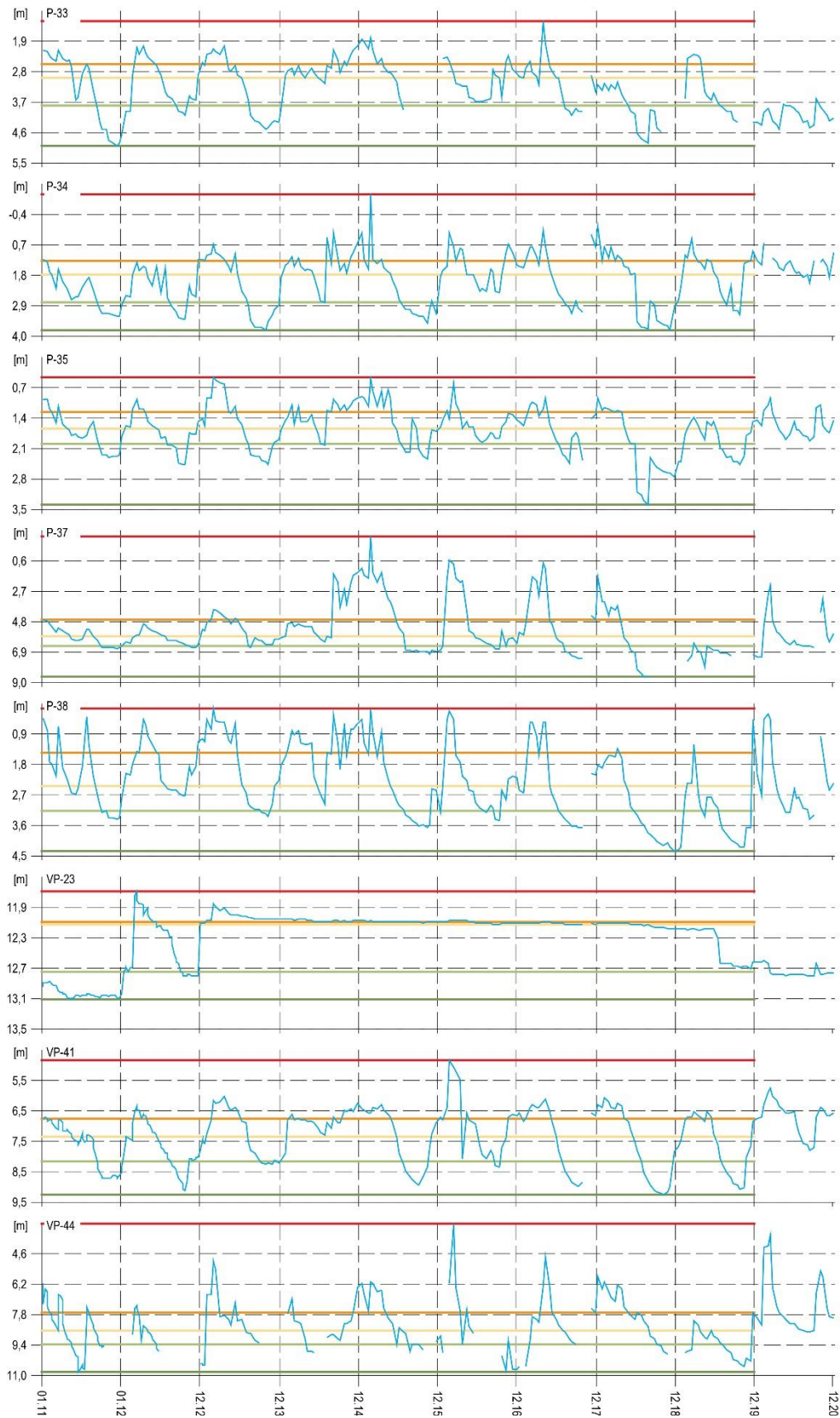
Obr. 4.1.13. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: P-33, P-34, P-35, P-37, P-38, VP-23, VP-41 a VP-44, so spolu štatistickým ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.1.14. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2011 až 2020 vo vrtoch: HG-351, J-318, P-1, P-2, P-3, P-4, P-5 a P-6, so spolu štatistickým ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.1.15. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2011 až 2020 vo vrtoch: P-7, P-8, P-9, P-10, P-13, P-16, P-20 a P-21, so spolu štatistickým 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. 4.1.16. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, namerané v rokoch 2011 až 2020 vo vrtoch: P-33, P-34, P-35, P-37, P-38, VP-23, VP-41 a VP-44, so spolu štatistickým 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.

Z vývoja sledovaných ukazovateľov na obr. 4.1.14 až 4.1.16 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 roku 2020 bola nameraná najvyššia hladina za celé obdobie monitorovania vo vrtoch P-25 (12. októbra) a P-30 (28. februára). V niekoľkých vrtoch sa hladiny podzemnej vody dostávajú do blízkosti terénu, prípadne vystupujú i nad terén. Najnepriaznivejší stav – preliv podzemnej vody cez ústie pažnice, bol v poslednom desaťročí nameraný vo vrtoch P-11 (za posledných 10 rokov je to až v 141 prípadoch), P-18 (69 prípadov), P16 (16 prípadov), P-34 (5 prípadov), P-37 (2 prípady), P-28 (1 prípad), P-13 (1 prípad), P-38 (1 prípad). Do blízkosti terénu sa dostávajú hladiny podzemnej vody aj vo vrtoch P-1, 2, 3, 4, 6, 32, 35, 36 a J-317.

#### a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomeri

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko sú automatickými hladinomeri zabezpečované merania v 2 vrtoch (P-17 a P-19; situovanie vrtovej je na obr. 4.1.7). Počas hodnotených rokov 2019 a 2020 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale. Vo vrtoch P-17 a P-19 vystupujú hladiny podzemnej vody nad úroveň terénu v dôsledku prestupu podzemných vôd z plytších horizontov, resp. z horizontov s vyšším hydraulickým gradientom. Monitorovacie zariadenia nie je schopné zaznamenávať hodnoty hladiny podzemnej vody nad terénom. Znamená to, že v situáciách výskytu pozitívnej vztlakovej hladiny dochádza k výpadku záznamu. Z tohto dôvodu sú spracované len údaje, ktoré boli priamo namerané.

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2019 a 2020, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, znázorňuje obr. 4.1.17 a výsledky za dlhšie obdobie monitorovania obr. 4.1.18. Základné štatistické hodnotenia sú prezentované v tab. 4.1.5 a 4.1.6.

Vo vrte P-17 v roku 2019 bola maximálna hladina podzemnej vody na úrovni terénu, resp. nad ním (viac ako 473,62 m n. m.) počas 51 meraní (51 hodín; prvý záznam: 16. marec), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazný pokles. Minimálny stav bol zaznamenaný 1. februára s hĺbkou 8,8 m pod terénom (464,82 m n. m.). Hladina počas prvých šiestich mesiacov zaznamenala viackrát výrazný vzostup (viac ako 8 m). V tomto období hladina podzemnej vody dosahovala až k úrovni terénu. Od začiatku júna do prvej polovice novembra mala hladina len klesajúci charakter. Následne po dosiahnutí minimálnej hladiny začala opäť intenzívne stúpať. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody (nie sú v nej zahrnuté termíny s hladinou nad úrovňou terénu) dosiahla v roku 2019 hodnotu 5,75 m pod terénom (468,05 m n. m.). Celkové kolísanie hladiny počas roka sa nachádzalo na úrovni 8,3 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,64 m pod terénom, 2. kvartil 6,28 m pod terénom a 3. kvartil 3,63 m pod terénom.

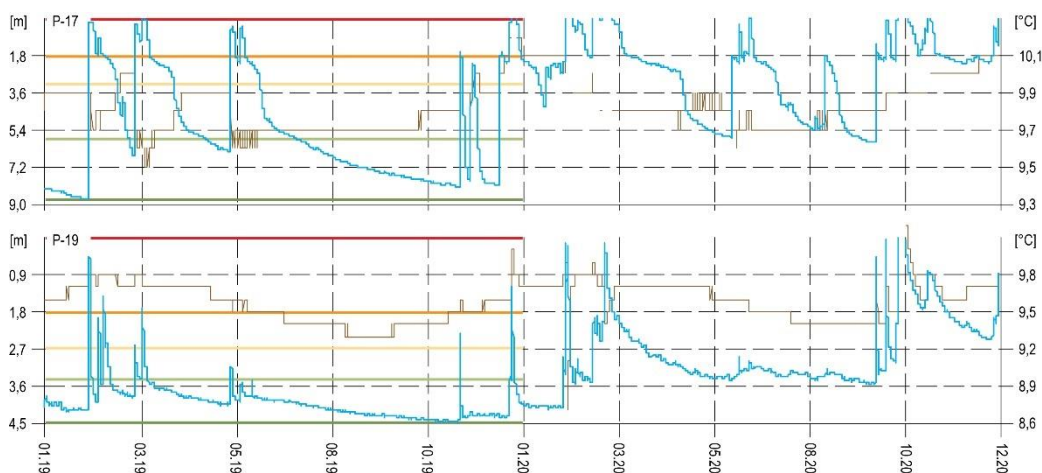
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,0 °C počas 2. februára, naopak, najnižšia teplota (9,5 °C) bola zaznamenaná 18. marca. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,78 °C.

Tab. 4.1.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomeri na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2019.

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-17	8760	0,00	473,62	16. 3. 2019	8,80	464,82	1. 2. 2019	5,57	468,05	8,80
P-19	8760	0,45	434,98	3. 2. 2019	4,50	430,93	11. 11. 2019	4,00	431,43	4,50

V roku 2020 bola hladina podzemnej vody nad úrovňou terénu nameraná 712 krát (počas 41 dní; prvýkrát nameraná 2. februára a posledný 31. decembra), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazný nárast. Minimálny stav bol zaznamenaný na konci letného obdobia 22. septembra s hĺbkou 6,0 m pod terénom (467,62 m n. m.). Následne, najmä v súvislosti s intenzívnymi zrážkami hladina začala v druhej polovici septembra prudko stúpať. Do konca roka oscilovala v intervale 2,19 m pod terénom až po úroveň terénu (kolísanie bolo spôsobené natekaním vody do vrtu z „stredného“ a „vrchného“ horizontu). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody (nie sú v nej zahrnuté termíny s hladinou nad úrovňou terénu) dosiahla v roku 2020 hodnotu 2,82 m pod terénom (468,78 m n. m.), čo je v porovnaní s vlaňajším rokom vzostup o 2,75 m. Celkové kolísanie hladiny počas roka sa nachádzalo na úrovni 6,0 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 4,55 m pod terénom, 2. kvartil 2,20 m pod terénom a 3. kvartil 1,84 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,1 °C počas 1. januára, naopak, najnižšia teplota (9,6 °C) bola zaznamenaná 12. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,86 °C.



Obr. 4.1.17. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi v rokoch 2019 a 2020, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Automatické hladinometry sú umiestnené vo vrtoch P-17 a P-19. 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.

Tab. 4.1.6. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2020.

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-17	8783,00	0,00	473,62	2. 2. 2020	6,00	467,62	22. 9. 2020	2,82	470,80	6,00
P-19	8784,00	0,00	435,43	12. 10. 2020	4,17	431,26	20. 1. 2020	2,88	432,55	4,16

Vo vrte P-19 v roku 2019 prvýkrát nebola, na rozdiel od predchádzajúcich rokov, nameraná hladina podzemnej vody nad úrovňou terénu. Maximálna hladina podzemnej vody vystúpila do hĺbky 0,45 m (434,98 m n. m.).

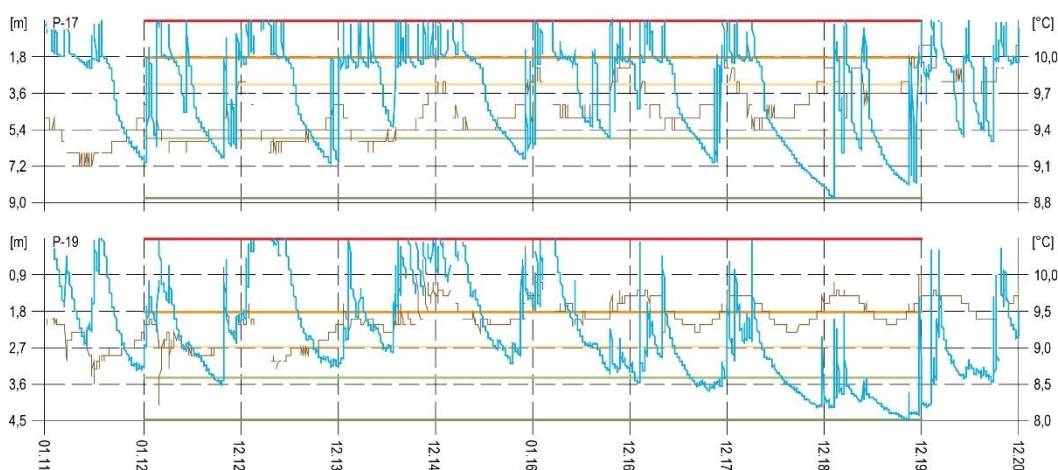
Priebeh hladiny podzemnej vody v období od začiatku februára až do polovice marca bol sprevádzaný pomerne častými a náhlymi zmenami úrovne hĺbky hladiny podzemnej vody, ktoré súvisia s natekaním podzemnej vody z plytších horizontov. Počas tohto obdobia hladina podzemnej vody viackrát výrazne stúpala (posledný vzostup bol zaznamenaný 16. marca). Tieto zmeny boli do veľkej miery vymedzené zrážkovými úhrnmi. Najvýraznejšie sa to prejavilo

začiatkom februára, kedy v krátkom čase spadlo väčšie množstvo zrážok. V období, ktoré trvalo do druhej polovice apríla do polovice novembra, mala hladina podzemnej vody klesajúci trend. K jej vzostupu došlo v súvislosti s výdatnejšími zrážkami. Minimálna hladina bola nameraná 11. novembra v hĺbke 4,5 m pod terénom (430,93 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2019 dosiahla 4,00 m pod terénom (432,38 m n. m.), čo je oproti roku 2018 pokles o 0,90 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 4,5 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 4,31 m pod terénom, 2. kvartil 4,5 m pod terénom a 3. kvartil 3,87 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,9 °C počas 3. februára, naopak, najnižšia teplota (9,3 °C) bola zaznamenaná 18. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,54 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas roku 2019 predstavovala 0,6 °C.

V roku 2020 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná na úrovni terénu (435,43 m n. m.; prvý výskyt bol zaznamenaný 4. februára). Priebeh hladiny podzemnej vody mal počas roka mierne vzostupný trend. Minimálna hladina bola nameraná 20. januára (4,17 m pod terénom – 431,26 m n. m.). Na prelome januára a februára začala hladina prudko stúpať. Podobných náhlych vzostupov, najmä vplyvom natekania vôd z plytších horizontov, bolo v hodnotenom roku viacero. Ich výskyt bol spojený s intenzívnymi zimnými a jarnými zrážkami. V letnom období sa zrážkové udalosti prejavovali na zmenách hladiny podzemnej vody len minimálne. Jesenné minimum hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané v druhej polovici septembra. V dôsledku výskytu intenzívnejších jesenných zrážok došlo hlavne počas októbra k viacerým výrazným vzostupom hladiny. Hladiny podzemnej vody počas novembra, ale i decembra mala prevažne zostupný charakter. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 2,88 m pod terénom (432,38 m n. m.), čo je oproti roku 2019 vzostup o 1,12 m. Kolísanie hladiny podzemnej vody počas roka dosiahlo 4,16 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 3,40 m pod terénom, 2. kvartil 3,22 m pod terénom a 3. kvartil 2,28 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,2 °C počas 19. októbra, naopak, najnižšia teplota (7,8 °C) bola nameraná 4. februára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,61 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas roku 2020 predstavovala 2,4 °C.



Obr. 4.1.18. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi v rokoch 2011 až 2020, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Automatické hladinometry sú umiestnené vo vrtoch P-17 a P-19. 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): tmavozeleňá línia – minimálna hĺbka HPV, svetlozeleňá línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.



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 vo vrtoch P-17 a P-19 zaznamenané počas roka 2019 (P-17 – 1. február – 8,80 m pod terénom; P-19 – 11. november – 4,5 m pod terénom). Za negatívny aspekt v monitorovaní zmien hladiny podzemnej vody v oboch vrtoch považujeme častý výskyt hladiny podzemnej vody nad úrovňou terénu, ktorý je spôsobený nesprávnym zabudovaním vrtu. Technickým nedostatok súvisí s neprimerane dlhou filtračnou časťou vrtu, vďaka čomu je sledované kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody ovplyvňované zmenami v ďalších zvodnených horizontoch.

#### b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko je pozorovaných 13 odvodňovacích zariadení (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. 4.1.7, 4.1.8 a 4.1.9).

V roku 2019 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 15. januára do 28. decembra. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na skupinách vrtov, ústiach do šácht D a E ( $75,0 \text{ l.min}^{-1}$ ). O niečo nižšie prietoky ( $42,86 \text{ l.min}^{-1}$ ) vytekali zo šácht A a C. Najčastejšie boli namerané počas marca, resp. koncom decembra. Maximálne prietoky na samostatných vrtoch boli, ktoré sú označené ako HV a JH, boli podobne, prevažne počas marca (JH-5 –  $42,86 \text{ l.min}^{-1}$ ; HV-7 –  $19,35 \text{ l.min}^{-1}$ ), ojedinele tiež aj vo februári a decembri. Minimálne hodnoty výdatnosti, na úrovni kvapkania, boli sledované vo vrtoch HV-101, HV-102, HV-6, HV-8a a HV-8b. V prípade posledných troch odvodňovacích zariadení bola táto veľmi nízka výdatnosť sledovaná počas celého roka. Navyše, vrt JH-5 bol počas väčšiny meraní v roku 2019 suchý. Na výtokových potrubiach zo šácht označených A, C, D, E, F sa minimálne výdatnosti pohybovali v rozsahu od  $13,33 \text{ l.min}^{-1}$  (šachta F; 30. január) do  $66,26 \text{ l.min}^{-1}$  (šachta D; 15. január). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2019 dosiahla  $187,63 \text{ l.min}^{-1}$ , čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o  $12,11 \text{ l.min}^{-1}$ . Maximálne kolísanie prietoku drénovanej vody bolo zaznamenané vo vrte JH-5 ( $42,86 \text{ l.min}^{-1}$ ). Množstvo odvádzanej vody z vybraných odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.1.19 a 4.1.20.

Tab. 4.1.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2019.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [ $\text{l.min}^{-1}$ ]	Max. kolísanie výdat. [ $\text{l.min}^{-1}$ ]
		[ $\text{l.min}^{-1}$ ]	dátum	[ $\text{l.min}^{-1}$ ]	dátum		
A	24	42,86	28. 12. 2019	9,23	30. 8. 2019	15,23	33,63
C	23	42,86	13. 3. 2019	9,23	30. 8. 2019	15,22	33,63
D	23	75,00	13. 3. 2019	54,55	15. 1. 2019	66,26	20,45
E	24	75,00	28. 12. 2019	46,15	30. 1. 2019	64,33	28,85
F	24	40,00	13. 3. 2019	5,88	30. 1. 2019	13,33	34,12
HV-101	24	0,43	28. 12. 2019	0,00	15. 1. 2019	0,06	0,43
HV-102	24	0,66	13. 3. 2019	0,00	15. 1. 2019	0,19	0,66
HV-6	24	kvapkanie					
HV-7	24	19,35	28. 3. 2019	0,23	28. 12. 2019	9,70	19,12
HV-8a	24	kvapkanie					
HV-8b	24						
JH-5	24	42,86	13. 3. 2019	0,00	15. 1. 2019	2,25	42,86
JH-6	24	2,35	12. 2. 2019	0,14	27. 7. 2019	1,06	2,21

V roku 2020 bolo rovnako, ako v predchádzajúcom roku, zabezpečených 24 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 13. januára do 28. decembra. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na skupinách vrtov, ústiach do šácht D a E ( $70,59 \text{ l.min}^{-1}$ ). O niečo nižšie prietoky ( $54,55 \text{ l.min}^{-1}$ ) vytekali zo šácht A a C a vysoká výdatnosť bola

nameraná aj z vrto v šachte F (50,00 l.min<sup>-1</sup>). Najvyššie výdatnosti sa vyskytli v marci, februári alebo čiastočne aj v januári, ale počas roka sa zopakovali buď v letnom období alebo prvej polovici októbra.

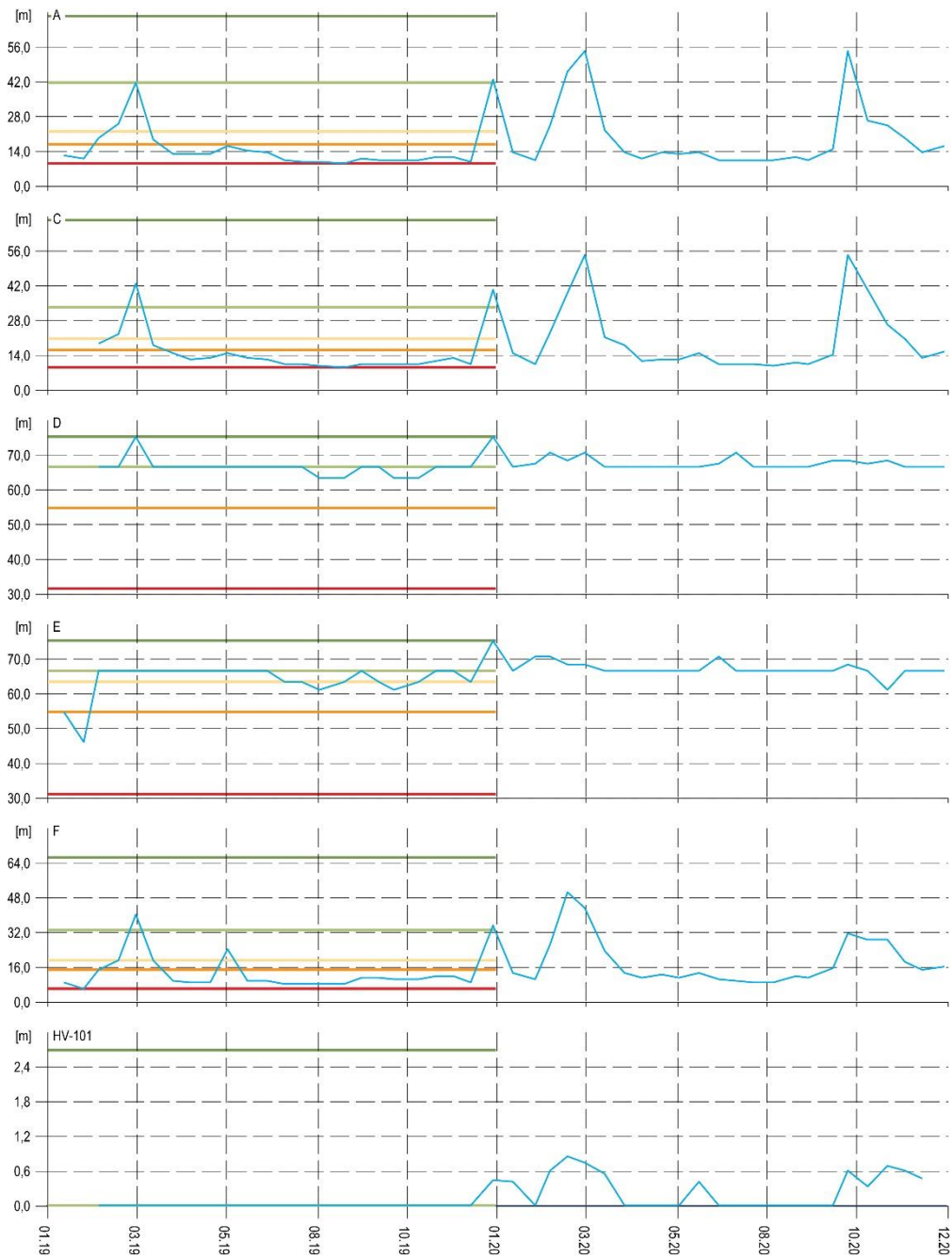
Tab. 4.1.8. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2020.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]	Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]
		[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum	[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum		
A	24	54,55	13. 3. 2020	10,08	13. 7. 2020	19,40	44,47
C	23	54,55	13. 3. 2020	9,84	12. 8. 2020	19,89	44,71
D	23	70,59	13. 2. 2020	66,67	13. 1. 2020	67,51	3,92
E	24	70,59	13. 1. 2020	61,22	12. 11. 2020	67,12	9,37
F	24	50,00	28. 2. 2020	8,70	12. 8. 2020	18,31	41,3
HV-101	24	0,85	28. 2. 2020	0,32	28. 10. 2020	0,56	0,53
HV-102	24	0,85	13. 1. 2020	0,00	30. 8. 2020	0,49	0,85
HV-6	24	kvapkanie					
HV-7	24	35,29	13. 3. 2020	7,32		12,99	27,97
HV-8a	24	kvapkanie					
HV-8b	24						
JH-5	24	66,67	12. 10. 2020	0,00	13. 1. 2020	5,41	66,67
JH-6	24	1,17	12. 10. 2020	0,68	28. 2. 2020	0,90	0,49

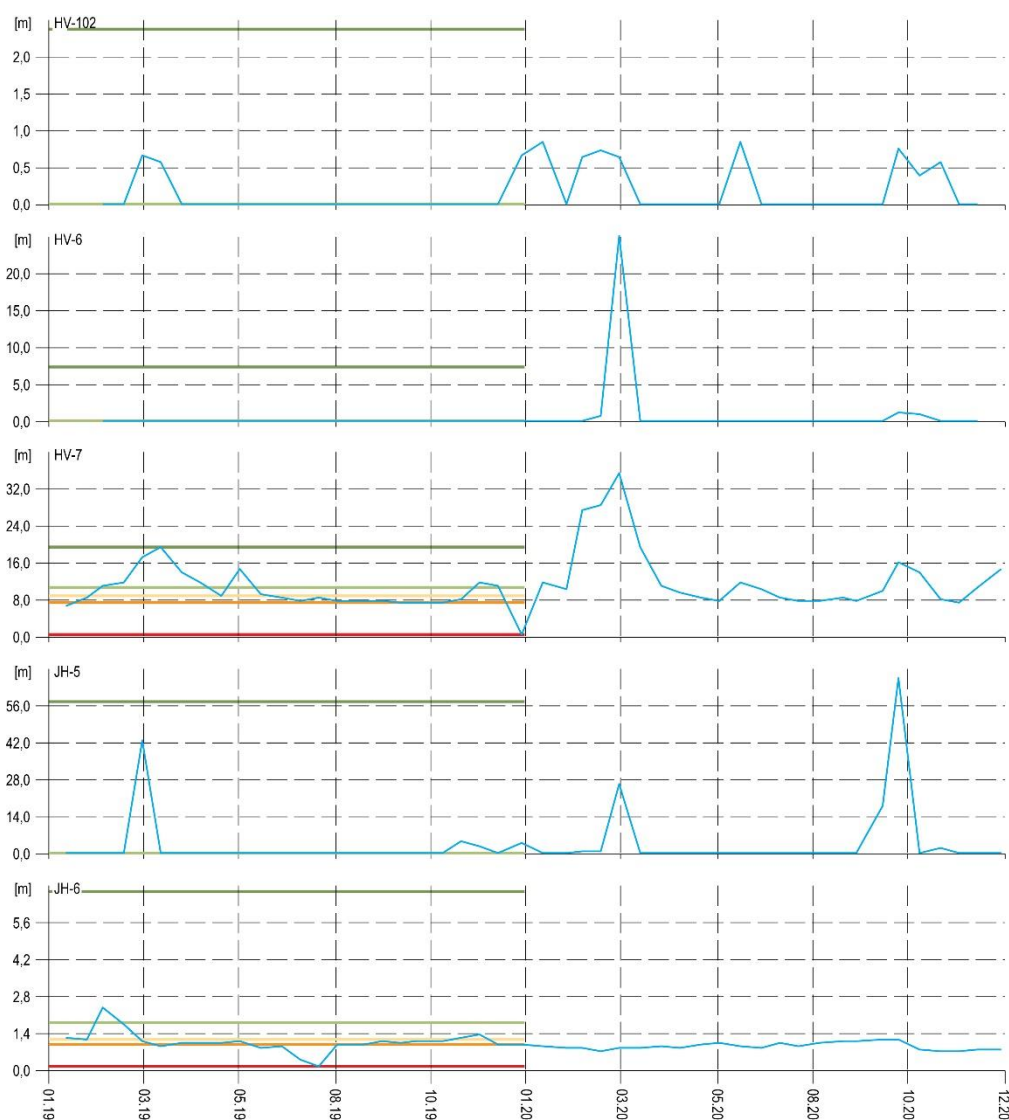
Maximálne prietoky na samostatných vrtoch, ktoré sú označené ako HV a JH, sa pohybovali od 0,85 l.min<sup>-1</sup> (HV-101, HV-102) až po 66,67 l.min<sup>-1</sup> (JH-5) a boli viazané na január až marec, ale tiež na prvú polovicu októbra. Náhle stúpnutie výdatnosti počas roka bolo zaznamenané v júni vo vrte HV-102 a v prvej polovici októbra (vrty JH-5, HV-6).

Minimálne hodnoty výdatnosti, na úrovni kvapkania, boli sledované vo vrtoch HV-101, HV-102, HV-6, HV-8a a HV-8b. Vrt JH-5 bol počas väčšiny roka suchý, ale vyznačoval sa vysokými nárazovými prietokmi v marci a októbri. Na výtokových potrubíach zo šacht označených A, C, D, E, F sa minimálne výdatnosti pohybovali v rozsahu od 8,70 l.min<sup>-1</sup> (šachta F; 12. august) do 66,67 l.min<sup>-1</sup> (šachta D; 13. január). Prietoky vrtov zaústených do šacht D a E sa počas celého roka vyznačovali stabilne vysokými hodnotami. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých objektov s merateľnými prietokmi v roku 2020 dosiahla 212,58 l.min<sup>-1</sup>, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o viac ako 10% (24,95 l.min<sup>-1</sup>). Maximálne kolísanie prietoku drénovanej vody bolo zaznamenané vo vrte JH-5 (66,67 l.min<sup>-1</sup>), pričom vrt vykazoval prevažne nulové výdatnosti a občasnú nárazovú stúpnutie prietoku. Množstvo odvádzanej vody z vybraných odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.1.19 a 4.1.20.

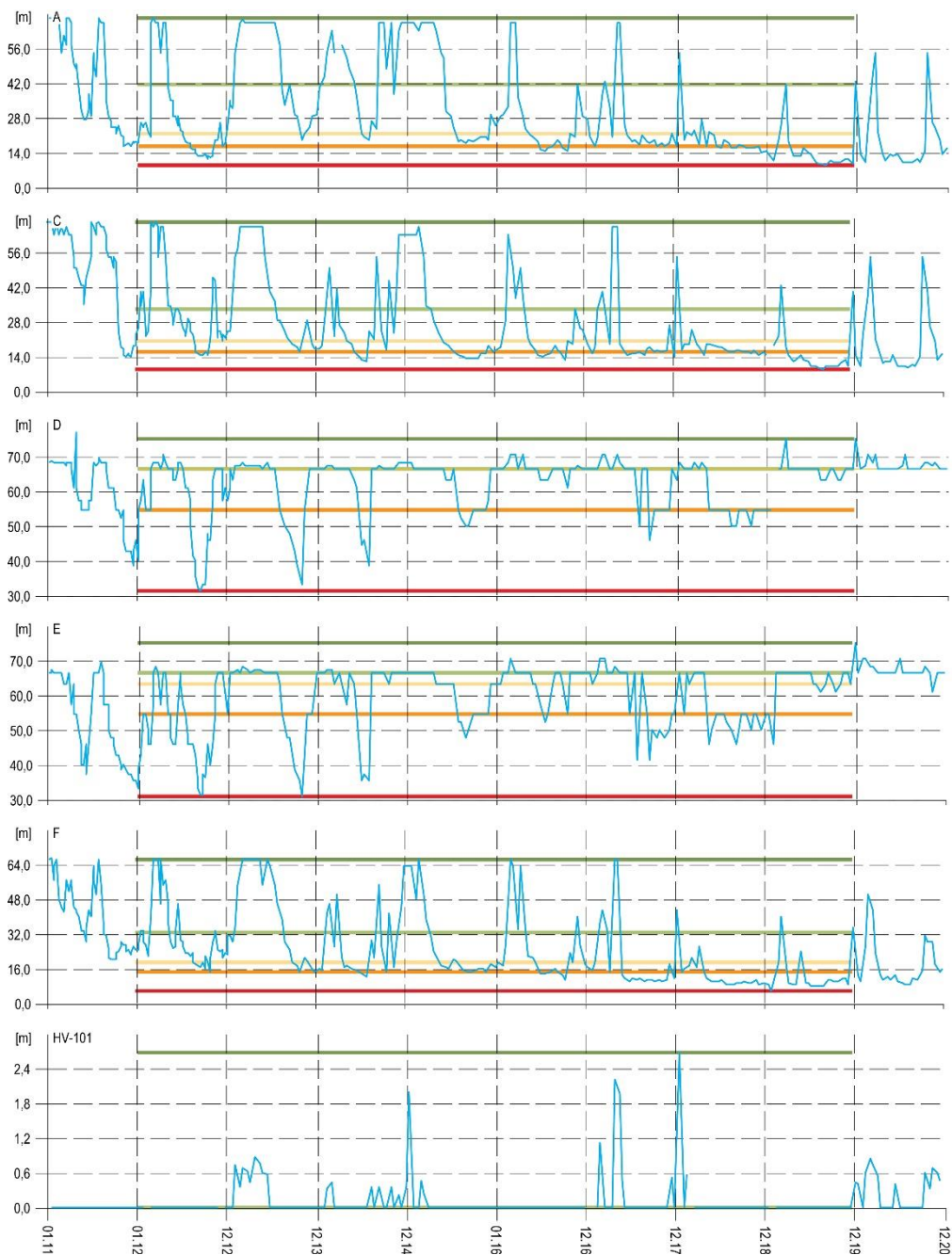
Z analýzy nameraných množstiev odvádzanej vody vyplýva, že v prípadoch zariadení označených sumárne ako A až F prevládajú objemy nad 60 l.min<sup>-1</sup>. Najefektívnejšie v tomto smere sú odvodňovacie zariadenia D a E, na ktorých výrazne prevládajú výdatnosti v intervale 63,0 – 69,0 l.min<sup>-1</sup>. Maximálna výdatnosť zaznamenaná v minulosti dosiahla v prípade šachty D až 80 l.min<sup>-1</sup>. Počas monitorovaného obdobia v rámci celej lokality možno však sledovať prevládajúcu výdatnosť v rozsahu 0,0 – 5,0 l.min<sup>-1</sup>. Je to ovplyvnené tým, že viaceré vrty označené HJ a HV sú často suché, resp. dosahujú len nižšie hodnoty výdatnosti.



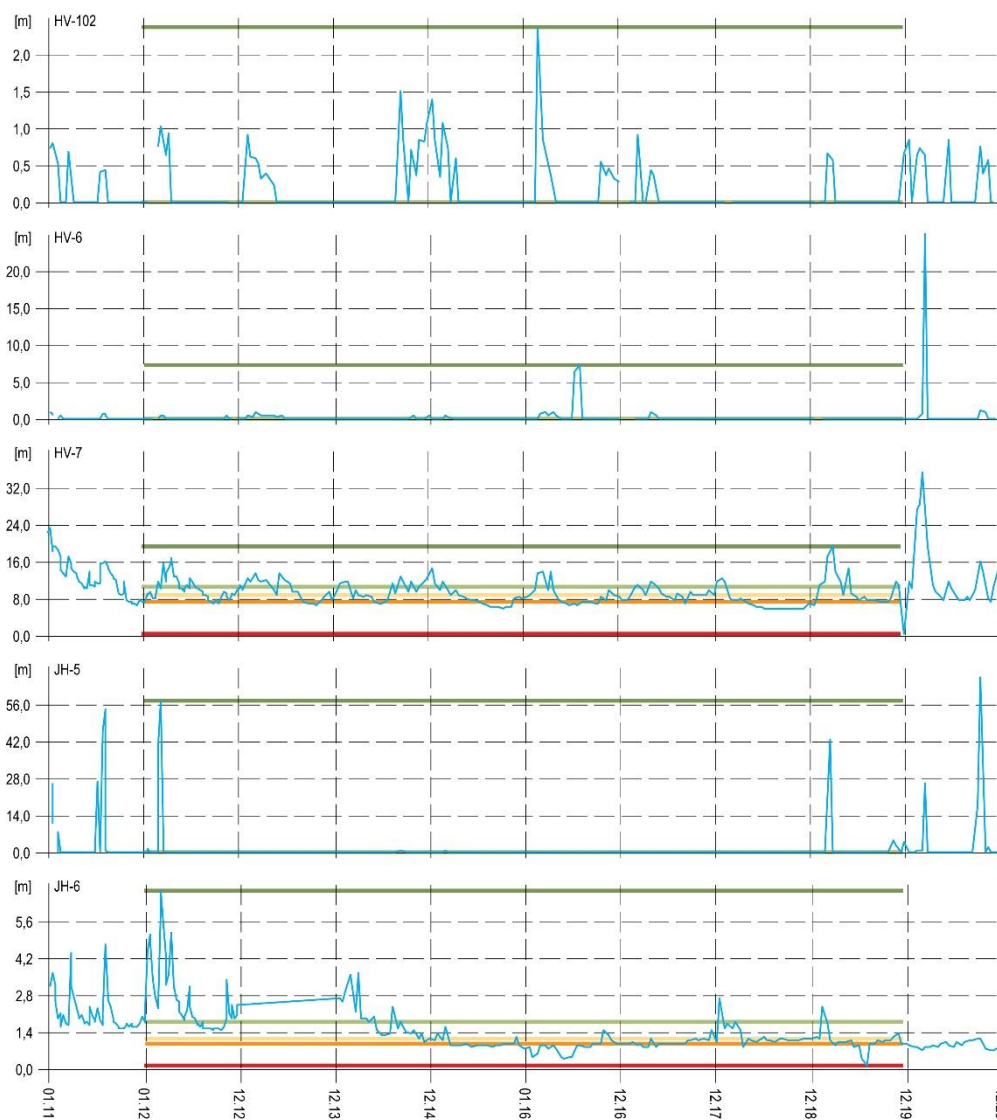
Obr. 4.1.19. Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (A, C, D, E, F a HV-101) na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2019 a 2020, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, 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. 4.1.20. Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (HV-102, HV-6, HV-7, JH-5 a JH-6) na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2019 a 2020, 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.



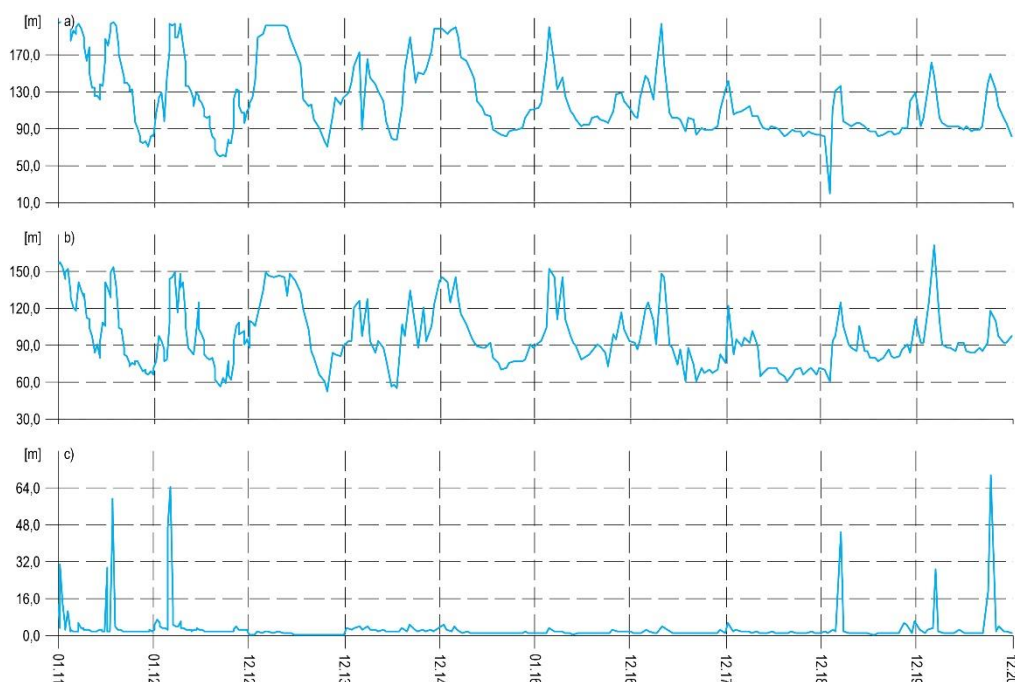
Obr. 4.1.21. Dlhodobý vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (A, C, D, E, F a HV-101) na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2011 až 2020, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna 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. 4.1.22. Dlhodobý vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (HV-102, HV-6, HV-7, JH-5 a JH-6) na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2011 až 2020, 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.

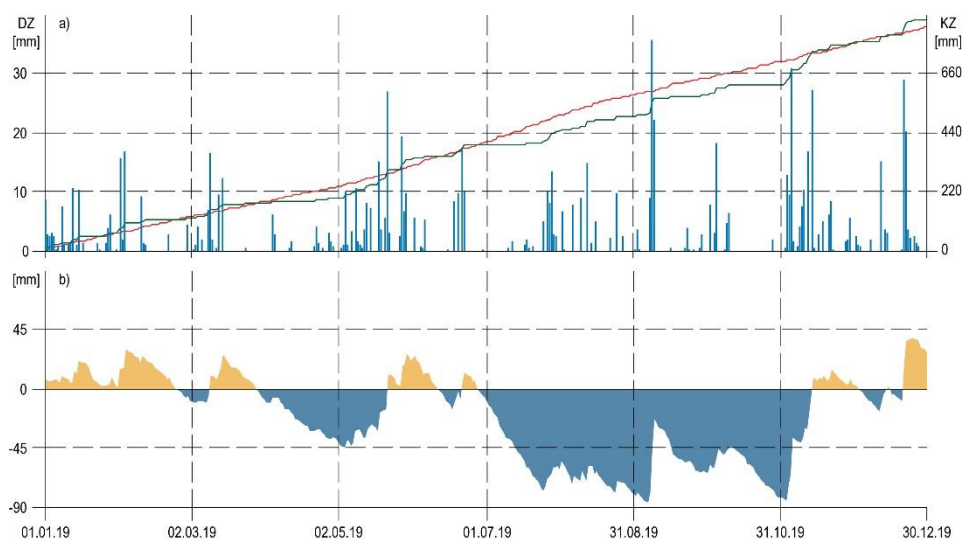
Pri analýze záznamov z posledného desaťročia (obr. 4.1.21, 4.1.22 a 4.1.23) možno konštatovať, že najvyššie hodnoty spoločnej výdatnosti boli dosiahnuté na začiatku analyzovaného intervalu. Postupne po roku 2012 je pozorovateľný pokles spoločnej výdatnosti. Sezónne zmeny výdatnosti súvisia prevažne s režimom podzemnej vody. Najvyššie hodnoty výdatnosti sú zaznamenané najmä v prvej polovici roka a naopak, najnižšie hodnoty počas mesiacov október a november. V roku 2020 však práve v prvej polovici mesiaca október boli vo viacerých vrtoch zaznamenané najvyššie výdatnosti alebo náhle stúpnutia prietokov súvisiace s nameranými vysokými úrovňami hladiny podzemnej vody v piezometrických vrtoch.



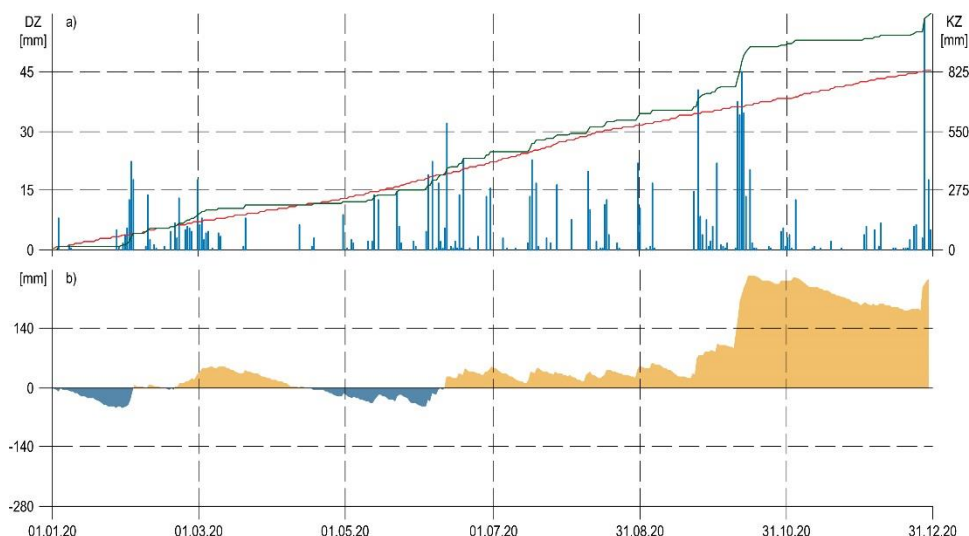
Obr. 4.1.23. Dlhodobý vývoj sumárnej výdatnosti odvodňovacích vrtov na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2011 až 2020; a – výdatnosť odvodňovacích vrtov ústiacich do šácht: A, C a D, b – šachty: E a F a horizontálne vrty: HV-6, HV-7, HV-8a a HV-8b, c – odvodňovacie vrty v oblasti Jánošíkovej ul. (JH-5, JH-6, HV-101 a HV-102).

#### c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Handlová s indikatívom 30080 (obr. 4.1.24 a 4.1.25). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2019 predstavuje 834,35 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1328,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 69,5 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.



Obr. 4.1.24. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2018 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK).



Obr. 4.1.25. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2019 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK).

V roku 2019 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 858,8 mm, čo zodpovedá 103,08 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas novembra (152,9 mm) a najvyšší denný úhrn 8. septembra (35,7 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 22,4 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 2. novembra do 2. decembra (155,8 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 23. júna do 23. júla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 5,9 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2019 trvalo 9 dní (od 1. novembra do 9. novembra) s úhrnom zrážok za toto obdobie 28,3 mm.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 1092,80 mm, čo zodpovedá 130,98% dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (228,9 mm) a najvyšší denný úhrn 28. decembra (57,9 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 9,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 19. septembra do 19. októbra (294,10 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 11. marca do 10. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 8,7 mm.

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko sú monitorovacie aktivity zabezpečované v troch samostatných zosuvných územiach (západná časť intravilánu mesta Handlová). V roku 2020 bol zabezpečený kompletný sortiment monitorovacích aktivít. Inklinometrické merania boli realizované v oboch existujúcich vrtoch. V oblasti Jánošíkovej ul. došlo v porovnaní s predchádzajúcim obdobím k nárastu pohybovej aktivity. Výsledná deformácia inklinometrickej pažnice v hĺbke šmykovej plochy (6,57 m pod terénom) dosiahla 49,54 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 8,62 mm.rok<sup>-1</sup>. Azimuty vektorov, zaznamenaných počas monitorovaného obdobia, naznačujú pohyb zosuvného telesa východným smerom.

V oblasti nad železničným oblúkom boli namerané pomerne vysoké hodnoty pohybovej aktivity, avšak vzhľadom na zásadné rozdiely v orientácii jednotlivých nameraných vektorov v hodnotenom roku, ale i v predchádzajúcom období, predpokladáme, že namerané hodnoty



nesúvisia so svahovým pohybom, ale sú výsledkom nesprávneho zabudovania inklinometrickej pažnice, resp. inej technickej príčiny.

V roku 2020 sa pokračovalo v meraniach hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení v rovnakom režime ako v predchádzajúcom roku. Znepokojivo vysoká hodnota hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrtoch P-4, P-5, P-8, P-25 a P-30. Za nepriaznivý stav považujeme, prípady kedy hladiny podzemnej vody vystupujú nad úroveň terénu. V roku 2020 boli prelivy pozorované vo vrtoch P-11, P-16, P-18, P-34 a P-38.

Vo vrtoch P-17 a P-19, ktoré sú vybavené automatickými hladinomerami došlo k výraznému nárastu počtu dní s hladinou nad úrovňou terénu. V oboch vrtoch došlo k vzostupu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. Vo všeobecnosti sa dá konštatovať, že podzemná voda počas roka zaznamenala dva výrazné vzostupy. Prvý súvisel so zimnými zrážkami (predpokladáme, že čiastočne sa prejavilo i topenie snehovej pokrývky) a druhý s jesennými zrážkami z prelomu septembra a októbra.

Viacero vrtoch bolo počas monitorovaného obdobia suchých. Vrt P-36 bol suchý počas všetkých meraní. Vo vrtoch HG-351, J-317, P-12, P-15, P-25, P-26, P-27, P-28, P-37 bolo minimálne počas jedného merania zaznamenaný stav bez podzemnej vody. Vo vrtoch P-16 a P-18 bol okrem už spomenutého prelivu zaznamenaný i stav bez vody – suchý vrt. Znamená to, že voda vo vrte má veľmi výrazne kolísanie.

Hlavný problém monitorovacej siete je samotné technické vybavenie pozorovacích vrtoch. Filtračné časti vrtoch sú neúmerne dlhé, vďaka čomu dochádza k prepojeniu viacerých zvodnených horizontov. Namerané zmeny hĺbky hladiny sú z tohto dôvodu neobjektívne, voda do vrtu nateká z viacerých horizontov. Uvedený vplyv nie je možné vždy jednoznačne identifikovať.

V prípade odvodňovacích vrtoch došlo k medziročnému nárastu sumárnej priemernej výdatnosti o  $12,11 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ . Negatívnou skutočnosťou v monitorovanej oblasti nad železničným oblúkom je, že odtokové potrubie zo šachty B je dlhodobo zapchaté odpadkami. Voda vyteká cez revíznú šachtu.

V roku 2021 plánujeme pokračovať v rovnakých monitorovacích aktivitách ako v prechádzajúcom roku. Zabezpečené budú inklinometrické merania a režimové pozorovania. Okrem terénnych meraní bude zabezpečený zber údajov z automatických zariadení 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 a automatický hladinomer. 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.

#### Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2019 a 2020

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2019 a 2020, sú zhrnuté v tab. 4.2.1.

Tab. 4.2.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	9	JK-1, 2, 4, 5, 6, 7 MK-4, 6, 8	24 (2x za mesiac)	24 (2x za mesiac)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	HV-1, 3, 4, spoločný výtok drenážneho systému pri potoku – „VÝTOK“	24 (2x za mesiac)	24 (2x za mesiac)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

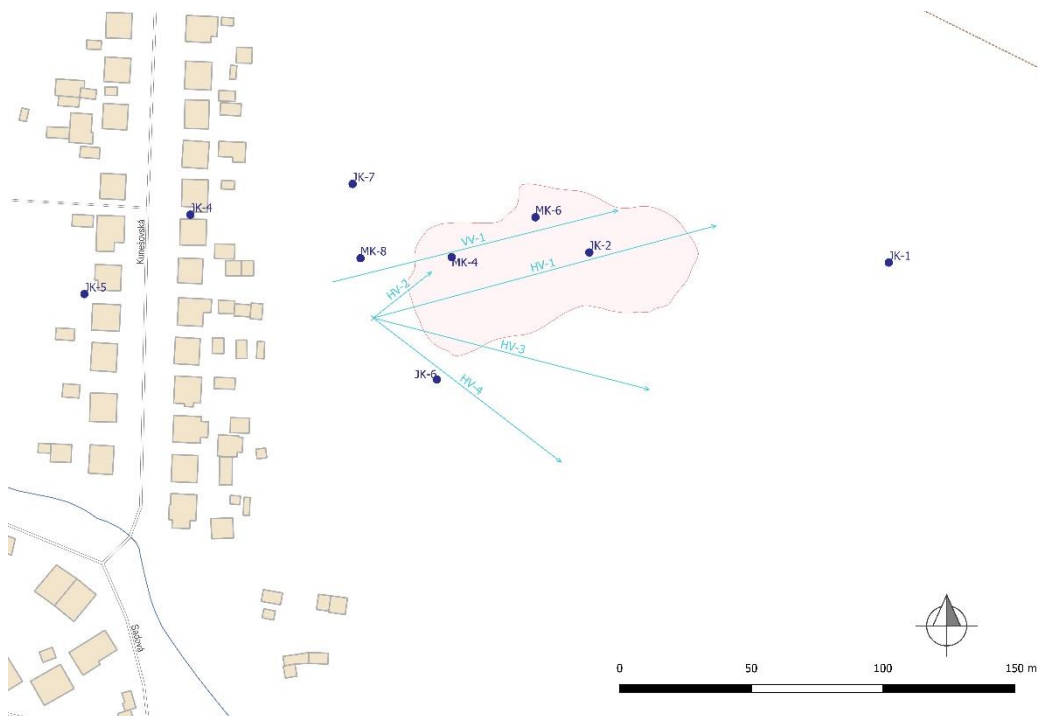
#### Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 9 vrtoch (tab. 4.2.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.2.2 a 4.2.3; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.2.1). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2019 a 2020 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.2.2 a 4.2.3. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za dlhšie obdobie monitorovania sú znázornené na obr. 4.2.4 a 4.2.5.

V roku 2019 bolo vo všetkých 9 vrtoch zabezpečených 24 meraní (od 15. januára do 28. decembra). Maximálne hladiny podzemnej vody boli namerané buď v jarnom období (vrty JK-1 – 13. júna, JK-2 – 28. mája) alebo v zimnom období (vrt JK-4 – 13. marca, vrty JK-5, JK-6, JK-7, MK-4, MK-8 – 28. decembra). Výška hladiny pri maximálnych stavoch sa v týchto vrtoch pohybovala od 1,20 do 2,82 m pod terénom, vo vrte JK-1 to bolo 8,33 m pod terénom. Vzostup hladiny v druhej polovici novembra a v decembri 2019 nasledoval po dlhodobom výraznom zostupe hladín v letnom období.

Naopak, najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej vody vo vrte JK-1. Jej minimálna hladina bola nameraná 9,60 m pod terénom (12. november). Výskyt minimálnych stavov podzemnej vody bol vo väčšine ostatných vrtoch pozorovaný na začiatku roku 2019 (vrty JK-2, JK-5, JK-6, JK-7, MK-8), vo vrte JK-4 30. augusta. Hladina vo vrte MK-4 sa začiatkom

roku, ako aj na jeseň viackrát dostala pod úroveň vrtu (vrt bol suchý). Vrt MK-6 bol suchý počas celého roku, tento trend pretrváva už z predchádzajúceho obdobia.



Obr. 4.2.1. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (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®.

Tab. 4.2.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2019.

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.]	
JK-1	24	8,33	501,61	13. 6. 2019	9,60	500,88	12. 11. 2019	8,73	501,21	0,73
JK-2	24	1,89	490,30	28. 5. 2019	6,12	486,07	30. 1. 2019	5,22	486,97	4,23
JK-4	24	1,20	472,30	13. 3. 2019	1,82	471,50	30. 8. 2019	1,48	471,84	0,80
JK-5	24	1,31	468,36	28. 12. 2019	3,71	465,96	15. 1. 2019	2,50	467,62	2,40
JK-6	24	2,82	482,70	28. 12. 2019	4,70	480,82	15. 1. 2019	3,96	481,56	1,88
JK-7	24	2,39	477,99	28. 12. 2019	4,42	475,96	15. 1. 2019	3,62	476,76	2,30
MK-4	24	2,36	483,24	28. 12. 2019	4,65	480,95	30. 8. 2019	3,62	481,98	2,29
MK-6	24	suchý								
MK-8	24	1,54	479,70	28. 12. 2019	5,53	475,72	15. 1. 2019	3,60	477,65	3,99

Tab. 4.2.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2020.

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.]	
JK-1	24	8,19	501,74	13. 4. 2020	8,75	501,18	26. 11. 2020	8,48	501,45	0,56
JK-2	24	3,59	488,59	13. 3. 2020	5,28	486,90	30. 9. 2020	4,59	487,59	1,69
JK-4	24	1,09	472,23	12. 10. 2020	2,10	471,22	12. 8. 2020	1,60	471,72	1,01
JK-5	24	0,95	468,80	28. 10. 2020	1,87	467,88	28. 4. 2020	1,37	468,38	0,92
JK-6	24	0,64	484,88	26. 11. 2020	4,20	481,32	30. 9. 2020	3,34	482,18	3,56
JK-7	24	2,14	478,23	28. 2. 2020	4,82	475,55	10. 12. 2020	3,41	476,96	2,68
MK-4	24	2,16	483,44	12. 10. 2020	5,56	480,04	12. 11. 2020	3,55	482,05	3,40
MK-6	24	0,45	488,96	12. 10. 2020	3,64	485,77	26. 11. 2020	2,48	486,93	3,19
MK-8	24	0,44	480,80	28. 2. 2020	4,51	476,73	30. 9. 2020	2,07	479,17	4,07

Priemerná hladina podzemnej vody vo vrtoch, ktoré počas roku 2019 neboli suché, dosiahla hĺbku 3,97 m pod terénom. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,48 m (vrt JK-4) do 8,95 m pod terénom (vrt JK-1). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody

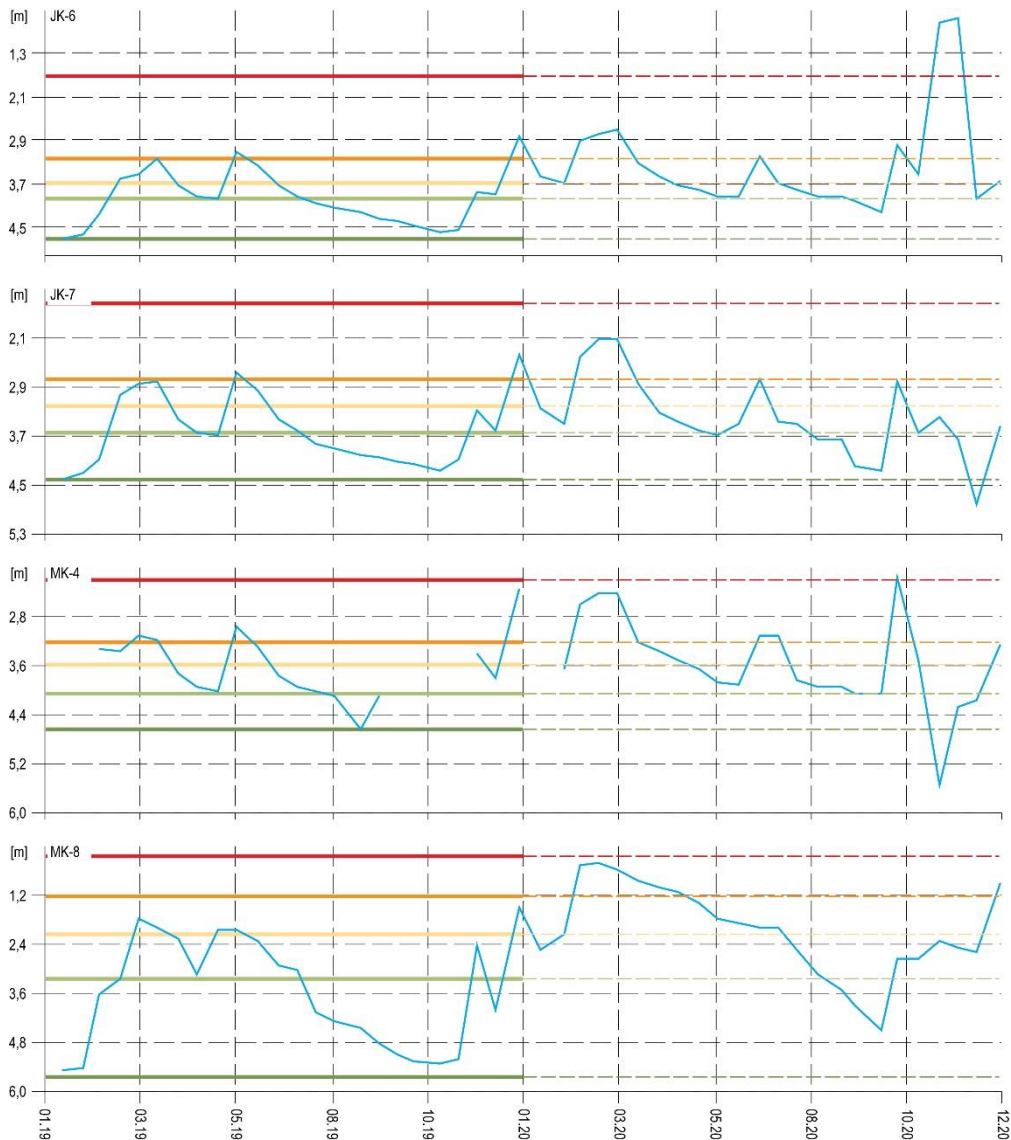
bolo pozorované vo vrtoch JK-2 (4,23 m) a MK-8 (3,99 m). Naopak, minimálne kolísanie hladiny bolo vo vrtoch JK-1 (0,73 m) a JK-4 (0,80 m).

V roku 2020 sa pokračovalo v rovnakom režime monitorovacích meraní od 13. januára do 28. decembra. Maximálne hladiny podzemnej vody boli namerané koncom zimného obdobia (vrty JK-2, JK-7, MK-8 – 28. februára) alebo v októbri (vrt JK-4, JK-5, MK-4, MK-6 – 12. a 28. októbra). Výška hladiny pri maximálnych stavoch vo vrtoch JK-4, JK-5, JK-6, MK-6 a MK-8 vystúpila blízko k terénu (0,44 až 1,09 m pod terénom).

Naopak, najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej vody vo vrte JK-1 (8,75 m – 26. novembra). V ostatných vrtoch hladina podzemnej vody, prevažne v jesennom období, poklesla na úroveň 1,87 až 5,28 m pod terénom. Vo vrte MK-6 hladina počas roka poklesla väčšinou pod úroveň dna vrtu (20 prípadov z 24 meraní); v prvej polovici októbra hladina náhle vystúpila k blízkosti terénu (0,45 m pod terénom – 12. októbra).



Obr. 4.2.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Kunešovská cesta, namerané v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: JK-1, JK-2, JK-4 a JK-5, spolu so štatistickým 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.



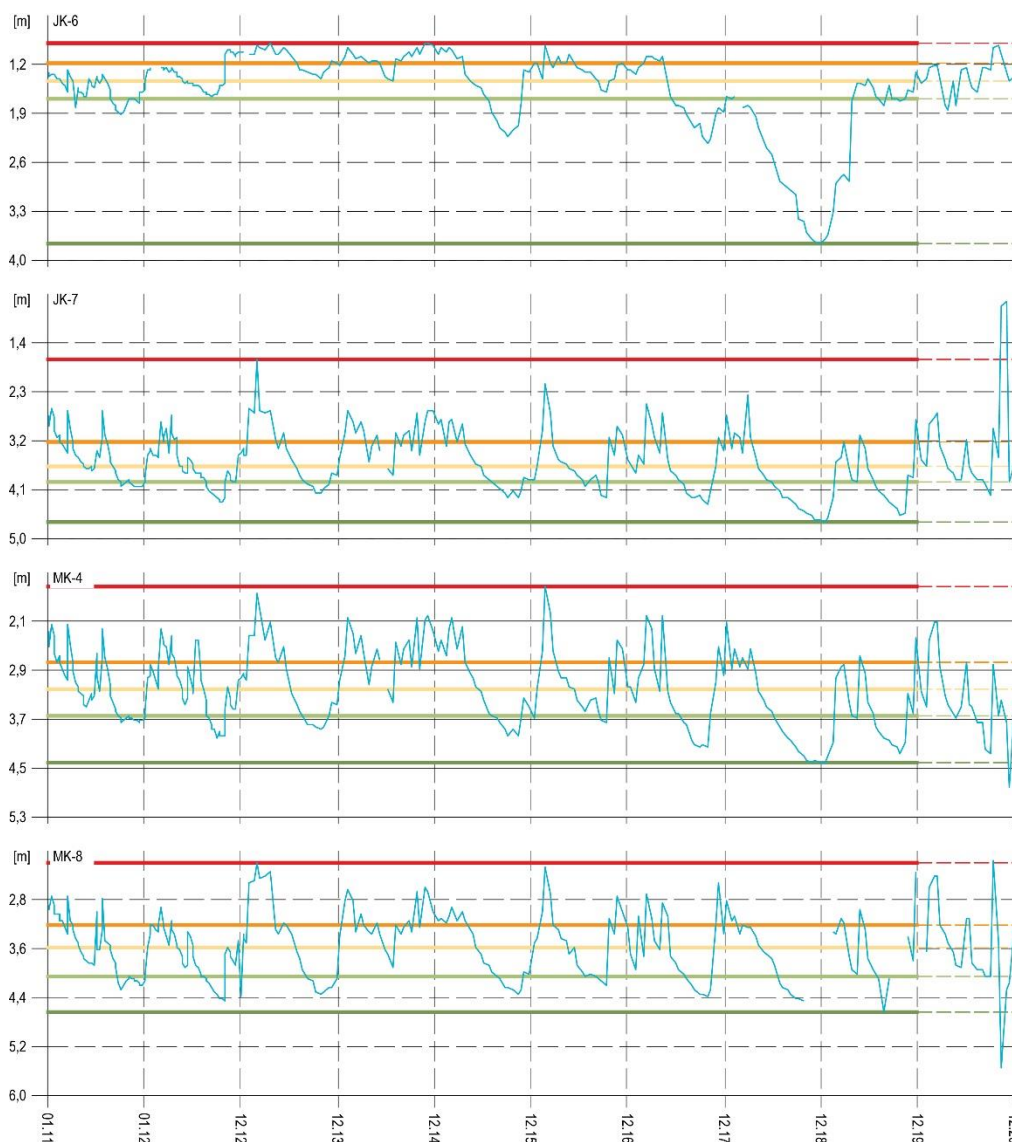
Obr. 4.2.3. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Kunešovská cesta, namerané v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: JK-6, JK-7, MK-4 a MK-8, spolu so štatistickým ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Priemerná hladina podzemnej vody vo vrtoch, ktoré počas roku 2020 neboli suché, dosiahla hĺbku 3,43 m pod terénom, čo je vzostup o 0,54 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,37 m (vrt JK-5) do 8,48 m pod terénom (vrt JK-1). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrtoch MK-8 (4,07 m), JK-6 (3,56 m) a MK-4 (3,40 m). Naopak, minimálne kolísanie hladiny bolo vo vrtoch JK-1 (0,56 m), JK-5 (0,92 m) a JK-4 (1,01 m).



Obr. 4.2.4. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Kunešovská cesta, namerané v rokoch 2011 až 2020 vo vrtoch: JK-1, JK-2, JK-4 a JK-5, spolu so štatistickým 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.

Kolísanie hladiny podzemnej vody za posledné desaťročné obdobie je odrazom ročných cyklov (obr. 4.2.4 a 4.2.5). V minulosti bol režim hladiny podzemnej vody výrazne ovplyvnený intenzívnymi zrážkami v roku 2010. V tomto roku boli zaznamenané jedny z najvyšších úrovní hladiny podzemnej vody v rámci celého monitorovaného obdobia (JK-1 – 4. októbra – 5,22 m pod terénom, JK-3 – 27. septembra – 0,90 m pod terénom, MK-4 – 16. augusta – 2,15 m pod terénom, MK-8 – 16. augusta – 0,15 m pod terénom). Najvyššia hladina podzemnej vody bola však dosiahnutá v roku 2013 vo vrte MK-8. Vo vrte MK-6 bol 12. októbra zaznamenaný maximálny stav hladiny podzemnej vody počas celého obdobia monitorovania (0,45 m pod terénom). Naopak, vo vrte MK-4 bol v roku 2020 zaznamenaný najnižší stav hladiny podzemnej vody počas celého obdobia monitorovania (5,56 m pod terénom – 12. novembra).



Obr. 4.2.5. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Kunešovská cesta, namerané v rokoch 2011 až 2020 vo vrtoch: JK-6, JK-7, MK-4 a MK-8, spolu so štatistickým 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.

#### b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2019 a 2020 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. (tab. 4.2.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.2.4 a 4.2.5; situovanie odvodňovacích vrtov je na obr. 4.2.1).

Tab. 4.2.4. Výsledky merania výdatnosti odvod. zariadení na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2019.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]	Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]
		[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum	[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum		
HV-1	24	1,10	28. 12. 2019	0,00	15. 1. 2019	0,30	1,10
HV-3	24	1,56	28. 12. 2019	0,37	12. 7. 2019	0,80	1,19
HV-4	24	25,53	27. 2. 2019	0,00	12. 7. 2019	2,34	25,53
VÝTOK	24	11,32	13. 3. 2019	0,00	15. 1. 2019	0,85	11,32

V roku 2019 sa merania realizovali od 15. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. februára na vrte HV-4 (25,53 l.min<sup>-1</sup>), čo predstavuje nezvyčajne vysokú hodnotu oproti predchádzajúcemu obdobiu, počas ktorého voda z vrtu iba kvapkala. Následne,

po tomto termíne, sa výdatnosti pohybovali opäť od úrovne „kvapkania“ až po  $0,76 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Na odvodňovacom zariadení „VÝTOK“ bola zaznamenaná maximálna hodnota  $11,32 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  13. marca. Predchádzajúce a nasledujúce merania vo výtokovom objekte mali nulovú výdatnosť, vysoká hodnota bola opätovne nárazovo nameraná 28. decembra ( $8,22 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Pri odvodňovacích vrtoch HV-1 a HV-3 boli maximálne namerané hodnoty výdatnosti nižšie ako v predchádzajúcom roku a pohybovali sa od  $1,10$  do  $1,56 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , pričom tieto hodnoty boli namerané tiež 28. decembra.

Najnižšie výdatnosti sa prejavovali vo vrtoch HV-1, HV-4 a odvodňovacom zariadení „VÝTOK“. Počas roka boli viackrát suché, resp. voda z nich len kvapkala. Najmarkantnejšie je to pozorované na odvodňovacom zariadení „VÝTOK“, kedy z 24 meraní počas roka boli merateľné iba 2, a to nárazovo vysoké hodnoty. Jedine vrt HV-3 má merateľné hodnoty výdatnosti počas celého roku (od  $0,37$  do  $1,56 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ).

Priemerné výdatnosti vo vrtoch HV-1, HV-3 a „VÝTOK“ boli nižšie ako v predchádzajúcom roku a pohybovali sa od  $0,30 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (HV-1) po  $0,85 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  („VÝTOK“). Zvýšená priemerná výdatnosť bola v roku 2019 vo vrte HV-4 ( $2,34 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ), ktorá súvisí s nezvyčajne vysokou výdatnosťou zaznamenanou 13. marca.

Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2019 dosiahla hodnotu  $4,29 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom zvýšenie o  $1,62 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Zvýšenie celkovej výdatnosti odvodňovacích zariadení má súvis s nárazovými nezvyčajne vysokými hodnotami zaznamenanými vo vrte HV-4 a „VÝTOK“.

Tab. 4.2.5. Výsledky merania výdatnosti odvod. zariadení na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2020

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	24	1,70	13. 3. 2020	0,26	13. 6. 2020	0,71	1,44
HV-3	24	1,78	12. 10. 2020	0,70	30. 9. 2020	1,10	1,08
HV-4	24	2,83	12. 10. 2020	0,23	30. 9. 2020	0,55	2,60
VÝTOK	24	25,00	13. 2. 2020	0,00	13. 1. 2020	3,64	25,00

V roku 2020 boli merania realizované od 13. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť zo samotných odvodňovacích vrtoch bola nameraná vo vrte HV-4 ( $2,83 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  – 12. október). V tento istý termín bola zaznamenaná aj najvyššia výdatnosť vo vrte HV-3 ( $1,78 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ). V oboch vrtoch išlo o nárazové stúpnutie prietoku súvisiace s výrazným vzostupom hladiny podzemnej vody v prvej polovici októbra. Podobná hodnota výdatnosti ( $1,70 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) bola nameraná aj vo vrte HV-1 (13. marec). Na odvodňovacom zariadení „VÝTOK“ bola nameraná maximálna hodnota  $25,00 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  13. februára, avšak pri meraní 12. októbra bol prietok ešte vyšší, pretože výtokový objekt bol zaplavený vodou a preto nemerateľný. Pred týmto termínom bolo zaznamenané 6-mesačné obdobie s nulovým prietokom a 12. októbra došlo k extrémnemu zvýšeniu prietoku.

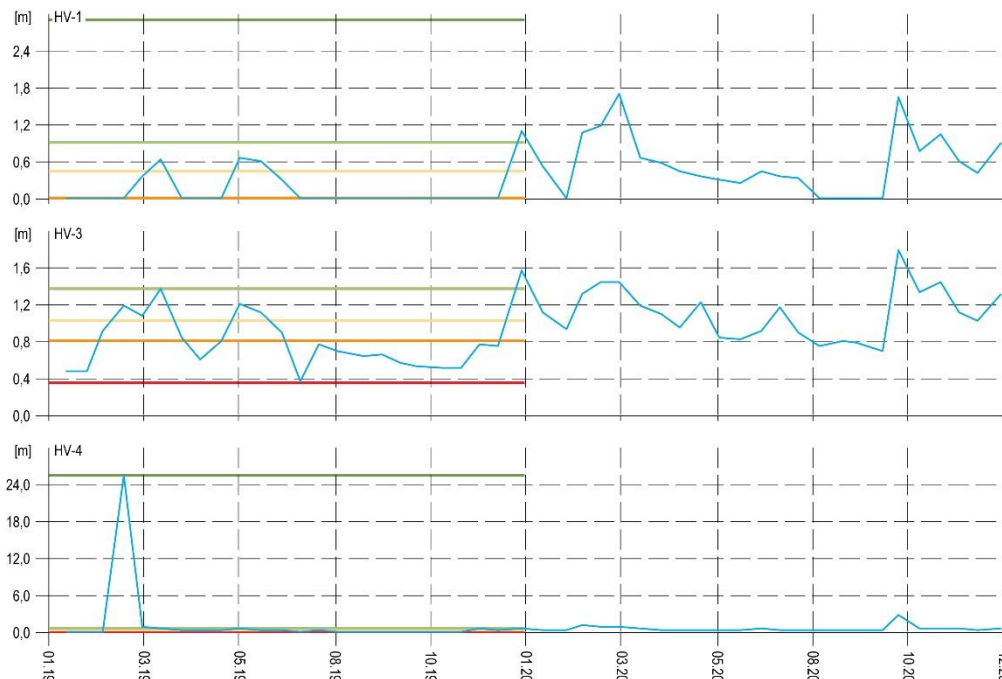
Najnižšie výdatnosti boli namerané vo vrte HV-1 a odvodňovacom zariadení „VÝTOK“. Obe odvodňovacie zariadenia boli počas roka suché, prípadne z nich voda len kvapkala (odvodňovacie potrubie „VÝTOK“ bolo 24 meraní suché). Vrt HV-1 vykazoval v piatich prípadoch z meraní iba kvapkanie. Odvodňovaniu funkciu počas celého roku plnili vrty HV-3 a HV-4.

Priemerné výdatnosti vo vrtoch HV-1, HV-3 a „VÝTOK“ boli vyššie ako v predchádzajúcom roku a pohybovali sa od  $0,71 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (HV-1) po  $3,64 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  („VÝTOK“). Najmä vo výtokovom objekte to predstavuje viac ako štvornásobné zvýšenie jeho výdatnosti. Nižšia priemerná výdatnosť bola zaznamenaná vo vrte HV-4 ( $2,34 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ), ale to súvisí s nameranou extrémnou hodnotou prietoku v roku 2019, inak je táto hodnota výdatnosti vyššia ako dlhodobý priemer.

Vyššie hodnoty výdatnosti vo vrtoch HV-1, HV-3 a výtokovom objekte sa prejavili aj na zvýšení sumárnej priemernej výdatnosti všetkých meraných objektov, ktorá v roku 2020



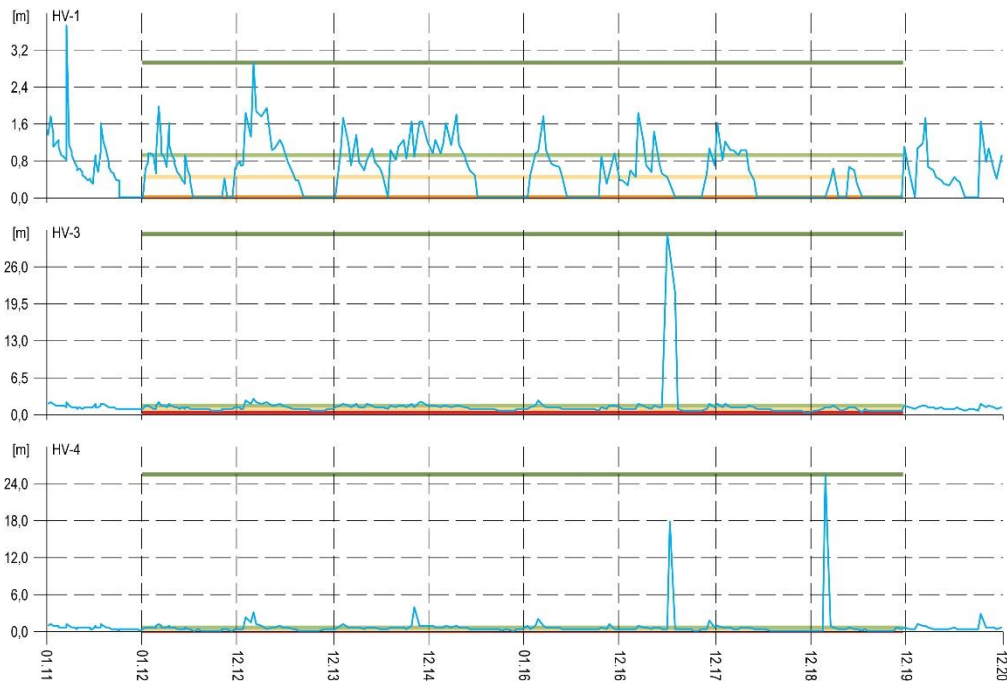
dosiahla hodnotu  $4,29 \text{ l.min}^{-1}$ , čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom zvýšenie o  $1,72 \text{ l.min}^{-1}$ . Zvýšenie celkovej výdatnosti odvodňovacích zariadení má súvis najmä s odvodňovaním v marci a v období od októbra do decembra na výtokovom zariadení.



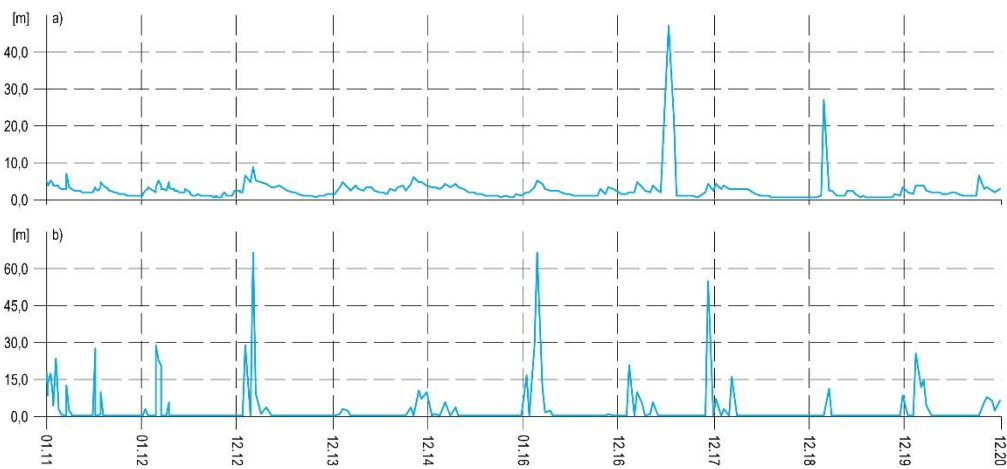
Obr. 4.2.5. Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (HV-1, HV-3 a HV-4) na zosuvnej lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2019 a 2020, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtoch počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.

Zo štatistickej analýzy vyplýva, že odvodňovacie zariadenia relatívne účinne odvádzajú podzemnú vodu. Z trojice odvodňovacích objektov je najefektívnejší vrt HV-3, na ktorom prevládajú výdatnosti v rozsahu od  $1,0$  do  $1,4 \text{ l.min}^{-1}$ . V rámci lokality prevládajú výdatnosti v intervale od  $0,6$  do  $1,0 \text{ l.min}^{-1}$ .

Namerané zmeny spoločnej výdatnosti horizontálnych vrtoch HV-1, HV-2 a HV-4 v období 2011 až 2020 majú prevažne pravidelný cyklus, ktorý súvisí s režimovými zmenami hladiny podzemnej vody (obr. 4.2.6). Najvyššie hodnoty spoločnej výdatnosti boli dosiahnuté v roku 2017 ( $5,91 \text{ l.min}^{-1}$ ). Naopak, najnižšia hodnota spoločnej výdatnosti bola nameraná v roku 2018 ( $1,59 \text{ l.min}^{-1}$ ). Počas hodnoteného desaťročného obdobia priemerná hodnota spoločnej výdatnosti z drenážnych vrtoch (HV-1, HV-3 a HV-4) dosiahla  $2,95 \text{ l.min}^{-1}$ . Vo vrtoch HV-3 a HV-4 sa ojedinele vyskytujú nezvyčajne vysoké hodnoty výdatnosti, tak ako tomu bolo v roku 2017 (výdatnosť až  $31,58 \text{ l.min}^{-1}$  – vrt HV-3 a  $17,91 \text{ l.min}^{-1}$  – vrt HV-4) a v roku 2019 (výdatnosť až  $25,53 \text{ l.min}^{-1}$  – vrt HV-4). Vo výdatnosti výtoku z kanalizácie v období rokov 2011 až 2020 je možné pozorovať výrazné zmeny. Maximálna výdatnosť bola nameraná v rokoch 2013 a 2016 ( $67,67 \text{ l.min}^{-1}$ ) a vysoká hodnota bola dosiahnutá aj v roku 2017 ( $54,55 \text{ l.min}^{-1}$ ). Minimálna výdatnosť v danom objekte v mnohých prípadoch dosahuje len hodnotu  $0,01 \text{ l.min}^{-1}$ , resp. vrt je suchý. Sumárna výdatnosť odvodňovacích zariadení za dlhšie obdobie sú znázornené na obr. 4.2.7.



Obr. 4.2.6. Vývoj dlhodobej výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (HV-1, HV-3 a HV-4) na zosuvnej lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2011 až 2020, 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. 4.2.7. Vývoj sumárnej výdatnosti odvodňovacích vrtoch na zosuvnej lokalite Handlová- Kunešovská cesta v rokoch 2011 až 2020; a – spoločná výdatnosť odvodňovacích vrtoch HV-1, HV-3 a HV-4, b – výdatnosť zberného kanalizačného potrubia (Výtok).

### c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080; obr. 4.1.24 a 4.1.25). 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 2020, podobne ako i predchádzajúcom období, boli sústredené na sledovanie

zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, ako hlavného zosuvotvorného faktora a zároveň na sledovanie efektívnosti, resp. účinnosti hĺbkového odvodnenia (subhorizontálnych odvodňovacích vrtov a kanalizačného potrubia, ktorým sú drénované vody odvádzané mimo zosuvné územie).

Pri hodnotení vývoja hladiny podzemnej vody v roku 2020 je možné konštatovať, že jej priebehy boli do veľkej miery ovplyvnené zimnými/jarnými a jesennými zrážkami. Vo vrtoch JK-6 a MK-4 boli prekročené maximálne stavy odvodené za referenčné obdobie. Vo vrte MK-8 sa hladina nachádzala v blízkosti terénu – 0,44 m pod terénom. Priemerná úroveň hladín podzemnej vody, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, prakticky vo všetkých vrtoch stúpila. Najvýraznejší vzostup bol pozorovaný vo vrte MK-8, v ktorom medziročný vzostup priemernej hladiny podzemnej vody predstavoval až 1,53 m. O niečo menší nárast priemernej hodnoty bol pozorovaný vo vrte JK-5 (1,13 m). Celkový vzostup priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody dosiahol 0,54 m.

Na klimatické faktory a teda aj na zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody reagovali prietoky na zariadeniach hĺbkového odvodnenia. Nárast výdatnosti bol pozorovaný, podobne ako v prípade piezometrických vrtov, v jarnom a jesennom období. V porovnaní s predchádzajúcim rokom, bol zaznamenaný nárast sumárnej priemernej hodnoty výdatnosti, o  $1,72 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Napriek tomu treba poznamenať, že zostup sumárnej priemernej hodnoty je na lokalite pozorovaný už dlhšie obdobie, a to aj napriek prečisteniu vrtov v roku 2014.

V roku 2021, podobne ako v aktuálne hodnotenom roku, sú plánované režimové pozorovania na sieti piezometrických vrtov a odvodňovacích vrtov a spracovanie údajov o klimatických faktoroch.

### 1.4.3. Lokalita Svätý Anton

#### *Stručná charakteristika lokality*

Zosuv sa vyvinul v územie násypu, vytvoreného pri budovaní futbalového ihriska priľahlom svahu, pričom akumulčná časť je v kontakte s cestnou komunikáciou I. triedy číslo 51. V akumulčnej časti došlo v roku 2012 k pretrhnutiu vodovodného potrubia. Aktuálne je vážne ohrozená cesta 1. triedy, inžinierske siete (plynovod, vodovod, elektrické vedenie) a niekoľko stavebných objektov. Zosuv má plošný tvar. Jeho rozmery sú približne 115 m (šírka) x 110 m (dĺžka).

V nedávnej 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 2019 a 2020*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2019 a 2020, sú zhrnuté v tab. 4.3.1.

Tab. 4.3.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Svätý Anton v rokoch 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Inklinometrické	1	INK-1	2 (5. apríl, 6. december)	3 (12. august, 23. september, 1. december)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	JSA-2 – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Banská Štiavnica (indikatív 40260)	Denné úhrny zrážok	

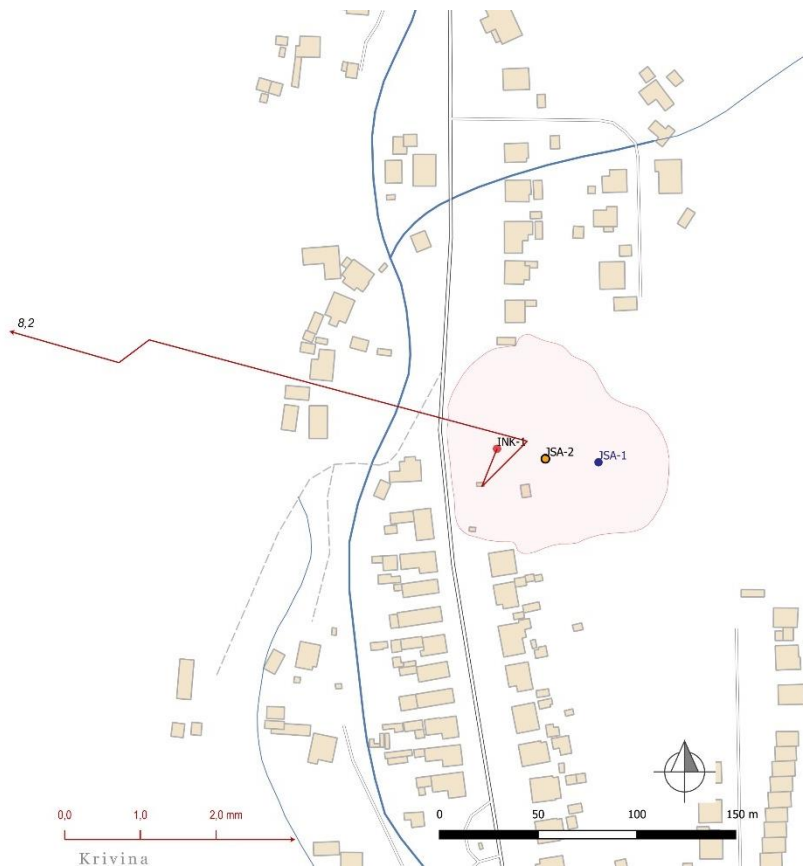
#### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania*

##### *a/ Inklinometrické merania*

Na lokalite sa inklinometrické merania vykonávajú v jednom vrte, a to od apríla 2015 (nulté meranie). Výsledky meraní jednoznačne preukázali šmykovú plochu v hĺbke 8,2 m pod terénom. Výsledky meraní z rokov 2019 a 2020 sú zhrnuté v tab. 4.3.2. a na obr. 4.3.1 a 4.3.2. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.3.3.

Počas roka 2019 boli vykonané dve etapové merania (5. apríla a 6. decembra). Počas jarnej etapy (od 29. novembra do 5. apríla) bola na šmykovej ploche v hĺbke 8,2 m pod terénom nameraná etapová deformácia 0,54 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 1,55 mm.rok<sup>-1</sup> (v porovnaní s predchádzajúcim obdobím ide o mierne spomalenie pohybu) a v sledovanej v hĺbke 7,7 m pod terénom bola nameraná etapová deformácia 0,36 mm (priemerná rýchlosť 1,03 mm.rok<sup>-1</sup> je takisto mierne spomalenie pohybu oproti predchádzajúcemu obdobiu). V jesennej etape boli zaznamenané veľkosti etapovej deformácie 0,85 mm (v hĺbke 8,2 m pod terénom) a 0,76 mm (v hĺbke 7,7 m pod terénom), čo predstavuje rýchlosť pohybu 1,25 mm.rok<sup>-1</sup>, resp. 1,13 mm.rok<sup>-1</sup>. Celková deformácia na hlavnej šmykovej ploche od nultej etapy (24. apríl 2015) po posledné etapové meranie (6. decembra 2019) dosiahla hodnotu 4,58 mm, čo za celé obdobie predstavuje priemernú rýchlosť 0,99 mm.rok<sup>-1</sup>.

V roku 2020 boli mimoriadne, nad rámec Programu monitorovania, zabezpečené tri etapy inklinometrických meraní. Dôvodom boli zhoršené stabilitné pomery, potvrdené kontrolným

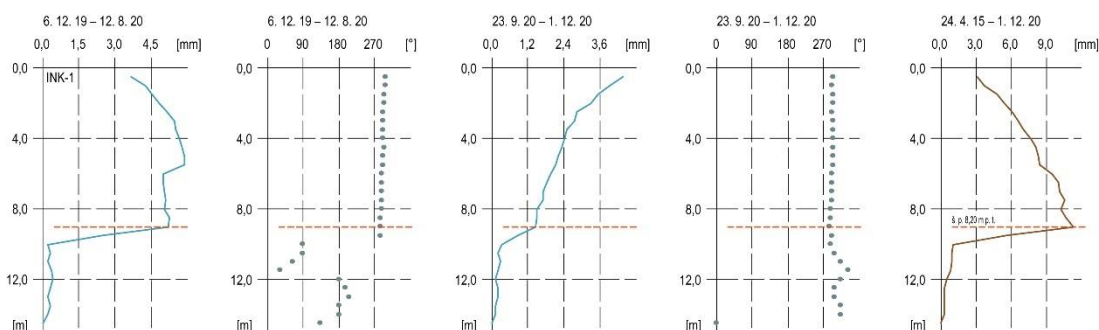


Obr. 4.3.1. Lokalita Svätý Anton – vektory deformácií namerané v rokoch 2019 a 2020 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.3.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m; vrty JSA-1 a 2 slúžia na monitorovanie režimových ukazovateľov); ohraničenie zosuvu podľa Laurenčíka a Sluku (2015 in Šimeková et al., 2015), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.3.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Svätý Anton v rokoch 2019 a 2020.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	29. 11. 18 – 5. 4. 19			5. 4. 19 – 6. 12. 19			6. 12. 19 – 12. 8. 20			12. 8. 20 – 23. 9. 20			23. 9. 20 – 1. 12. 20		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-1	7,70	4,25	0,36	214	3,80	0,76	67	8,91	5,22	287	9,12	0,57	225	10,60	1,49	290
INK-1	8,20	4,79	0,54	202	4,58	0,85	45	9,58	5,17	285	9,82	0,50	233	11,27	1,46	286

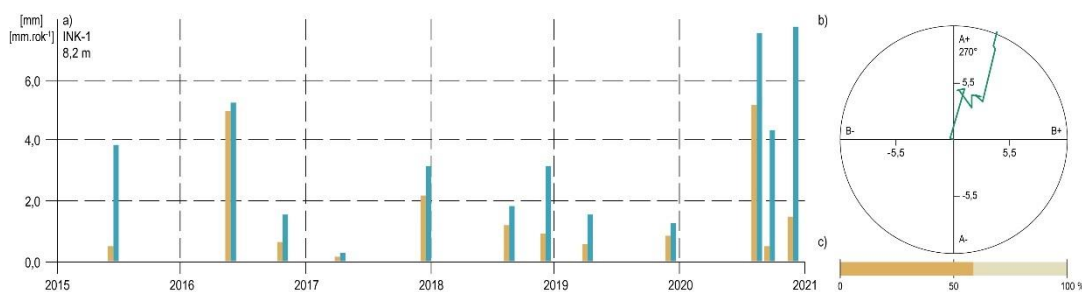
CD – celková deformácia od nultého merania (24. 4. 2015); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



Obr. 4.3.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Svätý Anton (označenie vrtu je vľavo hore). Modrá línia – spojnica etapových vektorov, sivé body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, hnedá línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), červená čiarkovaná línia – grafické označenie hĺbky šmykovej plochy.

meraním z 12. augusta. V hĺbke 8,2 m pod terénom bola zaznamenaná deformácia 5,17 mm, čo predstavuje priemernú ročnú rýchlosť  $7,55 \text{ mm.rok}^{-1}$  (azimut  $285^\circ$ ). Následným septembrovým meraním bol preukázaný priaznivejší stabilný vývoj s etapovou deformáciou 0,5 mm. K nárastu deformácie došlo v období medzi septembrovým a decembrovým meraním. Dňa 1. decembra bol na úrovni šmykovej plochy nameraný vektor 1,46 mm ( $7,76 \text{ mm.rok}^{-1}$ ).

Z dlhodobého hľadiska (obr. 4.3.3) vyplýva, že najvyššie prírastky deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané v aktuálne hodnotenom roku a o niečo nižšie v roku 2016; mierne zvýšená hodnota etapovej deformácie bola nameraná aj 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 59,2 %, čo naznačuje, že k pohybu na šmykovej ploche dochádza len v určitých obdobiach. Obdobia aktivizácie svahového pohybu sú spojené so vzostupom hladiny podzemnej vody, najmä jej náhlými vzostupnými zmenami. Celková deformácia, nameraná počas monitorovaného obdobia (medzi nultým a posledným kontrolným meraním), dosiahla 11,27 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $2,01 \text{ mm.rok}^{-1}$ .



Obr. 4.3.3. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Svätý Anton vo vrte INK-1 v období rokov 2015 až 2020; a – etapové deformácie (žltá) a rýchlosti (modrá) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

#### b/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickým hladinomerom

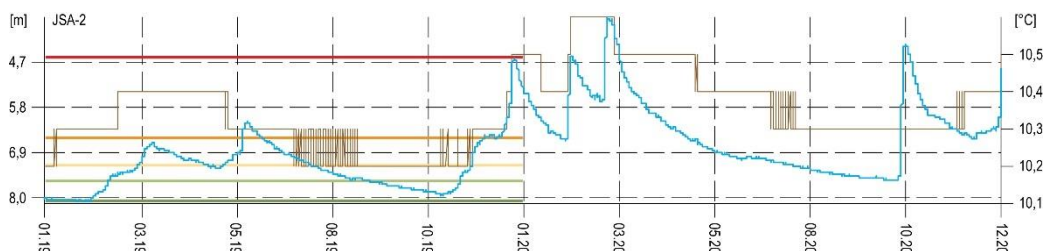
Na lokalite Svätý Anton je automatickým hladinomerom zabezpečované meranie vo vrte JSA-2 od 9. júna 2016.

Počas roka 2019 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale (obr. 4.3.4, tab. 4.3.3 a 4.3.4). Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná 25. decembra v hĺbke 4,58 m pod terénom (410,57 m n. m.). V tomto termíne bol zaznamenaný i najvýraznejší vzostup hladiny podzemnej vody, ktorý súvisel s výdatnejším zrážkovým obdobím (od 20. do 25. decembra), ale hlavne predchádzajúcim na zrážky bohatým obdobím od 2. novembra do 14. decembra. Priebeh hladiny podzemnej vody počas roka 2019 možno charakterizovať pomerne nízkymi stavmi hladiny podzemnej vody v zimnom období (minimálna úroveň bola dosiahnutá 25. januára – 8,50 m pod terénom; 407,20 m n. m.). Následne, od začiatku februára bol pozorovaný pozvoľný vzostup hladiny, ktorý trval do začiatku júna. V nasledujúcom období, ktoré trvalo do konca októbra, mala hladina podzemnej vody zostupný charakter. Od tohto termínu až do konca roka mala hladina podzemnej vody stúpajúci tendenciu. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2019 dosiahla 7,22 m pod terénom (408,03 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2018 predstavuje pokles o 0,48 m. Amplitúda ročných zmien sa nachádzala na úrovni 3,47 m. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,03 m (čo je 1,06 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,71 m pod terénom, 2. kvartil 7,29 m pod terénom a 3. kvartil 6,87 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,5 °C počas 23. decembra, naopak, najnižšia teplota (10,2 °C) bola zaznamenaná 1. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,29 °C.

Tab. 4.3.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Svätý Anton v roku 2019.

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-2	8760	4,58	410,67	25. 12. 2019	8,50	407,20	25. 1. 2019	7,22	408,03	3,47



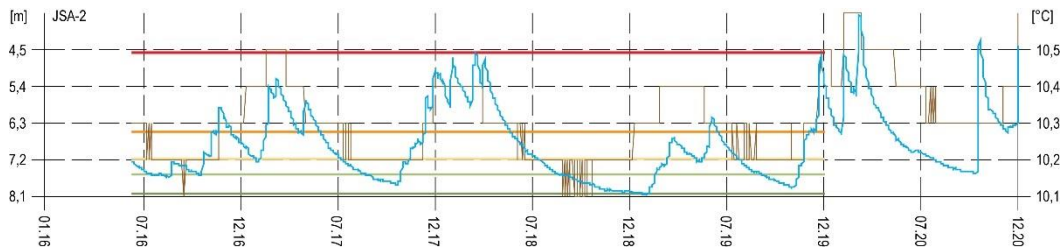
Obr. 4.3.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2019 a 2020, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Svätý Anton. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JSA-2. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), hnedá línia – 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.

V roku 2020 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 5. marca v hĺbke 3,61 m pod terénom (411,64 m n. m.). Maximálny stav bol dosiahnutý po predchádzajúcich výrazných zostupoch z konca roku 2019 a začiatku roka 2020. Išlo o relatívne rýchle odozvy na zrážkovú činnosť a topenie snehovej pokrývky. Následne po dosiahnutí maximálneho stavu, hladina podzemnej vody začala pozvoľne klesať. Zostupný charakter zmien ukončili intenzívne zrážky na prelome mesiacov september a október, ktoré sa prejavili náhlym rastom hladiny. Minimálna úroveň bola dosiahnutá 8. októbra s úrovňou hladiny podzemnej vody 7,56 m pod terénom, čo predstavuje nadmorskú výšku 407,69 m n. m. Počas novembra a sčasti i decembra mala hladina prevažne zostupný trend. K prudkému nárastu hladiny dochádza na konci roka. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 6,38 m pod terénom (408,87 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2019 predstavuje vzostup o 0,84 m. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 3,95 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody v roku 2020 sa nachádza na úrovni 7,14 m pod terénom, 2. kvartil 6,44 m pod terénom a 3. kvartil 5,86 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,6 °C počas 5. februára, naopak, najnižšia teplota (10,3 °C) bola zaznamenaná 8. júla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,40 °C.

Tab. 4.3.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Svätý Anton v roku 2020.

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-2	8784,00	3,61	411,64	5. 3. 2020	7,56	407,69	8. 10. 2020	6,38	408,87	3,95

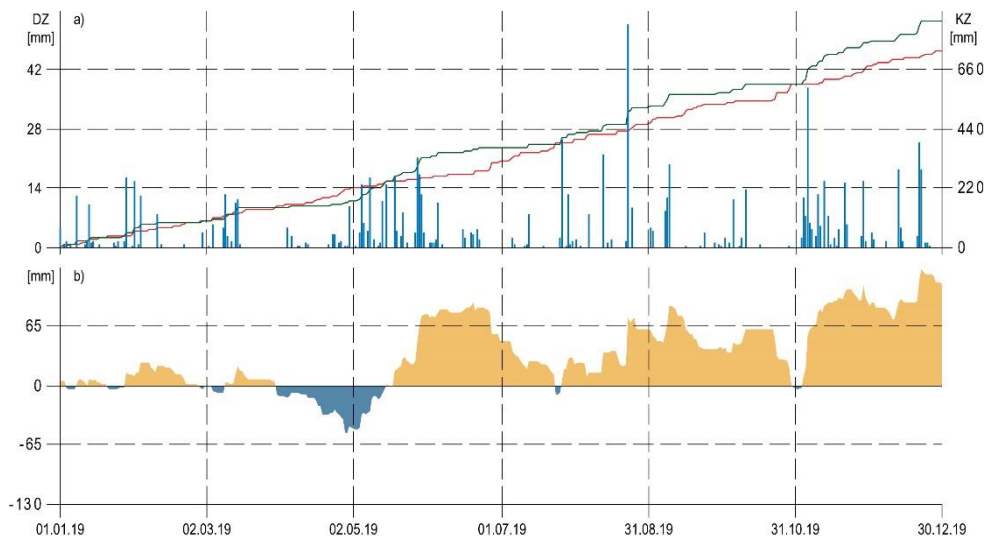


Obr. 4.3.5. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2016 až 2020, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Svätý Anton. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JSA-2. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), 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.

Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sledované od júna 2016 majú relatívne pravidelný sezónny cyklus. Maximálna hladina bola zaznamenaná v aktuálne hodnotenom roku (obr. 4.3.5). Naopak, minimálna hladina bola zaznamenaná 25. januára 2019 v hĺbke 8,05 m pod terénom. Priemerná hodnota hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia dosiahla 6,96 m pod terénom s celkovým kolísaním 3,5 m. Pribeh hladiny podzemnej vody má sínusoidálny charakter, maximálne hladiny sú dosahované prevažne v jarnom a zimnom období, opačne, minimálne stavy sú dosahované prevažne v jesennom období.

#### 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 2019 predstavuje 767,33 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 860,20 mm (rok 2017); priemerný mesačný úhrn 63,9 mm a maximálny mesačný úhrn 161,8 mm (máj 2019). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 1. novembra do 1. decembra 2019) dosiahol 162,6 mm.

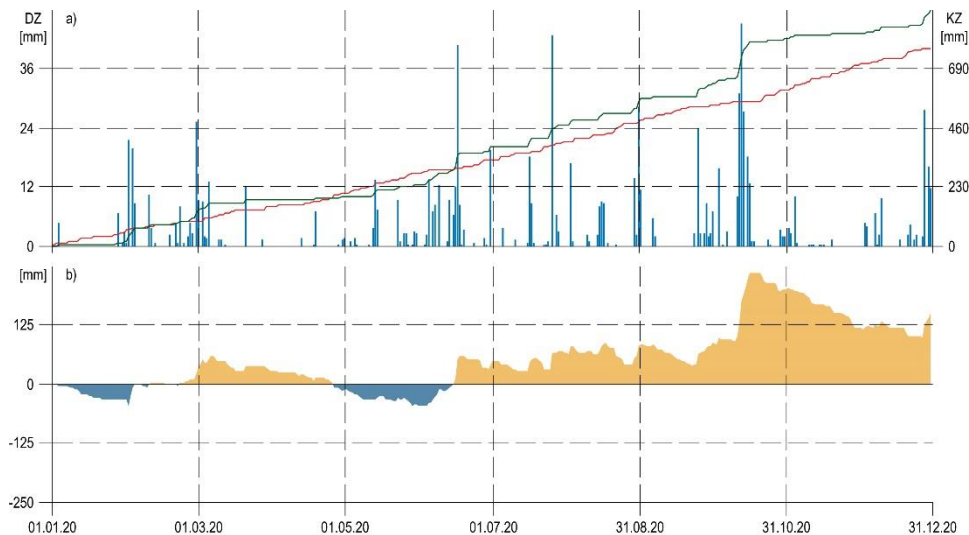


Obr. 4.3.6. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Svätý Anton (indikatív 40280); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2018 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK).

V roku 2019 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 840,0 mm, čo predstavuje 114,91 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. V roku 2019 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný



počas mája (161,8 mm) a najvyšší denný úhrn 23. augusta (52,5 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 27,5 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 1. novembra do 1. decembra (162,6 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 16. marca do 15. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 8,9 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2019 trvalo 9 dní (od 2. novembra do 10. novembra) s úhrnom zrážok za toto obdobie 88,7 mm.



Obr. 4.3.7. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Svätý Anton (indikatív 40280); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2019 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK).

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 918,10 mm, čo zodpovedá 119,65 % priemeru za obdobie od 1. januára 2017 do 31. decembra 2019, a teda ide o vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (179,2 mm) a najvyšší denný úhrn 13. októbra (45,1 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 9,8 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. septembra do 18. októbra (215,80 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 25. decembra do 24. januára), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,5 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 automatického hladinomeru.

Z výsledkov inklinometrických meraní, realizovaných v auguste 2020, vyplýva, že v oblasti monitorovaného vrtu, na úrovni šmykovej plochy, ktorá sa nachádza 8,2 m pod terénom, došlo k deformácii 5,17 mm. Následne, opakované kontrolné merania zo septembra a decembra zaznamenali pokles pohybovej aktivity. Orientácia nameraných vektorov mala azimuty od 233 do 286°. Vzhľadom na kontakt zosuvného telesa s cestou I. triedy č. 51 bol o nameraných deformáciách priebežne informovaný starosta obce Svätý Anton a dňa 12. augusta 2020 bola pracovníkmi ŠGÚDŠ vykonaná obhliadka zosuvného územia a vypracovaná Obhliadková správa, ktorá bola následne zaslaná starostovi obce a na sekciu

geológie a prírodných zdrojov MŽP SR. Septembrové meranie metódou presnej inklinometrie bolo vykonané nad rámec Programu monitorovania na rok 2020.

V súvislosti s vysokou pohybovou aktivitou treba upozorniť na skutočnosť, že v relatívne krátkom období boli zaznamenané tri veľmi výrazné vzostupy hladiny podzemnej vody (ktorá je monitorovaná automatickým hladinomerom vo vrte JSA-2). Hladina začala stúpať už na konci roka 2019 (kedy dosiahla max. stav za monitorované obdobie). Následne počas zimného obdobia boli opätovne zaznamenané ďalšie dve stúpnutia, ktorými bol opätovne prekročený maximálny stav za monitorované obdobie. Predpokladáme, že pohybová aktivita zosuvného územia je priamo determinovaná úrovňou hladiny podzemnej vody.

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 2021 pokračovať v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2020.

#### 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 2019 a 2020

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 2019 a 2020, sú zhrnuté v tab. 4.4.1.

Tab. 4.4.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Inklinometrické	2	IP-2, PS-Z1	2 (5. apríl, 6. december)	2 (12. august, 1. december)
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	

##### Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania

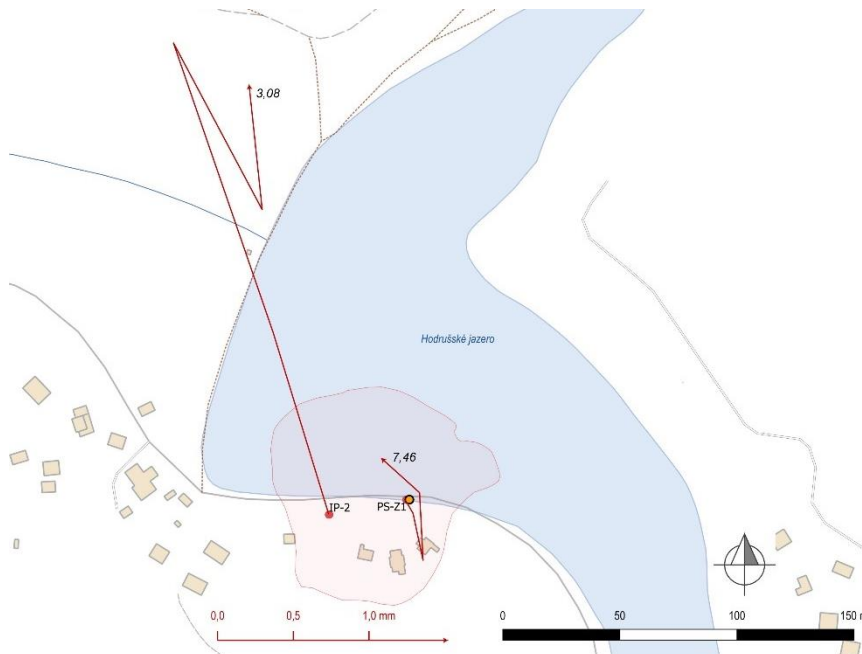
###### a/ Inklinometrické merania

Na lokalite sa merania vykonávajú v dvoch funkčných vrtoch. Nulté merania boli vo vrtoch zabezpečené v roku 2015. Výsledky meraní z rokov 2019 a 2020 sú zhrnuté v tab. 4.4.2. a na obr. 4.4.1 a 4.4.2. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.4.3 a 4.4.4.

V roku 2019 boli merania na zosuve, ktorý je v priamom kontakte s Dolným Hodrušským jazerom zabezpečené v oboch monitorovacích objektoch, a to počas jarnej etapy (od 29. novembra 2018 do 5. apríla 2019) a jesennej etapy (od 5. apríla 2019 do 6. decembra 2019). Na rozdiel od roku 2018, vyššie hodnoty etapových deformácií boli zaznamenané vo vrte IP-2. Počas jarnej etapy boli namerané deformácie 1,26 mm v hĺbke 3,08 m pod terénom a 0,67 mm v hĺbke 7,08 m pod terénom, čo predstavuje rýchlosť pohybu 1,96 mm.rok<sup>-1</sup>, resp. 1,04 mm.rok<sup>-1</sup>. Počas jesennej etapy mali prírastky deformácií v hĺbkach 3,08 m a 7,08 m pod terénom podobné hodnoty (2,02 mm – priemerná rýchlosť pohybu 3,01 mm.rok<sup>-1</sup> a 0,73 mm – priemerná rýchlosť pohybu 1,09 mm.rok<sup>-1</sup>). Azimuty vektorov sa pohybovali v intervale od 271 do 351° (smer na západ až severo-severozápad).

Vo vrte PS-Z1 boli hodnoty deformácií namerané počas jarnej a jesennej etapy, v porovnaní s rokom 2018, nižšie. V hĺbke 4,96 m pod terénom bola počas jarnej etapy nameraná etapová deformácia 0,32 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 0,92 mm.rok<sup>-1</sup>. Na šmykovej ploche v hĺbke 7,46 m pod terénom bol zaznamenaný etapový prírastok 0,1 mm (priemerná rýchlosť deformácie 0,29 mm.rok<sup>-1</sup>) a v hĺbke 11,46 m 0,3 mm (0,86 mm.rok<sup>-1</sup>). V jesennej etape boli na jednotlivých šmykových plochách prírastky deformácie v intervale od

0,22 do 0,51 mm. Azimuty deformácií počas jarnej a jesennej etapy boli orientované na juh, teda opačne ako v predchádzajúcom roku 2018, preto celková deformácia, ktorá sa vyvíja prevažne severo-severozápadnom smere, bola nižšia.



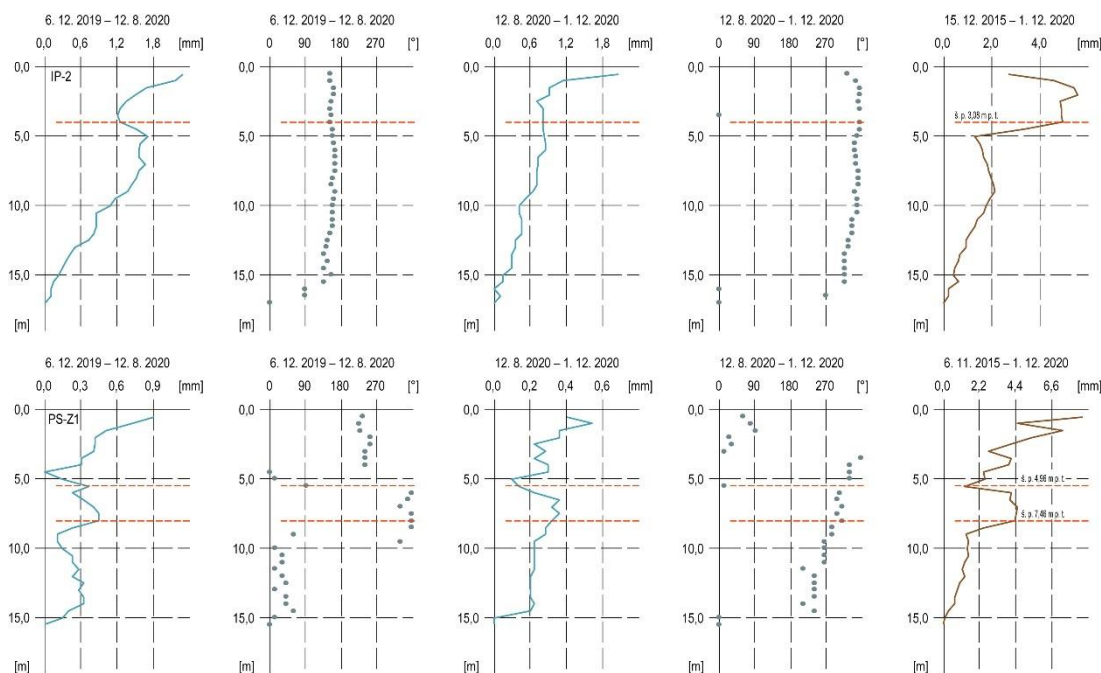
Obr. 4.4.1. Lokalita Hodruša-Hámre – vektory deformácií namerané v rokoch 2019 a 2020 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.4.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m; objekty označené ako body – monitorovacie objekty – červené – inklinometrické vrty, oranžové – piezometrický vrt s automatickým hladinomerom); ohraničenie zosuvu podľa Šimekovej a Martinčekovej et al. (2006); mapový podklad: ZBGIS®

V roku 2020 boli zabezpečené dve etapové merania (letná etapa – obdobie od 6. decembra 2019 do 12. augusta 2020 a jesenná etapa – od 12. augusta 2020 do 1. decembra 2020). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas augustového merania, a to vo vrte IP-2. V hĺbke 7,08 m pod úrovňou terénu bola nameraná etapová deformácia 1,52 mm ( $2,23 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Na šmykovej ploche (v hĺbke 3,08 m pod terénom) v rovnakom období dosiahla deformácia hodnotu 1,25 mm ( $1,83 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Vykonané kontrolne merania vo vrte PS-Z1 poukázali na relatívne priaznivý stabilný vývoj. V sledovaných hĺbkových úrovniach (hĺbky: 4,96 m, 7,46 m a 11,46 m pod terénom) boli namerané etapové vektory v intervale 0,22 až 0,45 mm. Rýchlosti priemerných ročných deformácií sa pohybovali v intervale od 0,33 do  $1,04 \text{ mm.rok}^{-1}$ .

Tab. 4.4.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2019 a 2020.

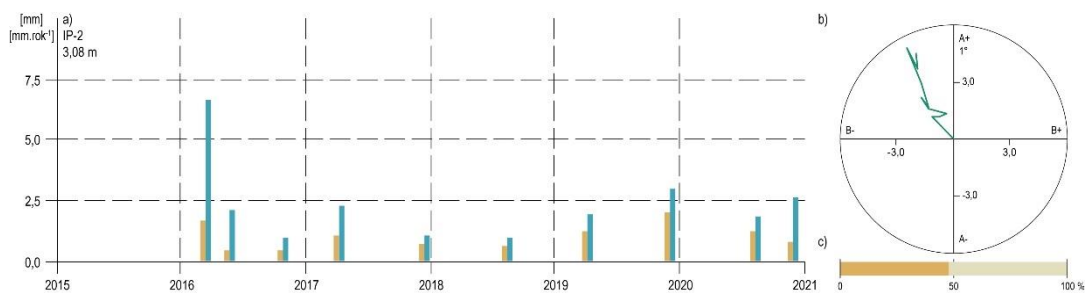
Bod	Hĺbka [m]	29. 11. 2018 – 5. 4. 2019			5. 4. 2019 – 6. 12. 2019			6. 12. 2019 – 12. 8. 2020			12. 8. 2020 – 1. 12. 2020		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IP-2	3,08	3,41	1,26 <sup>1</sup>	343 <sup>1</sup>	5,41	2,02	341	4,16	1,25	152	4,92	0,81	354
IP-2	7,08	2,11	0,67 <sup>1</sup>	28 <sup>1</sup>	2,82	0,73	345	1,30	1,52	158	1,97	0,71	353
IP-2	13,08	0,50	0,36 <sup>1</sup>	35 <sup>1</sup>	0,67	0,20	271	0,40	0,36	147	0,63	0,28	316
PS-Z1	4,96	2,02	0,32	168	1,52	0,51	139	1,24	0,36	94	1,32	0,14	15
PS-Z1	7,46	3,96	0,10	150	3,64	0,32	168	4,08	0,45	357	4,34	0,32	312
PS-Z1	11,46	1,17	0,30	150	1,20	0,22	213	1,17	0,22	33	1,28	0,20	240

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; <sup>1</sup> – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 13. 8. 2018 – 5. 4. 2019.



Obr. 4.4.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Hodruša-Hámre (označenie vrtovej je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, sivé body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, hnedá línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), červená čiarkovaná línia – grafické označenie hĺbky šmykovej plochy.

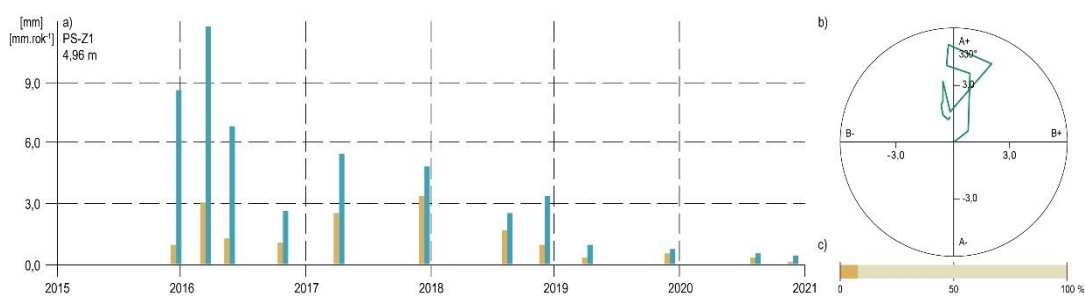
Z hodnotenia dlhšieho časového obdobia vo vrte IP-2 (obr. 4.4.3) vyplýva, že najvyššie prírastky deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané v roku 2019; mierne zvýšené hodnoty etapových deformácií boli namerané i v rokoch 2016 a v aktuálne hodnotenom roku. Generálny azimut etapových deformácií, nameraných počas monitorovaného obdobia, má severný až severozápadný smer. Pomer medzi trajektóriou nameraných etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu v hĺbke šmykovej plochy (3,08 m pod terénom) je 48,0 %, čo naznačuje, že k pohybu na šmykovej ploche dochádza len v určitých obdobiach. Celková deformácia od nultého merania (15. december 2015) po ostatné meranie (1. december 2020) dosiahla 4,92 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie  $0,99 \text{ mm.rok}^{-1}$ .



Obr. 4.4.3. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Hodruša-Hámre vo vrte IP-2 v období rokov 2015 až 2020; a – etapové deformácie (žltá) a rýchlosti (modrá) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

Z hodnotenia meraní vo vrte PS-Z1 (obr. 4.4.4) vyplýva, že najvyššia pohybová aktivita bola nameraná počas decembrového merania v roku 2017 (3,3 mm;  $4,88 \text{ mm.rok}^{-1}$ ); len o niečo nižšia deformácia bola nameraná v marci 2016 (3,0 mm;  $11,78 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Do októbra 2016 bol výsledný azimut deformácie na sledovanej šmykovej ploche orientovaný na severozápad, následne od roku 2017 sa jeho orientácia zmenila na juhovýchod. Vďaka tejto skutočnosti má

hodnota, vypočítaná ako pomer medzi dĺžkou trajektórie etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu, len 8,2 %. Veľmi nízka hodnota posudzujúceho pomeru naznačuje, že deformácie v sledovanom horizonte nie sú priamočiare, ale naopak, v priebehu monitorovaného obdobia sa často menia azimuty etapových vektorov. Na základe uvedenej skutočnosti vystáva 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 na nasledujúce monitorovacie obdobie. Celková deformácia od nultého merania (6. november 2015) po ostatné meranie (1. december 2020) dosiahla 1,32 mm ( $0,26 \text{ mm.rok}^{-1}$ ).



Obr. 4.4.4. Spracovanie výsledkov meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Hodruša-Hámre vo vrte PS-Z1 v období rokov 2015 až 2020; a – etapové deformácie (žltá) a rýchlosti (modrá) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

#### c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

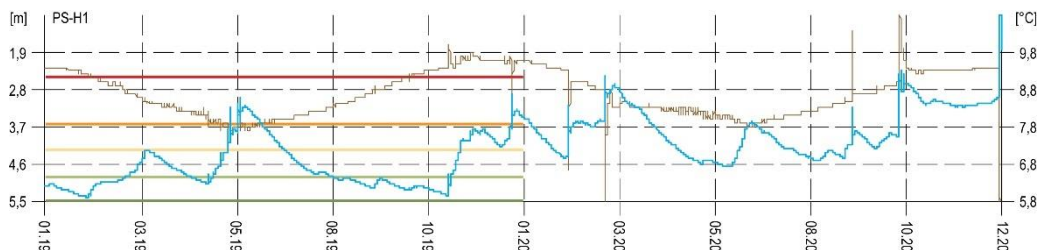
Na lokalite Hodruša-Hámre bol automatický hladinomer inštalovaný 19. novembra 2015 do vrtu PS-H1. V rokoch 2019 a 2020 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

V roku 2019 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 2,92 m pod terénom (527,28 m n. m.; 23. december), čo je rovnaká hodnota ako predchádzajúcim roku. K jej dosiahnutiu došlo až v druhej polovici roka. Hladina však začala stúpať už vo februári a postupne po aprílovo-májovom poklese, dosiahla jarné maximum na konci mája (3,0 m pod terénom). Od tohto termínu až do začiatku novembra mala prevažne zostupný charakter. Najnižšia jesenná hodnota hladiny podzemnej vody bola zaznamenaná na začiatku novembra. V zvyšnej časti roka hladina podzemnej vody mala vzostupný trend. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2019 dosiahla 4,65 m pod terénom (525,55 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2018 pokles o 0,28 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 2,5 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 5,1 m pod terénom, 2. kvartil 4,86 m pod terénom a 3. kvartil 4,25 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu  $9,6 \text{ }^\circ\text{C}$  počas 1. januára, naopak, najnižšia teplota len  $6,3 \text{ }^\circ\text{C}$  (29. apríla). Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla  $9,7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Tab. 4.4.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2019.

Bod	Počet mer.	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.]	
PS-H1	8760	2,92	527,28	23. 12. 2019	5,42	524,78	2. 2. 2019	4,65	525,55	2,50



Obr. 4.4.4. Zmeny úrovně hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2019 a 2020, 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.

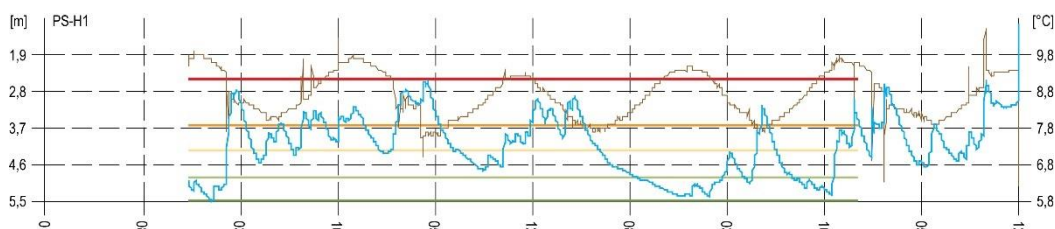
V roku 2020 mal priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vzostupný trend. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná až na konci roka, a to v hĺbke 0,97 m pod terénom (529,23 m n. m.; 5. apríl), čo je v porovnaní z rokom 2019 výrazný nárast (až o 1,95 m; obr. 4.4.4). Počas roka hladina podzemnej vody viackrát, pomerne náhle, stúpala a pozvoľne klesla. Vzhľadom na absenciu záznamov o zmenách hladiny v priehrade nevieme posúdiť do akej miery ovplyvňuje napúšťanie/vypúšťanie priehradu kolísanie hladiny podzemnej vody, ktorá je sledovaná v piezometrickom vrte.

Minimálny stav bol nameraný 5. júna v hĺbke 4,68 m pod terénom (525,52 m n. m.) Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 3,77 m pod terénom (526,43 m n. m.), teda je o 0,88 m vyššia ako v roku 2019. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 3,71 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody dosiahol 4,27 m pod terénom, 2. kvartil 3,85 m pod terénom a 3. kvartil 3,20 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody mala hodnotu 10,8 °C (13. október), naopak, najnižšia teplota len 5,8 °C (2. marec). Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,65 °C. Veľmi nízka teplota podzemnej vody v období maximálneho stavu naznačuje, že podzemná voda je viazaná na plyšší zvodnený horizont, prípadne sa do vrtu dostávajú hypodermické vody alebo vody z vodnej nádrže.

Tab. 4.4.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2020.

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	8784,00	0,97	529,23	29. 12.2020	4,68	525,52	5. 6. 2020	3,77	526,43	3,71



Obr. 4.4.5. Dlhodobé zmeny úrovně hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2015 až 2020, 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.

Z hodnotenia dlhšieho obdobia monitoringu vyplýva, že maximálna hladina bola vo vrte zaznamenaná v aktuálne posudzovanom roku s hĺbkou 0,97 m pod terénom (obr. 4.4.5). 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 4,14 m pod terénom s celkovým kolísaním 4,54 m.

#### d/ Merania zrážkových úhrnov

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

#### *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 mali v porovnaní s rokom 2019 priaznivý vývoj. Sledovaný bol pokles pohybovej aktivity v oboch vrtoch. Vo vrte PS-Z1 je situácia po sanácii priaznivá. Namerané deformácie počas jednotlivých kontrolných meraní majú zostupný charakter. Orientácia nameraných vektorov nenaznačuje svahový pohyb. Odlišná situácia je vo vrte IP-2. Namerané deformácie sa v roku 2020 sa pohybovali od 0,71 do 1,52 mm a poukazujú na pohyb po šmykovej ploche. Výsledný azimut deformácie má severo-severozápadný smer, teda orientovaný na Dolné Hodrušské jazero.

Meraniami zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2020 bol nameraný najvyšší stav počas monitorovaného obdobia. Zaznamenané viaceré vzostupy a poklesy podzemnej vody, pričom prvé výraznejšie stúpnutie hladiny bolo pozorované v prvej polovici marca, druhé v prvej polovici októbra a tretie najvýraznejšie, na konci decembra, kedy bol dosiahnutý maximálny stav.

V roku 2021 vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality (ohrozenie vodnej stavby) je plánované pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a režime ako v predchádzajúcom roku 2020.



### 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 2019 a 2020

Na lokalite Slanec-TP sa v rokoch 2019 a 2020 vykonávali len režimové pozorovania. Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2019 a 2020, sú zhrnuté v tab. 4.5.1.

Tab. 4.5.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Slanec-TP v rokoch 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
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 (12. február, 6. marec, 28. marec, 2. máj, 4. jún, 8. júl, 8. august, 9. september, 4. október, 14. november)	9 (2. november, 6. február, 10. marec, 11. jún, 12. máj, 15. júl, 22. apríl, 24. august, 29. september)
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 (12. február, 6. marec, 28. marec, 2. máj, 4. jún, 8. júl, 8. august, 9. september, 4. október, 14. november)	9 (2. november, 6. február, 10. marec, 11. jún, 12. máj, 15. júl, 22. apríl, 24. august, 29. september)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Slanská Huta (indikatív 51160)	Mesačné úhrny zrážok	

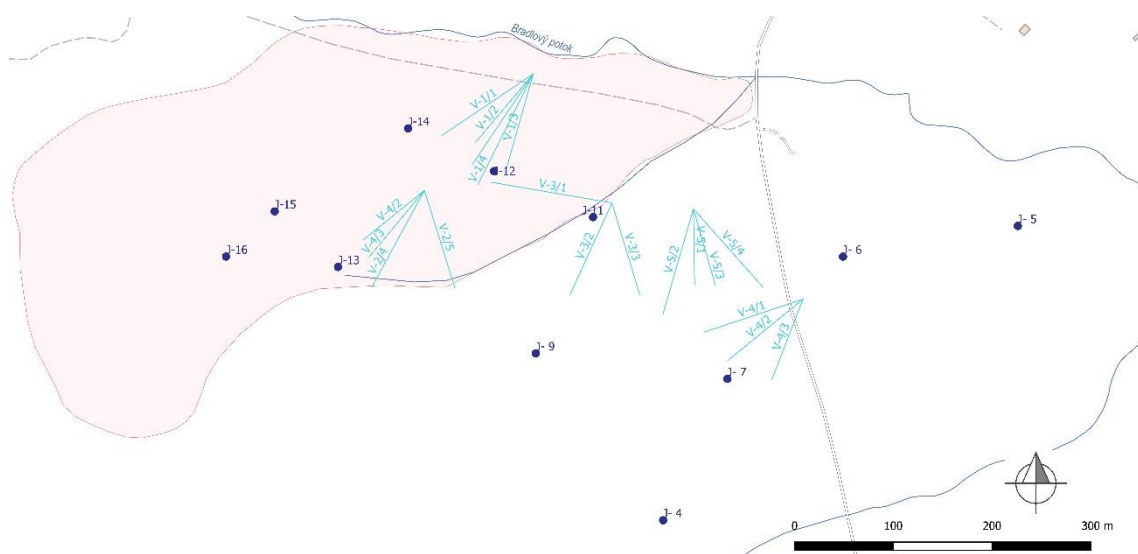
#### Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania

##### 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 vrtoch 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 2019 boli merania zabezpečené v 11 vrtoch (12. február – 14. november). Maximálna hladina podzemnej vody bola opätovne nameraná vo vrte J-11 (0,30 m pod terénom – 324,68 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol nameraný 12. februára.

V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa pohybovali v intervale od 1,00 (J-13) do 10,89 m pod terénom (J-7). Okrem vrtu J-11 sa maximálne stavy vyskytli v letnom období (4. júna, resp. 8. júla). Naopak, najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej vody vo vrte J-7. Jej minimálna hladina sa nachádzala na úrovni 12,26 m pod terénom (6. marca). Minimálne hladiny podzemnej vody sa vyskytovali zväčša v období od 12. februára do 6. marca a od 4. októbra do 14. novembra. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2019 hĺbku 6,67 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,86 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,51 (vrt J-11) do 12,15 m pod terénom (vrt J-7). Výrazné kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrtoch J-4 (4,87 m) a J-9 (3,50 m). V ostatných vrtoch bolo namerané kolísanie hladiny podzemnej vody od 0,37 do 2,51 m.



Obr. 4.5.1. Lokality 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 vrto); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.5.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2019.

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	4,00	338,50	4. 6. 2019	8,87	333,63	8. 8. 2019	6,17	336,33	4,87
J-5	10	9,14	293,65	4. 6. 2019	9,55	293,24	14. 11. 2019	9,33	293,46	0,41
J-6	10	10,98	304,34	8. 7. 2019	11,35	303,97	14. 11. 2019	11,21	304,11	0,37
J-7	10	11,89	322,76	4. 6. 2019	12,26	322,39	6. 3. 2019	12,15	322,50	0,37
J-9	10	6,10	339,78	4. 6. 2019	9,60	336,28	14. 11. 2019	9,90	336,79	3,50
J-11	10	0,30	324,68	12. 2. 2019	2,78	322,20	4. 10. 2019	1,51	323,47	2,48
J-12	10	4,44	331,17	8. 7. 2019	5,55	330,06	6. 3. 2019	5,11	330,50	1,11
J-13	10	1,00	351,79	4. 6. 2019	2,29	350,50	12. 2. 2019	1,84	350,95	1,29
J-14	10	2,92	336,77	4. 6. 2019	5,43	334,26	12. 2. 2019	4,78	334,91	2,51
J-15	10	6,42	354,71	4. 6. 2019	8,52	352,61	12. 2. 2019	7,81	353,32	2,10
J-16	10	1,80	356,49	4. 6. 2019	4,22	354,07	12. 2. 2019	3,61	354,68	2,42

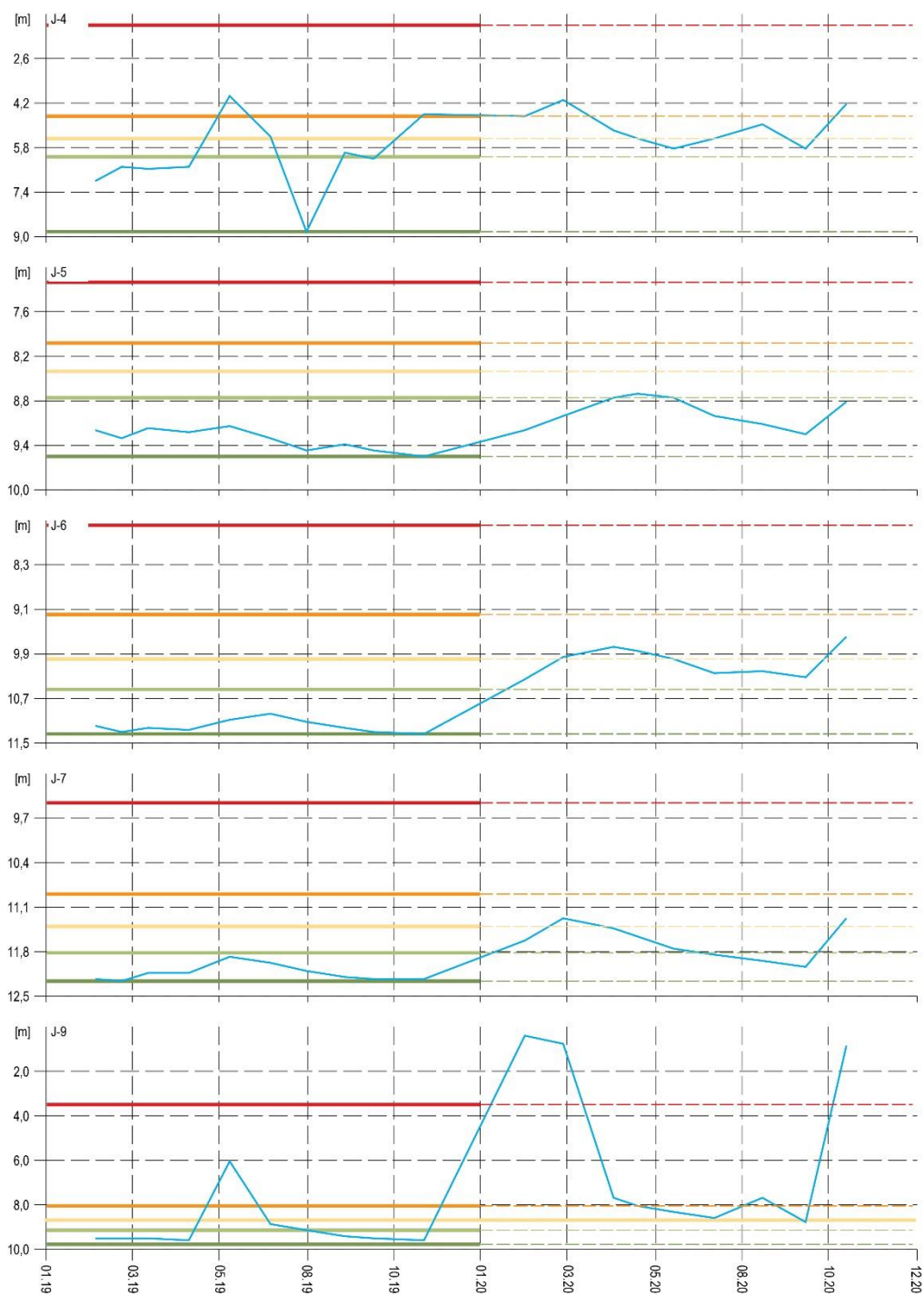
V aktuálne hodnotenom roku 2020 sa pokračovalo v meraniach v 11 vrtoch (od 6. februára do 2. novembra). Maximálna hladina podzemnej vody bola opätovne nameraná vo vrte J-11 (0,10 m pod terénom – 324,88 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol nameraný 6. februára. V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale od 0,41 (J-16) do 11,27 m pod terénom (J-7). Do blízkosti úrovne terénu sa okrem vrto J-11 a J-16 priblížila hladina podzemnej vody aj vo vrtoch J-9 (0,42 m pod terénom) a J-13 (0,79 m pod terénom). Tieto vysoké stavy hladiny podzemnej vody boli dosiahnuté 6. februára. Pri vrtoch s hlbším horizontom obehu podzemnej vody, ako napríklad vo vrtoch

J-6 a J-7 boli maximálne úrovne hladiny podzemnej vody dosiahnuté 2. novembra. Naopak, minimálne stavy hladiny podzemnej vody až v deviatych prípadoch namerané 29. septembra. Najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej vody vo vrte J-7, jej minimálna úroveň sa nachádzala v hĺbke 12,05 m pod terénom. V ostatných vrtoch boli najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody v hĺbke 1,91 m pod terénom (vrt J-13) až 10,37 m (vrt J-6). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2020 hĺbku 5,61 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku zostup až o 1,06 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,16 (vrt J-11) do 11,65 m pod terénom (vrt J-7). Výrazné kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrtoch J-9 (8,40 m), J-15 (3,42 m) a J-16 (3,35 m). V ostatných vrtoch bolo kolísanie hladiny podzemnej vody od 0,54 do 2,27 m.

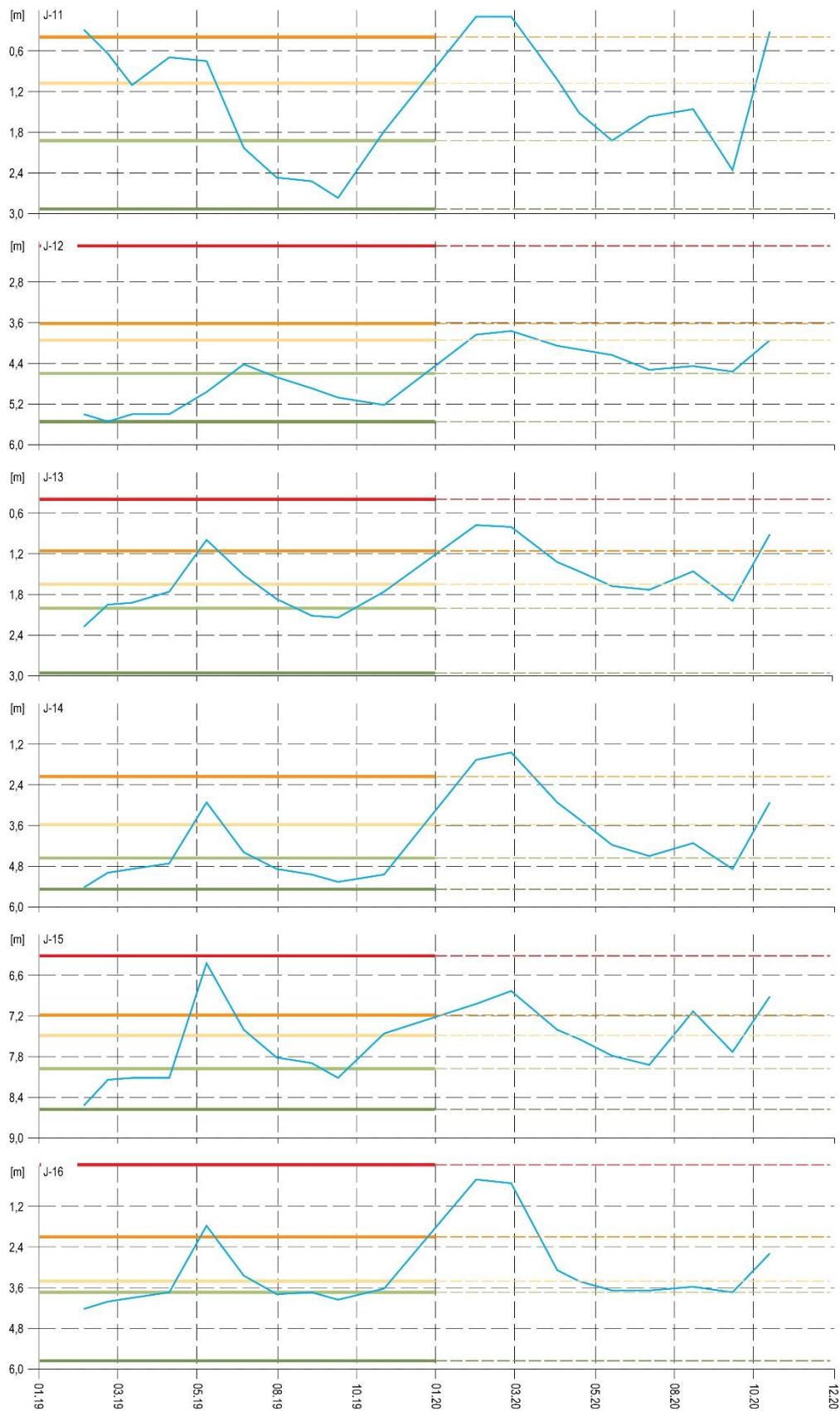
Tab. 4.5.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2020.

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	9	4,10	338,40	10. 3. 2020	5,89	336,61	29. 9. 2020	5,12	337,38	1,79
J-5	9	8,72	294,07	12. 5. 2020	9,26	293,53	29. 9. 2020	8,97	293,82	0,54
J-6	9	9,61	305,71	2. 11. 2020	10,37	304,95	6. 2. 2020	10,05	305,27	0,76
J-7	9	11,27	323,38	2. 11. 2020	12,05	322,60	29. 9. 2020	11,65	323,00	0,78
J-9	9	0,42	345,46	6. 2. 2020	8,82	337,06	29. 9. 2020	5,71	340,17	8,40
J-11	9	0,10	324,88	6. 2. 2020	2,37	322,61	29. 9. 2020	1,16	323,82	2,27
J-12	9	3,77	331,84	10. 3. 2020	4,57	331,04	29. 9. 2020	4,18	331,43	0,80
J-13	9	0,79	352,00	6. 2. 2020	1,91	350,88	29. 9. 2020	1,35	351,44	1,12
J-14	9	1,47	338,22	10. 3. 2020	4,89	334,80	29. 9. 2020	3,36	336,33	3,42
J-15	9	6,85	354,28	10. 3. 2020	7,94	353,19	15. 7. 2020	7,37	353,76	1,09
J-16	9	0,41	357,88	6. 2. 2020	3,76	354,53	29. 9. 2020	2,77	355,52	3,35

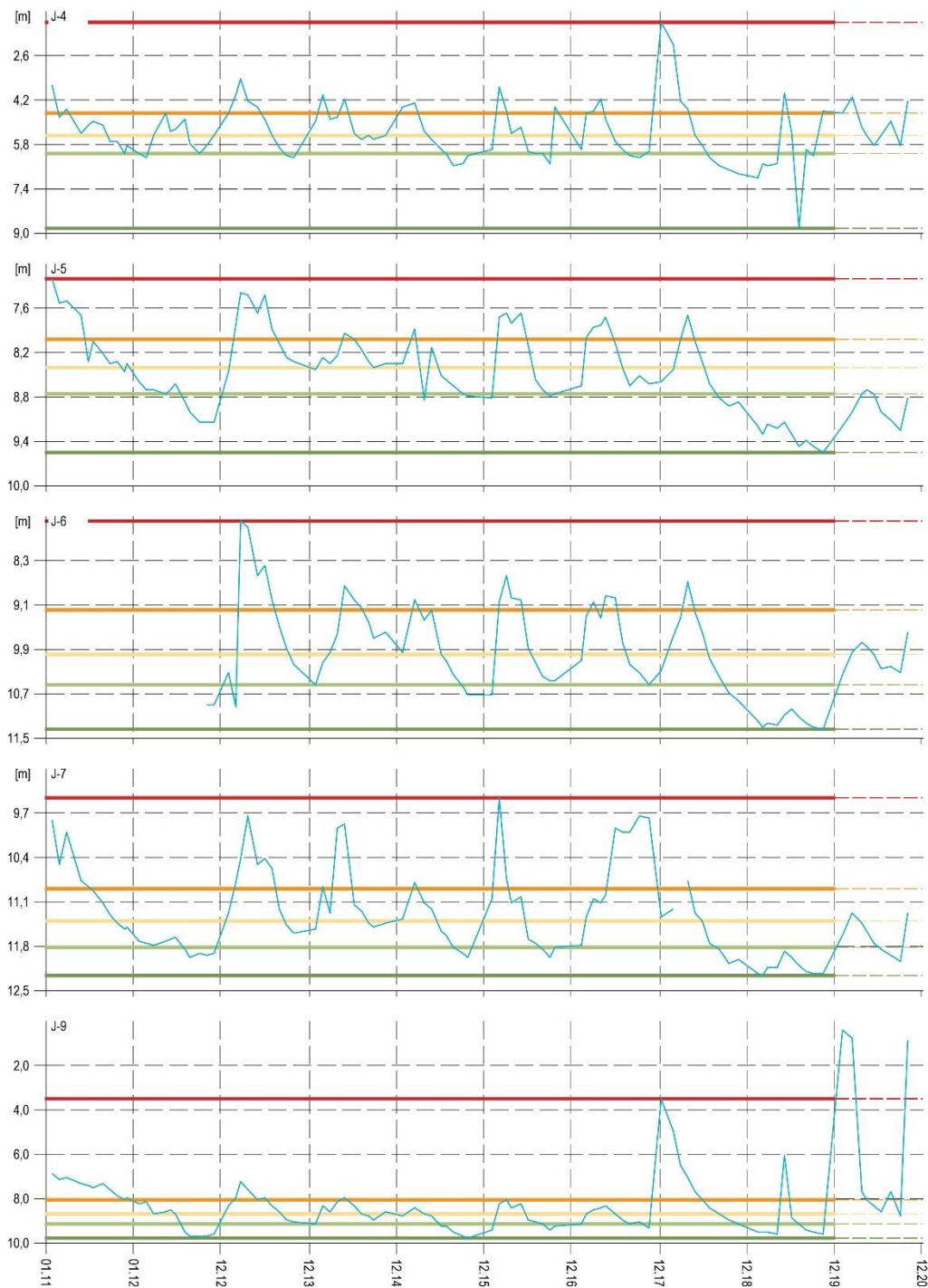
Z dlhodobého hľadiska (v období 2011 až 2020 – obr. 4.5.4 a 4.5.5) boli najvyššie namerané hladiny podzemnej vody – na úrovni terénu – vo vrtoch J-11 (apríl a marec 2013, február 2014, marec 2016 a marec 2018), J-16 (marec 2013 a marec 2016) a J-14 (marec 2013). Pomerne vysoká hladina podzemnej vody bola nameraná i vo vrte J-13. Prakticky pravidelne počas každého roku, najmä v zimnom a jarnom období, stúpa hladina podzemnej vody v tomto vrte k úrovni terénu. V období 2011 až 2020 najvyššie vystúpila 25. marca 2013, a to do hĺbky 0,39 m pod terénom. Opačne, najhlbšie (viac ako 10 m) pod terén zostupujú hladiny vo vrtoch J-6 a J-7. V roku 2020 bola vo vrte J-9 nameraná najvyššia úroveň hladiny podzemnej vody za celé doterajšie monitorované obdobie (0,42 m pod terénom – 6. februára 2020).



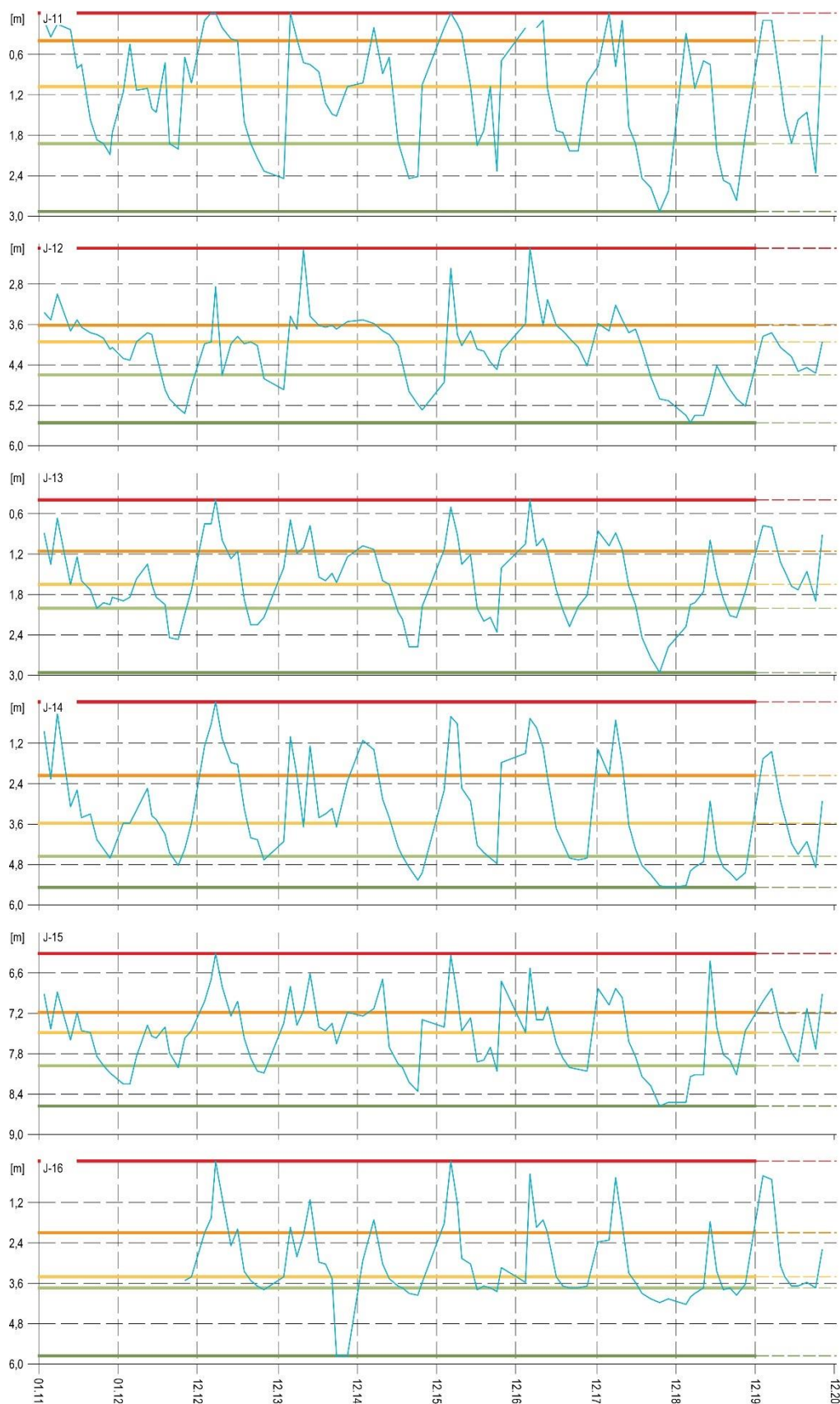
Obr. 4.5.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: J-4, J-5, J-6, J-7 a J-9, spolu so štatistickým ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



Obr. 4.5.3. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: J-11, J-12, J-13, J-14, J-15 a J-16, spolu so štatistickým 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. 4.5.4. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Slanec-TP, namerané v rokoch 2011 až 2020 vo vrtoch: J-4, J-5, J-6, J-7 a J-9, spolu so štatistickým 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 2011 až 2020 vo vrtoch: J-11, J-12, J-13, J-14, J-15 a J-16, spolu so štatistickým ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

## b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Slanec 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 2019 a 2020 bolo 2. a 4. stanovište značnú časť monitorovaného obdobia zaplavené vodou.

Tab. 4.5.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2019.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]	Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]
		[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum	[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum		
V1/1	10	0,47	14. 11. 2019	0,00	28. 3. 2019	0,09	0,47
V1/2	10	0,23	6. 3. 2019	0,00	4. 10. 2019	0,11	0,23
V1/3	10	0,32	4. 6. 2019	0,00	28. 3. 2019	0,15	0,32
V1/4	10	1,00	14. 11. 2019	0,00	6. 3. 2019	0,16	1,00
V1/5	10	0,20	12. 2. 2019	0,00	28. 3. 2019	0,03	0,20
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	0,97	14. 11. 2019	0,00	8. 7. 2019	0,26	0,97
V3/2	10	0,10	4. 6. 2019	0,00	9. 9. 2019	0,03	0,10
V3/3	10	0,13	4. 6. 2019	0,00	12. 2. 2019	0,01	0,13
V4/1	10	0,08	4. 10. 2019	0,08	4. 10. 2019	0,08	0,00
V4/2	10	Ústia odvodňovacích vrtov sa nachádzali pod hladinou vody alebo vrty boli suché					
V4/3	10						
V5/1	10	0,21	4. 6. 2019	0,00	4. 10. 2019	0,04	0,21
V5/2	10	kvapkanie					
V5/3	10	kvapkanie, suchý					
V5/4	10	0,10	4. 6. 2019	0,00	12. 2. 2019	0,01	0,10

V roku 2019 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 12. februára do 14. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 14. novembra na vrte V1/4 (1,00 l.min<sup>-1</sup>). V tomto termíne bola najvyššia výdatnosť aj vo vrtoch V3/1 (0,97 l.min<sup>-1</sup>), V1/1 (0,47 l.min<sup>-1</sup>), V3/2 (0,10 l.min<sup>-1</sup>) a V4/1 (0,08 l.min<sup>-1</sup>). Počas roku väčšina vrtov vykazovala kvapkanie vody alebo bola suchá, platí to najmä pre vrty V5/1, V5/2, V5/3 a V5/4. Pomerne veľká časť vrtov (V2/1, V2/2, V2/3, V2/4, V2/5, V4/1, V4/2, V4/3) mala počas roku väčšinou zaliate ústia vrtov a nebolo možné merať ich výdatnosť. Priemerná hodnota výdatnosti u vrtov, ktoré vykazovali merateľné hodnoty je iba 0,07 l.min<sup>-1</sup> a sumárna priemerná výdatnosť všetkých merateľných vrtov za rok 2019 je 0,98 l.min<sup>-1</sup>, čo je výrazný pokles oproti rok 2018 (až o 5,42 l.min<sup>-1</sup>), pričom treba podotknúť, že podobne výrazný pokles výdatnosti bol zaznamenaný aj za rok 2018.

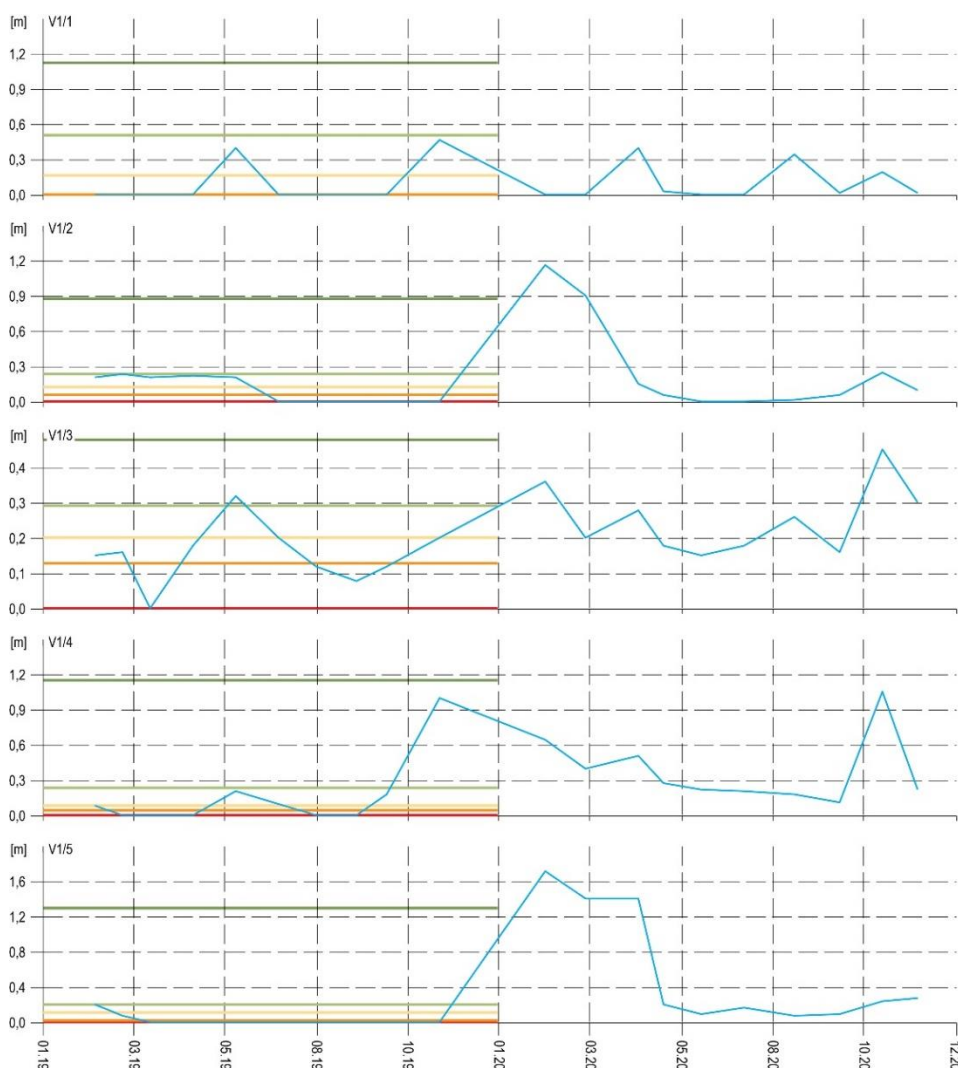
V aktuálne hodnotenom roku 2020 bolo zabezpečených rovnako 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 6. februára do 1. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná vo vrte V3/1 (2,79 l.min<sup>-1</sup>). Tento najvyšší stav bol zaznamenaný 6. februára; v rovnakom termíne boli zaznamenané najvyššie výdatnosti u väčšiny vrtov s merateľným prietokom (V1/2, V1/5, V3/2, V5/1, V5/3 a V5/4).

Počas roku niektoré vrty vykazovali iba kvapkanie vody alebo boli suché (V3/1, V3/2, 3/3, V1/1, V1/2, V5/2, V5/3 a V5/4). Pomerne veľká časť vrtov (V2/1, V2/2, V2/3, V2/4, V2/5, V4/1, V4/2, V4/3) mala počas roku zaliate ústia a nebolo možné merať ich výdatnosť. Priemerná hodnota výdatnosti vrtov, na ktorých bolo možnú v roku 2020 realizovať merania, dosiahla 1,41 l.min<sup>-1</sup>. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých merateľných vrtov za rok 2020 je 4,08 l.min<sup>-1</sup>, čo je výrazný vzostup oproti roku 2019 (až o 3,1 l.min<sup>-1</sup>), pričom treba podotknúť, že v rokoch 2018 a 2019 bol zaznamenaný výrazný pokles výdatnosti.

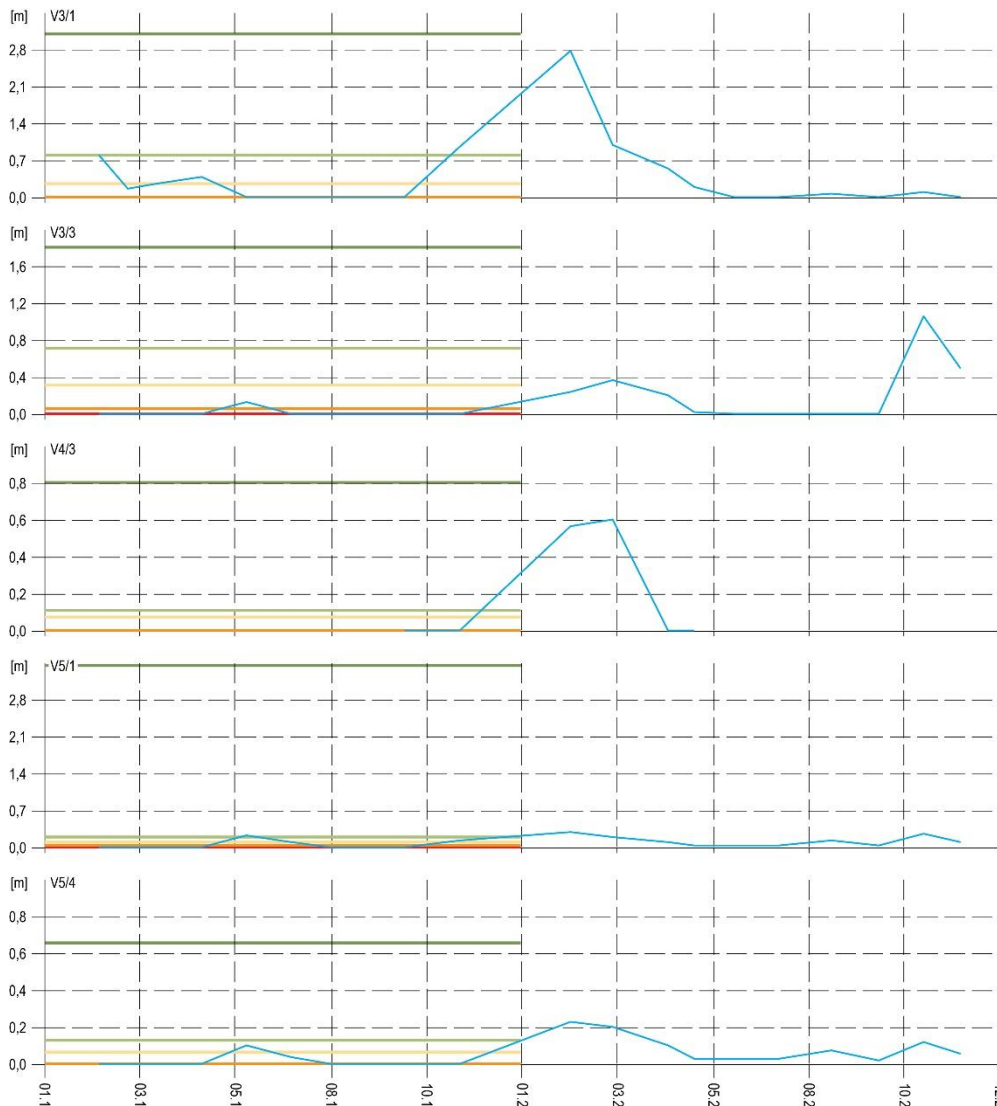


Tab. 4.5.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2020.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]	Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]
		[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum	[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum		
V1/1	10	0,40	22. 4. 2020	0,02	29. 9. 2020	0,17	0,38
V1/2	10	1,16	6. 2. 2020	0,02	24. 8. 2020	0,34	1,14
V1/3	10	0,45	2. 11. 2020	0,15	11. 6. 2020	0,25	0,30
V1/4	10	1,06	2. 11. 2020	0,11	29. 9. 2020	0,38	0,95
V1/5	10	1,72	6. 2. 2020	0,08	24. 8. 2020	0,57	1,64
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	2,79	6. 2. 2020	0,06	24. 8. 2020	0,78	2,74
V3/2	10	1,44	6. 2. 2020	0,03	12. 5. 2020	0,27	1,41
V3/3	10	1,06	2. 11. 2020	0,02	12. 5. 2020	0,40	1,04
V4/1	10	Ústia odvodňovacích vrtov sa nachádzali pod hladinou vody alebo vrtý boli suché alebo kvapkali					
V4/2	10						
V4/3	10	0,60	10. 3. 2020	0,57	6. 2. 2020	0,59	0,03
V5/1	10	0,31	6. 2. 2020	0,02	11. 6. 2020	0,12	0,29
V5/2	10	0,02	11. 6. 2020	0,01	12. 5. 2020	0,02	0,01
V5/3	10	0,65	6. 2. 2020	0,02	12. 5. 2020	0,11	0,63
V5/4	10	0,23	6. 2. 2020	0,02	29. 9. 2020	0,09	0,21



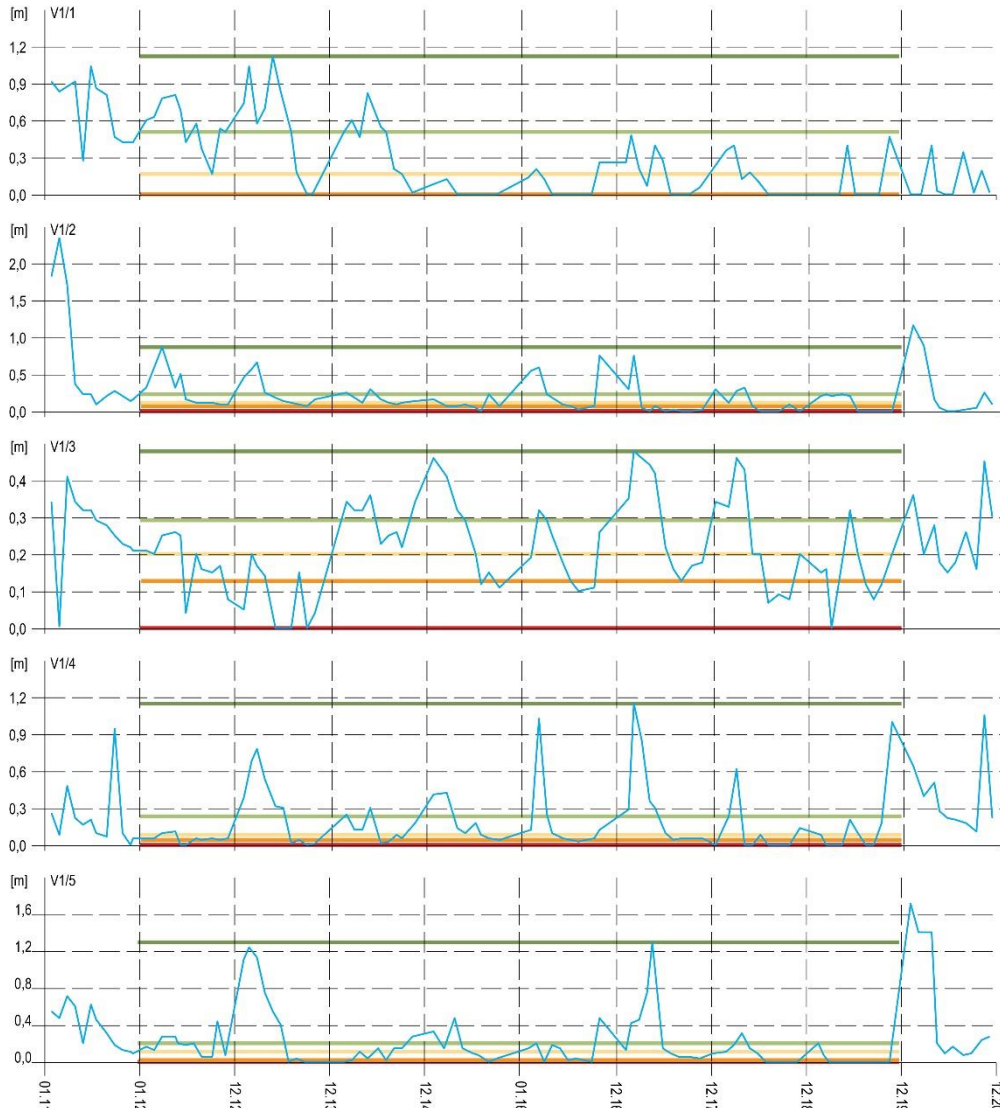
Obr. 4.5.5. Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtov (V1/1, V1/2, V1/3, V1/4 a V1/5) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2019 a 2020, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, bledozelená – 3. kvartil, tmavozelená – maximálna výdatnosť. Štatistické ukazovatele sú odvodené z údajov, ktoré boli namerané na jednotlivých odvodňovacích vrtov počas referenčného obdobia: 2012 – 2019.



Obr. 4.5.6. Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V3/1, V3/3, V4/3, V5/1 a V5/4) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2019 a 2020, 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.

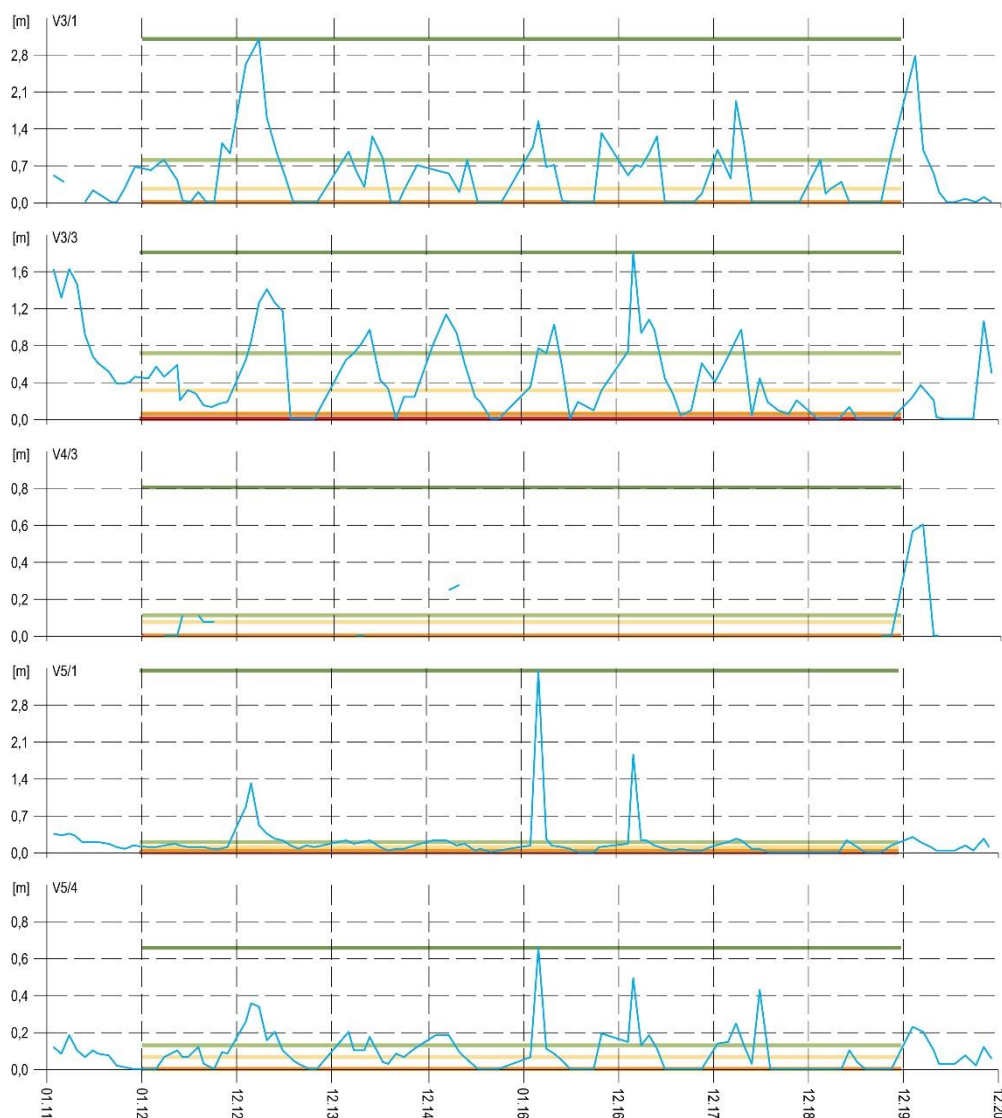
Pri hodnotení časového obdobia od roku 2011 do 2020 boli najvyššie výdatnosti namerané v roku 2011 (V2/1 – 29. marca  $65,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ). V súbore nameraných výdatností v rámci celej lokality boli počas monitorovaného obdobia na jednotlivých odvodňovacích zariadeniach pozorované prevažne prietoky v rozsahu  $0,0$  až  $0,3 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (obr. 4.5.7). V rámci skupín odvodňovacích vrtoch sa najefektívnejšie prejavujú vrty označené ako V2, ktorých priemerná výdatnosť za poslednú dekádu dosahuje  $1,5 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Nižšiu priemernú výdatnosť vykazuje odvodňovací vrt V2/1 ( $3,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ). V skupinách vrtoch V3 a V5 boli najvýznamnejšie hodnoty výdatnosti namerané počas rokov 2013, 2016, 2017, ale v skupine vrtoch V3 aj v roku 2020. V skupinách vrtoch V1 a V2 došlo po roku 2011 k ustáleniu výdatnosti. Na vrtoch ústiach 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 vrtoch by bolo možné urobiť len na základe údajov s vyššou frekvenciou meraní). Dlhodobu najnižšiu výdatnosť sú pozorované vo vrtoch označených V4 (priemerná výdatnosť

0,05 l.min<sup>-1</sup>) a pomerne nízku výdatnosť vykazujú aj vrty V5 (0,57 l.min<sup>-1</sup>). Od roku 2011 pozorovať postupný pokles celkovej výdatnosti odvodňovacích zariadení, ktorý sa markantne prejavil najmä v rokoch 2018 a 2019 (iba 0,98 l.min<sup>-1</sup> v roku 2019). K nárastu výdatnosti došlo znovu v roku 2020, kedy bola sumárna priemerná výdatnosť všetkých merateľných vrtoch na úrovni 4,08 l.min<sup>-1</sup>.

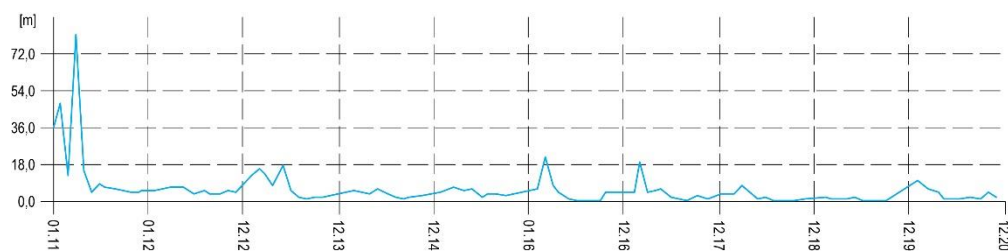


Obr. 4.5.7. Dlhodobý vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V1/1, V1/2, V1/3, V1/4 a V1/5) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2011 až 2020, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, 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. Vďaka tomuto stavu nie je možné sledovať množstvo odtekajúcej vody zo zosuvného územia, ale čo je ešte horšie, zaplavaním zberných šácht, dochádza k znižovaniu účinnosti hĺbkového odvodnenia.



Obr. 4.5.8. Vývoj výdatnosti na vybraných odvodňovacích vrtoch (V3/1, V3/3, V4/3, V5/1 a V5/4) na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2011 až 2020, 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 sumárnej výdatnosti zo všetkých odvodňovacích vrtoch na zosuvnej lokalite Slanec-TP v rokoch 2011 až 2020.

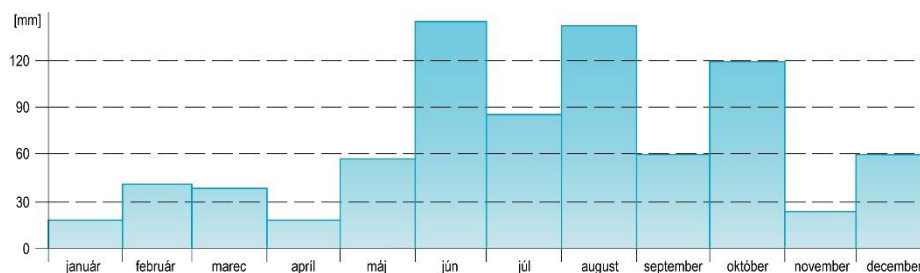
### c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Slanská Huta s indikatívom 51160. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od januára 2001 do decembra 2018 predstavuje 755,2 mm a maximálny

ročný úhrn v tomto období dosiahol 1204,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 62,9 mm a maximálny mesačný úhrn 314,9 mm (máj 2010).

V roku 2019 bol zrážkový úhrn 823,2 mm, čo zodpovedá 109,01 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas mája (154,1 mm) a najvyšší denný úhrn bol zaznamenaný 31. mája (154,1 mm). Naopak, najsuchším mesiacom bol marec s 12,9 mm zrážok.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 803,2 mm, čo zodpovedá 106,36 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júna (144,5 mm) a naopak, najsuchším mesiacom bol január s 17,4 mm zrážok (obr. 4.5.10).



Obr. 4.5.10. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Slanská Huta v roku 2020 (indikatív 51160); modrá – mesačné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019.

#### 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 – meranie výdatnosti subhorizontálnych odvodňovacích vrtov. Analyzované sú tiež údaje zo zrážkomernej stanice Slanská Huta.

Na základe spracovania nameraných údajov možno konštatovať, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo vo všetkých vrtoch k nárastu hladiny podzemnej vody. Najvýraznejšie sa to prejavilo vo vrte J-6 (vzostup až o 4,19 m). Priemerne stúpila hladina o viac ako 1 m. Najbližšie k terénu sa dostali hladiny podzemnej vody vo vrtoch J-11 (0,1 m pod terénom), J-16 (0,41 m pod terénom), J-9 (0,42 m pod terénom) a J-13 (0,79 m pod terénom).

V súvislosti s monitorovaním hĺbkového odvodnenia je potrebné upozorniť, že vrty ústiace do šachty V2 boli počas celého roka utopené pod vodou a vrty ústiace do šachty V4 boli pod vodou počas 4 meraní. Uvedený stav výrazne znižuje efektívnosť hĺbkového opatrenia, ktoré v monitorovanom území predstavuje jediné stabilizačné opatrenie.

Vzhľadom na mimoriadne riziko spojené s potenciálnym pretrhnutím predovšetkým tranzitného plynovodu alebo ropovodu treba zdôrazniť 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).

Zosuvné územie je monitorované len na základe režimových pozorovaní, úplne absentuje informácia o pohybovej aktivite. Z tohto dôvodu považujeme za nevyhnuté rozšírenie monitorovacej siete o inklinometrické vrty, vďaka ktorým by bolo možné s vysokou presnosťou stanoviť hĺbky šmykových plôch a sledovať vývoj deformácie v čase. K zvýšeniu úrovne monitorovania by prispela aj inštalácia kútových odrážačov pre technológiu InSAR, vďaka čomu by bolo možné prejavy zosuvného pohybu sledovať s frekvenciou cca 6 dní.

V roku 2021 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2020, teda 10 etáp režimových meraní.

### 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 2019 a 2020

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2019 a 2020 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 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
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	

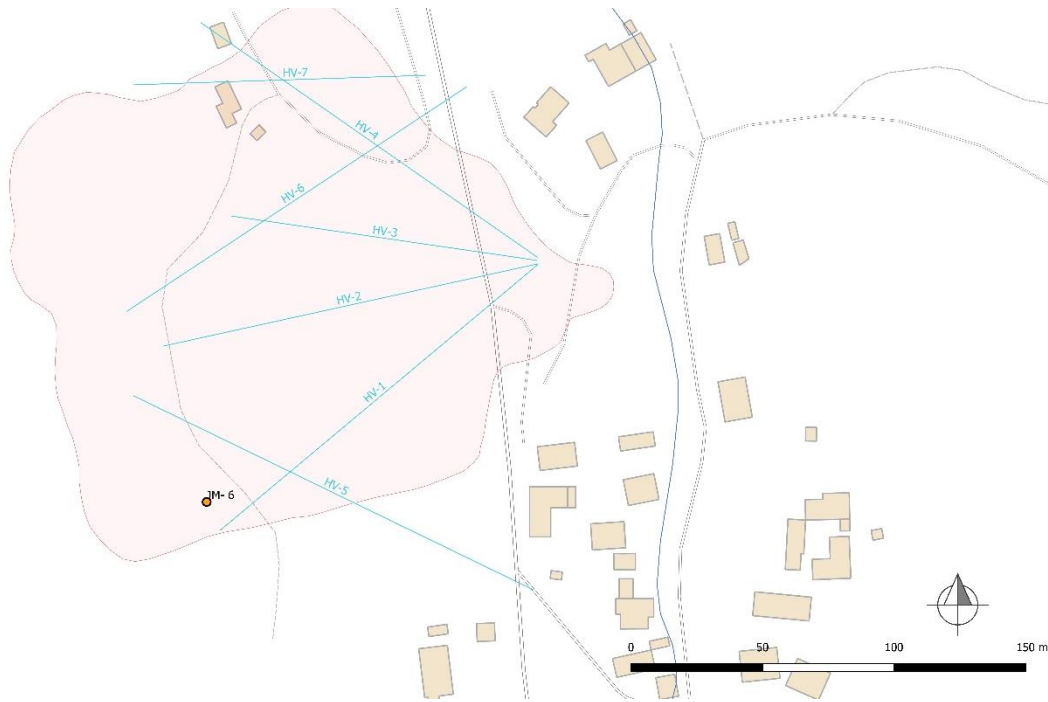
#### Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020a za dlhšie obdobie pozorovania

##### 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 2019 a 2020 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, to znamená, že zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali každú hodinu.

V roku 2019 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 15,14 m pod terénom (398,03 m n. m.; 4. apríl – tab. 4.6.3 a obr. 4.6.2), čo je v porovnaní z rokom 2018 výrazný pokles, a to až 9,96 m. Hladina mala počas roka prevažne zostupný ráz. K miernemu vzostupu došlo len v jarných mesiacoch, kedy bol dosiahnutý spomenutý maximálny stav. Zostupný charakter hladiny podzemnej vody v roku 2019 pretrval až do konca roka. Minimálna hladina podzemnej vody s hĺbkou 16,6 m (397,11 m n. m.) bola dosiahnutá 18. decembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2019 dosiahla 15,57 m pod terénom (397,60 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 3,48 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,92 m, vďaka čomu je možné hladinu podzemnej vody v roku 2019 hodnotiť ako najustálenejšiu za celé monitorované obdobie. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 15,78 m pod terénom, 2. kvartil 15,52 m pod terénom a 3. kvartil 15,38 m pod terénom.

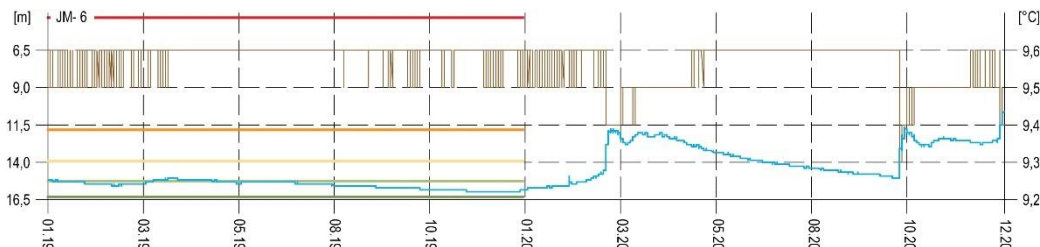
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,6 °C a najnižšia 9,5 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku predstavovala 9,59 °C.



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 zosuvov podľa Fussgänger a Jadroňa (1995), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.6.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Dolná Mičina v roku 2019.

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	15,14	398,03	4. 4. 2019	16,60	397,11	18. 12. 2019	15,57	397,60	0,92



Obr. 4.6.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2019 a 2020, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Dolná Mičina. 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.

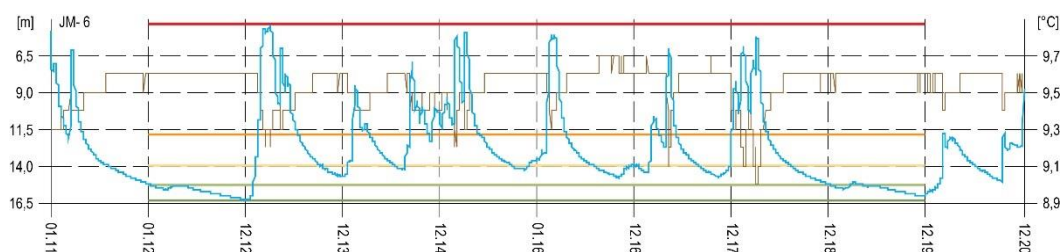
Hladina podzemnej vody mala v roku 2020 vzostupný charakter. Minimálna hladina bola zaznamenaná na začiatku kalendárneho roka (1. januára; 15,89 m pod terénom – 397,00 m n. m.) a naopak, maximálny stav bol pozorovaný na konci roka (31. decembra; 8,35 m pod terénom – 404,54 m n. m. – tab. 4.6.3 a obr. 4.6.2), čo je v porovnaní z rokom 2019 výrazný vzostup (o 6,79 m). Vzostupy hladiny podzemnej vody počas roka súviseli so zimnými a jarnými zrážkami, ale najmä s intenzívnymi úhrnmi na prelome septembra a októbra. Následne, vzhľadom na výrazný pokles evapotranspiračného potenciálu, došlo po decembrových zrážkach k opätovnému vzostupu hladiny podzemnej vody. Zostup hladiny podzemnej vody v roku 2020 bol zdokumentovaný počas jarného a letného obdobia. Priemerná

hlbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 13,72 m pod terénom (399,17 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 1,85 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 7,54 m. Prvý kvartil odvodený z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody dosiahol úroveň 14,78 m pod terénom, 2. kvartil 13,73 m pod terénom a 3. kvartil 12,62 m pod terénom.

Tab. 4.6.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Dolná Mičiná v roku 2020.

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	8784,00	8,35	404,54	31. 12. 2020	15,89	397,00	1. 1. 2020	13,72	399,17	7,54

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,6 °C počas 1. januára. Minimálna teplota bola nameraná 13. októbra hodnotou 9,3 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku predstavovala 9,55 °C.



Obr. 4.6.3. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2011 až 2020, 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.

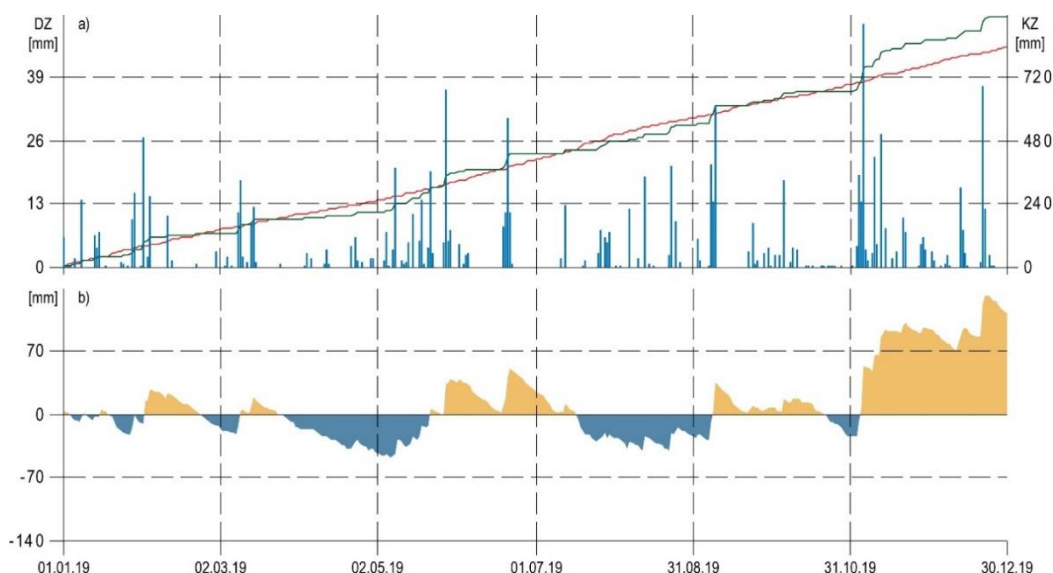
Pri hodnotení poslednej dekády je možné sledovať prevažne pravidelný cyklus zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, ktorý odráža sezónne vplyvy, pričom veľkosť kolísania je priamo úmerné klimatickým pomerom jednotlivých rokov. Vzostupy súvisia prevažne s jarným obdobím topenia snehovej pokrývky, kedy sú zároveň dosahované maximálne stavy. Naopak, na konci jesene, prípadne na začiatku zimného obdobia, boli zvyčajne namerané minimálne úrovne. Výnimkou sú rok 2012 a 2019, kedy hladina podzemnej vody prakticky počas celého roka nestúpala.

Maximálna hladina za posledných desať rokov bola nameraná 5. apríla 2013 s hĺbkou 4,35 m pod terénom (obr. 4.6.3). Opačným príkladom je rok 2012, 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.

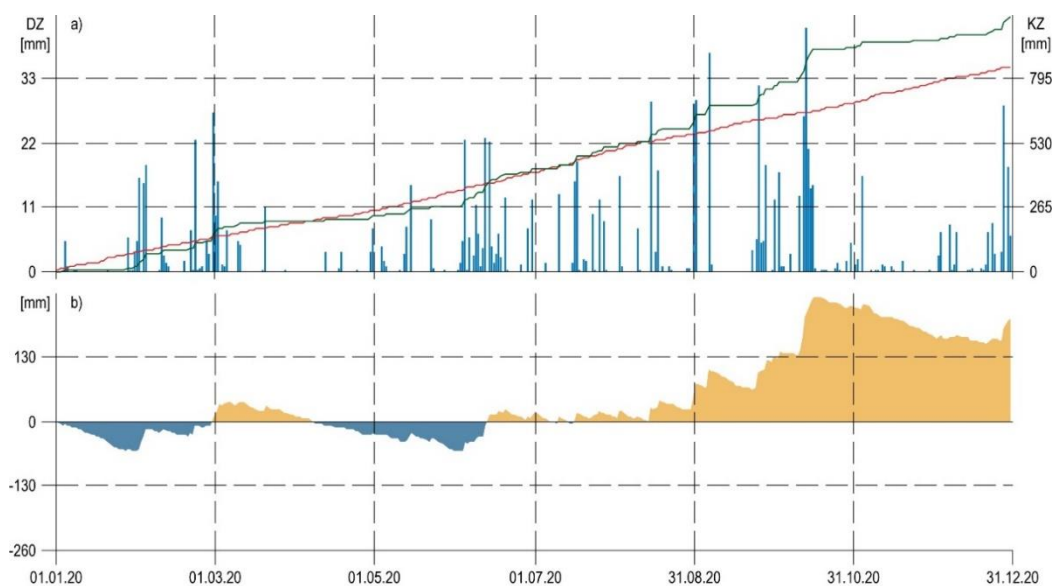
#### b/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Banská Bystrica s indikatívom 34300 (obr. 4.6.4 a 4.6.5). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2000 do 31. decembra 2019 predstavuje 871,43 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1289,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 72,6 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.





Obr. 4.6.4. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2018 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK).



Obr. 4.6.5. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2019 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK).

V roku 2019 bol zrážkový úhrn 946,9 mm, čo zodpovedá 111,22 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas novembra (192,1 mm) a najvyšší denný úhrn 5. novembra (50,1 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 24,7 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 1. novembra do 1. decembra (195,0 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 16. marca do 15. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 9,8 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2019 trvalo 10 dní (od 1. novembra do 10. novembra) s úhrnom zrážok za toto obdobie 121,0 mm.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 1049,30 mm, čo zodpovedá 120,41 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (173,7 mm) a najvyšší denný úhrn 13. októbra (41,6 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 10,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 21. septembra do 21. októbra (233,9 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 25. decembra 2019 do 24. januára 2020) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 6,5 mm.

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Na zosuvnej lokalite Dolná Mičina sú zabezpečované monitorovacie aktivity v jednom piezometrickom vrte, ktorý je inštrumentovaný automatickým hladinomerom. Pravidelne dvakrát ročne sa vykonávajú v území terénne rekognoskácie za účelom posúdenia morfológických zmien v oblasti zárubného múra, pozostávajúceho z gabiónových košov. Zároveň sú spracovávané a vyhodnocované klimatické ukazovatele zo zrážkomernej stanice Banská Bystrica. Hladina podzemnej vody počas roka mala zostupný charakter. V porovnaní z rokom 2019 došlo k jej výraznému vzostupu.

V roku 2021 plánujeme pokračovať v monitorovaní hladiny podzemnej vody s rovnakou frekvenciou meraní ako v roku 2020. Zároveň budú spracované a vyhodnotené údaje o klimatických faktoroch.

### 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 44 rokov – od roku 1971); systematicky sa svah monitoruje od roku 1993. Detailnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia a najmä práce Fussgänger a Jadroňa (1977).

#### Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2019 a 2020

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2019 a 2020, sú zhrnuté v tab. 4.7.1.

Tab. 4.7.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Okoličné v rokoch 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2019	2020
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	

#### Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020a za dlhšie obdobie pozorovania

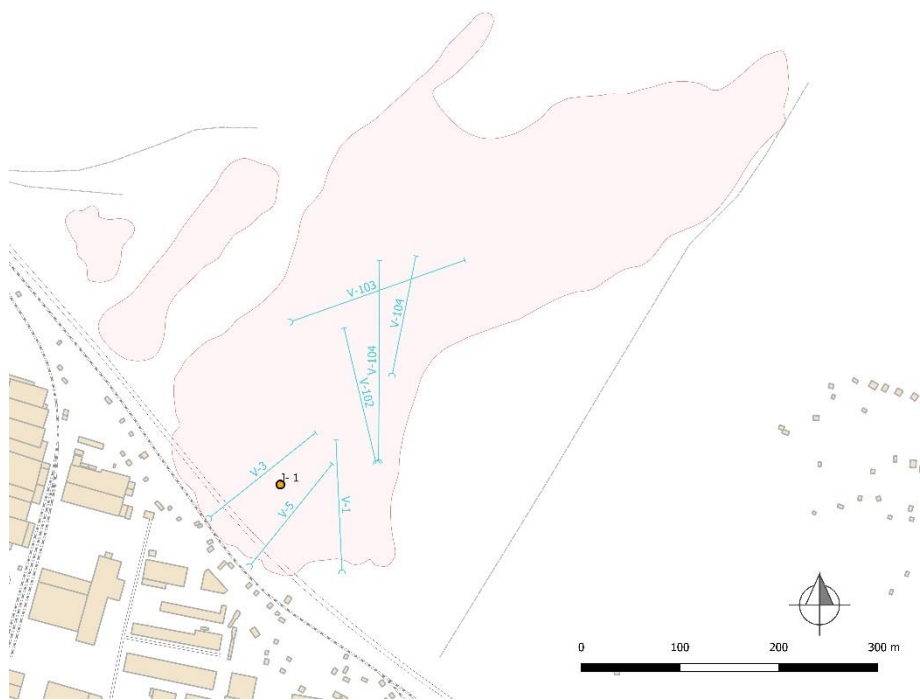
##### a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami

Na lokalite Okoličné je automatický hladinomer umiestnený vo vrte J-1. Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody bolo v rokoch 2019 a 2020 možné pozorovať nepretržite, resp. v hodinovom intervale.

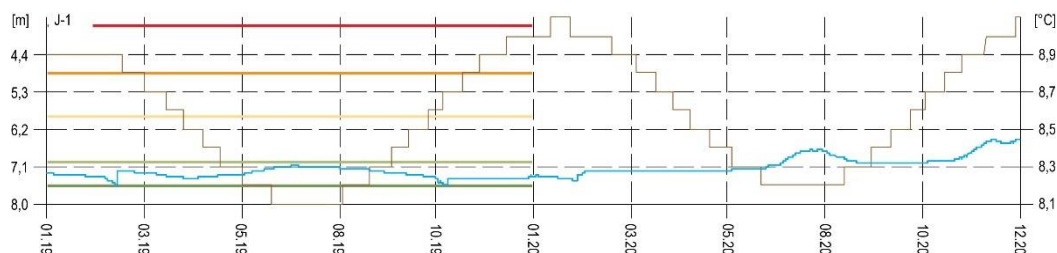
V roku 2019 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 3. júla v hĺbke 7,09 m pod terénom, čo predstavuje nadmorskú výšku 600,98 m n. m. Jarné topenie snehovej pokrývky, spojené so zrážkovou činnosťou sa prejavilo len minimálne. V roku 2019 boli minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané po miernom zostupe na konci októbra (7,55 m pod terénom; 600,52 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2019 dosiahla 7,55 m pod terénom (600,52 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2018 pokles o 2,34 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,46 m. V porovnaní s rokom 2018 došlo k výraznému poklesu jej kolísania. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,38 m pod terénom, 2. kvartil 7,31 m pod terénom a 3. kvartil 7,21 m pod terénom.

Tab. 4.7.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Okoličné v roku 2019.

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	7,09	600,98	3. 7. 2019	7,55	600,52	28. 10. 2019	7,29	600,78	0,46



Obr. 4.7.1. 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®.



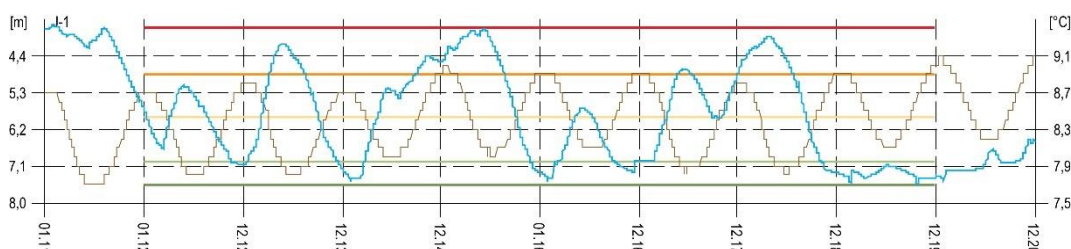
Obr. 4.7.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2019 a 2020, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Okoličné. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte J-1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV; ľavá os), hnedá línia – teplota podzemnej vody (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.

V roku 2020 mala hladina podzemnej vody mierne vzostupný charakter (obr. 4.7.2). Minimálna hladina bola zaznamenaná 3. februára (7,46 m pod terénom; 600,61 m n. m.), následne, do druhej polovice júna bol pozorovaný veľmi mierny vzostup (hladina stúpala o 0,84 m). Intenzívnejší vzostup hladiny podzemnej vody bol pozorovaný od druhej polovice júna do prvej polovice augusta. Koniec letného a začiatok jesenného obdobia bol spojený s poklesom hladiny podzemnej vody. Opätovný vzostup hladiny podzemnej vody spustili zrážky zaznamenané na prelome mesiacov september a október, hlavne však intenzívne zrážky v októbri. Hladina stúpala od polovice októbra až do konca decembra. Maximálna hladina bola nameraná 12. decembra v hĺbke 6,44 m pod terénom (601,63 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 7,04 m pod terénom (601,98 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2019 vzostup o 0,51 m. Amplitúda ročných zmien v hodnotenom roku dosiahla 1,02 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,21 m pod terénom, 2. kvartil 7,05 m pod terénom a 3. kvartil 6,93 m pod terénom.

Tab. 4.7.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Okoličné v roku 2020.

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	8784,00	6,44	601,63	12. 12. 20	7,46	600,61	03. 02. 20	7,04	601,03	1,02

Maximálna teplota podzemnej vody v roku 2020 dosiahla hodnotu 9,1 °C 13. januára. Najnižšia teplota (8,2 °C) bola zaznamenaná 20. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,62 °C.



Obr. 4.7.3. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2011 až 2020, 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 (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 dlhšieho časového obdobia je možné pozorovať, že zmeny hladiny podzemnej vody súvisia prevažne s ročným klimatickým cyklom (obr. 4.7.3). 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, prípadne v prvých mesiacoch kalendárneho roka. Výnimku tvoria roky 2019 a 2020, počas ktorých boli pozorované len nepatrné zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody.

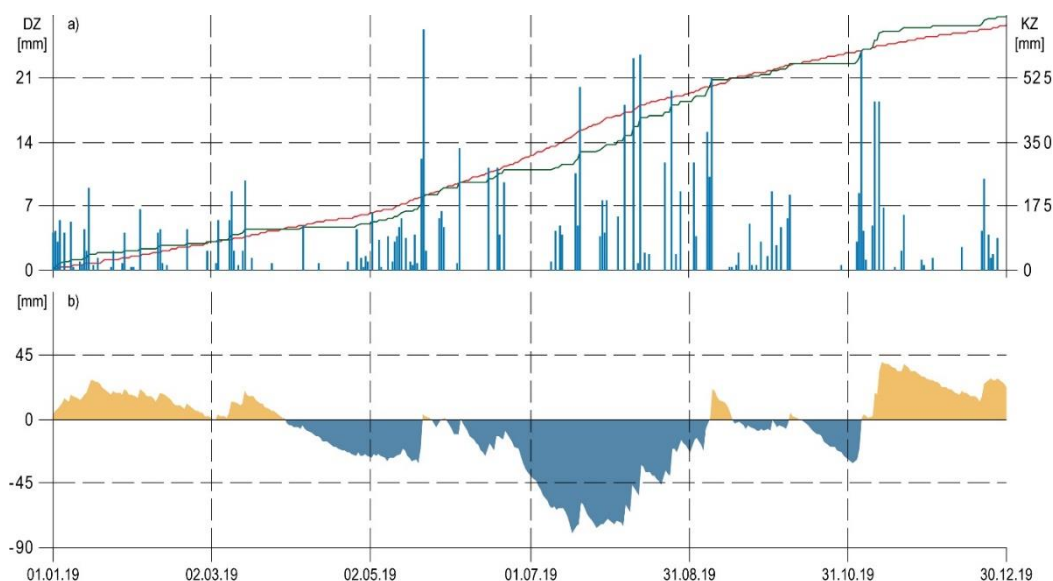
#### b/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová s indikatívom 21130 (obr. 4.7.5 a 4.7.5). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2019 predstavuje 639,34 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 774,50 mm (rok 2017); priemerný mesačný úhrn 53,3 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.

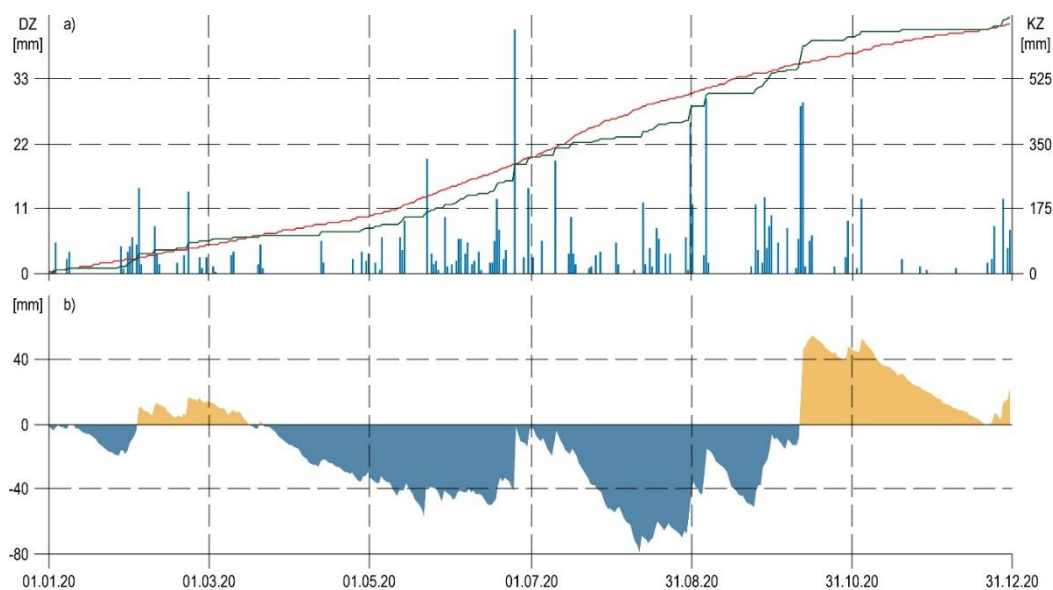
V roku 2019 bol zrážkový úhrn 693,1 mm, čo zodpovedá 108,41 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. V roku 2019 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas augusta (116,3 mm) a najvyšší denný úhrn 22. mája (26,4 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 13,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 9. augusta do 8. septembra (132,9 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 18. marca do 17. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol len 6,1 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2019 trvalo 7 dní (od 9. mája do 15. mája) s úhrnom zrážok za toto obdobie 27,6 mm.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 694,10 mm, čo zodpovedá 108,56 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (111,9 mm) a najvyšší denný úhrn 26. júna (41,3 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 15,2 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od

16. septembra do 16. októbra (142,90 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 19. novembra do 19. decembra), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 2,3 mm.



Obr. 4.7.4. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš (indikatív 21060); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2018 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK).



Obr. 4.7.5. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš (indikatív 21060); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2019 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK).

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Okoličné sa monitorovacie činnosti postupne zredukovali na sledovanie hlavného zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody v jedinom piezometrickom vrte (prostredníctvom automatického hladinomeru). Geodetické merania sa na lokalite vykonávajú s dvojročnou frekvenciou.

Piezometrické merania preukázali, že v roku 2020 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k miernemu vzostupu hladiny podzemnej vody. Kolísanie hladiny malo síce charakteristický sínusoidálny priebeh, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, avšak amplitúda zmien dosiahla len 1,02 m. V porovnaní s obdobím monitorovania do roku 2018, ide o veľmi malé zmeny. Trend poklesu hladiny začal v roku 2019.

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.

Vážnym nedostatkom pozorovacej siete na lokalite Okoliché je vandalizmus a nevyhovujúci technický stav monitorovacích objektov. V tejto súvislosti boli pozastavené monitorovacie aktivity na viacerých monitorovacích objektoch (v minulosti bola zničená sieť piezometrických vrtov, v roku 2017 bola vážne poškodená inštrumentácia na piezometrickom vrte AH-2, ktorá slúžila ako varovný systém; inklinometrické vrty M-2, M-3, M-4, JO-1 boli vybudované ako viacúčelové – inklinometricko-piezometrické. Na základe analýz sa ukázalo, že uvedené vrty nie sú vhodné pre vykonávanie režimových meraní a tiež ani na meranie pohybovej aktivity).

Vzhľadom na vysoký celospoločenský význam lokality, súvisiaci s trvalým ohrozením hlavnej železničnej trate, ktorá predstavuje spojnicu viacerých krajských miest, je i v nasledujúcom roku 2021 plánované zabezpečiť zber a analýzu údajov z automatického hladinmera.

### 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 vrtoch. 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 2019 a 2020

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2019 a 2020, sú zhrnuté v tab. 4.8.1.

Tab. 4.8.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ďačov v rokoch 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Inklinometrické	3	DA-1, 7, 9	1 – 2 (25. apríl, 12. december)	1 – 2 (15. jún, 12. november)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	DA-5, DA-8, DA-10	10 (12. február, 6. marec, 27. marec, 26. apríl, 31. máj, 3. júl, 7. august, 5. september, 3. október, 13. november)	10 (4. február, 11. marec, 21. apríl, 13. máj, 12. jún, 14. júl, 25. august, 25. september, 29. október, 27. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Lipany (indikatív 59100)	Denné úhrny zrážok	

#### Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania

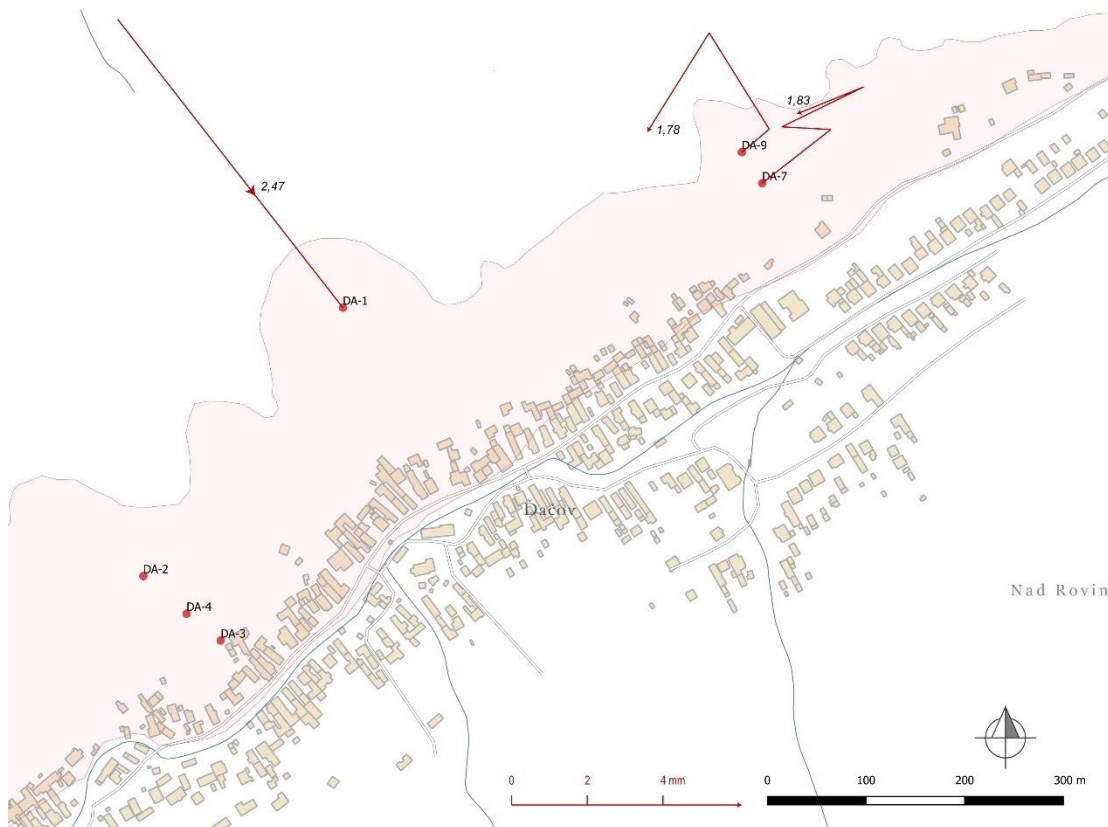
##### a/ Inklinometrické merania

Na lokalite Ďačov bolo v roku 2010 vybudovaných viacero inklinometrických vrtoch, 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 2019 a 2020 sú zhrnuté v tab. 4.8.2 a na obr. 4.8.1 až 4.8.4. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.8.5, 4.8.6 a 4.8.7.

V roku 2019 sa pokračovalo v etapových meraniach vo vrtoch DA-7 a DA-9 (2 etapy) a 12. decembra 2019 vo vrte DA-1 (1 etapové meranie). Počas jarnej etapy (od 3. decembra 2018 do 25. apríla 2019) bola vo vrte DA-7 na sledovanej šmykovej ploche v hĺbke 1,83 m pod terénom nameraná etapová deformácia 2,31 mm ( $5,9 \text{ mm.rok}^{-1}$ ; azimut  $-52^\circ$  – severovýchod). V jesennej etape bola deformácia v hĺbke šmykovej plochy na úrovni 1,3 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $2,05 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Azimut pohybu sa zmenil na  $273^\circ$  (smer Z). V sledovanej hĺbke 7,33 m pod terénom bola počas jarného etapového merania nameraná deformácia



1,63 mm (rýchlosť pohybu 4,16 mm.rok<sup>-1</sup>). Vo vrte DA-9 sú sledované úrovne 3,37 m a 6,37 m pod terénom, v ktorých sa hodnoty etapových deformácií pohybujú od 0,36 do 1,6 mm, avšak azimuty vektorov sú prevažne v smere na severo-severovýchod a sever, teda v protiklade so spádnicou svahu. Vo vrte DA-1 sa po prerušení meraní (19. apríla 2017) obnovili merania počas jesennej etapy. Za obdobie od októbra 2017 (nulté meranie druhej epochy) do decembra 2019 bola v hĺbke 2,47 m pod terénom nameraná etapová (a zároveň aj celková) deformácia 9,67 mm, čo za sledované obdobie predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 3,65 mm.rok<sup>-1</sup>. Avšak aj v tomto vrte mal vektor na sledovanej šmykovej ploche orientáciu na severo-severozápad.



Obr. 4.8.1. Lokalita Ďačov – vektory deformácií namerané v rokoch 2019 a 2020 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.8.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

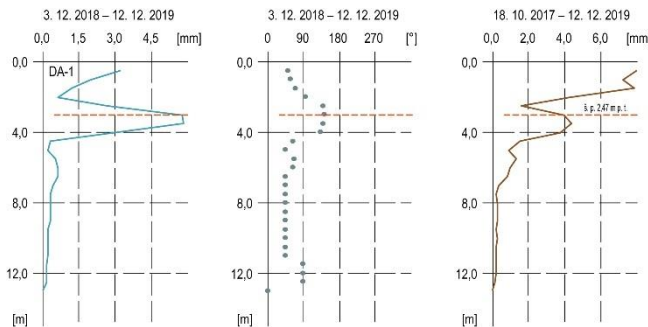
Tab. 4.8.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Ďačov v rokoch 2019 a 2020.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	3. 12. 2018 – 25. 4. 2019			25. 4. 2019 – 12. 12. 2019			12. 12. 2019 – 15. 6. 2020			15. 6. 2020 – 12. 11. 2020		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
DA-1	2,47				9,67	9,67	322				3,93	5,74	142
DA-1	8,97				0,22	0,22	162				0,22	0,20	45
DA-7	1,83	1,13	2,31	52	1,36	1,30	273	2,28	2,41	64	1,41	1,82	248
DA-7	3,83	0,22	0,91	64	0,81	0,63	358	2,36	1,80	59	1,49	1,40	239
DA-7	7,33	0,86	1,63	59	1,40	0,81	310	1,30	0,82	73	1,14	0,64	278
DA-9	1,78	2,20	0,95	50	5,08	3,00	328	4,10	3,00	212			

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.

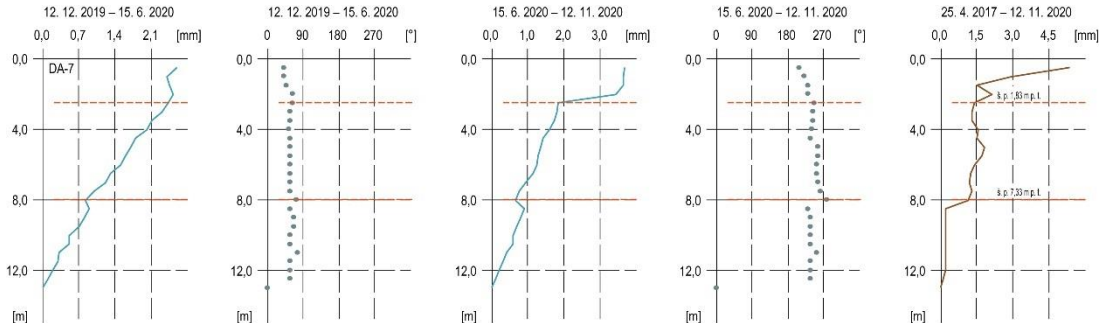
V roku 2020 bolo zabezpečené 1 až 2 merania – jarná (vo vrtoch DA-7 a DA-9 – od 12. decembra 2019 do 15. júna 2020) a letná etapa (vo vrtoch DA-1 – od 12. decembra 2019 do 12. novembra 2020 a DA-7 – od 15. júna 2020 do 12. novembra 2020). Zvýšená pohybová aktivita bola zaznamenaná opätovne vo vrte DA-1. Nameraný vektor dosiahol hodnotou

5,74 mm ( $6,24 \text{ mm.rok}^{-1}$ ; hĺbke 2,47 m pod úrovňou terénu) a dokumentuje približne 11 mesačné obdobie. Azimut etapového vektora sa v porovnaní s rokom 2019 otočil o  $180^\circ$ . Z uvedeného vyplýva značná neistota v posudzovaní pohybovej aktivity v oblasti vrty DA-1. Na hlbšej šmykovej ploche bol v rovnakom období nameraný etapový prírastok deformácie 0,2 mm ( $0,22 \text{ mm.rok}^{-1}$ ).



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

Vo vrte DA-7 boli v roku 2020 zrealizované dve kontrolné etapové merania. Počas prvého (júnového) merania bol v hĺbke 1,83 m od terénu nameraný vektor 2,41 mm ( $4,73 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) a následne, počas novembrovej etapy, vektor 1,28 mm ( $4,44 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). V hlbších horizontoch sa počas roka 2020 veľkosti vektorov pohybovali v intervale 0,64 – 1,8 mm.

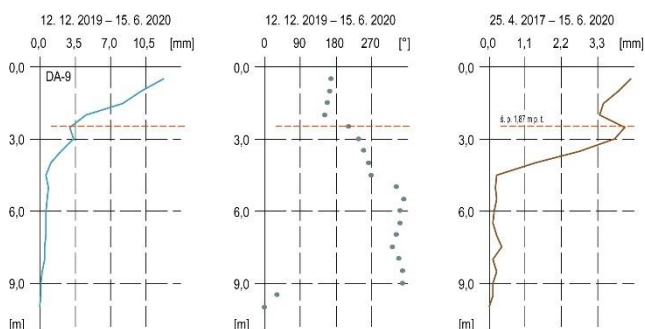


Obr. 4.8.3. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte DA-7 na lokalite Ďačov. Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, sivé body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, hnedá línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania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

Mierne zvýšená pohybová aktivita bola nameraná i vo vrte DA-9 v čase júnového merania. V hĺbke 1,87 m pod terénom bol nameraný vektor 3,0 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácia  $5,89 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Nameraný vektor mal juhozápadnú orientáciu.

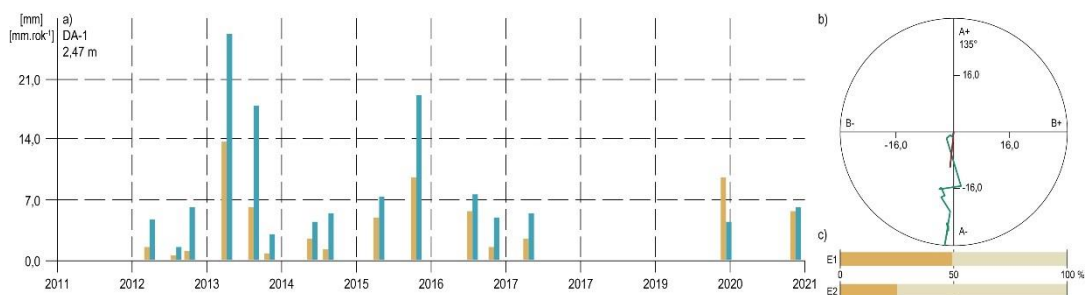
Zo spracovania dlhého časového radu nameraných deformácií, sledovaných vo vrte DA-1 (obr. 4.8.5) vyplýva, že najvyššie etapové hodnoty boli namerané v roku 2013 a o niečo nižšie v rokoch 2015 a 2019; mierne zvýšená hodnota etapovej deformácie bola nameraná aj v druhej polovici aktuálne hodnoteného roka 2020. 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 je 49,8 %. Počas druhej epochy, ktorá trvá od roku 2017, dosiahla hodnota uvedeného pomeru 25,5 %. Veľmi nízka hodnota posudzovaného pomeru naznačuje, že deformácie v sledovanom

horizonte nie sú priamočiare, ale naopak, v priebehu monitorovaného obdobia sa často menia azimuty etapových vektorov.



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

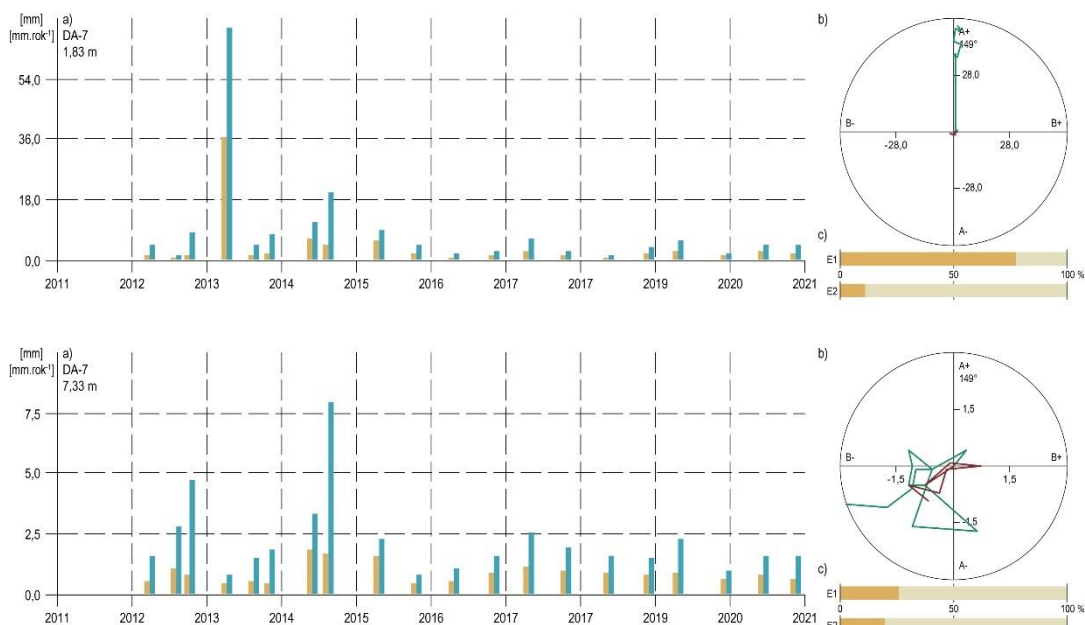
Výsledný vektor nameraný počas druhej monitorovacej epochy (za obdobie október 2017 – november 2020) dosiahol hodnotu 3,93 mm ( $1,28 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). V porovnaní s predchádzajúcou epochou, počas ktorej bol v období od decembra 2011 do apríla 2017 nameraný výsledný vektor 25,51 mm (priemerná hodnota rýchlosti deformácie je  $4,75 \text{ mm.rok}^{-1}$ ), je možné konštatovať pokles pohybovej aktivity. Vzhľadom na uvedené skutočnosti vystáva otázka, či a do akej miery je možné namerané hodnoty považovať za svahový pohyb. V prípade, že nasledujúce merania v roku 2021 jednoznačne nepreukážu pohyb po šmykovej ploche, merania vo vrte DA-1 budú prerušené.



Obr. 4.8.5. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-1 v období rokov 2012 až 2020; a – etapové deformácie (žltá) a rýchlosti (modrá) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, (zelená línia – vektory namerané počas prvej epochy – E1, bordová línia – vektory namerané počas druhej epochy – E2), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

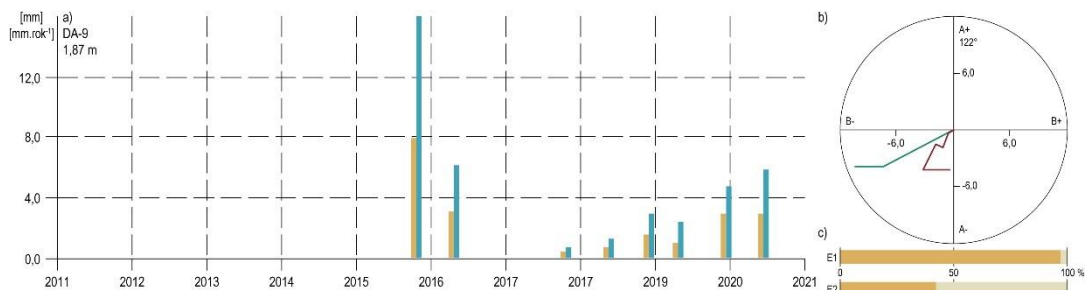
Z dlhodobého hodnotenia deformácie, sledovanej vo vrte DA-7 (obr. 4.8.6) v hĺbke 1,83 m pod terénom vyplýva, že najväčšie etapové deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané v roku 2013. K svahovému pohybu v oblasti monitorovaného vrtu dochádzalo len počas prvej epochy inklinometrických meraní (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 11,6 %. Z uvedeného vyplýva, že v oblasti došlo k prirodzenej stabilizácii zosuvu, najmä v dôsledku stabilne priaznivých klimatických pomerov. Celkový vektor, nameraný v období aktuálnej epochy (za obdobie apríl 2017 – november 2020) dosiahol hodnotu 1,41 mm a priemerná rýchlosť deformácie dosahuje len  $0,4 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Pokles rýchlosti

deformácie na sledovanej šmykovej ploche dokumentuje i skutočnosť, že počas predchádzajúcej epochy, ktorá trvala od decembra 2011 do apríla 2017, bol nameraný výsledný vektor až 52,23 mm ( $9,72 \text{ mm.rok}^{-1}$ ).



Obr. 4.8.6. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-7 v období rokov 2012 až 2020; a – etapové deformácie (žltá) a rýchlosti (modrá) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, (zelená línia – vektory namerané počas prvej epochy – E1, bordová línia – vektory namerané počas druhej epochy – E2), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

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 0,4 do 1,84 mm (max. priemerná rýchlosť  $7,97 \text{ mm.rok}^{-1}$ , nameraná v období od júna 2014 do augusta 2014). Azimuty etapových vektorov sú však veľmi rozdielne, v dôsledku čoho sú pomerné hodnoty medzi dĺžkami trajektórie a výsledným premiestnením sledovaných bodov, počas jednotlivých monitorovacích epoch, veľmi nízke (prvá epocha – 26,4 %, druhá epocha – 20,1 %). Veľmi nízka úroveň hodnoteného pomeru poukazuje na skutočnosť, že deformácie v sledovanej hĺbke majú počas monitorovaného obdobia výrazne odlišné azimuty, teda pravdepodobne nejde o deformácie spojené s pohybom po šmykovej ploche.



Obr. 4.8.7. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov vo vrte DA-9 v období rokov 2012 až 2020; a – etapové deformácie (žltá) a rýchlosti (modrá) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, (zelená línia – vektory namerané počas prvej epochy – E1, bordová línia – vektory namerané počas druhej epochy – E2), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

Vo vrte DA-9, na základe výsledkov dlhodobého monitoringu na úrovni predpokladanej šmykovej plochy v hĺbke 1,87 m pod terénom (obr. 4.8.7), možno konštatovať, že najväčšia etapová deformácia inklinometrickej pažnice bola nameraná v roku 2015 (8,01 mm; 16,06 mm.rok<sup>-1</sup>). Azimut výslednej deformácie, nameranej počas obdobia prvej epochy, bol orientovaný na severo-severovýchod. Počas druhej epochy sa smer výslednej deformácie zmenil na severozápad. 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 42,7 %. Nízka hodnota posudzujúceho pomeru naznačuje, že svahový pohyb v sledovanom horizonte nie je priamočiary, ale naopak, azimuty etapových vektorov sa v priebehu monitorovaného obdobia často menia. Výsledný vektor nameraný počas prvej epochy inklinometrických meraní (za obdobie apríl 2015 – apríl 2016) dosiahol hodnotu 10,85 mm, čo predstavujem priemernú rýchlosť deformácie 10,8 mm.rok<sup>-1</sup>. Počas druhej epochy bol (v období od apríla 2017 do júna 2020) nameraný výsledný vektor 4,1 mm, teda vypočítaná priemerná rýchlosť deformácie dosiahla 1,3 mm.rok<sup>-1</sup>. Pri porovnaní výsledkov jednotlivých epoch možno konštatovať výrazný pokles pohybovej aktivity počas druhej epochy.

#### 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. 4.8.8, priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2019 a 2020 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.8.9, dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.8.10.

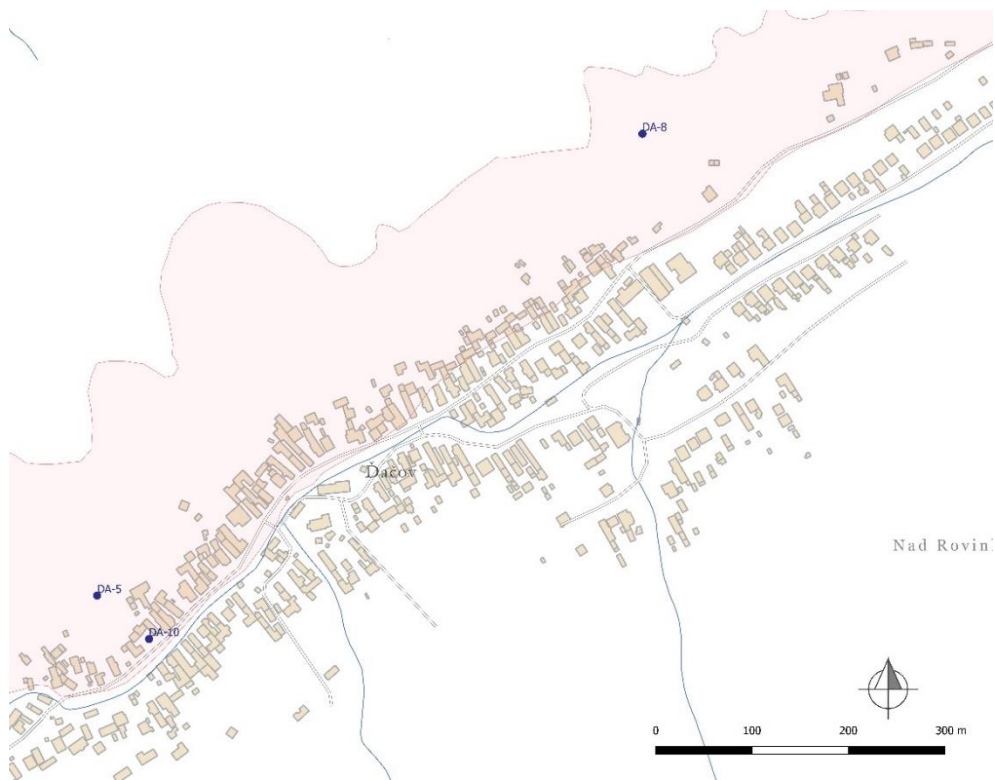
Tab. 4.8.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2019.

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	0,81	429,25	31. 5. 2019	1,96	428,10	27. 3. 2019	1,90	428,97	1,15
DA-5	10	3,25	438,86	27. 3. 2019	4,80	438,03	26. 4. 2019	3,84	438,27	0,83
DA-8	10	10,68	426,13	31. 5. 2019	12,15	424,66	12. 2. 2019	11,52	425,29	1,47

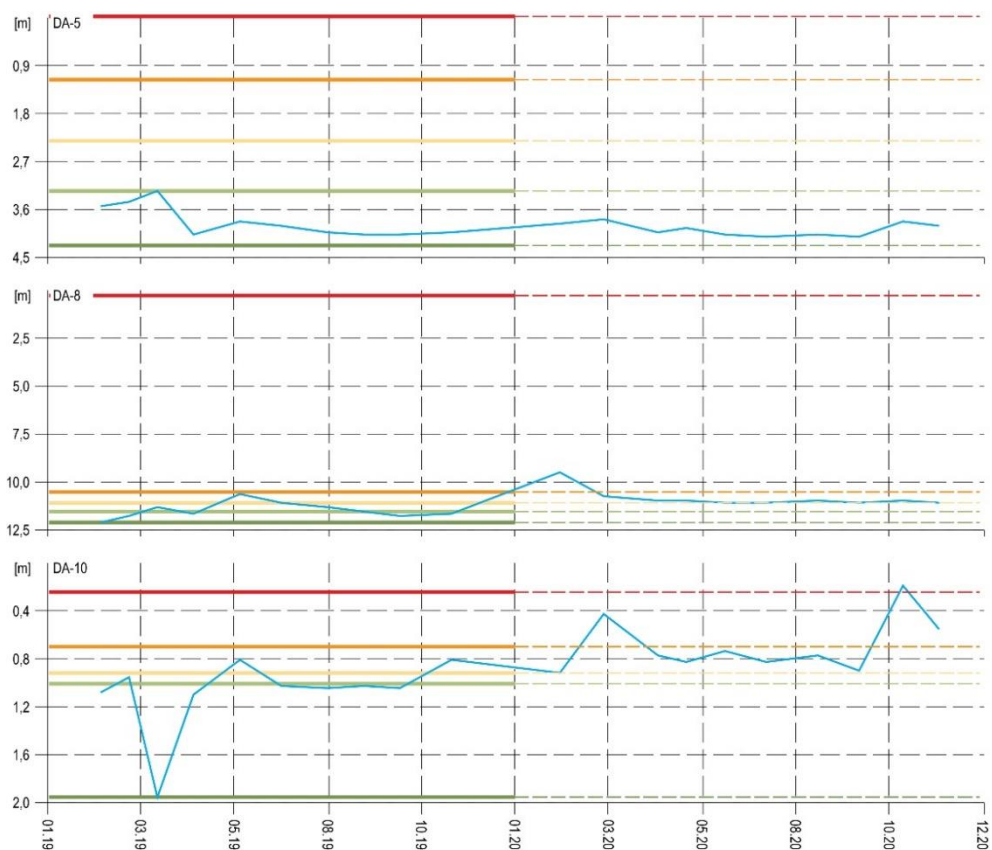
V roku 2019 bolo vo všetkých troch vrtoch zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 12. februára do 13. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte DA-10 (0,81 m pod terénom – 429,25 m n. m.) a to dňa 31. mája. Počas tohto dátumu bol pozorovaný aj maximálny stav hladiny vo vrte DA-8 (10,68 m pod terénom). Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody už dlhodobo nachádza vo vrte DA-8 (v roku 2019 dosiahla v zimnom období úroveň 12,15 m pod terénom – 12. február). V ostatných vrtoch sa minimálne hladiny podzemnej vody vyskytli v jarnom období (4,08 m pod terénom vo vrte DA-5 a 1,96 m pod terénom vo vrte DA-10).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2019 hĺbku 5,75 m pod terénom, čo je oproti roku 2018 pokles až o 1,23 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v intervale od 1,90 (DA-10) do 11,52 m pod terénom (vrt DA-8).

V aktuálne hodnotenom roku 2020 sa pokračovalo v meraniach v 3 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 4. februára do 27. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte DA-10 (0,20 m pod terénom – 429,25 m n. m.), a to dňa 29. októbra. Tento stav hladiny predstavuje zároveň najvyššiu úroveň, do akej vystúpila hladina v tomto vrte počas celého obdobia pozorovania.



Obr. 4.8.8. Lokalita Ďačov – situácia monitorovacích objektov hladiny podzemnej vody; mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.8.9. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Ďačov, nameranej v rokoch 2019 a 2020 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 2020.

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
DA-10	10	0,20	429,86	29. 10. 2020	0,93	429,13	4. 2. 2020	0,70	429,36	0,73
DA-5	10	3,82	438,29	11. 3. 2020	4,12	437,99	14. 7. 2020	3,99	438,12	0,30
DA-8	10	9,50	427,31	4. 2. 2020	11,12	425,69	27. 11. 2020	10,88	425,93	1,62

Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody už dlhodobo nachádza vo vrte DA-8 (v roku 2020 dosiahla v jesennom období úroveň 11,12 m pod terénom – 27. november). V ostatných vrtoch sa minimálne hladiny podzemnej vody pohybovali na úrovni 4,12 m pod terénom (vrt DA-5) až 0,93 m pod terénom vo vrte (vrt DA-10).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2020 hĺbku 5,19 m pod terénom, čo je oproti roku 2019 vzostup o 0,56 m. Vzostup priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody bol ovplyvnený najmä vysokým stavom hladiny vo vrte DA-10, pretože jej priemerná hĺbka v tomto vrte bola počas roku 2020 vo výške 0,70 m (oproti roku 2019 – 1,90 m). Ešte menším kolísaním hladiny podzemnej vody sa vyznačoval vrt DA-5 (0,30 m).

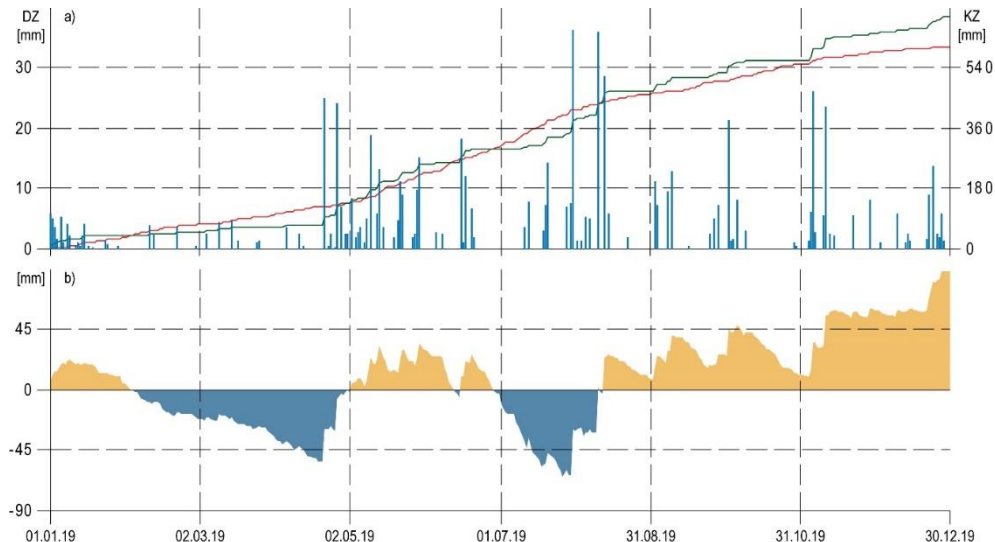
Z dlhodobého hľadiska bolo najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody vo vrtoch namerané v roku 2013, kedy sa vo vrte DA-8 s hlbším horizontom obehu, dostala až k úrovni terénu (0,35 m pod povrchom; 22. marec). Hladina podzemnej vody vo vrte DA-5 zaznamenala najvyššiu úroveň v roku 2017, kedy sa dostala až na úroveň terénu (1. marec). Najvyššia úroveň hladiny vo vrte DA-10 sa vyskytla počas roku 2020 (0,20 m pod terénom; 29. október). Za posledné obdobie (roky 2018 až 2020) je badať trend poklesu úrovne hladiny podzemnej vody vo vrte DA-8.



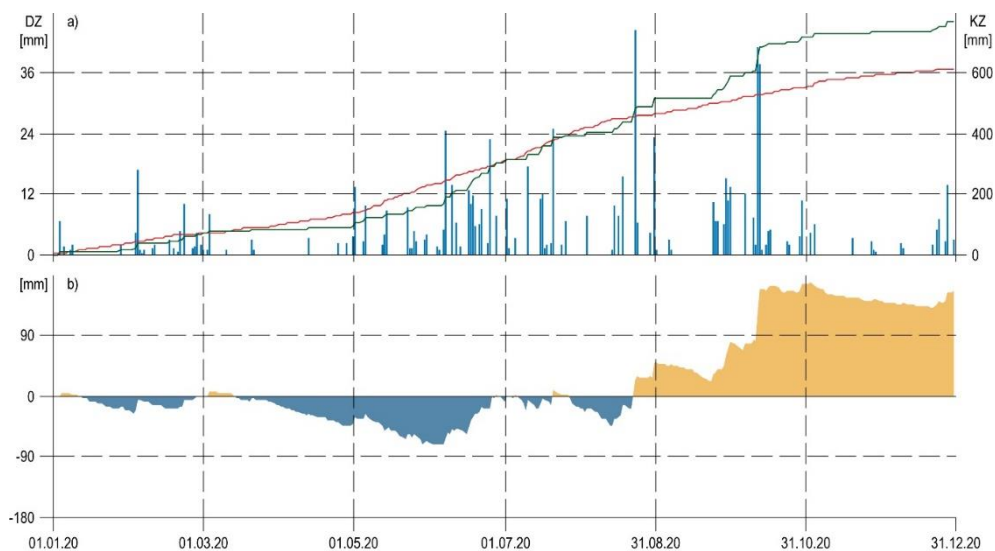
Obr. 4.8.10. Dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Ďačov v rokoch 2011 až 2020 vo vrtoch: DA-5, DA-8 a DA-10, so štatistickým ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: apríl 2011 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

### c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Lipany s indikatívom 59100 (obr. 4.8.11 a 4.8.12). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2019 predstavuje 624,11 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 754,8 mm (rok 2014); priemerný mesačný úhrn 52,0 mm a maximálny mesačný úhrn 175,1 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 24. júna 2014 do 24. júla 2014) dosiahol 176,4 mm.



Obr. 4.8.11. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Lipany (indikatív 59100); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2018 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK).



Obr. 4.8.12. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Lipany (indikatív 59100); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2019 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK).



V roku 2019 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 690,5 mm, čo zodpovedá 112,13 % dlhodobého priemeru (hodnotenie je realizované na základe referenčného obdobia, ktoré trvalo od 1. januára 1999 do 31. decembra 2019 – Ondrejka et al., 2020), a teda ide o vlhký rok. V roku 2019 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas mája (121,1 mm) a najvyšší denný úhrn 31. júla (36,3 mm). Najsuchším mesiacom bol február s 9,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 15. júla do 14. augusta (158,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 18. marca do 17. apríla) sumárny zrážkový úhrn dosiahol len 8,8 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2019 trvalo 6 dní (od 1. novembra do 6. novembra) s úhrnom zrážok za toto obdobie 21,9 mm.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 734,00 mm, čo zodpovedá 117,61 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (144,3 mm) a najvyšší denný úhrn 23. augusta (44,6 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 7,8 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 17. septembra do 17. októbra (180,30 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 22. marca do 21. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 3,3 mm.

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

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

V posledných rokoch sa merania vykonávajú na upravenom súbore inklinometrických vrtoch. Týmto krokom malo dôjsť k optimalizácii inklinometrických meraní; nespoľahlivé vrty, ktoré nepodávali jednoznačné výsledky boli z monitorovacích meraní vylúčené. V roku 2020 boli merania zabezpečené vo vrtoch DA-1, DA-7 a DA-9. Zvýšená pohybová aktivita bola zaznamenaná vo vrte DA-1 s hodnotou etapovej deformácie 5,74 mm, ktorá dokumentuje cca jedenásťmesačné obdobie. Aj napriek optimalizácii v množine inklinometrických vrtoch, pri posudzovaní pohybovej aktivity v oblasti vrtu DA-1, vládne vážna neistota, ktorá súvisí s orientáciou etapových vektorov. V roku 2020, v porovnaní s rokom 2019, došlo k zmene v orientácii až o 180°. Vo vrte DA-7 bola vyššia hodnota etapového prírastku deformácie nameraná počas júnovej etapy, následne, počas novembrovej etapy došlo k poklesu pohybovej aktivity. Merania vo vrte DA-9 v čase júnovej kontrolnej etapy, poukázali na mierne zvýšenú pohybovú aktivitu s juhozápadnou orientáciou.

Monitorované piezometrické vrty zachytávajú hladinu podzemnej vody vo viacerých hĺbkových úrovniach. V roku 2020 vystúpila hladina najvyššie vo vrte DA-10, a to až do úrovne 0,20 m pod terén. Ide o najvyššiu úroveň hladiny podzemnej vody počas celého obdobia monitorovania v danom vrte. Naopak, najhlbšie pod terén hladina podzemnej vody klesla vo vrte DA-8 (11,12 m pod terénom). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020, v porovnaní s rokom 2019, vystúpila o 0,56 m vyššie. Vzostup priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody bol ovplyvnený najmä vysokým stavom hladiny vo vrte DA-10. Hladiny vo vrte DA-10, ale najmä DA-5 vykazovala veľmi malé kolísanie.

V roku 2021 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach (cca 10 krát ročne) a inklinometrických meraniach (1 až 2-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 2019 a 2020*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2019 a 2020, sú zhrnuté v tab. 4.9.1.

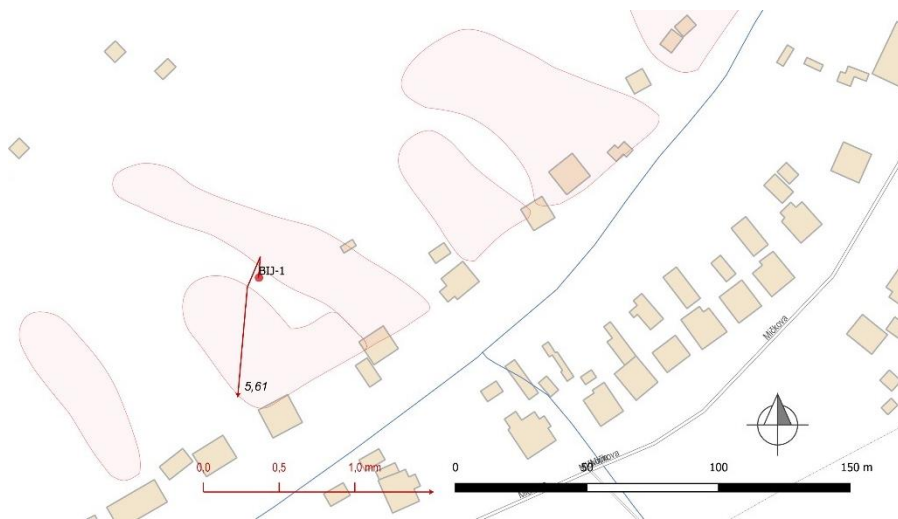
Tab. 4.9.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Inklinometrické	1	BIJ-1	2 (25. apríl, 12. december)	2 (15. jún, 26. november)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	BHJ-1, BHJ-3	10 (12. február, 6. marec, 27. marec, 26. apríl, 31. máj, 3. júl, 7. august, 5. september, 3. október, 13. november)	10 (4. február, 11. marec, 21. apríl, 13. máj, 12. jún, 14. júl, 25. august, 25. september, 29. október, 27. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	HV-1, HV-2, HV-3, HV-4	10 (12. február, 6. marec, 27. marec, 26. apríl, 31. máj, 3. júl, 7. august, 5. september, 3. október, 13. november)	10 (4. február, 11. marec, 21. apríl, 13. máj, 12. jún, 14. júl, 25. august, 25. september, 29. október, 27. november)
Merania zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Bardejov (indikatív 49120)	Denné úhrny zrážok	

### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 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. V roku 2019 hodnoty deformácie vo vrte BIJ-1 vykazovali stagnáciu. V hĺbke 4,67 m pod terénom boli počas jednotlivých kontrolných etáp namerané prírastky deformácie 2,31 mm a 2,5 mm, čo zodpovedá rýchlostiam pohybu 5,98 mm.rok<sup>-1</sup> a 3,95 mm.rok<sup>-1</sup>. Na hlbších šmykových plochách (5,61 m a 11,61 m pod terénom) boli hodnoty etapových prírastkov nižšie, a to v intervale 0,1 až 0,22 mm (rýchlosti deformácie od 0,22 do 0,36 mm.rok<sup>-1</sup>). Namerané vektory vykazovali smery na severovýchod a juhozápad (hĺbka 2,11 m pod terénom), sever a juhozápad (hĺbka 5,61 m pod terénom) a juhovýchod a sever (hĺbka 11,61 m pod terénom), čo nezodpovedá spádnicí svahu.

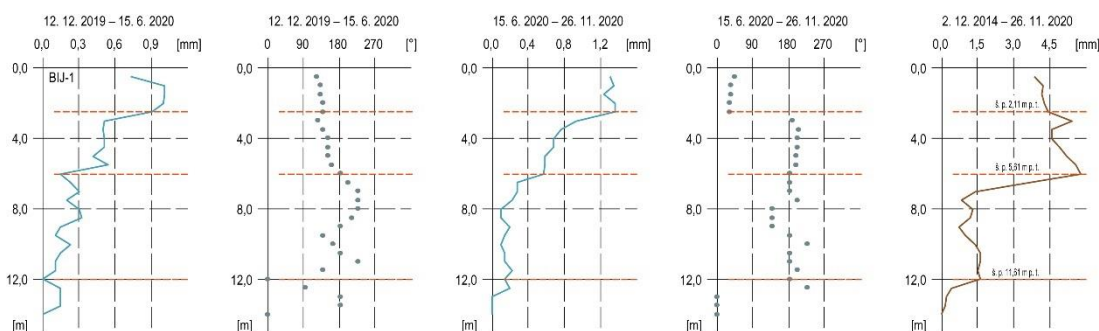


Obr. 4.9.1. Lokality Bardejovská Zábava – vektory deformácií namerané v rokoch 2019 a 2020 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.9.2; hĺbku zaznamenananej deformácie je 5,61 m pod povrchom terénu); obrysy zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.9.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2019 a 2020.

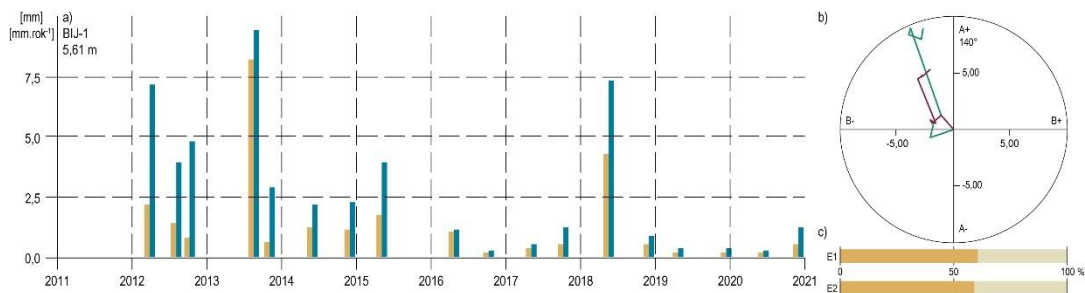
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	5. 12. 2018 – 25. 4. 2019			25. 4. 2019 – 12. 12. 2019			12. 12. 2019 – 15. 6. 2020			15. 6. 2020 – 26. 11. 2020		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
BIJ-1	2,11	4,67	2,31	45	3,47	2,50	230	4,36	0,90	140	4,38	1,36	33
BIJ-1	5,61	5,52	0,14	5	5,51	0,22	203	5,55	0,14	185	5,74	0,57	185
BIJ-1	11,61	1,58	0,10	140	1,71	0,14	5	1,71	0,00	0	1,58	0,14	185

CD – celková deformácia od nultého merania (2. 12. 2014); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



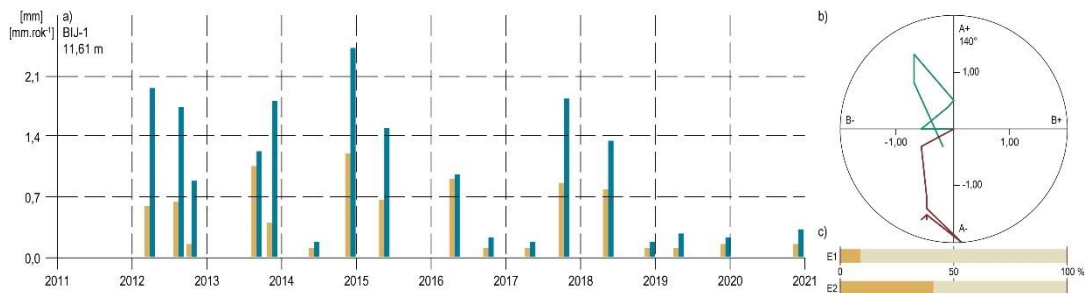
Obr. 4.9.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Bardejovská Zábava (označenie vrtu je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, sivé body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, hnedá línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácie o dĺžke monitorovacích etáp sa nachádzajú nad jednotlivými grafmi), červená čiarkovaná línia – grafické označenie hĺbky šmykovej plochy.

V roku 2020, podobne ako v predchádzajúcom roku, boli zabezpečené 2 etapy kontrolných meraní (jarná – od 12. decembra 2019 do 15. júna 2020 a jesenná – od 15. júna 2020 do 26. novembra 2020). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas novembrového merania. Na úrovni hlavnej šmykovej plochy v hĺbke 5,61 m pod terénom bola nameraná deformácia 0,57 mm (čo predstavuje priemernú rýchlosť  $1,26 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Na plytšej potenciálnej šmykovej ploche (v hĺbke 2,11 m pod terénom) bol nameraný etapový prírastok deformácie s hodnotou 1,36 mm ( $3,3 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Počas júnovej kontrolnej etapy nepresiahli namerané vektory 0,9 mm ( $1,77 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Na potenciálnej šmykovej ploche v hĺbke 11,61 m pod terénom dosiahla maximálna deformácia hodnotu 0,14 mm.



Obr. 4.9.3. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Bardejovská Zábava vo vrte BIJ-1 (hĺbke 5,61 m pod terénom) v období rokov 2012 až 2020; a – etapové deformácie (žltá) a rýchlosti (modrá) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, (zelená línia – vektory namerané počas prvej epochy – E1, bordová línia – vektory namerané počas druhej epochy – E2), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

Z hodnotenia výsledkov nameraných počas dlhšieho časového obdobia v hĺbke 5,61 m pod terénom (obr. 4.9.3) vyplýva, že najvyššie etapové prírastky deformácie na inklinometrickej pažnici boli namerané v roku 2013 (8,25 mm; 9,47 mm.rok<sup>-1</sup>); pomerne vysoká hodnota etapovej deformácie bola nameraná i v roku 2018 (4,27 mm; 7,32 mm.rok<sup>-1</sup>). Monitorovanie je vo vrte rozdelené do dvoch epoch. Počas oboch monitorovacích epoch majú výsledné vektory juhovýchodný azimut. Odvožené 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 – 59,2 %). 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 2020) dosiahol 3,75 mm (0,83 mm.rok<sup>-1</sup>).



Obr. 4.9.4. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Bardejovská Zábava vo vrte BIJ-1 (hĺbke 11,61 m pod terénom) v období rokov 2012 až 2020; a – etapové deformácie (žltá) a rýchlosti (modrá) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie, (zelená línia – vektory namerané počas prvej epochy, bordová línia – vektory namerané počas druhej epochy), c – pomer medzi trajektóriou etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu (E1 – prvá epocha inklinometrických meraní, E2 – druhá epocha inklinometrických meraní).

Z dlhodobých výsledkov nameraných v hĺbke 11,61 m pod terénom (obr. 4.9.4) vyplýva, že zvýšená pohybová aktivita bola pozorovaná do roku 2018. Maximálna etapová deformácia bola nameraná v roku 2014 (1,21 mm; 2,42 mm.rok<sup>-1</sup>). Od druhej polovice roka 2019 došlo v sledovanom hĺbkovom horizonte k výraznejšiemu poklesu pohybovej aktivity. Počas oboch monitorovacích epoch majú etapové vektory premenlivé azimuty. Pomer medzi dĺžkou trajektórie nameraných etapových deformácií a výsledným premiestnením sledovaného bodu v hĺbke šmykovej plochy počas prvej epochy dosiahol len 8,68 %. Počas druhej epochy sa jeho hodnota zvýšila na 40,7 %. Nízke úrovne hodnoteného pomeru poukazujú na skutočnosť, že deformácie v sledovanej hĺbke majú počas monitorovaného obdobia výrazne odlišné azimuty, teda pravdepodobne nejde o deformácie spojené s pohybom po šmykovej ploche.

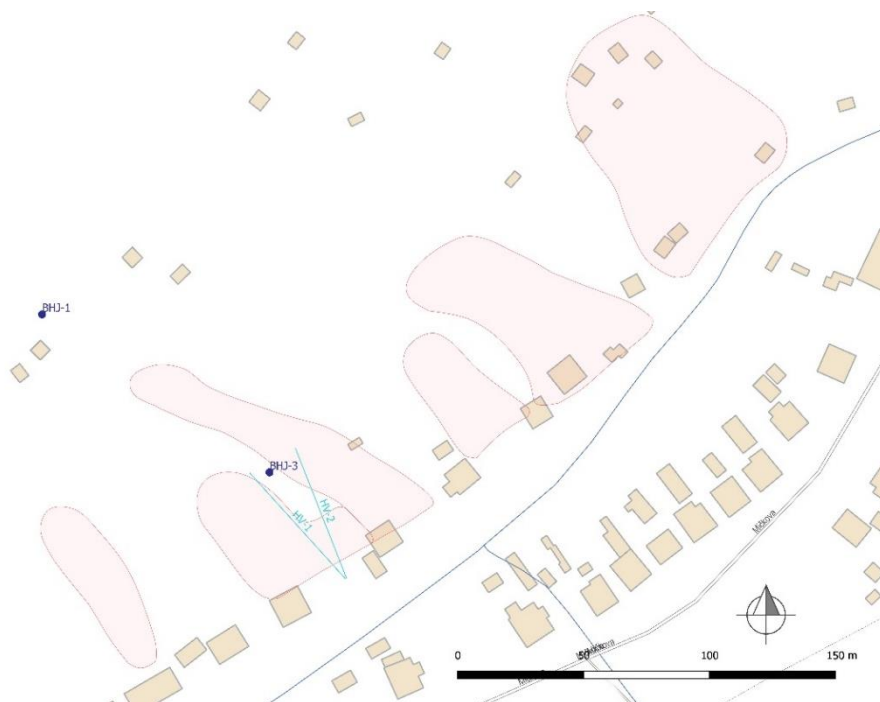
## b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Bardejovská Zábava sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch (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. 4.9.5. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2019 a 2020 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.9.6. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.9.7.

V roku 2019 bolo v oboch vrtoch zabezpečených 10 meraní. Režimové pozorovania boli vykonávané od 12. februára do 13. novembra. Najvyššia hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte BHJ-3 (2,55 m pod terénom; 301,04 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 31. mája. Maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte BHJ-1 bol na úrovni 9,35 m pod terénom.

Tab. 4.9.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2019.

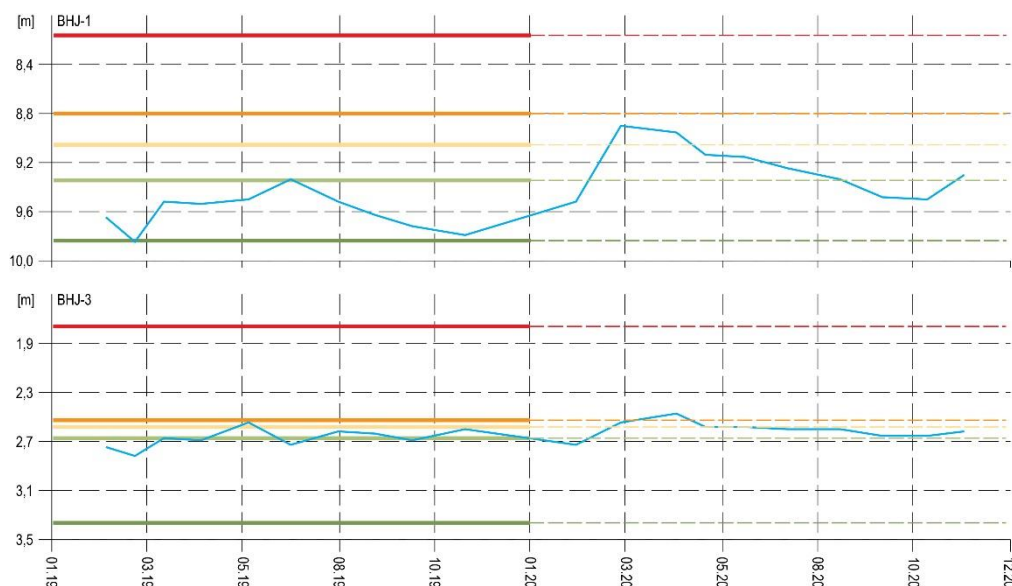
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
BHJ-1	10	9,35	334,41	3. 7. 2019	9,85	333,91	6. 3. 2019	9,61	334,15	0,50
BHJ-3	10	2,55	301,04	31. 5. 2019	2,82	300,77	6. 3. 2019	2,68	300,91	0,27



Obr. 4.9.5. Lokalita Bardejovská Zábava – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtovej); ohraničenie zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Najhlbšie klesla hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-1, jej minimálna hĺbka sa nachádzala na úrovni 9,85 m pod terénom (6. marca). V rovnakom termíne bola nameraná minimálna hladina i vo vrte BHJ-3 (2,82 m po terénom). Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2019 dosiahla hĺbku 6,15 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,46 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,82 (vrt BHJ-3) do 9,85 m pod terénom (vrt BHJ-1). V oboch vrtoch bolo pozorované relatívne malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,5 m vo vrte BHJ-1 a 0,27 m vo vrte BHJ-3).

Hladina podzemnej vody, nameraná 6. marca 2019 vo vrte BHJ-1 predstavuje najväčší pokles hladiny pod terénom za celé sledované obdobie (2011 až 2019).



Obr. 4.9.6. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Bardejovská Zábava, nameranej v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: BHJ-1 a BHJ-3, so štatistickým 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 aktuálne hodnotenom roku 2020 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a zabezpečených bolo 10 meraní. Režimové pozorovania boli vykonávané od 4. februára do 27. novembra. Najvyššia hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte BHJ-3 (2,48 m pod terénom; 301,11 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 21. apríla. Maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte BHJ-1 bol na úrovni 8,90 m pod terénom (11. marca).

Tab. 4.9.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2020

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	8,90	344,86	11. 3. 2020	9,52	344,24	4. 2. 2020	9,26	344,50	0,62
BHJ-3	10	2,48	301,11	21. 4. 2020	2,73	300,86	4. 2. 2020	2,61	300,98	0,25

Najhlbšie klesla hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-1, jej minimálna hĺbka sa nachádzala na úrovni 9,52 m pod terénom (4. februára). V rovnakom termíne bola nameraná minimálna hladina i vo vrte BHJ-3 (2,73 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2020 dosiahla hĺbku 5,93 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,22 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,61 (vrt BHJ-3) do 9,26 m pod terénom (vrt BHJ-1). V oboch vrtoch bolo pozorované relatívne malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,62 m vo vrte BHJ-1 a 0,25 m vo vrte BHJ-3).

Pri hodnotení celého obdobia režimových pozorovaní (2011 až 2020 – obr. 4.9.7), možno konštatovať, že hladina podzemnej vody na zrážkové úhrny reaguje minimálne. Výraznejšie vzostupy hladiny podzemnej vody boli pozorované v rokoch 2013, 2016 a 2018. V súvislosti s hodnotením režimových ukazovateľov je nutné upozorniť na nízku frekvenciu meraní.



Obr. 4.9.7. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Bardejovská Zábava, nameranej v rokoch 2011 až 2020 vo vrtoch: BHI-1 a BHI-3, so štatistickým 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. 4.9.5).

Počas roka 2019 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, realizovaných v období od 12. februára do 13. novembra. Z odvodňovacích vrtov bol vrt HV-1 počas všetkých meraní suchý, rovnako aj vrt HV-3 bol suchý alebo z neho kvapkala voda a vrt HV-4 bol suchý a iba pri meraní 31. mája dosahoval zanedbateľnú merateľnú výdatnosť ( $0,05 \text{ l.min}^{-1}$ ). Jedine vrt HV-2 počas roku 2019 plnil odvodňovaciu funkciu a jeho výdatnosti sa pohybovali v rozsahu od  $0,35$  do  $0,46 \text{ l.min}^{-1}$ . Jeho priemerná výdatnosť  $0,39 \text{ l.min}^{-1}$  bola približne polovičná oproti výdatnosti, ktorú dosahoval v roku 2018.

Tab. 4.9.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2019

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [ $\text{l.min}^{-1}$ ]	Max. kolísanie výdat. [ $\text{l.min}^{-1}$ ]
		[ $\text{l.min}^{-1}$ ]	dátum	[ $\text{l.min}^{-1}$ ]	dátum		
HV-1	10	suchý					
HV-2	10	0,46	3. 7. 2019	0,35	13. 11. 2019	0,39	0,11
HV-3	10	kvapkanie, suchý					
HV-4	10	0,05	31. 5. 2019	0,00	12. 2. 2019	0,01	0,05

Tab. 4.9.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2020

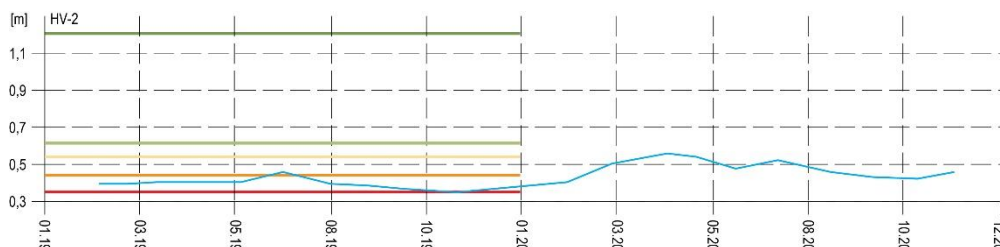
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [ $\text{l.min}^{-1}$ ]	Max. kolísanie výdat. [ $\text{l.min}^{-1}$ ]
		[ $\text{l.min}^{-1}$ ]	dátum	[ $\text{l.min}^{-1}$ ]	dátum		
HV-1	10	suchý					
HV-2	10	0,56	21. 4. 2020	0,40	4. 2. 2020	0,48	0,16
HV-3	10	kvapkanie, suchý					
HV-4	10	kvapkanie, suchý					

Počas roka 2020 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, realizovaných v období od 4. februára do 27. novembra.

Z odvodňovacích vrtov bol vrt HV-1 počas všetkých meraní suchý, rovnako aj vrty HV-3 a HV-4 boli suché alebo z nich kvapkala voda. Jedine vrt HV-2 počas roku 2020 plnil odvodňovaciu funkciu a jeho výdatnosti sa pohybovali v rozsahu od  $0,40$  do  $0,56 \text{ l.min}^{-1}$ . Jeho

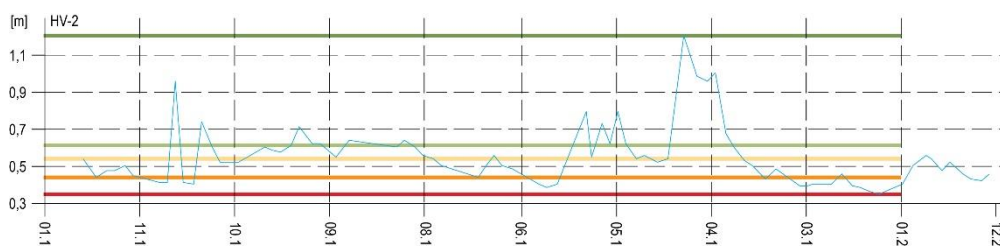
priemerná výdatnosť  $0,48 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  je zanedbateľne vyššia oproti výdatnosti, ktorú dosahoval v roku 2019.

Priebehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacieho zariadenia HV-2 v rokoch 2019 a 2020 sú znázornené na obr. 4.9.8.

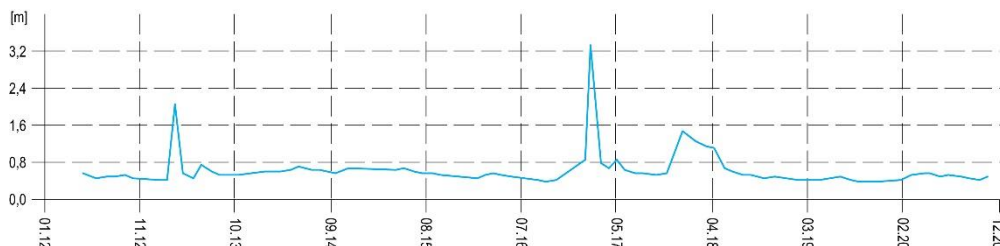


Obr. 4.9.8. Vývoj výdatnosti na vybranom odvodňovacom vrte HV-2 na zosuvnej lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2019 a 2020, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrty), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 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  $0,60 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ .



Obr. 4.9.9. Vývoj výdatnosti na vybranom odvodňovacom vrte HV-2 na zosuvnej lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2012 až 2020, 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.



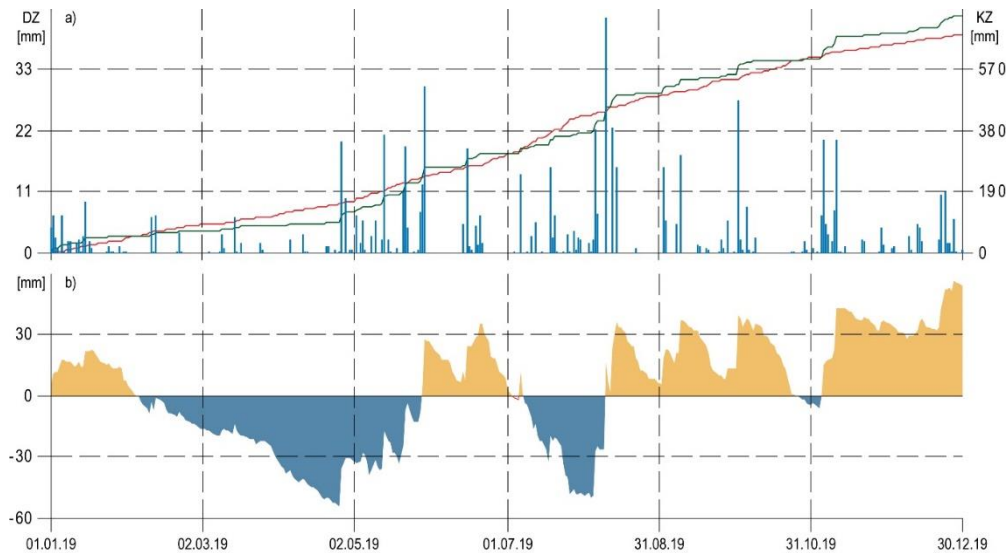
Obr. 4.9.10. Vývoj sumárnej výdatnosti zo všetkých odvodňovacích vrtoch na zosuvnej lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2012 až 2020.

Z dlhodobého hľadiska, prezentovaného na obr. 4.9.9 a 4.9.10, je vidieť, že zvýšené prietoky boli namerané v druhej polovici marca 2013, ale hlavne v roku 2017 a 2018. 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  $3,31 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  a v januári 2018 dosiahla  $1,45 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Celkovo najnižšia sumárna výdatnosť (zo všetkých odvodňovacích vrtoch) bola nameraná na konci septembra v roku 2016.

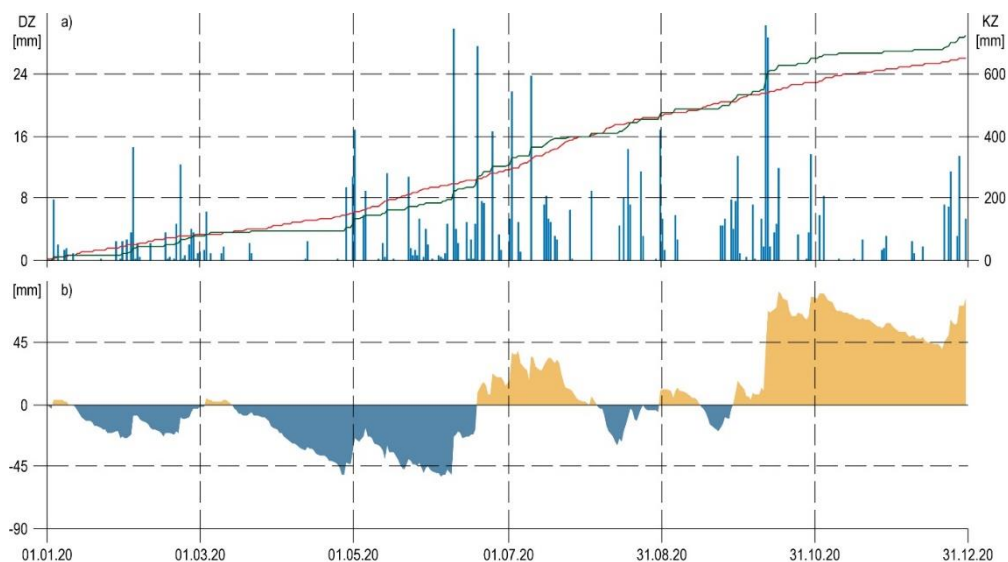


#### d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Bardejov s indikatívom 49120 (obr. 4.9.11 a 4.9.12). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2019 predstavuje 648,47 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 798,0 mm (rok 2017); priemerný mesačný úhrn 54,0 mm a maximálny mesačný úhrn 205,4 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 1. júla 2011 do 31. júla 2011) dosiahol 205,4 mm.



Obr. 4.9.11. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Bardejov (indikatív 49120); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2018 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK).



Obr. 4.9.12. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Bardejov (indikatív 49120); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2019 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK).

V roku 2019 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 696,6 mm, čo zodpovedá 108,43 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. V roku 2019 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas mája (135,2 mm) a najvyšší denný úhrn 10. augusta (42,2 mm). Najsuchším mesiacom bol marec, počas ktorého sumárny zrážkový úhrn dosiahol 15,0 mm. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 15. júla do 14. augusta (150,7 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 18. marca do 17. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 8,2 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2019 trvalo 10 dní (od 4. novembra do 13. novembra) s úhrnom zrážok za toto obdobie 66,4 mm.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 727,20 mm, čo zodpovedá 112,14 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra (130,2 mm) a najvyšší denný úhrn 12. októbra (30,2 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 12,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 7. júna do 7. júla (149,90 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 22. marca do 21. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 2,5 mm.

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V katastri obce Bardejovská Zábava boli v zosuvnom území uskutočnené 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 roku 2020 bola mierne zvýšená pohybová aktivita zaznamenaná počas novembrového merania; počas júnovej kontrolnej etapy nepresiahli namerané vektory 0,9 mm, teda priemerná rýchlosť deformácie dosiahla 1,77 mm.rok<sup>-1</sup>.

Hladiny podzemnej vody boli v roku 2020 monitorované v dvoch vrtoch BHJ-1 a BHJ-3. Maximálne hladiny boli dosiahnuté v zimnom a začiatkom jarného obdobia, naopak minimálne hladiny boli zaznamenané zhodne vo oboch vrtoch 4. februára. Na kolísaní hladín podzemnej vody v oboch vrtoch sa prejavili zmeny, ktoré sú charakteristické pre jednotlivé ročné obdobia.

Na základe výsledkov monitorovania odvodňovacích vrtoch možno konštatovať, že jedine vrt HV-2 plnil odvodňovaciu funkciu. Prietoky na odvodňovacom vrte sa pohybovali v rozsahu od 0,40 do 0,56 l.min<sup>-1</sup>. Vrty HV-1, HV-3 a VH-4 boli počas celého hodnoteného roka suché, prípadne kvapkali. Takúto nízku výdatnosť vykazujú vrty už dlhšie obdobie. Stabilnú výdatnosť počas celého roka dosahujú len vrt HV-2. Priemerná hodnota výdatnosti v tomto vrte bola v roku 2020 0,48 l.min<sup>-1</sup>, čo je mierny vzostup oproti predchádzajúcemu roku.

V roku 2021 plánujeme kontrolným inklinometrickým meraním overiť stabilitu zosuvného územia a zabezpečiť režimové pozorovania v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2020.

### 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 predchádzajúceho roku (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 2019 a 2020

V rokoch 2019 a 2020 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 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	Č-1 a Č-3	10 (12. február, 6. marec, 27. marec, 26. apríl, 31. máj, 3. júl, 7. august, 5. september, 3. október, 13. november)	10 (4. február, 11. marec, 21. apríl, 13. máj, 12. jún, 14. júl, 25. august, 25. september, 29. október, 27. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	3	Spoločná výdatnosť troch odvodňovacích vrtoch (VV-1, VV-2, VV-3)	10 (12. február, 6. marec, 27. marec, 26. apríl, 31. máj, 3. júl, 7. august, 5. september, 3. október, 13. november)	10 (4. február, 11. marec, 21. apríl, 13. máj, 12. jún, 14. júl, 25. august, 25. september, 29. október, 27. november)
Merania zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Lipany (59100); Malcov (49040)	Denné úhrny zrážok	

#### Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania

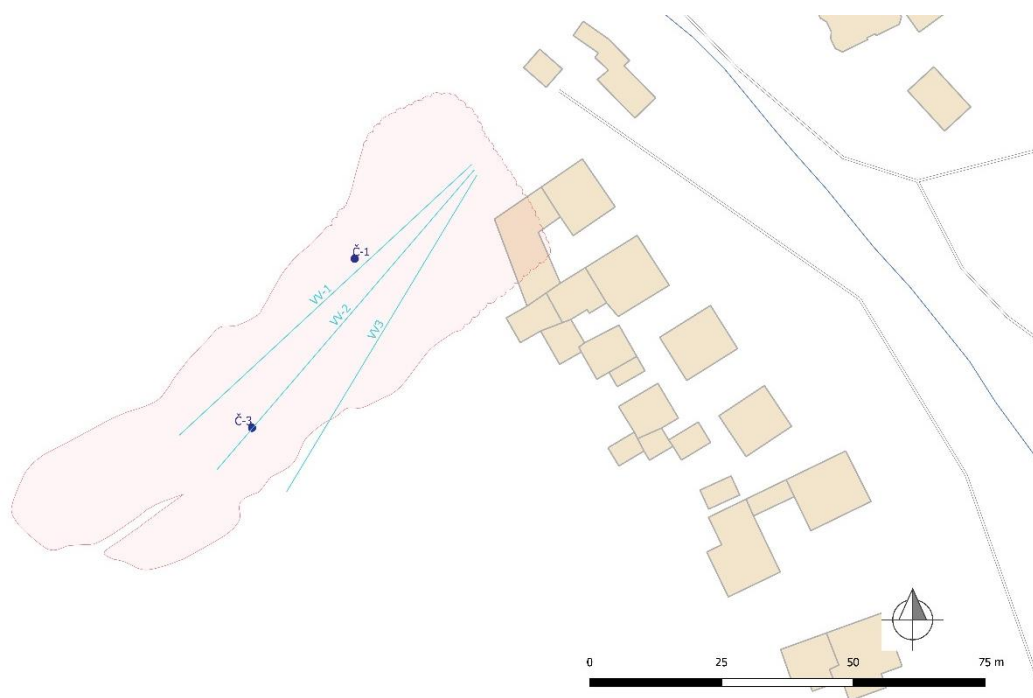
##### a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Čirč sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované 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 2019 a 2020 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi sú na obr. 4.10.2 a jej dlhodobé zmeny sú na obr. 4.10.3.

V 2019 bolo v oboch vrtoch zabezpečených 10 kontrolných meraní. Režimové pozorovania boli zabezpečované od 12. februára do 13. novembra. V plytšom horizonte, vo vrte Č-1, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody nameraný v hĺbke 4,37 m pod terénom

(494,91 m n. m.). Vo vrte Č-3 bol maximálny stav hladiny podzemnej vody zaznamenaný v hĺbke 8,95 m pod terénom (495,76 m n. m.). V oboch prípadoch boli maximálne hodnoty namerané 31. mája a v nasledujúcej časti roka mali hladiny zostupný charakter. Najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala vo februári, kedy bol vrt Č-3 suchý a najväčší pokles vo vrte Č-1 bol nameraný počas novembra (4,75 m pod terénom).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2019 hĺbku 7,11 m pod terénom, čo je oproti roku 2018 nepatrné zvýšenie. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,58 (vrt Č-1) do 9,63 m pod terénom (vrt Č-3, okrem merania vo februári, keď bol vrt suchý). V oboch vrtoch bolo pozorované relatívne malé kolísanie hladiny podzemnej vody (1,18 m vo vrte Č-3 a 0,38 m vo vrte Č-1). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2019 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2013 do 2018) 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 vrtovej); ohraničenie zosuvov podľa Šimekovej et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

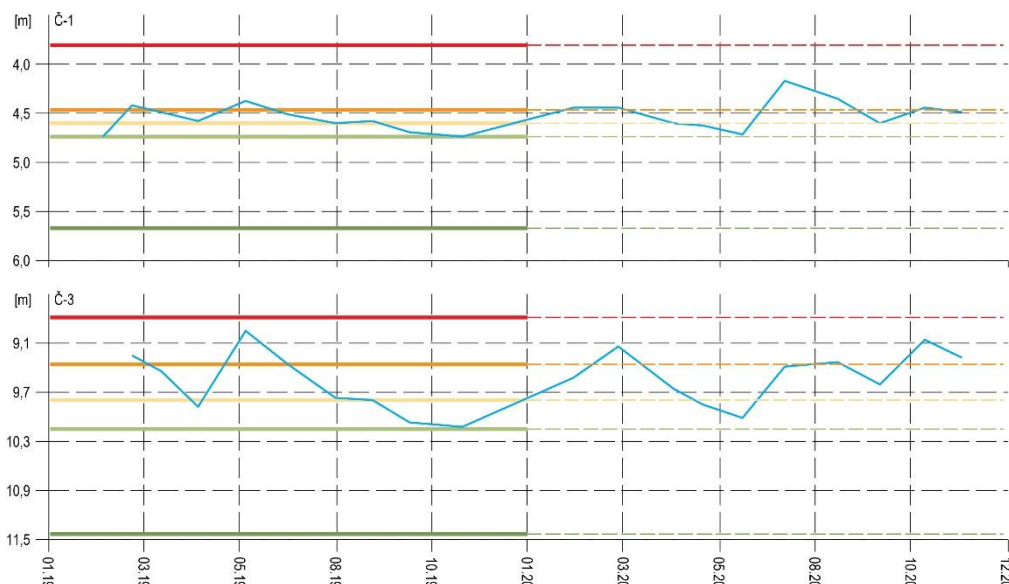
Tab. 4.10.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč v roku 2019.

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	4,37	494,91	31. 5. 2019	4,75	494,53	13. 11. 2019	4,58	494,70	0,38
Č-3	10	8,95	495,76	31. 5. 2019	10,13	494,58	13. 11. 2019	9,63	495,08	1,18

V aktuálne hodnotenom roku 2020 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a celkovo bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Režimové pozorovania boli zabezpečované od 4. februára do 27. novembra. V plyšom horizonte, vo vrte Č-1, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody nameraný v hĺbke 4,18 m pod terénom (495,10 m n. m.) v termíne 14. júla. Vo vrte Č-3 bol maximálny stav hladiny podzemnej vody zaznamenaný v hĺbke 9,07 m pod terénom (495,64 m n. m.) v termíne 29. októbra. Najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody dostala vo júni (4,73 m pod terénom vo vrte VČ-1 a 10,03 m pod terénom vo vrte VČ-3.

Tab. 4.10.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč v roku 2020.

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	4,18	495,10	14. 7. 2020	4,73	494,55	12. 6. 2020	4,50	494,78	0,55
Č-3	10	9,07	495,64	29. 10. 2020	10,03	494,68	12. 6. 2020	9,49	495,22	0,96



Obr. 4.10.2. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Čirč, nameranej v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: Č-1 a Č-3, so štatistickým ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2013 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledo zelená – 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 2011 až 2020 vo vrtoch: Č-1 a Č-3, so štatistickým ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: marec 2013 – november 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledo zelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2020 hĺbku 6,99 m pod terénom, čo je oproti roku 2019 nepatrné zvýšenie. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,50 (vrt Č-1) do 9,49 m pod terénom (vrt Č-3). V oboch vrtoch bolo pozorované malé kolísanie hladiny podzemnej vody (0,96 m vo vrte Č-3 a 0,55 m vo vrte Č-1). Pri

porovnaní nameraných údajov v roku 2020 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2013 do 2019) vyplýva, že nedošlo k prekročeniu dlhodobých maximálnych alebo minimálnych hladín.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (2013 až 2020 – 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 pritekaniu 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 vrtoch pozorovaná na výtokovom potrubí, ktoré odvádza vodu z troch vrtoch 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).

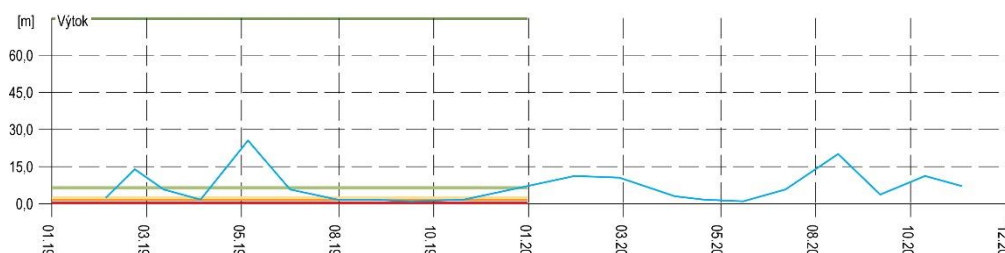
V roku 2019 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 12. februára do 13. novembra. Najvyššia výdatnosť ( $25,00 \text{ l.min}^{-1}$ ) bola nameraná 31. mája, po období s dlhšie trvajúcimi zrážkami. Vysoká výdatnosť bola nameraná aj 6. marca –  $13,77 \text{ l.min}^{-1}$ . Odvodňovacie zariadenie plnilo svoju funkciu počas celého roku, najnižšia výdatnosť bola v októbri a novembri ( $0,63$  až  $1,28 \text{ l.min}^{-1}$ ). Celkové kolísanie výdatnosti tak dosiahlo hodnotu  $24,37 \text{ l.min}^{-1}$ . Priemerná hodnota výdatnosti za rok 2019 je  $5,80 \text{ l.min}^{-1}$ , čo je o  $1,9 \text{ l.min}^{-1}$  viac ako v predchádzajúcom roku. Súvisí to s tým, že rok 2018 bol v tejto oblasti hodnotený ako zrážkovo veľmi suchý, zatiaľ čo rok 2019 bol naopak ako zrážkovo veľmi vlhký.

Tab. 4.10.4. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2019.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [ $\text{l.min}^{-1}$ ]	Max. kolísanie výdat. [ $\text{l.min}^{-1}$ ]
		[ $\text{l.min}^{-1}$ ]	dátum	[ $\text{l.min}^{-1}$ ]	dátum		
výtok	10	25,00	31. 5. 2019	0,63	3. 10. 2019	5,80	24,37

Tab. 4.10.5. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2020.

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [ $\text{l.min}^{-1}$ ]	Max. kolísanie výdat. [ $\text{l.min}^{-1}$ ]
		[ $\text{l.min}^{-1}$ ]	dátum	[ $\text{l.min}^{-1}$ ]	dátum		
výtok	10	20,00	25. 8. 2020	0,50	12. 6. 2020	7,23	19,50

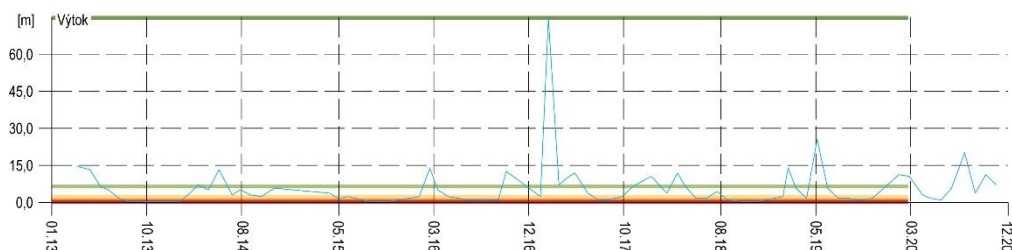


Obr. 4.10.4. Vývoj výdatnosti na spoločnom výtokovom objekte (označenom ako Výtok) na zosuvnej lokalite Čirč v rokoch 2019 a 2020, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi. Modrá – nameraná výdatnosť (prietok na ústí odvodňovacieho vrtu), červená – minimálna výdatnosť, oranžová – 1. kvartil, žltá – 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 2020 bolo zabezpečených rovnako 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 4. februára do 27. novembra. Najvyššia výdatnosť ( $20,00 \text{ l.min}^{-1}$ ) bola nameraná 25. augusta. Odvodňovacie zariadenie plnilo svoju funkciu počas celého roku, najnižšia

výdatnosť bola v júni ( $0,50 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ), ale viackrát počas roku boli namerané výdatnosti nad  $10 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  (február, marec, august a október). Celkové kolísanie výdatnosti tak dosiahlo hodnotu  $19,50 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Priemerná hodnota výdatnosti za rok 2020 je  $7,23 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ , čo je o  $1,43 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  viac ako v predchádzajúcom roku.

Zo štatistickej analýzy vyplýva, že počas monitorovaného obdobia prevládali hodnoty s prietokom  $0,7$  až  $2,1 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Pomerne vysoké zastúpenie majú aj najnižšie výdatnosti (do  $0,7 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Zároveň sa pravidelne vyskytujú udalosti, kedy odvodňovacie zariadenie nárazovo odvádza prietok viac ako  $10 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Celkovo sa maximálne výdatnosti vyskytujú najmä počas mesiacov marec až máj. Najnižšie výdatnosti bývajú zvyčajne v letnom a jesennom období.



Obr. 4.10.5 Vývoj výdatnosti na spoločnom výtokovom objekte (označenom ako Výtok) na zosuvnej lokalite Čirč v rokoch 2013 až 2020, 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.

Pri analýze dlhšieho obdobia monitorovania výdatnosti na výtokovom objekte je vidieť, že jej kolísanie je do značnej miery determinované zmenami hladiny podzemnej vody. Maximálne výdatnosti sú spojené so zimným, prípadne jarným obdobím. Dôležité je si tiež všimnúť, že podobne, ako v prípade zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, aj tu sa letné intenzívne zrážkové udalosti prejavujú len minimálne. Priebeh množstva odvádzanej vody z odvodňovacieho zariadenia v dlhšom časovom horizonte je znázornený na obr. 4.10.5.

#### c/ Merania zrážkových úhrnov

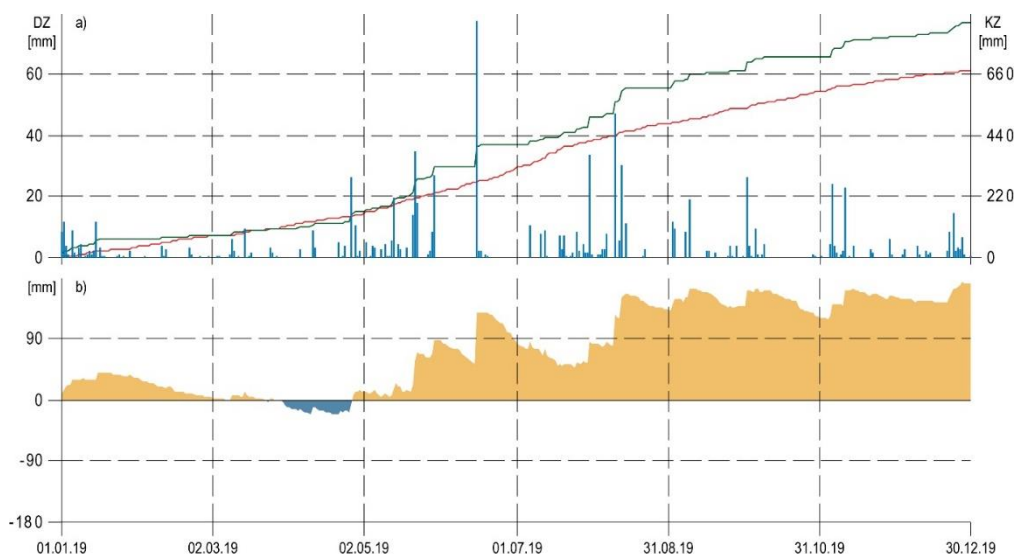
Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Lipany s indikatívom 59100 (obr. 4.10.6 a 4.10.7) a Malcov s indikatívom 49040 (obr. 4.10.7 a 4.10.8). Informácia o zrážkových úhrnoch na stanici Lipany je uvedená v podkapitole 1.4.8 (lokalita Ďačov).

Na stanici Malcov dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2019, dosiahol  $693,18 \text{ mm}$  a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol  $847,5 \text{ mm}$  (rok 2016); priemerný mesačný úhrn  $57,8 \text{ mm}$  a maximálny mesačný úhrn  $176,6 \text{ mm}$  (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 27. júna 2011 do 27. júla 2011) dosiahol  $201,5 \text{ mm}$ .

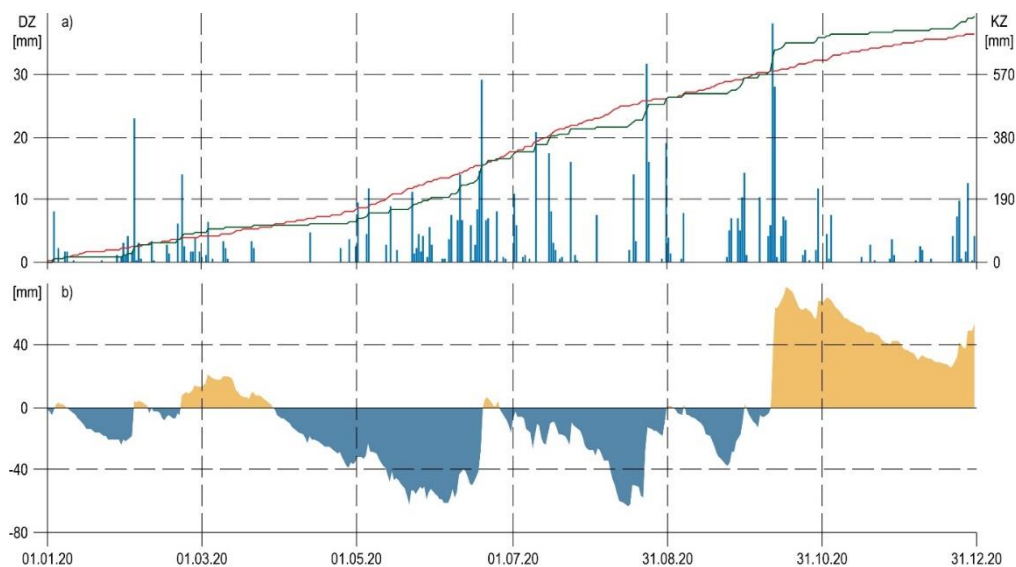
V roku 2019 bol zaznamenaný zrážkový úhrn  $845,3 \text{ mm}$ , čo zodpovedá  $125,39 \%$  dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. V roku 2019 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas mája ( $157,0 \text{ mm}$ ) a najvyšší denný úhrn 16. júna ( $77,5 \text{ mm}$ ). Najsuchším mesiacom bol február s  $10,5 \text{ mm}$  zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. mája do 17. júna ( $186,0 \text{ mm}$ ) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 18. januára 2019 do 17. februára 2019) sumárny zrážkový úhrn dosiahol  $10,0 \text{ mm}$ . Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2019 trvalo 11 dní (od 8. januára do 18. januára) s úhrnom zrážok za toto obdobie  $28,7 \text{ mm}$ .

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn  $701,70 \text{ mm}$ , čo zodpovedá  $101,23 \%$  dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas októbra ( $136,3 \text{ mm}$ ) a najvyšší denný úhrn 12. októbra ( $38,2 \text{ mm}$ ). Najsuchším mesiacom bol

apríl s 10,4 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 24. septembra do 24. októbra (154,60 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 22. marca do 21. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,7 mm.



Obr. 4.10.6. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Malcov (indikatív 49040); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2018 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK).



Obr. 4.10.7. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Malcov (indikatív 49040); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2019 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK).

### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Čirč sú monitorovacie aktivity zamerané výlučne 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 údajov je možné konštatovať, že počas roku 2020,



v porovnaní s predchádzajúcim rokom, došlo miernemu nárastu úrovne hladiny podzemnej vody a výdatnosti zariadenia hĺbkového odvodnenia. Naopak, pri hodnotení zrážkových úhrnov sledujeme výrazný pokles. Predpokladáme, že na stúpnutí hladín podzemnej vody sa prejavili i zrážky zaznamenané počas roka 2019. Zároveň je nevyhnutné zdôrazniť, že monitorované parametre sa sledujú s veľmi nízkou frekvenciou, čo znemožňuje vykonať podrobnejšiu analýzu medzi klimatickými faktormi a režimovými ukazovateľmi.

Za dôležité považujeme, zvýšiť frekvenciu monitorovacích meraní, ideálne inštaláciou automatických zariadení a zároveň, zabezpečiť sledovanie pohybovej aktivity prostredníctvom metódy presnej inklinometrie, prípadne technológie InSAR.

V roku 2021 plánujeme na zosuvnej lokalite pokračovať v monitorovacích meraniach v nezmenenom rozsahu a frekvencii ako v roku 2020.

### 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 2019 a 2020

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2019 a 2020, sú zhrnuté v tab. 4.11.1.

Tab. 4.11.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Inklinometrické	2	VČI-1, VČI-2	2 31. máj, 16. október)	2 15. jún, 12. november)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	VČHG-2, VČHG-3	10 (12. február, 6. marec, 28. marec, 2. máj, 4. jún, 8. júl, 8. august, 9. september, 4. október, 14. november)	10 (6. február, 10. marec, 22. apríl, 12. máj, 11. jún, 15. júl, 24. august, 29. september, 2. november, 1. december)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4 (2018) 2 (2019)	VČSHV-1, VČSHV-2, VČSHV-3 <sup>1</sup> , VČSHV-4 <sup>1</sup>	10 (12. február, 6. marec, 28. marec, 2. máj, 4. jún, 8. júl, 8. august, 9. september, 4. október, 14. november)	10 (6. február, 10. marec, 22. apríl, 12. máj, 11. jún, 15. júl, 24. august, 29. september, 2. november, 1. december)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Vyšný Čaj (indikatív 60100)	Denné úhrny zrážok	

<sup>1</sup> – vo vrtoch VČSHV-3 a VČSHV-4 sa od 1. 1. 2019 merania dočasne prerušili

#### Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania

##### a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa realizujú v dvoch vrtoch (VČI-1 a 2; obr. 4.11.1), ktoré sú situované neďaleko miestneho cintorína. Namerané hodnoty z kontrolných etapových meraní z rokov 2019 a 2020 sú zhrnuté v tab. 4.11.2 a prezentované na obr. 4.11.1 a 4.11.2. Hodnotenie pohybovej aktivity za dlhšie časové obdobie je prezentované na obr. 4.11.3 a 4.11.4.

V roku 2019 boli vo vrte VČI-1 počas obidvoch etapových meraní na sledovanej hĺbke šmykovej plochy 6,23 m pod terénom pozorované deformácie do 0,1 mm. Vo vrte VČI-2 v hĺbke 5,16 m pod terénom bola počas jarnej etapy nameraná deformácia 0,81 mm. Nameraná

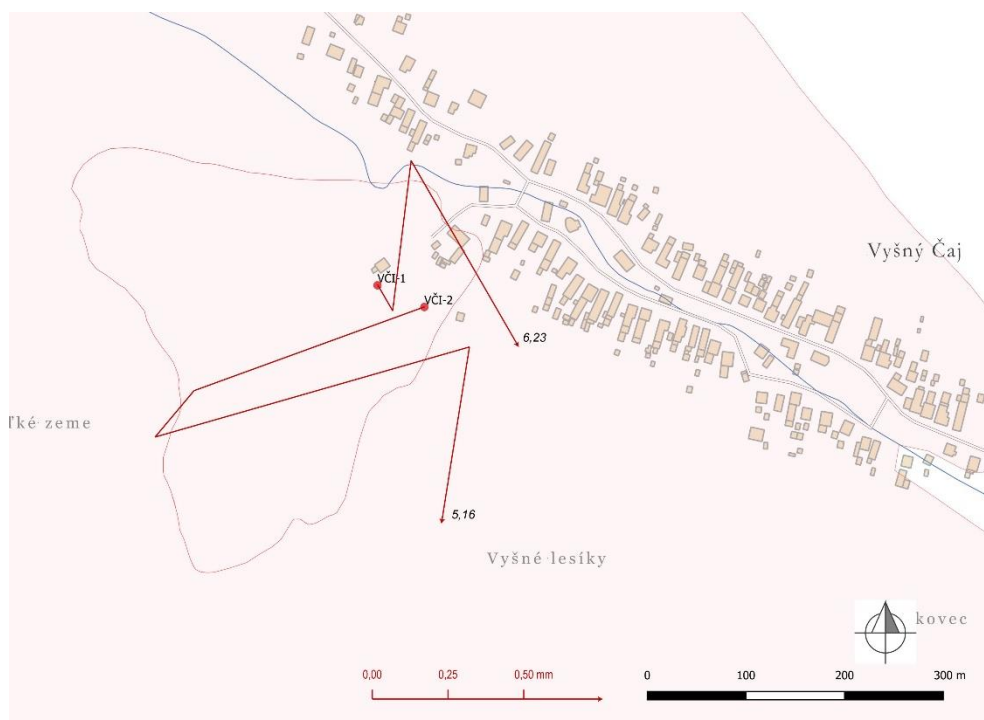
deformácia charakterizuje pohybovú aktivitu za obdobie od 5. októbra 2018 do 31. mája 2019. Počas jesennej etapy (obdobie od konca mája do polovice októbra 2019) dosiahla deformácia 0,2 mm.

V roku 2020, podobne ako v predchádzajúcom roku, boli zabezpečené 2 etapy kontrolných meraní (jún a november). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná vo vrte VČI-2 počas júlového merania. V hĺbke 5,16 m pod úrovňou terénu bola nameraná etapová deformácia s hodnotou 1,8 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $1,63 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Následne, jesenné meranie poukázalo na pokles pohybovej aktivity. Vo vrte VČI-1 bola mierne zvýšená pohybová aktivita nameraná počas novembrového merania ( $0,7 \text{ mm}$ ;  $1,7 \text{ mm.rok}^{-1}$ ).

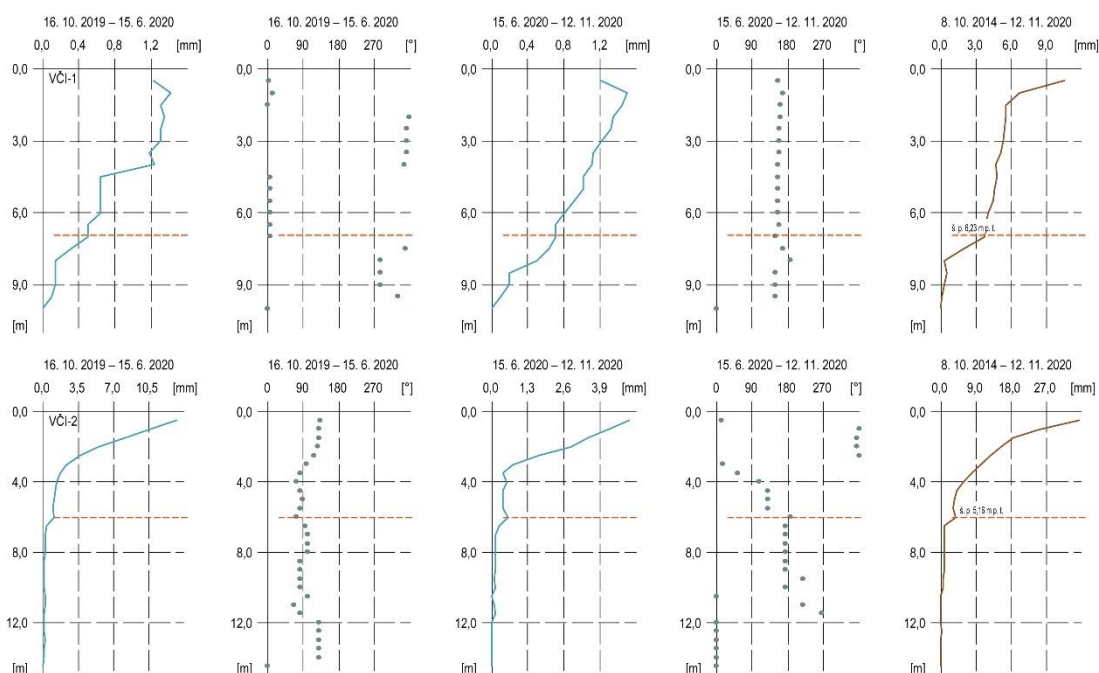
Tab. 4.11.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2019 a 2020.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	5. 10. 2018 – 31. 5. 2019			31. 5. 2019 – 16. 10. 2019			16. 10. 2019 – 15. 6. 2020			15. 6. 2020 – 12. 11. 2020		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
VČI-1	6,23	3,42	0,10	150	3,42	0,00	0	3,70	0,50	7	3,77	0,70	150
VČI-2	5,16	3,31	0,81	250	3,11	0,20	220	4,10	1,08	74	3,70	0,58	189

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

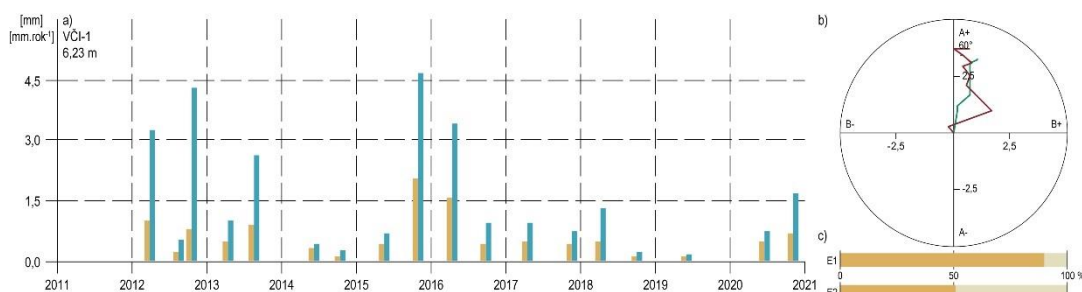


Obr. 4.11.1. Lokalita Vyšný Čaj – vektory deformácií namerané v rokoch 2019 a 2020 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.11.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); ohraňenie zosuvu podľa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.



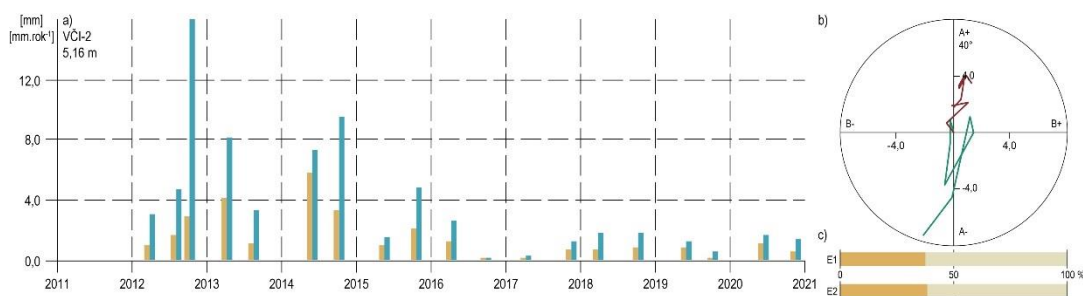
Obr. 4.11.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Vyšný Čaj (označenie vrtovej je vľavo hore). Modré línie – etapové deformácie inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, červená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Z vývoja analyzovaných parametrov na obr. 4.11.2 predpokladáme, že vo vrte VČI-1 sa šmyková plocha nachádza v hĺbke 7 m od ústia pažnice (6,23 m pod terénom), vo vrte VČI-2 je to o niečo plytšie, v hĺbke 6 m od ústia pažnice (5,16 m pod terénom).



Obr. 4.11.3. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšný Čaj vo vrte VČI-1 v období rokov 2012 až 2020; a – etapové deformácie (žltá) a rýchlosti (modrá) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie (zelená línia – prvá epocha – E1, bordová línia – druhá epocha – E2), c – pomer medzi dĺžkou trajektórie etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

Vývoj deformácie na sledovanej šmykovej ploche vo vrte, prezentovanej na obr. 4.11.2, naznačuje, že najvyššia etapová deformácia inklinometrickej pažnice bola nameraná roku 2015 (2,02 mm; 4,68 mm.rok<sup>-1</sup>) a o niečo nižšia v roku 2016 (1,56 mm; 3,42 mm.rok<sup>-1</sup>). 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 51,59 %. Celková deformácia inklinometrickej pažnice (v hĺbke šmykovej plochy) počas prvej epochy dosiahla 3,45 mm a počas druhej epochy 3,77 mm.



Obr. 4.11.4. Spracovanie výsledkov nameraných metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšný Čaj vo vrte VČI-2 v období rokov 2012 až 2020; a – etapové deformácie (žltá) a rýchlosti (modrá) sledované na šmykovej ploche (hĺbka šmykovej plochy je uvedená vľavo hore), b – horizontálny priebeh deformácie (zelená línia – prvá epocha – E1, bordová línia – druhá epocha – E2), c – pomer medzi dĺžkou trajektórie etapových deformácií a výsledným premiestnením monitorovaného bodu.

Z hodnotenia výsledkov inklinometrických meraní za posledných 10 rokov vo vrte VČI-2 (obr. 4.11.4) vyplýva, že najvyššie deformácie boli namerané počas kontrolných meraní v rokoch 2014 (5,85 mm; 7,76 mm.rok<sup>-1</sup>) a 2013 (4,25 mm; 8,30 mm.rok<sup>-1</sup>). 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 – 38,8 %).

#### b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

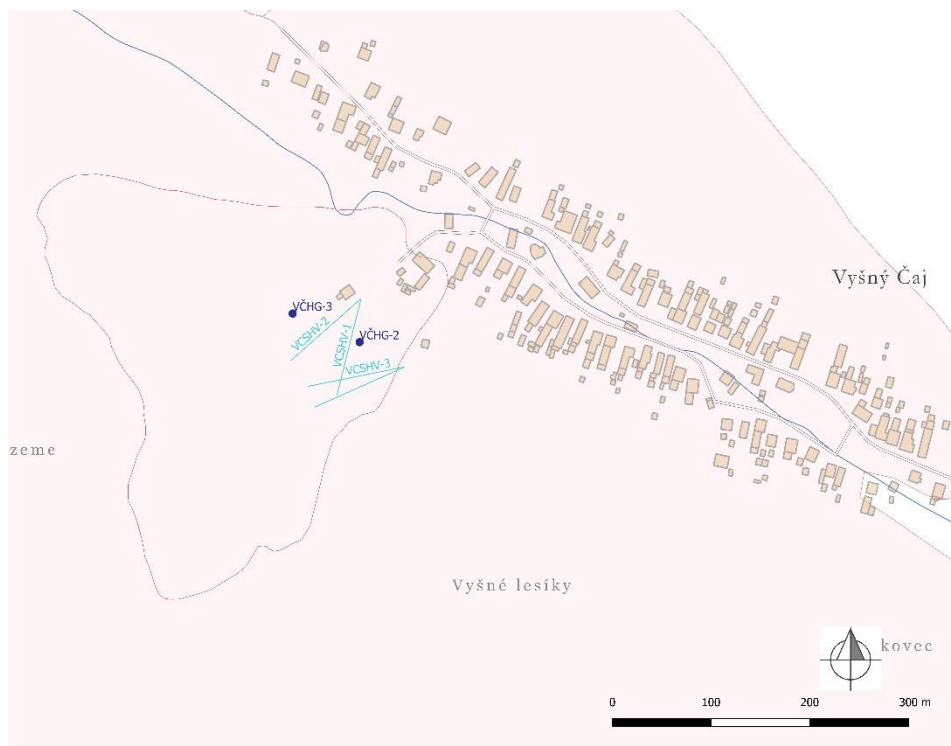
Na lokalite Vyšný Čaj sú od roku 2019 zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované vo vrte VČHG-2; vrt VČH-3 je suchý (tab. 4.11.1.; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.11.3 a 4.11.4; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.11.5). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v období rokov 2019 a 2020, sú spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, znázornené na obr. 4.11.6. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody za obdobie rokov 2011 až 2020 je znázornený na obr. 4.11.7.

V roku 2019 sa meral vrt VČH-2 a bolo v ňom zabezpečených po 10 kontrolných meraní, ktoré sa vykonávali od 12. februára do 14. novembra. Vrt VČH-3 sa začal merať na začiatku roku, bolo vykonané jedno meranie vo februári a pri ďalšom kontrolnom meraní v marci už vrt nebolo možné merať, lebo bol zasypaný, resp. suchý. Maximálna hladina podzemnej vody vo vrte VČHG-2 bola zaznamenaná v hĺbke 5,60 m pod terénom (249,09 m n. m.) v jarnom období (28. marca). Od tohto termínu hladina podzemnej vody postupne klesala až k minimálnym stavom zaznamenaným pri posledných meraniach 4. októbra a 14. novembra (6,0 m pod terénom).

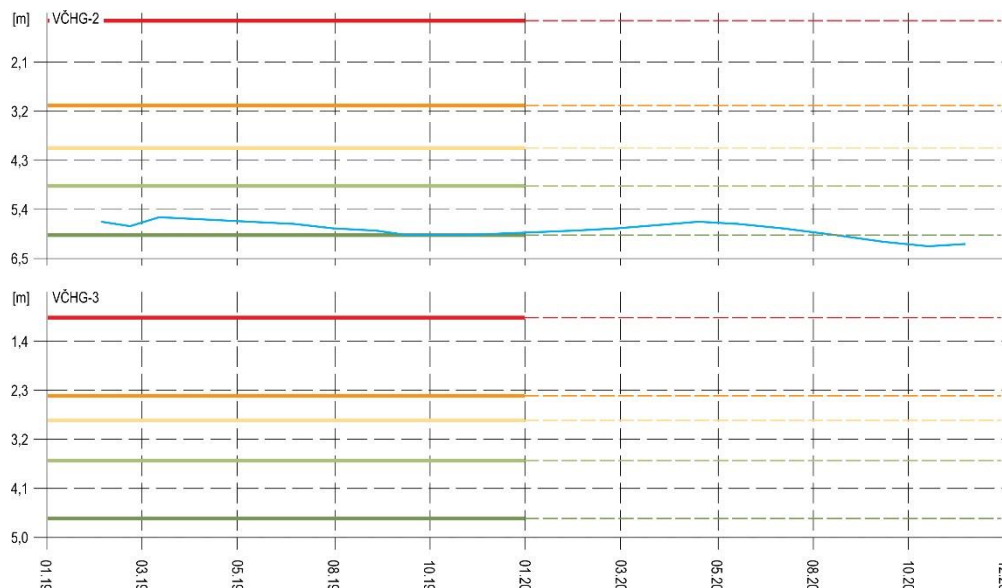
Tab. 4.11.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2019.

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	5,60	249,09	23. 8. 2019	6,00	248,69	4. 10. 2019	5,79	248,90	0,40
VČHG-3	10	suchý, zasypaný								

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla vo vrte VČHG-2 v roku 2019 hĺbku 5,79 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,92 m. Kolísanie podzemnej vody vo vrte VČHG-2 bolo minimálne a predstavuje hodnotu 0,4 m. Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2019 s údajmi za celé monitorované obdobie vyplýva, že vo vrte VČHG-2 bol podobne ako v roku 2018, aj v roku 2019 hodnotenom roku prekročený dlhodobý minimálny stav (obr. 4.11.6).



Obr. 4.11.5. Lokalita Vyšný Čaj – 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 Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.11.6. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Vyšný Čaj, nameranej v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: VČHG-2 a VČHG-3, so štatistickým 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.

Počas roku 2020 bolo vo vrte VČH-2 zabezpečených po 10 kontrolných meraní, ktoré sa vykonávali od 6. februára do 1. decembra. Vrt VČH-3 bol, podobne ako v roku 2019, počas všetkých desiatich meraní suchý. Maximálna hladina podzemnej vody vo vrte VČHG-2 bola zaznamenaná v hĺbke 5,69 m pod terénom (249,00 m n. m.) v jarnom období (12. máj). Od tohto termínu hladina podzemnej vody postupne klesala až k minimálnym stavom

zaznamenaným pri posledných meraniach; minimálna hladina bola nameraná 2. novembra (6,25 m pod terénom).

Tab. 4.11.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2020.

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	5,69	249,00	12. 5. 2020	6,25	248,44	2. 11. 2020	5,94	248,75	0,56
VČHG-3	10	suchý, zasypaný								

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla vo vrte VČHG-2 v roku 2020 hĺbku 5,94 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom iba nepatrný pokles (o 0,15 m), avšak trend poklesu úrovne hladiny v tomto vrte je zrejímavý (obr. 4.11.6). V roku 2020 boli oproti roku 2019 namerané nižšie minimálne úrovne hladiny podzemnej vody a zároveň predstavujú aj minimálne stavy za celé doterajšie sledované obdobie (od 2011 do 2020). Kolísanie podzemnej vody vo vrte VČHG-2 bolo minimálne a predstavuje hodnotu 0,56 m.



Obr. 4.11.6. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Vyšný Čaj, nameranej v rokoch 2011 až 2020 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.

Z dlhodobého vývoja hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch na obr. 4.11.6 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 oboch prípadoch však možno sledovať podobný vývoj. Maximálne stavy boli namerané v zimných mesiacoch roku 2013, odkedy majú zostupnú tendenciu, pričom vo vrte VČHG-2 bola v rokoch 2019 a 2020 nameraná najnižšia úroveň hladiny podzemnej vody a vrt VČHG-3 je po nameraní najnižšej úrovne vo februári, suchý.

#### c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Vyšný Čaj boli sú od roku 2019 pozorované už iba dve odvodňovacie zariadenia – 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). Dôvodom, že sa prerušili merania na odvodňovacích vrtoch VČSHV-3 a VČSHV-4 je nedostatočne dimenzované odtokové potrubie, kedy sa voda hromadí v zbernej šachte a vrty VČSHV-3 a 4 sú značnú časť pozorovaného obdobia zaplavené. Ďalšou

negatívnu skutočnosťou je, že vrty VČSHV-1 a 2 bývajú pomerne často suché, prípadne len kvapkajú. V roku 2020 bol v týchto vrtoch pozorovaný suchý stav, ale prevažnú časť roka boli zaplavené. Z uvedeného vyplýva, že hodnotiť výdatnosť na tejto lokalite je obtiažne, a tak pozornosť venujeme len skutočne nameraným hodnotám. Počas rokov 2019 a 2020 bolo vo vrtoch VČSHV-1 a 2 zrealizovaných po 10 kontrolných meraní.

Tab. 4.11.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2019.

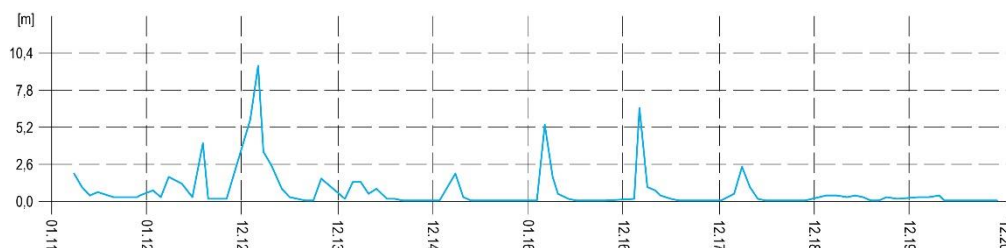
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]	Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]
		[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum	[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum		
VČSHV-1	10	zaliaty, suchý					
VČSHV-2	10	0,38	28. 3. 2019, 4. 6. 2019	0,15	14. 11. 2019	0,30	0,23

V roku 2019 sa merania realizovali vo vrtoch VČSHV-1 a VČSHV-2 v období od 12. februára do 14. novembra. Vrt VČSHV-1 bol prvých 6 meraní v roku suchý, naopak 8. augusta a 9. septembra bol zaliaty vodou a v októbri a novembri bol vlhký. Preto vo vrte VČSHV-1 nebola počas roku 2019 nameraná žiadna presná hodnota výdatnosti. Na jeho účinnosť poukazuje ich stav z augusta a septembra, kedy boli zaliaty vodou, čo má súvis so zrážkami v letnom období, ktoré čiastočne znížili výrazný zrážkový deficit v tejto oblasti. V rovnakých termínoch (8. augusta a 9. septembra) bol zaliaty aj vrt VČSHV-2. Okrem tohto stavu, jeho efektívnosť možno hodnotiť podľa toho, že počas celého roku 2019 mal merateľné výdatnosti, ktoré sa pohybovali od najnižšej hodnoty 0,15 l.min<sup>-1</sup> (stav 14. novembra) po 0,38 l.min<sup>-1</sup> (28. marca a 4. júna). Priemer výdatnosti vrtu VČSHV-2 z nameraných hodnôt počas roku 2019 je 0,30 l.min<sup>-1</sup>, čo predstavuje rovnakú hodnotu ako v roku 2018.

Tab. 4.11.6. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2020

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]	Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]
		[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum	[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum		
VČSHV-1	10	zaliaty, suchý					
VČSHV-2	10	0,32	22. 4. 2020	0,21	10. 3. 2020	0,25	0,11

V roku 2020 sa pokračovalo v meraniach vo vrtoch VČSHV-1 a VČSHV-2 počas obdobia od 6. februára do 1. decembra. Vrt VČSHV-1 bol na začiatku roku (február až apríl) suchý a naopak od mája do decembra bol zaliaty vodou. Na jeho účinnosť poukazuje stav, keď jeho ústie bolo zaliaty vodou. V rovnakom období (máj až december) bol zaliaty aj vrt VČSHV-2. Merateľné výdatnosti dosahoval vo februári až apríli (od 0,21 do 0,32 l.min<sup>-1</sup>). Priemerná hodnota z merateľných výdatností dosahuje 0,25 l.min<sup>-1</sup>, čo je podobná hodnota ako v predchádzajúcom roku.



Obr. 4.11.7. Vývoj sumárnej výdatnosti na zosuvnej lokalite Vyšný Čaj z vrto VČSHV-1 a VČSHV-2 v rokoch 2011 až 2020.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia od roku 2011 do roku 2020 je možné konštatovať, že maximálna výdatnosť bola nameraná v roku 2013, tiež v marci 2015, v marci 2016 a v roku 2012. Priebeh sumárneho množstva odvádzanej vody z vrtu VČSHV-1 a VČSHV-2 je znázornený na obr. 4.11.7. Na základe porovnania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a zmien výdatnosti odvodňovacích zariadení je možné usúdiť, že veľkosť



objemu odvádzanej vody je úmerná výške hladiny podzemnej vody. Z tohto hľadiska je možné drenážne objekty hodnotiť ako efektívne. Ako však už bolo spomenuté, vážny nedostatok predstavuje nedostatočne dimenzované potrubie, ktorého úlohou je odvádzanie vôd zo zbernej šachty. Tento nedostatok sa prejavuje kumuláciou vody v zbernej šachte, čím sa znižuje účinnosť odvodňovacích vrtov.

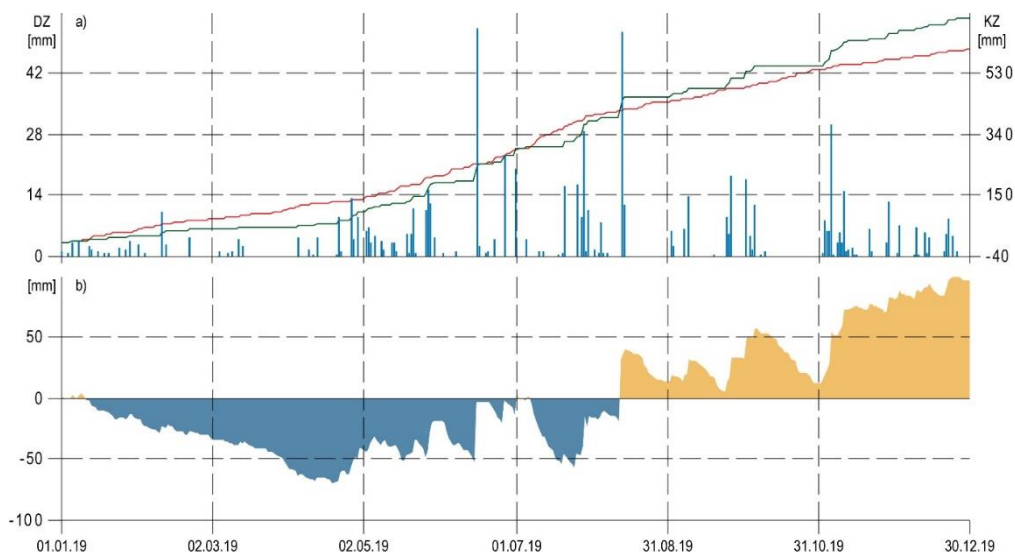
#### d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc Vyšný Čaj s indikatívom 60100 (obr. 4.11.8 a 4.11.9). Informácia o zrážkových úhrnoch na stanici Lipany je uvedená v podkapitole 1.4.8 (lokalita Ďačov).

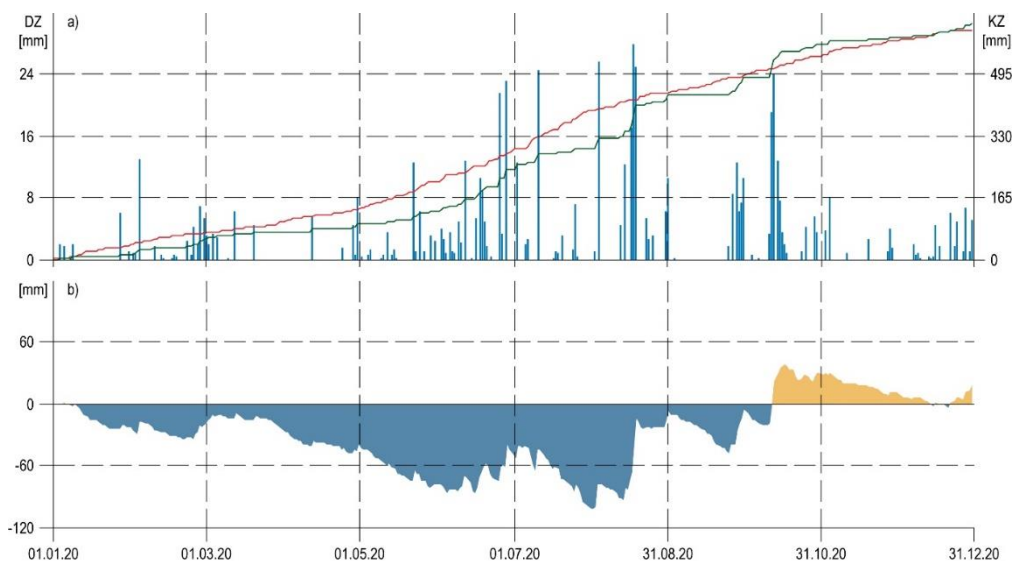
Na stanici Vyšný Čaj dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2019, dosiahol 613,37 mm; maximálny ročný úhrn 699,2 mm (rok 2019); priemerný mesačný úhrn 51,1 mm a maximálny mesačný úhrn 189,3 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 22. júna 2011 do 22. júla 2011) dosiahol 203,2 mm.

V roku 2019 bol nameraný zrážkový úhrn 984,9 mm, čo predstavuje až 163,43 % dlhodobého priemeru a preto je ho možné charakterizovať ako mimoriadne vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn, zaznamenaný počas januára, dosiahol 140,9 mm a najvyšší denný úhrn bol nameraný 22. mája s hodnotou 42,2 mm. Najsuchším mesiacom bol apríl, kedy spadlo 23,2 mm zrážok. Najvyššia tridsaťdňová hodnota kumulatívnych zrážok bola dosiahnutá v období od 10. augusta do 9. augusta (167,8 mm), naopak, najsuchšie tridsaťdňové obdobie bolo pozorované od 31. marca do 30. apríla. Počas tohto obdobia bol nameraný kumulatívny úhrn 23,2 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2019 trvalo 9 dní (od 20. decembra do 28. decembra) s úhrnom zrážok za toto obdobie 64,8 mm.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 632,20 mm, čo zodpovedá 103,07 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas augusta (130,6 mm) a najvyšší denný úhrn 18. augusta (27,9 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 12,1 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 2. augusta do 1. septembra (141,10 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 13. marca do 12. apríla), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,5 mm.



Obr. 4.11.8. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Vyšný Čaj (indikatív 60100); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2018 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK).



Obr. 4.11.9. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Vyšný Čaj (indikatív 60100); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2019 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK).

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Vyšný Čaj sú monitorovacie aktivity zabezpečované formou inklinometrických a režimových meraní v blízkosti miestneho cintorína. Pri hodnotení nameraných výsledkov pohybovej aktivity v roku 2020, možno konštatovať, že pohybová aktivita nad 1 mm bola nameraná len vo vrte VČI-2 počas júlového merania. V porovnaní s predchádzajúcim rokom bol v tomto vrte nameraný mierny nárast pohybovej aktivity. Vo vrte VČI-1, počas jednotlivých kontrolných meraní, nepresiahli etapové prírastky deformácie 0,7 mm.

Sledované režimové ukazovatele poukazujú na pozitívny vývoj hlavne v prípade zmien hĺbky hladiny podzemnej vody. Pokles hladiny podzemnej vody v roku 2020 prekročil dlhodobý minimálny stav. Vrt VČHG-3 bol počas celého všetkých meraní suchý.

Pri hodnotení účinnosti hĺbkovej drenáže, ktorá 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 2020 došlo k miernemu poklesu výdatnosti v jedinom funkčnom odvodňovacom vrte VČSHV-2. Vrt VČSHV-1 bol väčšinu roka suchý alebo zaliaty vodou.

Ďalším nedostatkom, ktorý však súvisí so samotným monitorovaním, je nízka frekvencia režimových pozorovaní. Riešením súčasnej situácie je inštalácia automatických hladinomerov a prietokomerov.

V roku 2021 je plánované pokračovať v monitorovacích meraniach. Rozsah a frekvencia režimových pozorovaní a inklinometrických meraní budú zachované ako v roku 2020.

#### 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 2019 a 2020

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2019 a 2020, sú zhrnuté v tab. 4.12.1.

Tab. 4.12.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Šenkvice v rokoch 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
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 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania

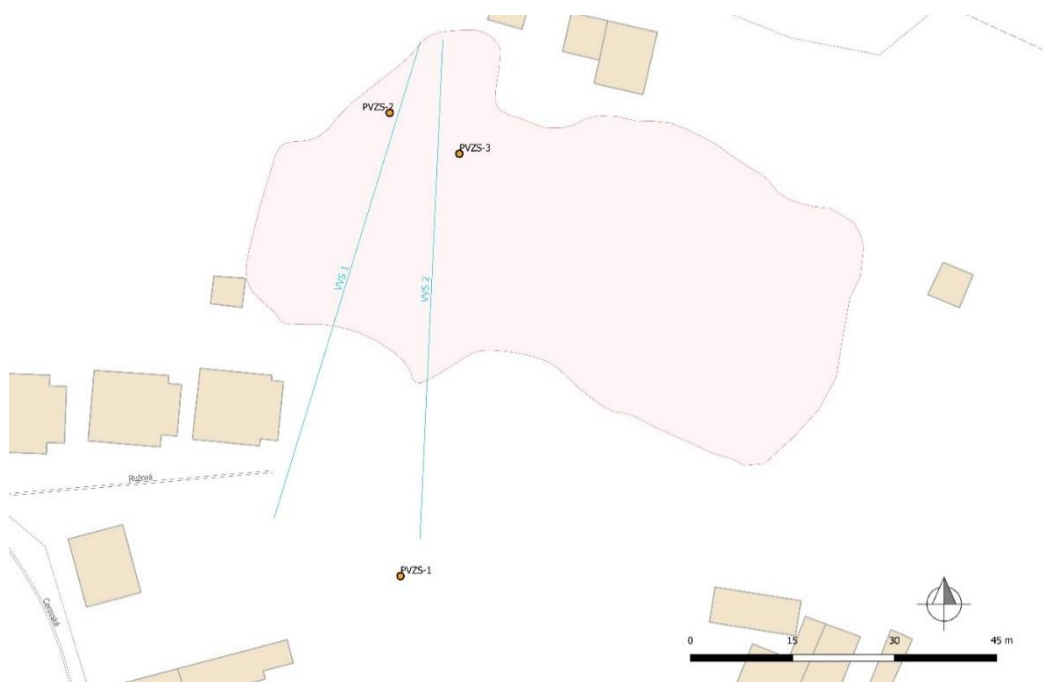
###### a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami

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 2019 a 2020 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke.

Vo vrte PVZS-1 bola v roku 2019 maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 10,84 m pod terénom (154,31 m n. m.; 10. február), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrný pokles, a to o 0,12 m. Na podobnej úrovni, bez výraznejších zmien, sa hladina udržala do začiatku júna, kedy začala mierne klesať. Minimálny stav dosiahla 29. októbra s hĺbkou 11,74 m (153,41 m n. m.). Z obr. 4.12.2 jednoznačne vyplýva, že počas väčšej časti roka sa hladina nachádzala pod úrovňou tretieho kvartilu, odvodeného z meraní v predchádzajúcom období. Zrážková činnosť sa na jej priebehu prejavovala len minimálne – zimné a jarné zrážky. V tejto súvislosti treba uviesť, že daný stav je výsledkom hĺbkového odvodnenia, ktoré bolo na lokalite budované postupne od roku 2011. Najväčší účinok má jednoznačne stabilizačno-drenážne rebro, po vybudovaní ktorého dochádza každoročne k poklesu hladiny. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2019 dosiahla 11,3 m pod terénom (153,53 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2018 len nepatrná zmena (vzostup o 0,12 m). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,90 m. V porovnaní s rokom 2018 sa táto hodnota zmenila len nepatrne. Prvý kvartil z nameraných

hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 11,60 m pod terénom, 2. kvartil 11,31 m pod terénom a 3. kvartil 11,10 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody vykazovala len veľmi malé zmeny. V roku 2019 sa nachádzala na úrovni 11,3 °C.



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

Tab. 4.12.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomeri na lokalite Šenkvice v roku 2019.

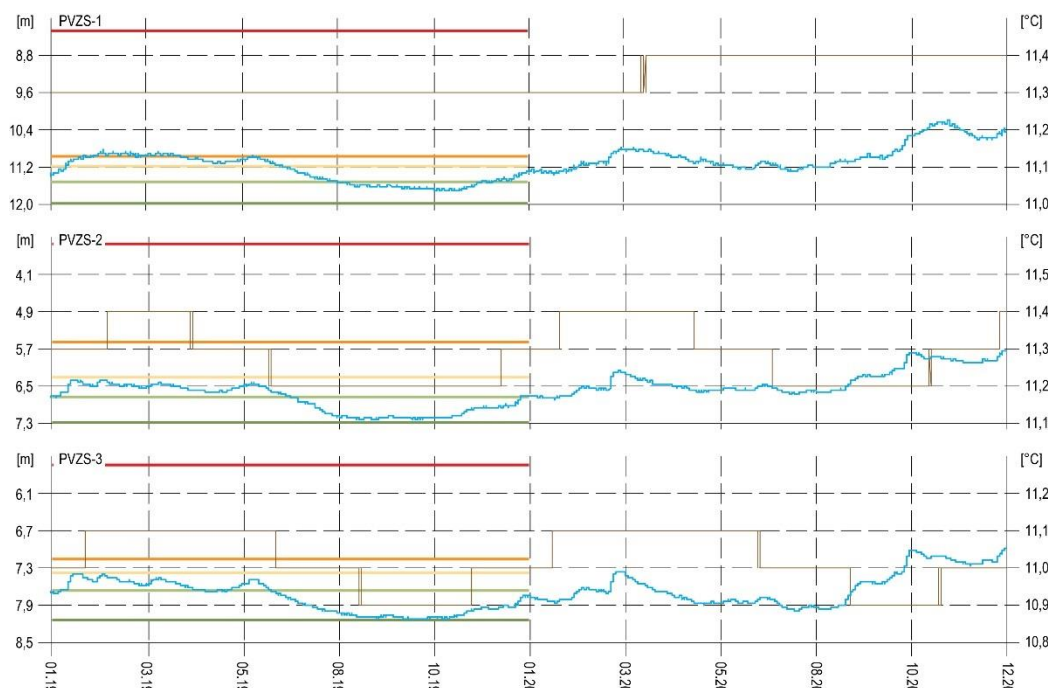
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PVZS-1	8760	10,84	154,31	10. 2. 2019	11,74	153,41	29. 10. 2019	11,30	153,85	0,90
PVZS-2	8760	6,37	147,03	10. 2. 2019	7,24	146,16	25. 8. 2019	6,81	146,59	0,87
PVZS-3	8760	7,39	145,37	18. 1. 2019	8,14	144,62	8. 10. 2019	7,80	144,96	0,75

V roku 2020 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 15. novembra v hĺbke 10,21 m pod terénom (154,94 m n. m.). Počas celého roka mala hladina podzemnej vody mierne vzostupný charakter, čo nekorešponduje z predchádzajúcim obdobím, pre ktoré, vďaka vybudovaniu drenážno-stabilizačného rebra, bol príznačný zostupný charakter. Nárast maximálnej hladiny podzemnej vody o 0,63 m považujeme za významný. Minimálny stav bol nameraný 20. januára s hĺbkou 11,34 m (153,41 m n. m.). Z obrázku 4.12.2 jednoznačne vyplýva, že počas väčšej časti roka sa hladina nachádzala nad úrovňou tretieho kvartilu, odvodeného z meraní z predchádzajúceho obdobia. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 10,96 m pod terénom (154,19 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2019 vzostup o 0,34 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,16 m. V porovnaní s vlaňajším rokom sa táto hodnota vzrástla. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 11,19 m pod terénom, 2. kvartil 11,07 m pod terénom a 3. kvartil 10,84 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody, podobne ako v predchádzajúcom období, mala len veľmi malé zmeny. V roku 2020 sa pohybovala v intervale 11,3 až 11,4 °C.

Tab. 4.12.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Šenkvice v roku 2020.

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	8784,00	10,21	154,94	15. 11. 20	11,37	153,78	20. 01. 20	10,96	154,19	1,16
PVZS-2	8784,00	5,74	147,66	29. 12. 20	6,79	146,61	20. 01. 20	6,39	147,01	1,05
PVZS-3	8784,00	6,98	145,78	31. 12. 20	8,00	144,76	22. 07. 20	7,62	145,14	1,02



Obr. 4.12.2. Zmeny úrovne hladín a teplôt podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomerami v rokoch 2019 a 2020, 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.

Vo vrte PVZS-2 bola v roku 2019 maximálna hladina podzemnej vody nameraná, podobne ako vo vrte PVZS-1, 10. februára (6,37 m pod terénom; 147,03 m n. m. – tab. 4.12.3, obr. 4.12.3), po jej výraznejšom januárovom vzostupe. Po uvedenom termíne až do začiatku júna mierne kolísala a následne začala klesať. Tento trend pretrval do druhej polovice augusta, kedy dosiahla minimálny stav (7,24 m pod terénom; 146,16 m n. m.). Ide o podobnú hodnotu, aká bola nameraná v roku 2018. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2019 dosiahla 6,81 m pod terénom (146,59 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2018 predstavuje len nepatrnú zmenu, a to vzostup o 0,02 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,87 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 7,15 m pod terénom, 2. kvartil 6,73 m pod terénom a 3. kvartil 6,52 m pod terénom.

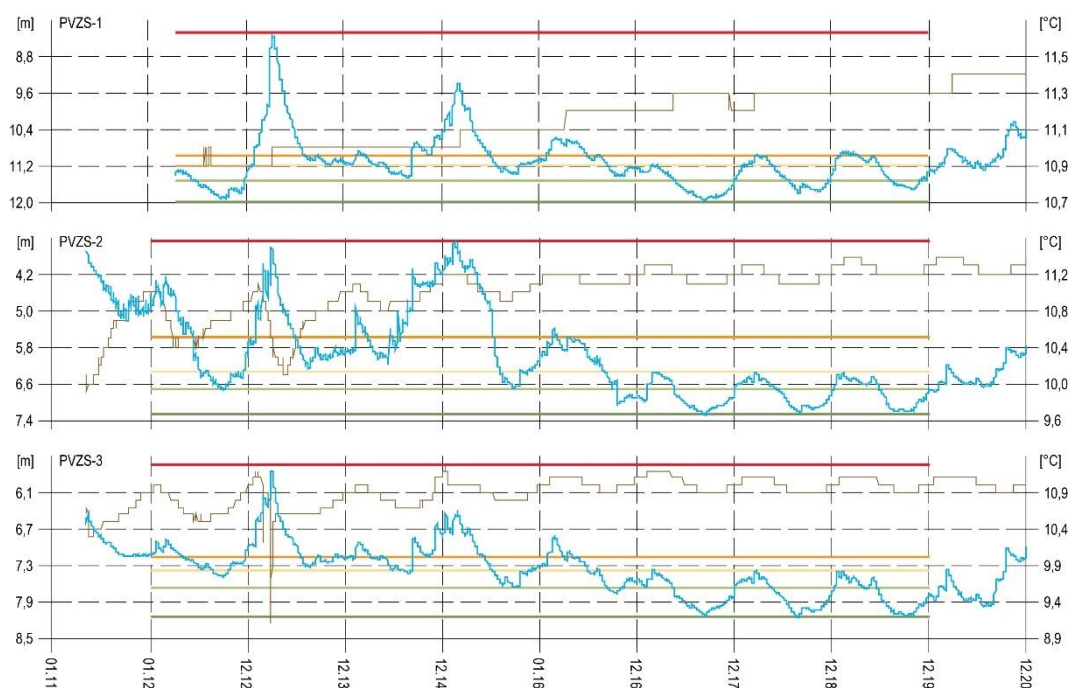
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,4 °C 12. februára, naopak, najnižšia teplota (11,2 °C) bola zaznamenaná 16. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,27 °C.

V roku 2020, podobne, ako vo vrte PVZS-1, bol pozorovaný vzostupný trend hladiny podzemnej vody. Minimálna hladina podzemnej vody (6,79 m pod terénom; 146,61 m n. m.) bola zaznamenaná na začiatku roka (20. januára) a naopak, maximálna (5,74 m pod terénom; 147,66 m n. m.) na konci roka (29. decembra). Výraznejšie zmeny hladiny podzemnej vody súviseli so zimnými a jesennými zrážkami (obr. 4.12.2). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej

vody v roku 2020 dosiahla 6,39 m pod terénom (147,01 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2019 predstavuje vzostup o 0,42 m. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 1,05 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádzal na úrovni 6,6 m pod terénom, 2. kvartil 6,52 m pod terénom a 3. kvartil 6,20 m pod terénom. Z uvedeného vyplýva, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k zhoršeniu všetkých sledovaných ukazovateľov.

Kolísanie teploty podzemnej vody bolo rovnaké ako v roku 2019; maximálna – 11,4 °C a minimálna teplota – 11,2 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,30 °C.

Vo vrte PVZS-3 bola v roku 2019 maximálna hladina podzemnej vody nameraná 18. januára (7,39 m pod terénom; 145,37 m n. m. – čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles len o 0,02 m). Klesajúci charakter mala hladina až do začiatku septembra. V nasledujúcich dvoch mesiacoch si udržala relatívne nízky stav s minimálnym kolísaním. Najnižšia úroveň s hĺbkou 8,14 m (144,62 m n. m.) bola dosiahnutá 8. októbra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2019 dosiahla 7,80 m pod terénom (144,96 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2018 identická hodnota (rovnaká hodnota bola zaznamenaná aj v roku 2017). Podobný charakter hladiny podzemnej vody, ktorý sa opakuje už štvrtý rok po sebe jednoznačne dokumentuje efektívnosť realizovaného stabilizačno-odvodňovacieho prvku, situovaného v telese zosuvu. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,75 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 8,50 m pod terénom, 2. kvartil 7,76 m pod terénom a 3. kvartil 7,56 m pod terénom.



Obr. 4.12.3. Dlhodobé zmeny úrovne hladín a teplôt podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi v rokoch 2011 až 2020, 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.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,1 °C 27. januára, naopak, najnižšia teplota (10,9 °C) bola zaznamenaná 23. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,02 °C.

V roku 2020 dosiahla maximálna hladina podzemnej vody 6,98 m, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,41 m. Nameraná bola, podobne ako v prípade vrto PVZS-1 a PVZS-2, na konci roka (31. decembra). Najnižšia úroveň hladiny podzemnej vody bola nameraná 22. júla (8,0 m pod terénom). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo spôsobené zimnými a jesennými zrážkami. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 7,62 m pod terénom (144,96 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2019 len mierny vzostup (o 0,18 m). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,02 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,86 m pod terénom, 2. kvartil 7,7 m pod terénom a 3. kvartil 7,39 m pod terénom.

Kolísanie teplôt bolo identická ako v roku 2019. Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla 11,1 °C, minimálna 10,9 °C a priemerná 11,02 °C.

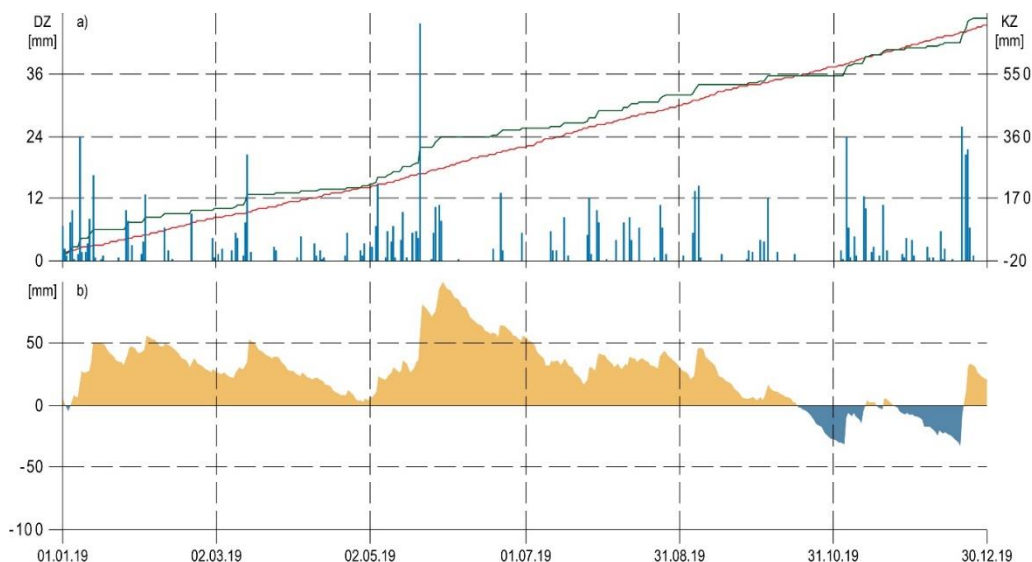
Z dlhodobého hľadiska (obr. 4.12.3) je možné konštatovať, že na zmenách hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch sa výraznejšie prejavujú zimné a jarné zrážky (najmä v roku 2013). K výraznejším zmenám hladiny podzemnej vody dochádzalo do roku 2015. Relatívne malé zmeny hĺbky sú pozorované v rokoch 2016 až 2019. V roku 2020, po dlhšom období, dochádza vo všetkých vrtoch k vzostupu hladiny podzemnej vody. Pokles hladiny bol spojený s realizáciou stabilizačno-drenážneho rebra v roku 2015. Aktuálny vzostup hladiny podzemnej vody pripisujeme intenzívnejším zrážkam na konci hodnoteného roka, nevylučujeme však ani kolmatáciu odvodňovacieho potrubia, v dôsledku ilegálneho napojenia splaškovej kanalizácie. Celkovo však možno konštatovať, že vďaka sanačnému opatreniu boli zaznamenané podstatne nižšie hodnoty úrovne hladiny podzemnej vody ako pred jeho vybudovaním. Zásadne sa zmenil aj teplotný režim podzemnej vody.

#### b/ Merania zrážkových úhrnov

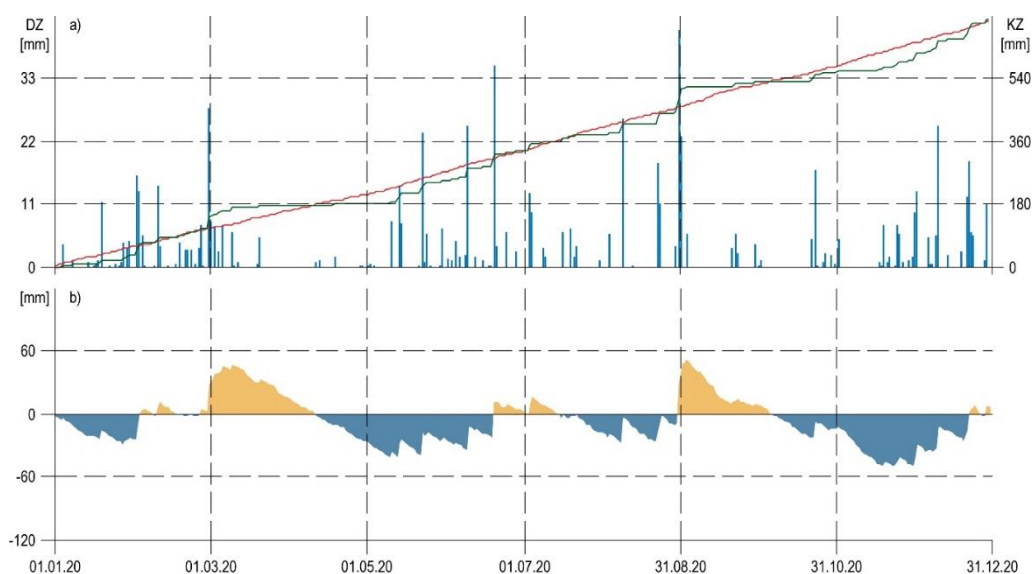
Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Modra s indikatívom 18060 (obr. 4.12.4 a 4.12.5). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1990 do 31. decembra 2019 predstavuje 701,16 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1093,7 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 58,4 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 2019 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 727,8 mm, čo zodpovedá 103,94 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. V roku 2019 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas mája (151,3 mm) a najvyšší denný úhrn 22. mája (45,9 mm). Najsuchším mesiacom bol jún s 17,1 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 30. apríla do 30. mája (151,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 5. októbra do 4. novembra), sumárny zrážkový úhrn dosiahol len 4,6 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2019 trvalo 14 dní (od 1. januára do 14. januára) s úhrnom zrážok za toto obdobie 83,3 mm.

V roku 2020 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 834,8 mm, čo zodpovedá 119,06 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. V roku 2020 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas októbra (188,2 mm) a najvyšší denný úhrn 13. októbra (43,9 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 3,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. septembra do 18. októbra (216,4 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 21. marca do 20. marca) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 3,5 mm.



Obr. 4.12.4. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Modra (indikatív 18060); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2018 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK).



Obr. 4.12.5. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Modra (indikatív 18060); a – modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZD), červená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK), zelená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2019 kumulatívne (ZK); b – prebytok (žltá) a deficit (modrá) kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2020 (ZK).

### 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 v roku 2020 je možné konštatovať, že vo všetkých vrtoch došlo k vzostupu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. Zároveň, v porovnaní s rokom 2019 stúpili všetky sledované ukazovatele. Hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch naďalej odrážajú vývoj klimatických faktorov, pozorovaných na stanici SHMÚ Modra, avšak ich prejavy sú v porovnaní so záznamami z obdobia pred sanáciou podstatne menšie.



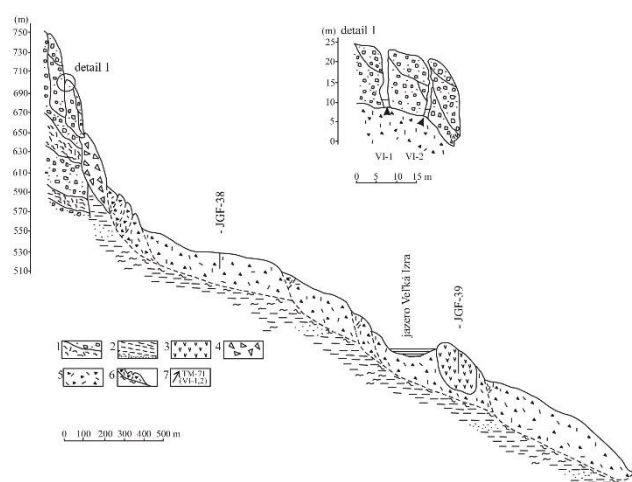
Žiaľ, ani v roku 2020 nebolo možné zabezpečiť merania výdatnosti zo spomenutých odvodňovacích zariadení. Bráni tomu skutočnosť, že na zosuvnej lokalite nie je dodnes definitívne vyriešené hospodárenie so splaškovými vodami. Tieto vody nelegálne vytekajú do vybudovaného drenážneho potrubia a sú odvádzané do povrchového recipienta. Na túto skutočnosť boli upozornení i zástupcovia miestnej samosprávy. Vzhľadom na vzostup hladiny podzemnej vody je odôvodnené podozrenie z kolmatácie odvodňovacieho potrubia splaškovými vodami.

V roku 2021 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach, zabezpečovaných automatickými hladinomerami.

### 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.



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 2019 a 2020 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Veľká Izra sa v každom z rokov 2019 a 2020 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.

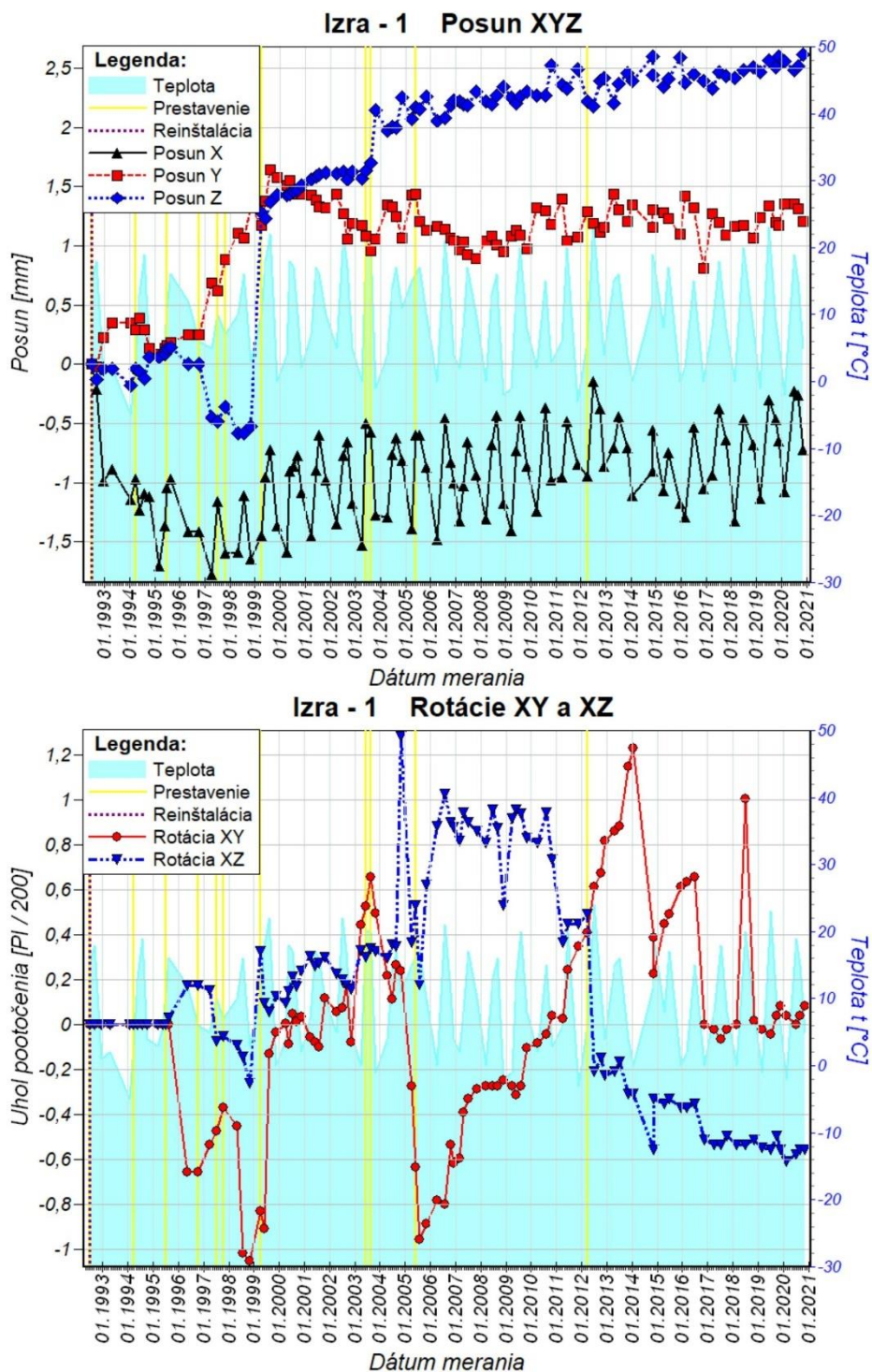
Tab. 4.13.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Izra v rokoch 2019 a 2020

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	VI-1 (horný)	2019 – 4x 26. február, 3. júl, 3. október, 26. november)
			2020 – 4x 21. február, 1. júl, 3. september, 11. november

#### a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v roku 2019 (obr. 4.13.2) preukázali stagnáciu pohybu v smere osi X (rozširovanie trhliny), nárast šmykového posunu pozdĺž trhliny (os Y) o 0,105 mm a zväčšenie poklesu horného bloku voči masívu (os Z) o 0,099 mm. V roku 2020 bol zaznamenaný slabý posun vo všetkých troch monitorovaných smeroch – 0,072 mm (os X), 0,029 mm (os Y) a 0,015 mm (os Z). Celkové hodnoty posunu v jednotlivých smeroch (od roku 1992) dosahujú 0,722 mm, 1,201 mm a 2,615 mm. Priemerná rýchlosť posunu v žiadnom smere nepresahuje hodnotu 0,1 mm.rok<sup>-1</sup>. Rotácie v rovinách XY a XZ nie sú významné. Vo vodorovnej rovine (XY) pohyb

stagnuje od konca roku 2016, vo vertikálnej (XZ) pomaly narastal a koncom roka 2020 dosiahol 0,557 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

Dlhodobý zrážkový priemer za obdobie od 1. 1. 2001 do 31. 12. 2019 na stanici SHMÚ v Slanskej Hute (indikatív 51160) je 758,7 mm. V roku 2019 bol zrážkový úhrn 823,2 mm (čo

predstavuje 109,0 % dlhodobého úhrnu a charakterizuje normálny rok). V roku 2020 ročný zrážkový úhrn 803,2 mm, čo predstavuje 105,9 % (normálny rok).

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

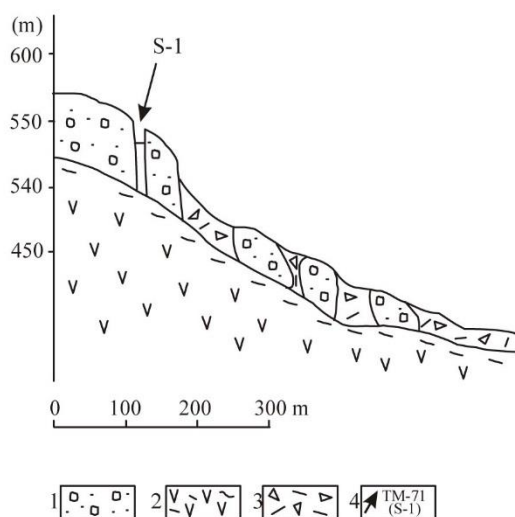
Výsledky doterajších meraní potvrdzujú pozvoľné poklesávanie vrchného monitorovaného bloku voči masívu (celkovo 2,615 mm), dlhodobú stagnáciu (od roku 2010) šmykového pohybu bloku pozdĺž trhliny a dlhodobú osciláciu pomalého otvárania a zatvárania trhliny v rozmedzí cca 0,4 – 1,4 mm.

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).



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 2019 a 2020 a ich celkové zhodnotenie

Hodnoty posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 sa v roku 2019 aj 2020 odčítali štyrikrát, pričom v novembri 2020 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 2019 a 2020

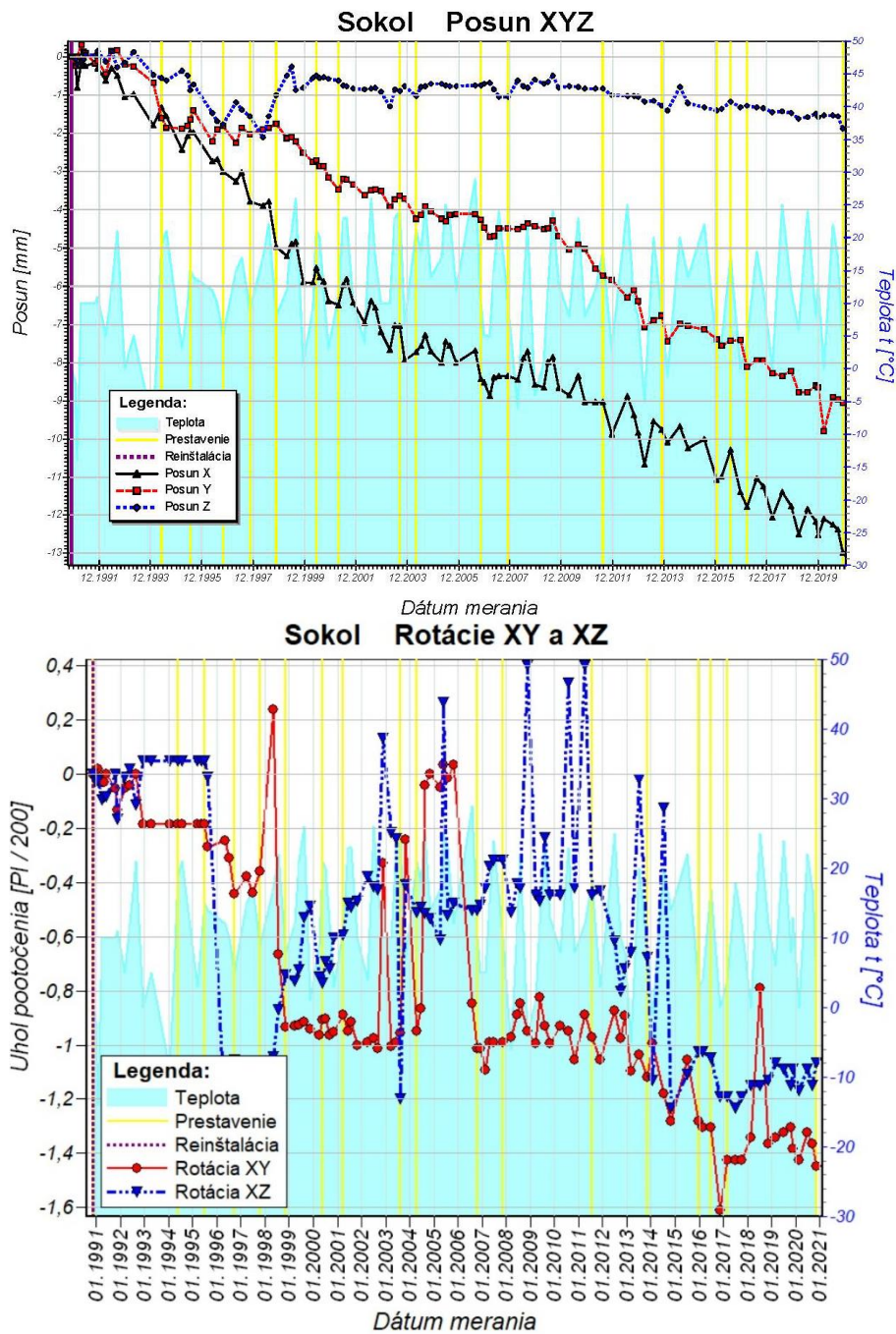
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	S-1	2019 – 4x 26. február, 3. júl, 3. október, 26. november)
			2020 – 4x 21. február, 1. júl, 3. september, 11. november*

\* – prestavenie prístroja

#### a/ Meranie deformácií dilatometrom

Trend narastania pohybu sa v rokoch 2019 a 2020 (obr. 4.14.2) preukázal vo všetkých troch meraných smeroch (X, Y, Z), ale najviac v smere osi X (otváranie trhliny) a Y (šmykový posun pozdĺž trhliny). Otváranie trhliny (os X) vzrástlo v roku 2019 o 0,766 mm, v roku 2020 o 0,468 mm a celkovo (od roku 1990) dosiahlo 12,980 mm. Šmykový posun bloku pozdĺž trhliny (os Y) v roku 2019 narástol o 0,426 mm, v roku 2020 o 0,423 mm na celkových 9,059 mm. V smere osi Z (pokles bloku voči masívu) bol v roku 2019 zaznamenaný posun

o 0,110 mm, v roku 2020 narástol o 0,301 mm. Celkový pokles za 30 rokov je 1,951 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 v roku 2019 dosiahol 706 mm a v roku 2020 stúpil na úroveň 792,9 mm.

### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

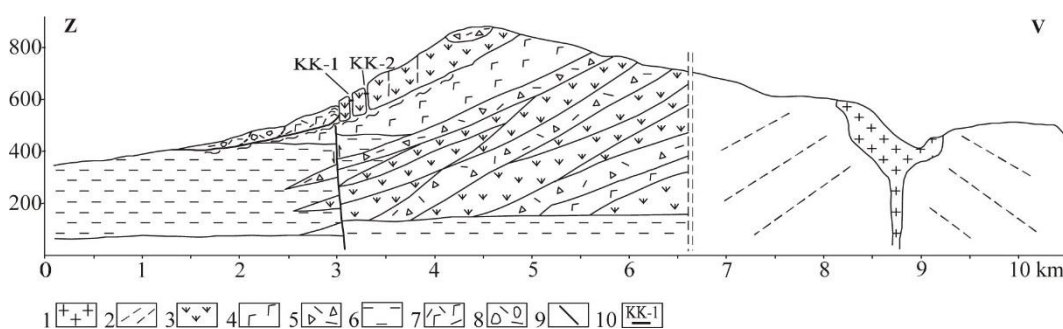
V rokoch 2019 a 2020 pokračoval pomalý pokles bloku voči masívu, ktorý sa ustálil na hodnote 1,951 mm. Dlhodobý trend šmykového posunu bloku pozdĺž trhliny, ako aj jej otváranie pokračovalo v rokoch 2019 a 2020. Celkový šmykový posun dosiahol ku koncu roka 2020 už 9,059 mm a celkové otvorenie trhliny 12,980 mm. Priemerná rýchlosť posunov v osiach X, Y a Z je  $0,433 \text{ mm.rok}^{-1}$ ,  $0,302 \text{ mm.rok}^{-1}$  a  $0,065 \text{ mm.rok}^{-1}$ .

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 2019 a 2020 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite sa v každom z uvedených rokov vykonali 4 odčítania na oboch dilatometroch, pričom KK-1 bol v novembri 2019 prestavený (tab. 4.15.1). V rokoch 2019 a 2020 pokračoval zber údajov zo zrážkomernej stanice Herľany.

Tab. 4.15.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Košický Klečenov v rokoch 2019 a 2020

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	2	KK-1 (dolný)	2019-4x (26. február, 3. júl, 3. október, 26. november*)
		KK-2 (horný)	2019-4x (26. február, 3. júl, 3. október, 26. november)
		KK-1 (dolný)	2020-4x (21. február, 1. júl, 3. september, 11. november)
		KK-2 (horný)	2020-4x (21. február, 1. júl, 3. september, 11. november)

\* – prestavenie prístroja

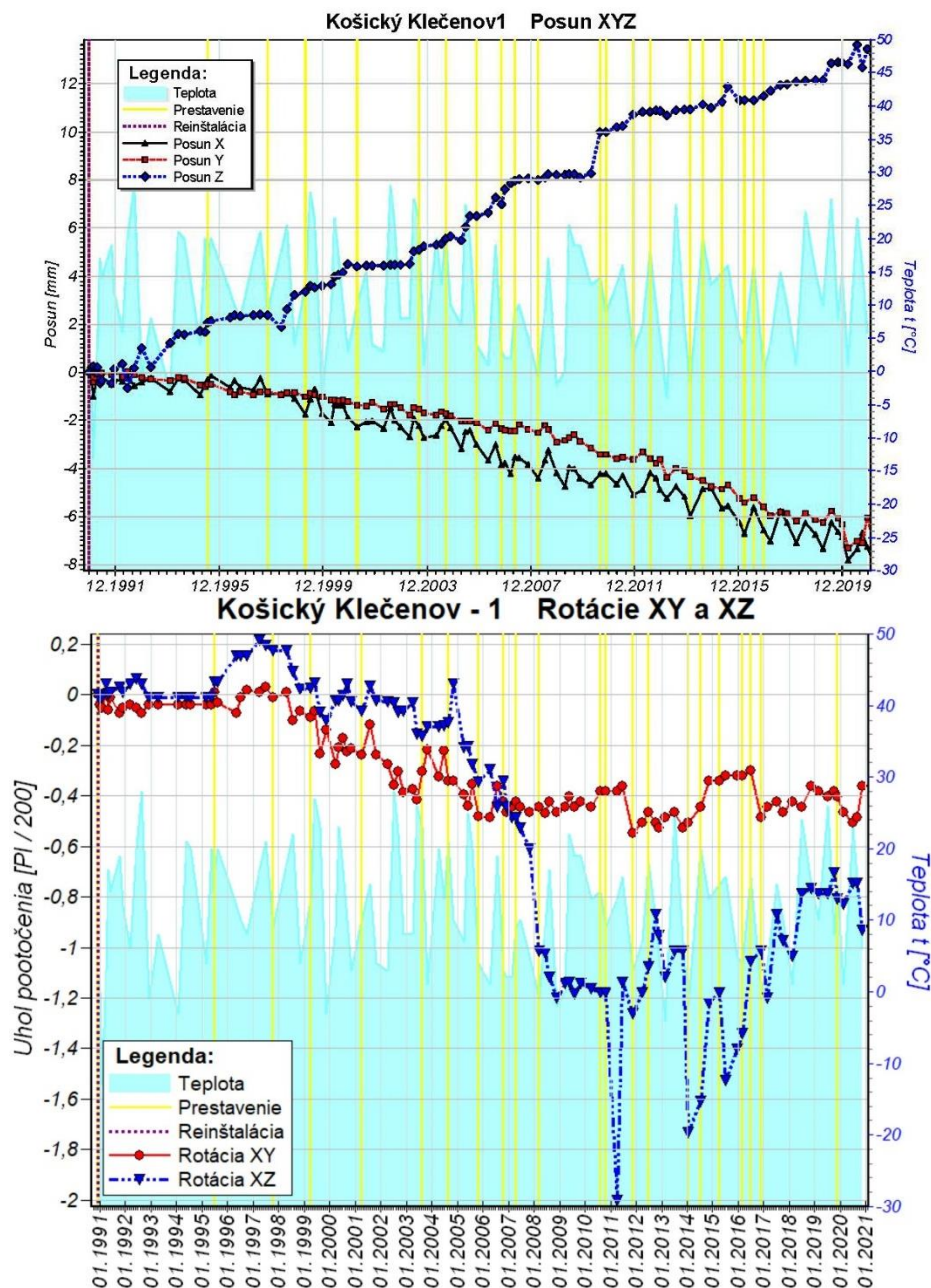
#### a/ Meranie deformácií dilatometrami

V rokoch 2019 a 2020 prístroj KK-1 (dolný) preukázal pokračujúci trend pohybu spodného (okrajového) bloku v smere všetkých troch osí, avšak s rozdielnou intenzitou (obr. 4.15.2). Najvýraznejším pohybom v roku 2019 bol pokles bloku (os Z), ktorý narástol v roku 2019 o 0,735 mm a v roku 2020 o 0,567 mm na celkových 13,443 mm ( $\bar{\Delta}$  0,448 mm za 30 rokov). Kým v roku 2019 sa trhlina rozšírila (os X) o 0,097 mm, v roku 2020 až o 0,420 mm na celkových 7,268 mm. Pohyb pozdĺž trhliny (os Y) v roku 2019 dosiahol 0,228 mm a v roku 2020 0,770 mm, celkovo 7,090 mm.

Merania prístrojom KK-2 (horný) v roku 2019 preukázali slabý nárast posunu pozdĺž osi X (otváranie trhliny) a stagnáciu v roku 2020 (obr. 4.15.3). Celkové rozšírenie trhliny dosiahlo za 25 rokov hodnotu iba 0,139 mm. Šmykový posun (os Y) stagnoval v roku 2019 aj 2020 na celkovej hodnote cca 4,3 mm. Pokles horného bloku (os Z) je dlhodobou najrýchlejšou pohybovou



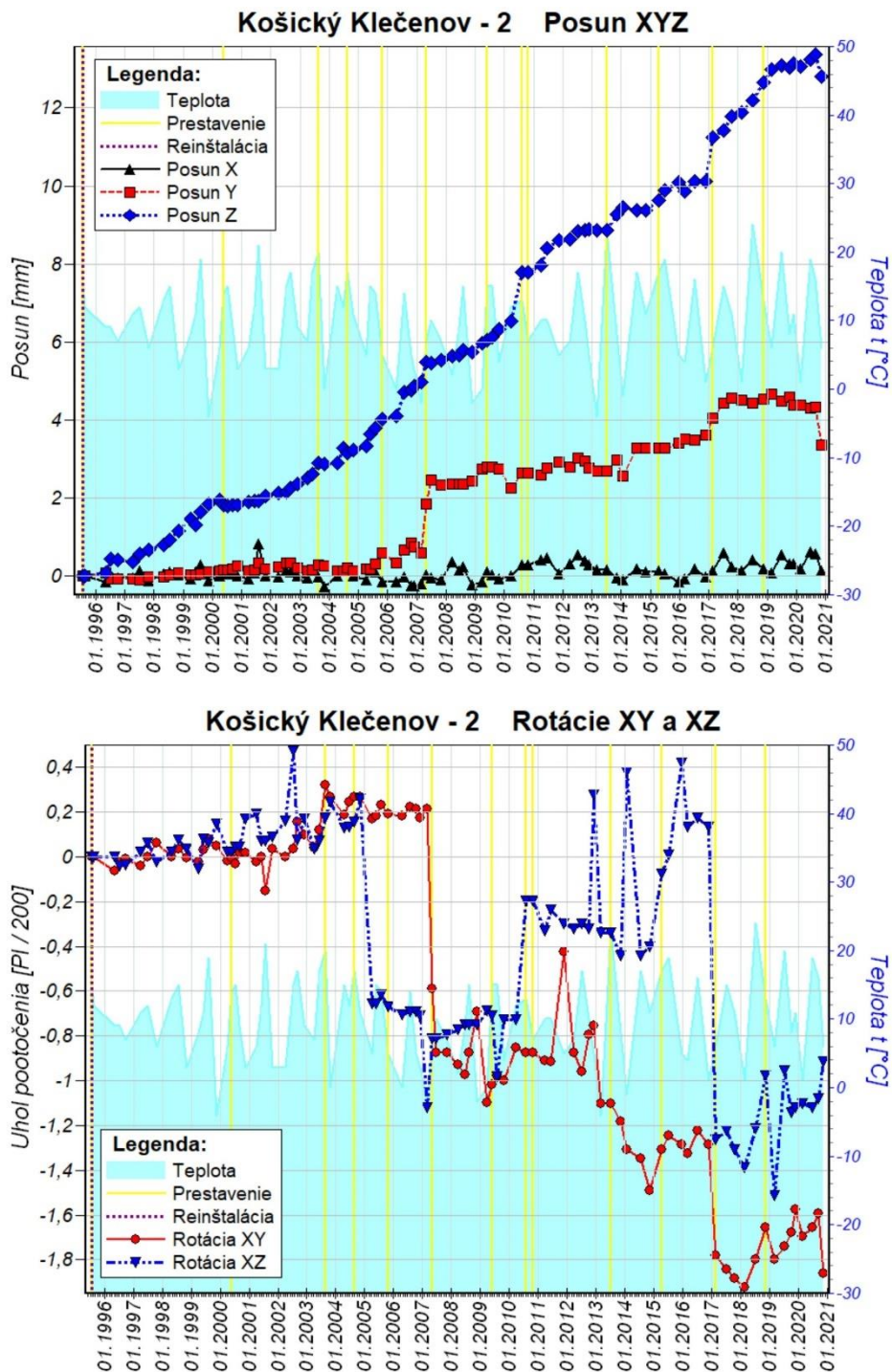
a jeho priemerná rýchlosť je  $0,528 \text{ mm.rok}^{-1}$ . V roku 2019 dosiahol pokles  $0,471 \text{ mm}$  a v roku 2020  $0,235 \text{ mm}$ , celkovo  $13,369 \text{ mm}$ . V porovnaní so spodným blokom klesá ten horný rýchlejšie.



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, t. j. za 30 (KK-1), resp. 25 rokov (KK-2). Spodný blok vykazuje veľmi slabú rotáciu vo vertikálnej rovine (v smere S-J), horný blok v horizontálnej rovine.



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

b/ Merania zrážkových úhrnov

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Herľany v roku 2019 predstavoval hodnotu 850,9 mm a v roku 2020 klesol na 795,1 mm.

### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Celkový šmykový posun (os *Y*) spodného bloku (KK-1) od roku 1990 narástol do konca roka 2020 na 7,090 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti  $0,236 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Rozšírenie trhliny (os *X*) dosiahlo celkovo 7,268 mm priemernou rýchlosťou  $0,242 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Aj v posledných dvoch (v smere osi *Z*) pokračoval pokles spodného bloku a na konci roka 2020 dosiahol 13,443 mm. Priemerná rýchlosť poklesu za 30 rokov je  $0,448 \text{ mm.rok}^{-1}$ .

Prístroj KK-2 monitoruje pohyb horného bloku voči horninovému masívu od roku 1995. V rámci jednotlivých smerov výrazne prevláda pokles, ktorý na konci roka 2020 celkových 13,369 mm. Blok klesá priemernou rýchlosťou  $0,528 \text{ mm.rok}^{-1}$ , t. j. rýchlejšie, než blok spodný. Šmykový posun bloku pozdĺž trhliny za posledné dva roky stagnoval pri hodnote cca 4,3-4,4 mm. Otváranie trhliny v roku 2019 narástlo o 0,109 mm, v roku 2020 stagnovalo na hodnote cca 0,139 mm.

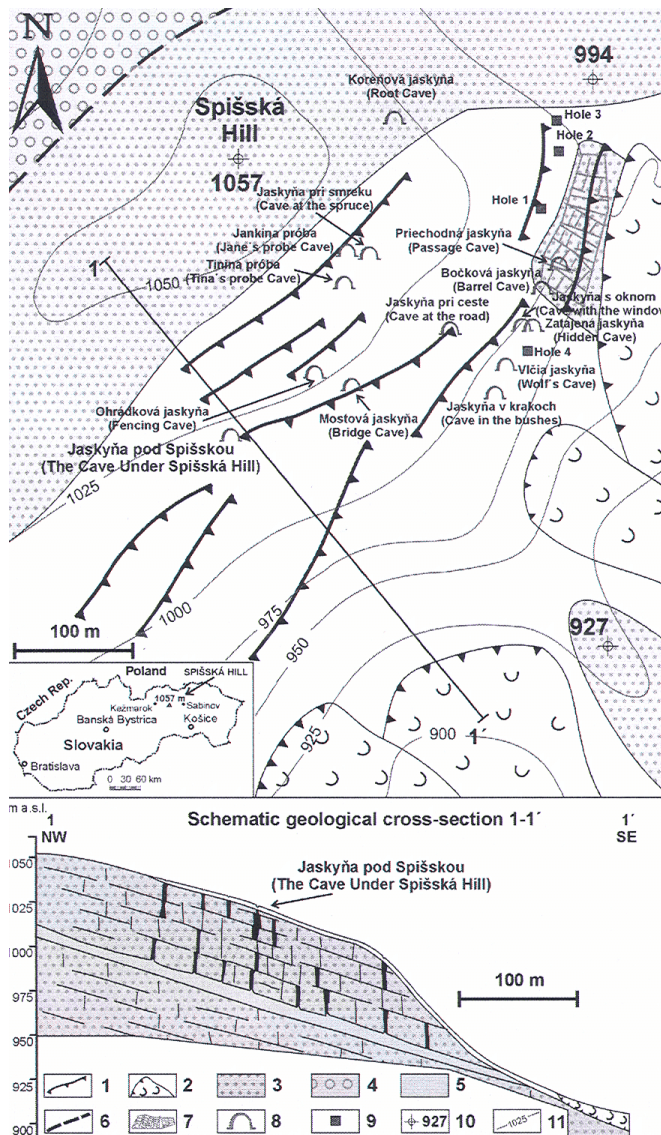
Najpravdepodobnejším vysvetlením recentnej aktivity oboch blokov je kombinovaný vplyv tektoniky (zdvih masívu pozdĺž S – J okrajového zlomu) a plazivého pohybu blokov, ktorý sa prejavuje ich nerovnomerným zabáraním, resp. vytláčaním. Merania v nasledujúcom období (vykonávané aspoň 4-krát ročne) môžu 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 – hrubolavcovitý flyš (pieskovec s tenkými polohami ílovcov), 4 – hrubolavcovitý flyš s konglomerátmi, 5 – predpokladaná poloha tenkolavcovitého flyšu, 6 – predpokladaný zlom, 7 – skalný odkryv, 8 – jaskyňa, 9 – povrchový otvor (prieduch), 10 – bod s udaním nadmorskej výšky, 11 – vrstevnica

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

#### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2019 a 2020 a ich celkové zhodnotenie*

Na lokalite Jaskyňa pod Spišskou sa v roku 2019 aj roku 2020 štyri odčítania hodnôt posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 (tab. 4.16.1). V roku 2020 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. 2019 a 2020.*

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	JS-1	2019 – 4 x (28. marec, 27. jún, 11. september, 25. november)
			2020 – 4x (3. apríl, 23. jún, 10. august, 26. november)

\* – prestavenie prístroja

#### a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v rokoch 2019 aj 2020 preukázali doterajší výrazný trend pohybu v smere osi X (otváranie trhliny) aj v smere osi Z (pokles bloku). Otvorenie v roku 2019 narástlo o 0,068 mm, v roku 2020 o 0,036 mm na celkových 0,908 mm. Trhlina sa rozširuje priemernou rýchlosťou 0,067 mm.rok<sup>-1</sup>. Pokles sa v roku 2019 stagnoval, ale v roku 2020 narástol o 0,118 mm. Celkový pokles od roku 2007 dosiahol 0,845 mm. Priemerná rýchlosť poklesávania bloku je 0,062 mm.rok<sup>-1</sup>. 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 pohyb stagnuje pri hodnote cca 0,09 mm. Rotácie bloku nie sú zatiaľ významné (obr. 4.16.2).

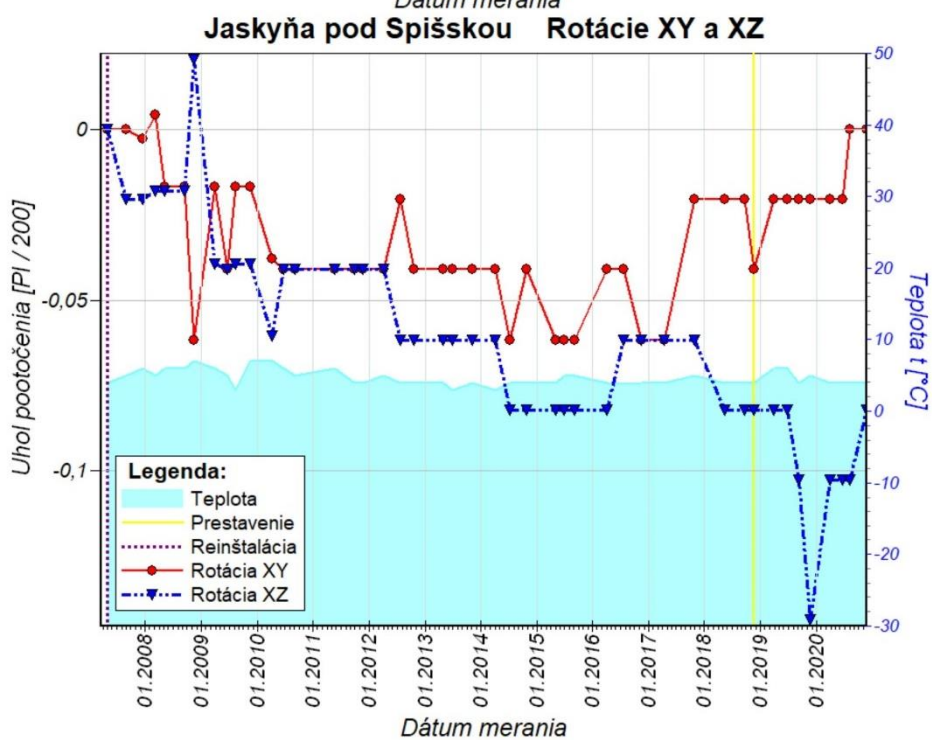
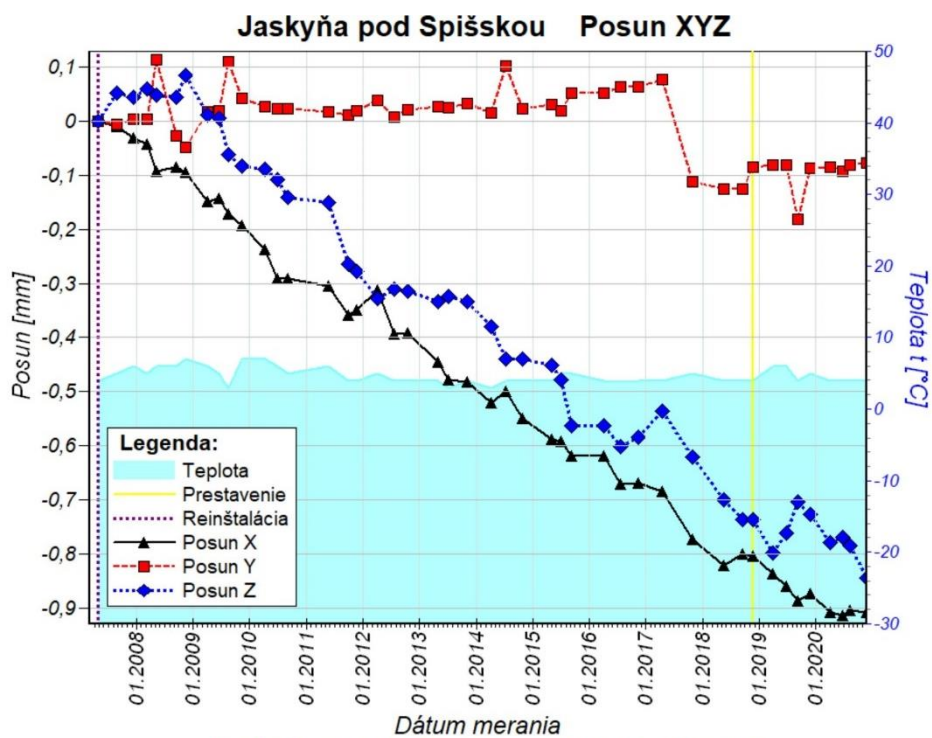
#### b/ Meranie zrážkových úhrnov

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Brezovica nad Torysou (indikatív 59040) dosiahol v roku 2019 hodnotu 746,2 mm, v roku 2020 klesol na 691,9 mm.

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Napriek pomerne krátkej dobe monitorovania (12,6 roka) preukazujú merania pokračujúci trend pomalého poklesávania monitorovaného bloku a rozširovania trhliny. 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 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).



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  $\pi/2000$  rádov).

#### 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 2019 a 2020*

V roku 2020 bolo na lokalite realizované jedno meranie mikromorfologických zmien. Prehľad termínov meraní za posledné dva roky je v tab. 4.17.1.

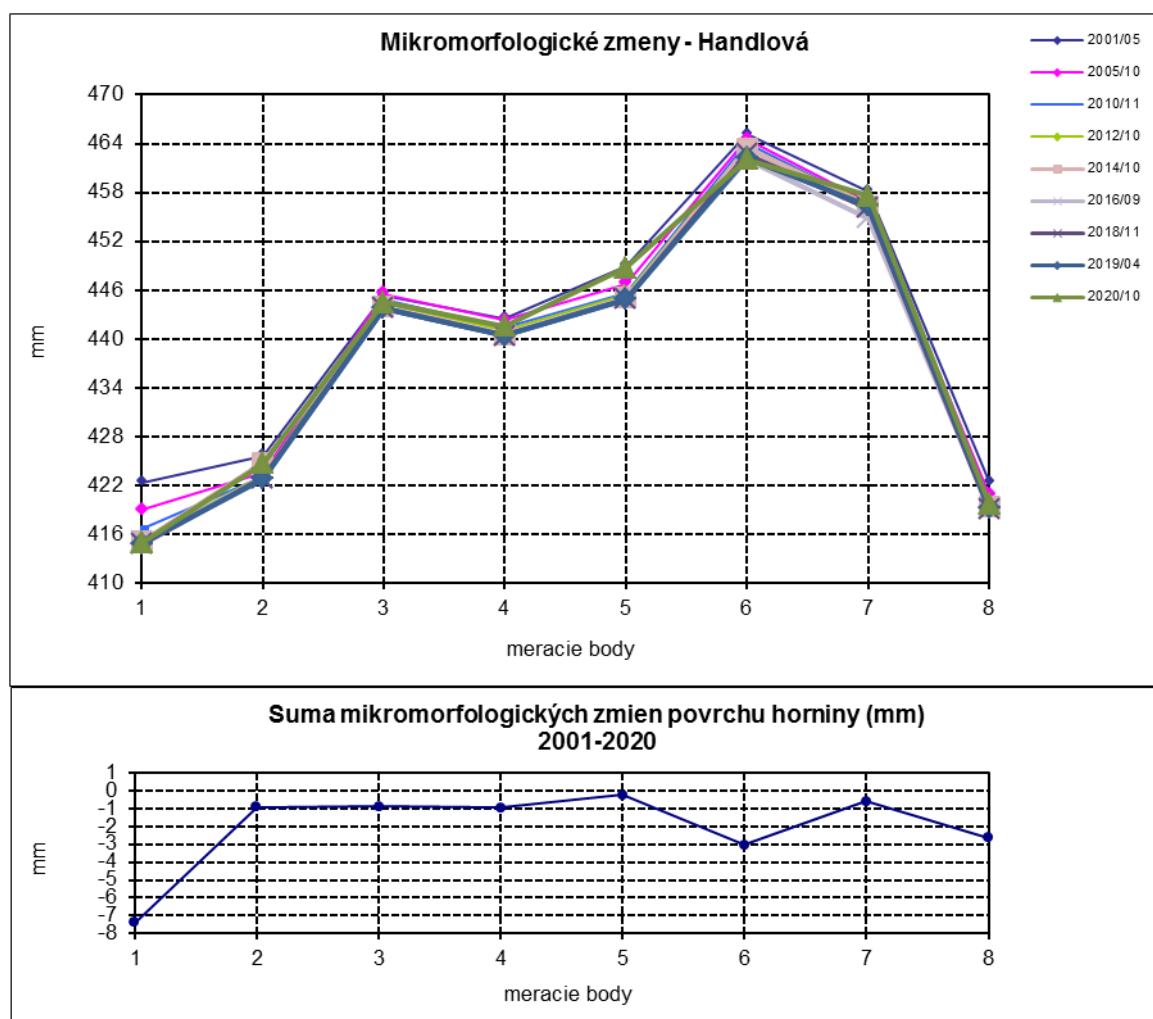
Tab. 4.17.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Baňa v rokoch 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	8	1 Stanovište MZ	1 (11. apríl)	1 (5. október)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

## Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania

### a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania boli v roku 2019 realizované 11. apríla a 5. októbra v roku 2020. 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 dochádza zrejme k rozpínaniu masívu – priemerne +1,16 mm za 18 mesiacov, s minimálnou hodnotou +0,14 mm a s maximálnou hodnotou +3,90 mm v bode 5 (obr. 4.17.2). Priemerný úbytok za celé monitorované obdobie (19 rokov) predstavuje -2,08 mm. Z obr. 4.17.2 vyplýva, že v rámci celého sledovaného profilu je ústup masívu relatívne rovnomerný, iba v bode 1 dosiahol ústup masívu hodnotu -7,40 mm, v bode 6 -3,04 mm.



Obr. 4.17.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2001 – 2020) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Handlová-Baňa (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 2001 – 2020).

### b/ Merania zrážkových úhrnov

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



### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

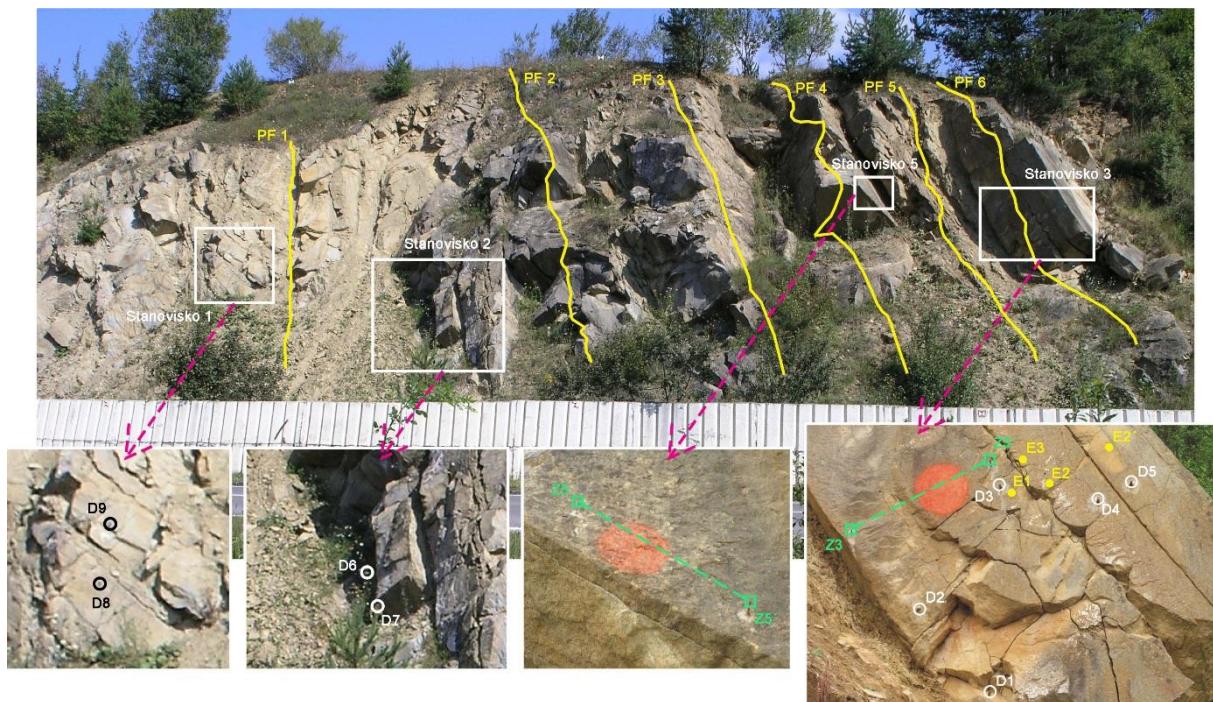
V roku 2020 v porovnaní s rokom 2019 došlo k relatívne významnej zmene správania masívu, pričom jeho priemerné ročné rozpínanie dosiahlo +1,16 mm za 18 mesiacov. Aj keď uvedený odkryv bezprostredne neohrozuje žiadny objekt infraštruktúry, odporúčame pokračovať v hodnotení zvetrávania a rozvoľňovania, 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 2021.

### 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 2019 a 2020

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2019 a 2020, sú zhrnuté v tab. 4.18.1.

Tab. 4.18.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Demjata v rokoch 2019 a 2020

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Dilatometrické merania: – Dilatometer Somet	6	E1, E2, E3, E2', E4, E5	1 (12.december)	1 (8.december)
– Meradlo posuvov	7	D1, D2, D3, D4, D5, D8, D9a	1 (12.december)	1 (8.december)
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	16	2 stanovištia MZ	1 (12.december)	1 (8.december)
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 2019 a 2020a za dlhšie obdobie pozorovania*

V rokoch 2020 fotogrametrické meranie na lokalite nebolo realizované, frekvencia fotogrametrických meraní je pozastavená, obnovená bude s ohľadom na rozsah dynamiky rozvoľňovania skalných blokov na monitorovanom záreze cestnej komunikácie a potenciálnym ohrozením prevádzky na nej.

a/ Dilatometrické merania

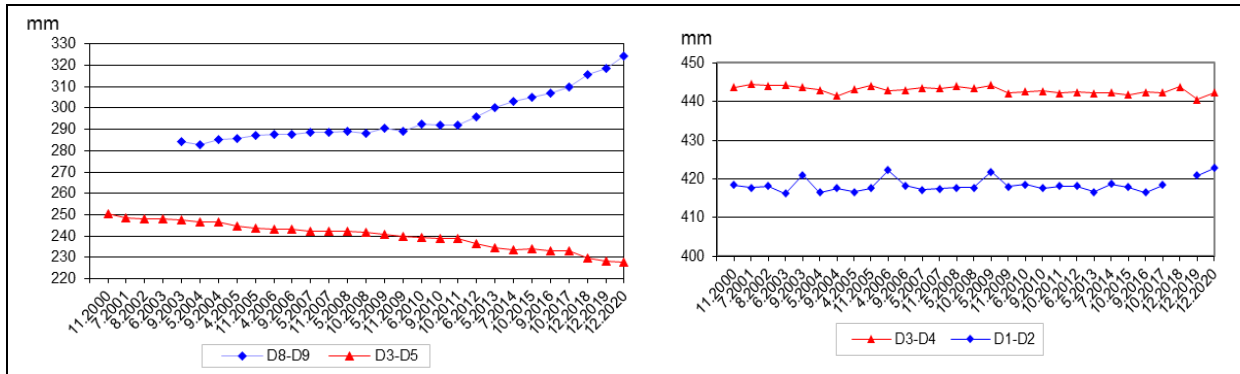
a1/ Dilatometer Somet

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 nachádza na opačnej stene zárezu cesty, inštalované je pre meradlo dĺžky 25 cm. V roku 2020 bolo zistené poškodenie meracieho bodu E4 v tomto profile a ukončené pozorovanie rozvoľňovania horninových blokov.

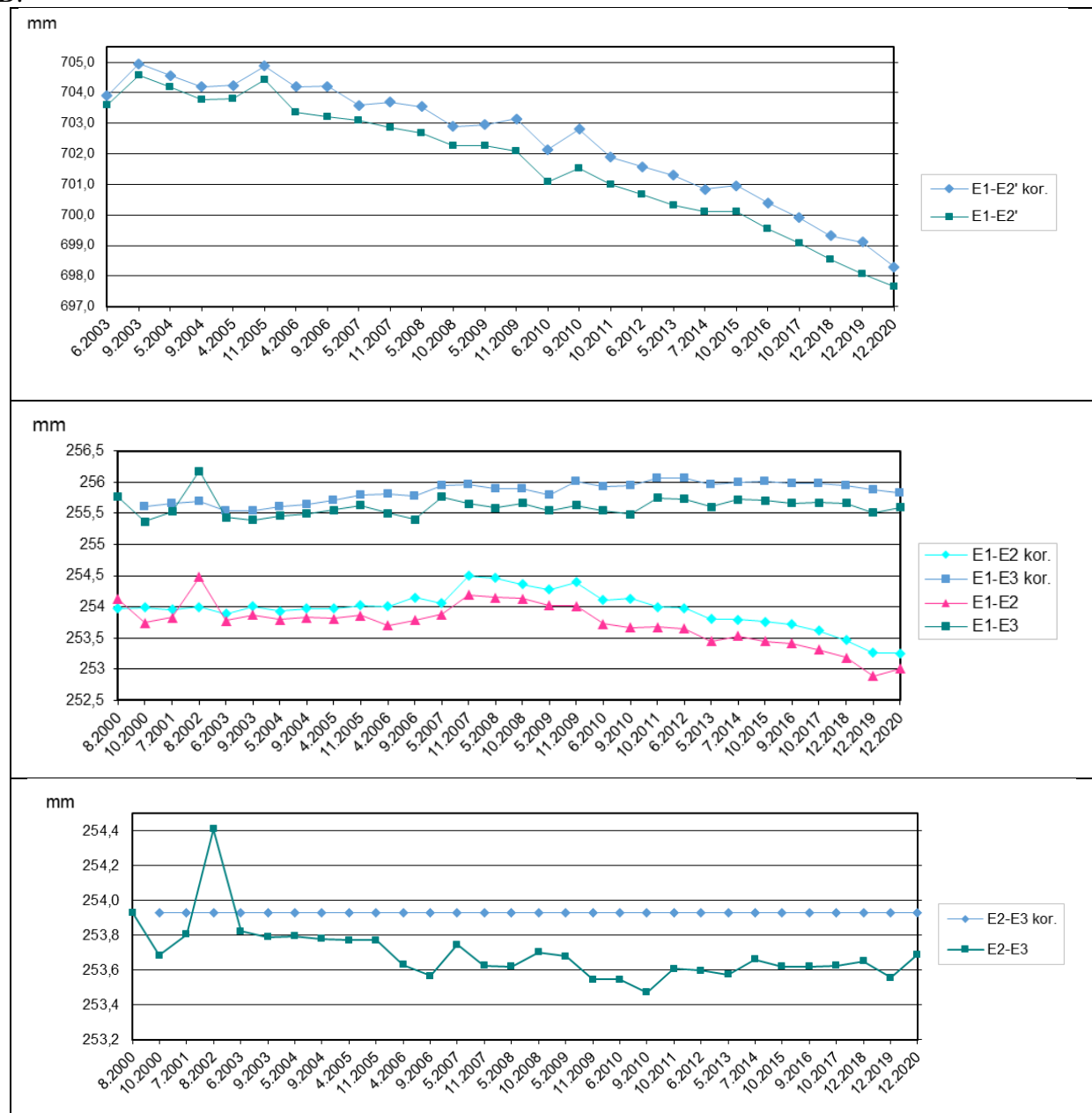
Na stanovišti č. 3 pokračoval v roku 2020 pohyb dvoch na sebe uložených skalných lavíc v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu. V monitorovacom cykle 2020 bol pozorovaný posun okrajovej lavice (profil E1 – E2') o 0,437 mm. V porovnaní s predchádzajúcimi ročnými monitorovacími cyklami sú posuny tejto lavice takmer kontinuálne (v roku 2019 o 0,472 mm).

Pohyb uvoľneného horninového bloku v podloží okrajovej lavice v roku 2020 stagnoval, zistené bolo nepatrné zúženie diskontinuity, oddeľujúcej uvoľnený horninový blok. Na profile E1 – E2 bol zaznamenaný posuv o veľkosti 0,122 mm, na profile E1 – E3 o veľkosti 0,085 mm, obe opačného charakteru ako v predchádzajúcich etapách ročných meraní. V roku 2019 bol na profile E1 – E2 bol zaznamenaný posuv o 0,297 mm a na profile E1 – E3 o 0,154 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

Pre monitorovanie pohybu rozvoľnených skalných blokov meradlom posuvov sú inštalované meracie body D1, D2, D3, D4, D5 na stanovišti č. 3 (zhodnom so stanovišťom pre dilatometer Somet). Na stanovišti č. 1 sú zabudované meracie body D8 a D9 (obr. 4.18.2). Skalný blok, na ktorom bol umiestnený bod stanovišťa č. 2, sa zrútil. Na každom zo stanovišť sú body nainštalované tak, aby zachytávali posuv blokov, oddelených výraznou diskontinuitou.

Vzhľadom na výsledky meraní vykazujúce menšiu presnosť tejto metódy oproti meraniam získané v profiloch monitorovaných dilatometrom Somet od roku 2020 nie sú vyhodnocované, zaznamenané boli posuvy medzi bodmi D1-D2 o 1,94 mm, D3-D4 o 1,78 mm, D3-D5 o 0,45 mm. Meradlo posuvov je vhodné používať predovšetkým v prostredí intenzívnejšieho rozvoľňovania skalných blokov (ako je napr. profil na stanovišti č. 1). Na stanovišti č. 1 pretrváva nezvratný trend uvoľňovania skalného bloku, ohrozenie cestnej premávky však nepredpokladáme. Rozvoľňovanie diskontinuity medzi bodmi D8 – D9 pokračovalo v roku 2020, zaznamenané bolo rozšírenie diskontinuity o 5,78 mm, v predchádzajúcom roku sa puklina rozšírila o 2,7 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 bolo v profile 3 zaznamenané celkové priemerné „pribúdanie“ materiálu (za 13 rokov monitoringu) v masíve +0,13 mm a v profile 5 +0,33 mm (obr. 4.18.3a, b). V porovnaní s meraním 2019 bolo v profile 3 zaznamenané priemerné rozpínanie masívu +0,06 mm a v profile 5 ubúdanie materiálu +0,028 mm. Najbližšie meranie je plánované na rok 2021.

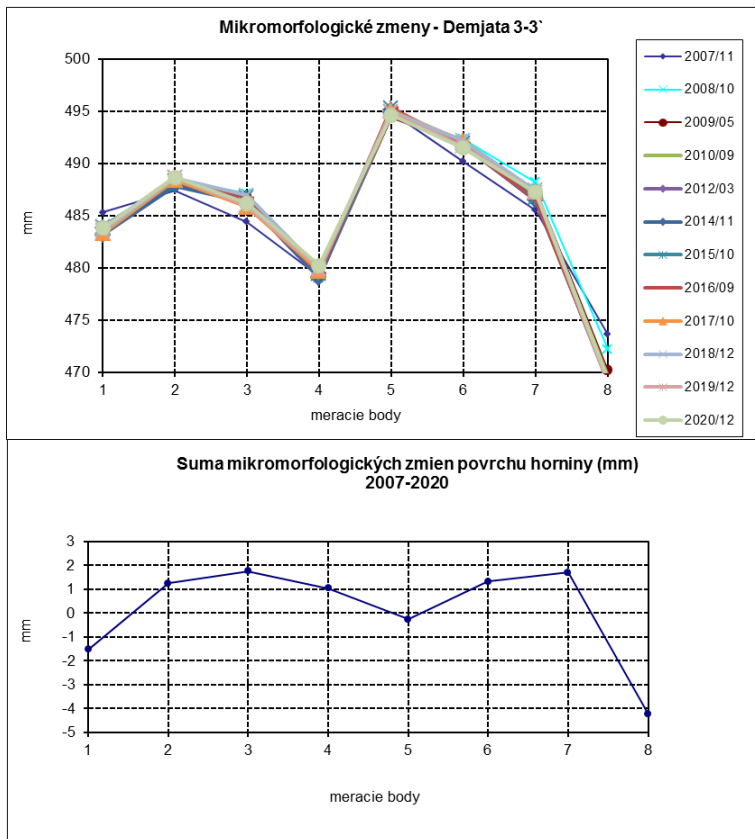
## c/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Kapušany (indikatív 59220) v roku 2019 dosiahol hodnotu 809,7 mm. V roku 2020 úhrn zrážok stúpol na 666,2 mm.

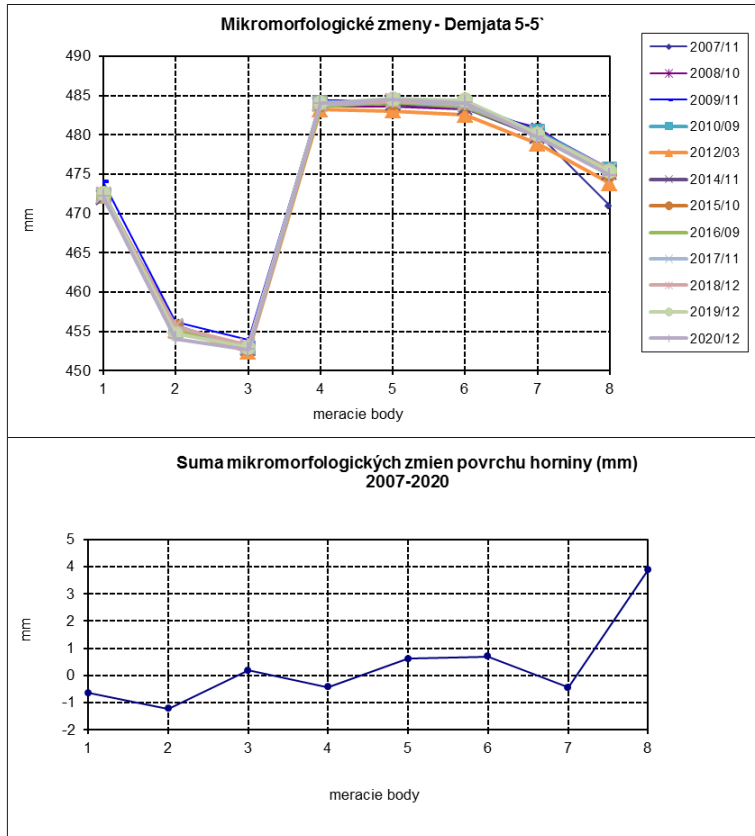
Priemerný počet mrazových dní za zimné obdobia rokov 2000/2001 až 2007/2008 je na stanici Bardejov (indikatív 11962) 113,5 a na stanici Prešov-vojsko (indikatív 11955) za rovnaké obdobie 120,13.

V zimnom období 2018/2019 bol počet mrazových dní 108 t. j. 95,15 % dlhodobého priemeru (stanica Bardejov) a počet mrazových dní na stanici Prešov-vojsko bol 109, t. j. 90,74 % dlhodobého priemeru.

V zime 2019/2020 bol počet mrazových dní na stanici Bardejov 115 (101,3 % dlhodobého priemeru) a na stanici Prešov-vojsko 105 dní (87,4 % dlhodobého priemeru).



Obr. 4.18.3a. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 – 2020) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Demjata.



Obr. 4.18.3b. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 – 2020) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Demjata.

### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Selektívne zvetrávanie a rozvoľňovanie masívu pokračuje, o čom svedčia výsledky časového radu dilatometrických pozorovaní. Dilatometrické merania preukázali pokračujúci trend uvoľňovania okrajových skalných blokov v južnej časti pravostranného zárezu cesty z Demjaty do Raslavič 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 stabilitného stavu skalného svahu je potrebné pokračovať v dilatometrických meraniach. Z vyššie uvedeného sa ako efektívna voľba javí zotrvať aj v roku 2021 pri relatívnom pozorovaní zmien v rámci masívu, a to predovšetkým dilatometriou typu Somet, doplnenou o informácie meraní mikromorfologických zmien skalnej steny.

#### **1.4.19. Lokalita Starina**

##### *Stručná charakteristika lokality*

Lokalita sa nachádza severovýchodne od mesta Snina, východne od vodnej nádrže Starina v záreze štátnej cesty Snina – Príslop. Leží na východnom okraji Nízkych Beskýd v celku Laborecká vrchovina. Predmetom monitoringu je hlboký zárez cesty. Na geologickej stavbe svahov zárezu a jeho okolia sa podieľajú horniny dukelskej jednotky vonkajšieho flyšového pásma.

Vzhľadom na priamy kontakt cesty s rozsiahlym odkryvom hornín (obr. 4.19.1), podliehajúcich intenzívnemu zvetrávaniu a potenciálne znižovanie stability skalnej steny, sa pravidelne pomocou meradla mikromorfologických zmien monitoruje rýchlosť zvetrávacích procesov.



*Obr. 4.19.1. Umiestnenie stanovišťa na meranie mikromorfologických zmien povrchu odkrytého zárezu štátnej cesty – lokalita Starina (foto L. Petro, 2009).*



*Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2019 a 2020*

Mikromorfologické merania sa realizovali raz ročne. V rokoch 2019 a 2020 bol zabezpečený zber klimatických ukazovateľov (tab. 4.19.1).

*Tab. 4.19.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Starina v rokoch 2019 a 2020*

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 (12. december)	1 (8. december)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Starina (indikatív 43320)	<i>Denné úhrny zrážok</i>	
Meranie počtu mrazových dní	1	Stanica SHMÚ Kamenica nad Cirochou (indikatív 11993)	<i>Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C</i>	

*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania*

a/ Merania mikromorfologických zmien

V roku 2019 sa 12. decembra uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu pomocou meradla mikromorfologických zmien. V porovnaní s rokom 2018 bola v profile zaznamenaná **veľmi výrazná zmena v bode 8 meraného profilu – úbytok -29,98 mm**, čo signalizovalo vypadnutie veľkého úlomku z pieskovcovej lavice, a teda pokračujúcu deštrukciu pozorovanú už v roku 2018 (Ondrejka et al., 2020). **V roku 2020 bolo dňa 8. 12. 2020 zistené zničenie monitorovaného profilu a teda plánované meranie nebolo možné zrealizovať.**

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Podľa meraní na stanici SHMÚ Starina (indikatív 43320) zrážkový úhrn za rok 2019 predstavoval 758,1 mm a v roku 2020 hodnota zrážkového úhrnu stúpila na 890,0 mm.

Merania počtu mrazových dní (s minimálnou teplotou nižšou ako 0 °C) na stanici Kamenica nad Cirochou (indikatív 11993) v zime 2018/2019 zaznamenali 103 mrazových dní. V zime 2019/2020 bolo zaregistrovaných celkovo 111 mrazových dní.

*Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Priemerný úbytok za celé sledované obdobie (24 rokov) až do **deštrukcie sledovaného profilu, a teda do ukončenia monitorovania mikromorfologických zmien na lokalite Starina** dosiahol -44,98 mm, pričom najväčšia hodnota úbytku bola pozorovaná v ílovcovej polohe v bode 7, t. j. -111,10 mm, v bode 6, t. j. -90,28 mm, v bode 3 -70,94 mm. Táto skutočnosť indikuje akcelerované zvetrávanie cestného zárezu v ílovcových členoch. Pieskovcové polohy vykázali za sledované obdobie 24 rokov úbytok materiálu približne -1,5 mm až -6,24 mm, pravda s výnimkou bodu 8 (-72,06 mm).

Nestabilné prostredie skalných a poloskalných hornín, vystupujúcich v cestnom záreze, podmieňuje potrebu monitorovania vývoja procesov zvetrávania s prognózou stabilného stavu prostredia. Navyše, na danej lokalite ide o možnosť priameho porovnania selektívneho vývoja týchto procesov v typickom flyšovom prostredí pieskovcov a ílovcov. Zistené skutočnosti možno aplikovať v analogických prostrediach pri praktických návrhoch zabezpečenia odkrytých stien skalných a poloskalných hornín.

#### **1.4.20. Lokalita Jakub**

##### *Stručná charakteristika lokality*

Lokalita je situovaná v odreze železničnej trate Banská Bystrica – Harmanec pri severnom okraji obce Jakub. Odrez má oblúkovitý tvar, jeho výška je 18 m, šírka je 47 m (obr. 4.20.1). Úlomky hornín uvoľnené v dôsledku tektonického porušenia a mechanického zvetrávania, opadávajú do blízkosti železničnej trate a môžu negatívne ovplyvniť zariadenia zabezpečovacej techniky trate, ako aj samotnú trať.

Na geologickej stavbe lokality sa podieľajú horniny titón-neokómu krížňanského príkrovu. Celý odkryv je prestúpený hustou sieťou puklín, prevažne uzavretých a bez výplne, pozdĺž ktorých sa nachádzajú hrdzavé povlaky oxidov železa.



*Obr. 4.20.1. Umiestnenie stanoviska na meranie mikromorfologických zmien povrchu odkrytého zárezu železnice pri obci Jakub. Červenou líniou je zvýraznené stanovište umiestnenia meradla morfologických zmien.*

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2019 a 2020*

V roku 2019 sme realizovali jedno meranie. V roku 2020 pri obhliadke profilu na merania mikromorfologických zmien skalného masívu bolo konštatované, že meraný profil bol pri sanačných prácach na záreze železnice poškodený a už nie je možné na ňom vykonávať merania.

Pokračoval zber údajov o zrážkových úhrnoch a teplote vzduchu – počet mrazových dní. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite v rokoch 2019 a 2020 je zhrnutý v tab. 4.20.1.

Tab. 4.20.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Jakub v rokoch 2019 a 2020.

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 (21. október)	1 (1. december)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300)	Denné úhrny zrážok	
Meranie počtu mrazových dní	1	Stanica SHMÚ Banská Bystrica-Zelená (indikatív 11898)	Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C	

*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania*

a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania v roku 2019 boli uskutočnené 21. októbra. V roku 2019, v porovnaní s rokom 2018, bola nameraná značná odchýlka v konfigurácii meraného profilu v bode 4, konkrétne +2,34 mm. Vo všetkých bodoch okrem bodu 7 došlo k prírastku materiálu. Priemerný úbytok za celé sledované obdobie (22 rokov) predstavoval v roku 2019 hodnotu -3,78 mm (Ondrejka et al., 2020). Tento výsledok bol však výrazne ovplyvnený úbytkom materiálu v bode 2 (-25,92 mm), keď v roku 2005 vypadol zo steny väčší fragment.

Na lokalite Banská Bystrica-Jakub bola vykonaná obhliadka profilu na merania mikromorfologických zmien skalného masívu **dňa 1. decembra 2020; meraný profil bol pri sanačných prácach na záreze železnice sanovaný ochrannou sieťou** (obr. 4.20.2) a už nebolo možné na ňom vykonať merania.



Obr. 4.20.2. Fotodokumentácia profilu Banská Bystrica-Jakub dňa 1. 12. 2020 (foto P. Ondrus).

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300) v roku 2019 dosiahol hodnotu 946,9 mm (111,22 %, – vlhký rok). V roku 2020 zrážkový úhrn na tejto stanici dosiahol 1049,3 mm (120,41 % dlhodobého priemeru – veľmi vlhký rok).

Počet mrazových dní na stanici SHMÚ v Banskej Bystrici na Zelenej ul. (indikatív 11898) v zime 2018/2019 bol 93 dní, čo pri dlhodobom priemere 105 dní (priemer odvodený z obdobia rokov 2000/2001 až 2007/2008) predstavuje 88,57 % a v zime 2019/2020 bolo ich počet rovnaký ako v predchádzajúcom zimnom období.

*Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Priemerný úbytok za celé sledované obdobie (22 rokov) až do **deštrukcie sledovaného profilu, a teda do ukončenia monitorovania mikromorfologických zmien na lokalite** predstavoval v roku 2019 hodnotu -3,78 mm. Pri návšteve lokality dňa 1. 12. 2020 bolo konštatované, že meraný profil bol pri sanačných prácach na záreze železnice sanovaný ochrannou sieťou a už nebolo možné na ňom vykonať merania. **V roku 2020 boli teda monitorovacie aktivity na tejto lokalite ukončené.**

#### **1.4.21. Lokalita Bratislava-Železná studnička**

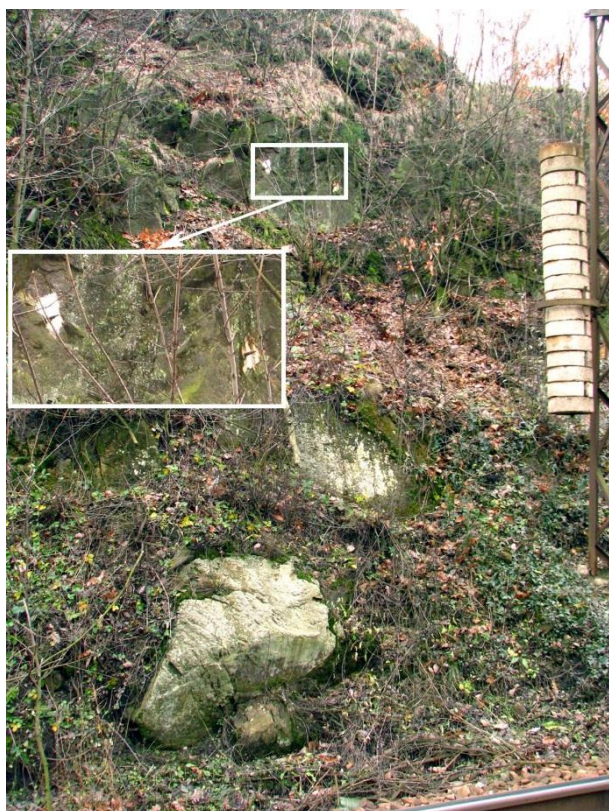
##### *Stručná charakteristika lokality*

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. 4.21.1) 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. 4.21.1. 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 2019 a 2020*

V roku 2019 bol zabezpečený zber klimatologických faktorov – zrážkové úhrny, teploty vzduchu, a najmä počty mrazových dní. Monitorovacie aktivity, realizované na lokalite v rokoch 2019 a 2020 sú zhrnuté v tab. 4.21.1.

*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania*

a/ Merania mikromorfologických zmien

V roku 2020 sa uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu granitoidov so severnou orientáciou pomocou meradla mikromorfologických zmien. Celkový priemerný úbytok za 22 rokov sledovania dosiahol -0,70 mm; priemerný ročný úbytok za sledované obdobie je -0,032 mm, pričom výraznejší úbytok, presahujúci -1,04 mm, je charakteristický pre body 5 až 8 (obr. 4.21.2). Porovnanie medzi rokmi 2019 a 2020 (rozdiel medzi termínmi realizácie terénnych meraní je cca 4 mesiace; meranie v roku 2020 bolo uskutočnené po zimnej sezóne) poukazuje na relatívne rozpínanie horninového masívu s priemernou hodnotou 0,19 mm.

Tab. 4.21.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bratislava-Železná studnička v rokoch 2019 až 2020

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 (29. november)	1 (2. apríl)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080)	<i>Denné úhrny zrážok</i>	
Meranie Počtu mrazových dní	2	Stanice SHMÚ: Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) Bratislava-Koliba (indikatív 11813)	<i>Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C</i>	

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

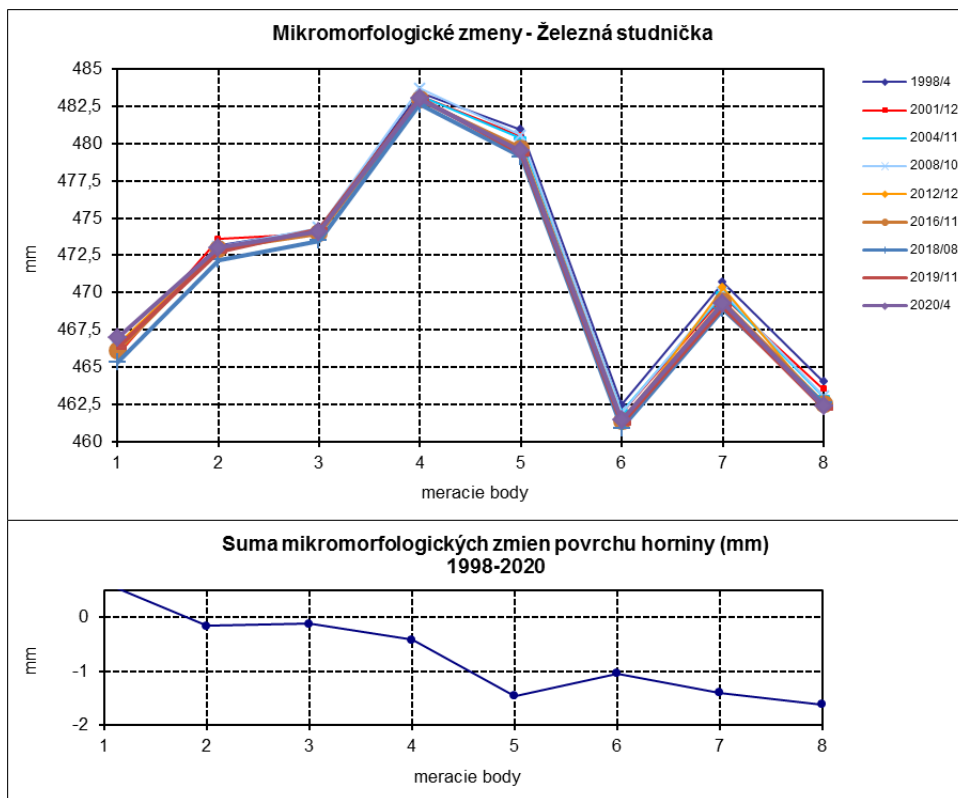
Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080) v roku 2019 dosiahol 649,8 mm a v roku 2020 ich úhrn dosiahol 674,7 mm.

Počet mrazových dní zaznamenaných na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) v zime 2018/2019 bol 61 a v zime 2019/2020 klesol na 56.

Na stanici SHMÚ Bratislava – Koliba (indikatív 11813) bolo počas zimy 2018/2019 zaznamenaných 65 mrazových dní a počas zimy 2019/2020 ich počet klesol na 58 dní.

*Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Procesy zvetrávania a rozvoľňovania skalnej steny sa v prostredí granitoidných hornín prejavujú menej intenzívne (o čom svedčia i namerané hodnoty zmeny konfigurácie masívu), zato však pomerne rovnomerne, ako vyplýva z grafu na obr. 4.21.2. V roku 2021 budeme pokračovať v sledovaní rozvoja procesu zvetrávania s rovnakou frekvenciou.



Obr. 4.21.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1998 – 2020) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Bratislava-Železná studnička (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 1998 – 2020).

### 1.4.22. Lokalita Pezinská Baba

#### Stručná charakteristika lokality

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

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

Na lokalite sú v súčasnosti funkčné dve stanovišťa na meranie mikromorfologických zmien – stanovište 2 a stanovište 3 (obr. 4.22.1).



Obr. 4.22.1. Situovanie stanovišť 2 a 3 na lokalite Pezinská Baba na meranie mikromorfologických zmien povrchu horniny na svahu odrezu cesty

#### Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2019 a 2020

Podobne ako i v prípade ostatných lokalít, na ktorých sú monitorovacie aktivity zamerané predovšetkým na merania mikromorfologických zmien, boli posledné merania realizované v roku 2019, ako aj v roku 2020 (1 termín merania v roku 2019 a 1 termín merania v roku 2020, tab. 4.22.1). V oboch rokoch bola pozornosť venovaná zberu a analýze klimatologických ukazovateľov. Súhrnný prehľad monitorovacích aktivít, realizovaných v rokoch 2019 a 2020, je zhrnutý v tab. 4.22.1.

Tab. 4.22.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Pezinská Baba v rokoch 2019 a 2020

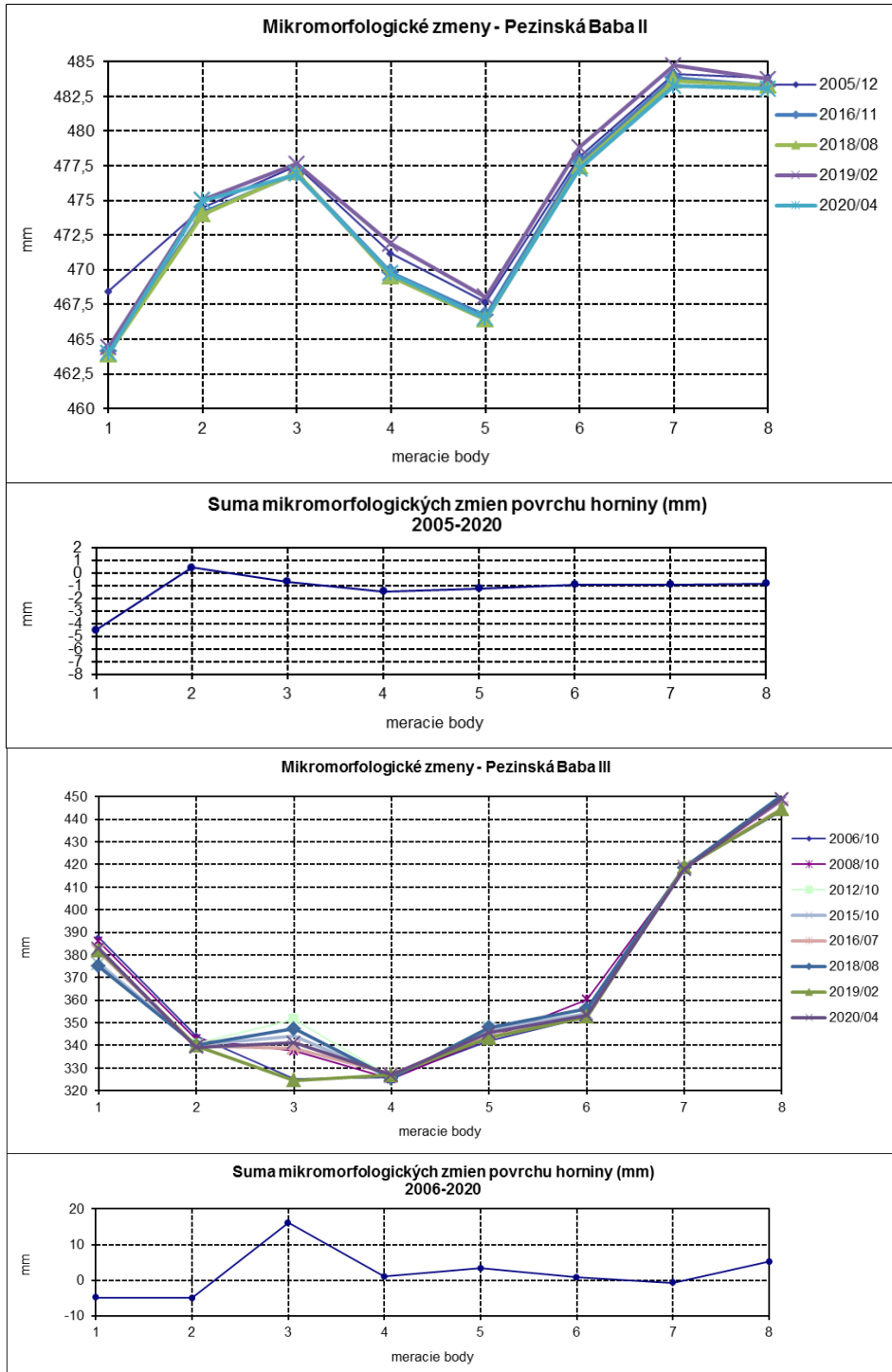
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2019	Rok 2020
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	16	2 stanovišťa MZ	1 (20. február)	1 (2. apríl)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Pernek (indikatív 16180)	Denné úhrny zrážok	
Meranie počtu mrazových dní	1	Stanica SHMÚ: Modra-Piesok (indikatív 11833)	Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C	



Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

V rokoch 2019 a 2020 sa uskutočnil vždy 1 cyklus meraní zmien povrchu skalnej steny pomocou merača mikromorfologických zmien na profiloch II a III.



Obr. 4.22.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2005/2006 – 2020) 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 – 2020).

Na profile II (obr. 4.22.2) bol v roku 2020 v porovnaní s rokom 2019 zaznamenaný úbytok horninového masívu (-1,085 mm;  $x_{\min} = -2,16$  mm,  $x_{\max} = -0,04$  mm). Tento vývoj signalizuje výrazné odlúpenie, zrejme v dôsledku mrazového zvetrávania, pozdĺž plôch bridličnatosti. Priemerná hodnota ročného úbytku za celé sledované obdobie (15 rokov) predstavuje -0,01 mm. Celkový priemerný úbytok na profile II je -1,23 mm.

V porovnaní s rokom 2018 bola zaznamenaná výraznejšia zmena v konfigurácii profilu III. V bode 3 toho profilu došlo v roku 2019 k výraznému prírastku +16,66 mm. Podobne, ako v roku 2019 predpokladáme, že sa zopakuje odlúpnutie väčšieho úlomku pozdĺž plochy bridličnatosti. 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, t. j. odlúčenie veľkej šupiny bridlice. Priemerný prírastok za celé monitorované obdobie (14 rokov) dosiahol hodnotu +2,03 mm; priemerný ročný prírastok bol +0,145 mm (tieto hodnoty sú však výrazne ovplyvnené extrémnym prírastkom v bode 3, obr. 4.22.2), a teda ide o jasnú zmenu oproti predchádzajúcemu roku (priemerný ústup -0,885 mm).

#### b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050) v roku 2019 dosiahol 962,7 mm. V roku 2020 klesol zrážkový úhrn na uvedenej stanici na hodnotu 947,1 mm.

Počet mrazových dní v zime 2018/2019 bol 76 (stanica Modra-Piesok, indikatív 11833), v zimnom období 2019/2020 ich počet klesol na 71.

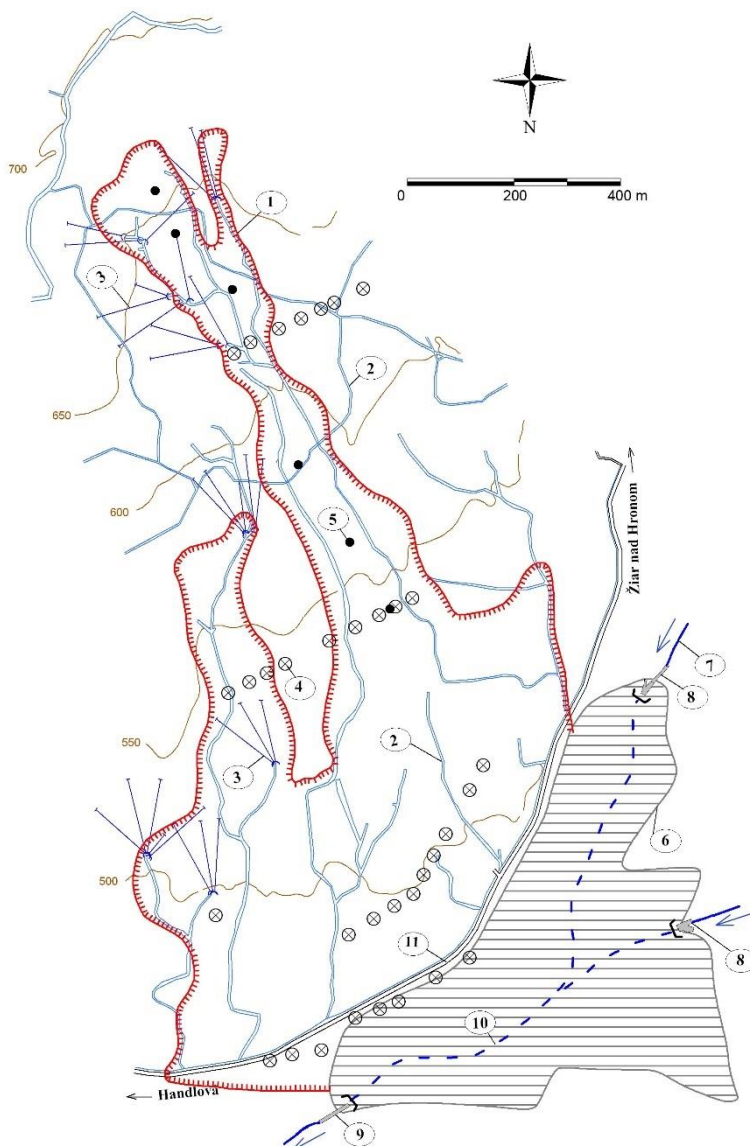
#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Vzhľadom na priamy kontakt skalnej steny odrezu s frekventovanou cestnou komunikáciou, ktorá je na viacerých úsekoch postihnutá aj zosúvaním, považujeme za potrebné v roku 2021 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.

### 1.4.23. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp

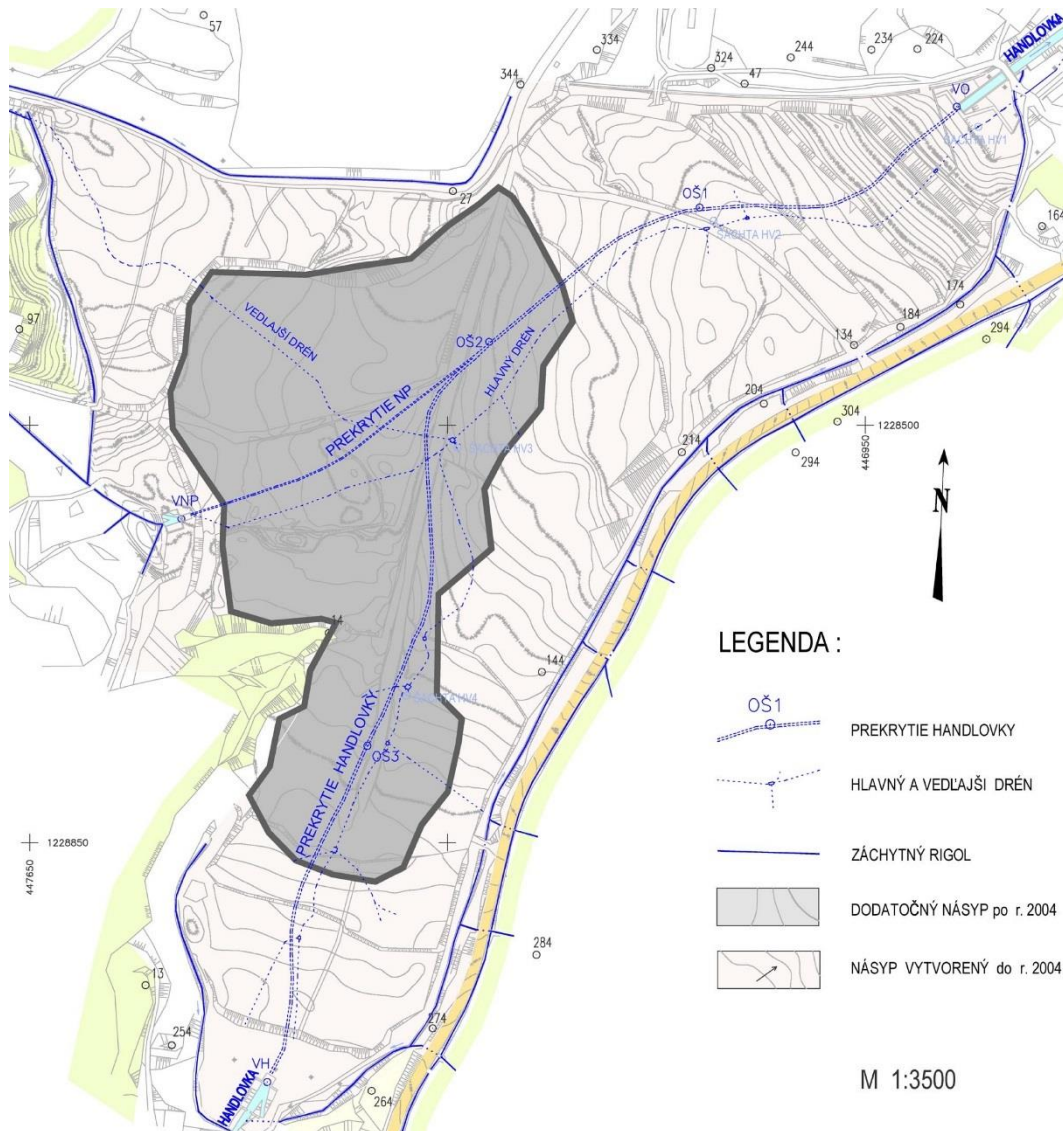
#### Stručná charakteristika lokality

Po katastrofálnom zosuve na východnom svahu rieky Handlovky, ktorý vznikol v decembri 1960 a viackrát sa aktivizoval, a po preukázaní nestability ďalších úsekov svahov na obidvoch brehoch Handlovky, vznikla nutnosť stabilizácie celého územia v priestore pod Svetlým vrchom. Ako najvhodnejšie opatrenie bola vybraná realizácia Stabilizačného násypu, ktorý sa po preložení vôd Handlovky a Nepomenovaného potoka do potrubia začal navázať z banskej hlušiny, vznikajúcej pri ťažbe v bani Handlová. Stabilizačný násyp (SN) rozopiera obidva zosuvné svahy a má stabilizačný účinok na prevádzku Európskej cesty E572 i bezpečnosť obytnej zástavby v najbližšom okolí (obr. 4.23.1).



Obr. 4.39.1. Lokalita Handlová – situovanie Stabilizačného násypu na úpätí svahu katastrofálneho zosuvu z roku 1960/1961. 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 – štátna cesta z Handlovej do Žiaru 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. 4.23.2). Žiaľ, v poslednom období dochádza k nekoordinovanému ukladaniu rôznych nevhodných materiálov v rôznych častiach násypu (obr. 4.23.3).



Obr. 4.23.2. Aktuálny stav dosypávania Stabilizačného násypu po roku 2004.

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 (Mokrý 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.



Obr. 4.23.3. Ukladanie nevhodných materiálov na západnom okraji násypu (neďaleko od vtokového objektu Nepomenovaného potoka) a vytváranie „jazier“ neznámych viskózných látok (foto Z. Nagy, 2008).

### Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2019 a 2020

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2019 a 2020 na lokalite Stabilizačný násyp Handlová, sú zhrnuté v tab. 4.23.1.

Tab. 4.23.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2019	2020
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	25	M-1, M-2, M-3, N-1, N-2, N-3, N-4, NV-105 <sup>1</sup> , NV-8 <sup>1</sup> , PV-107, PV-4, H-1, H-2, H-3, H-4 <sup>1</sup> , H-5, H-6 <sup>1</sup> , H-7, IN-1, IN-2 <sup>1</sup> , IN-3A, IN-4, INV-4, MP-1 <sup>1</sup> , NV-109 <sup>1</sup> , NV-110, NV-111, NV-112, NV-14 <sup>1</sup> , PV-109, PV-110 <sup>2</sup> , PV-111, PV-112, PV-14, PV-19A <sup>1</sup> , PV-19B <sup>1</sup>	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 (1x za mesiac)	12 (1x za mesiac)
Meranie výdatnosti odvodňovacích zariadení	1	Hlavný drén	52 (1x za týždeň)	52 (1x za týždeň)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2019 a 2020 a za dlhšie obdobie pozorovania*

#### a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite je na sledovanie režimových ukazovateľov v súčasnosti využívaných 25 monitorovacích objektov (v roku 2017 sa na základe analýzy vhodnosti pre ďalšie vykonávanie režimových pozorovaní dočasne prerušilo monitorovanie objektov H-4, H-6, IN-2, MP-1, NV-105, NV-109, V-14, NV-7, NV-8, PV-19A, PV-19B; objekt PV-110 bol

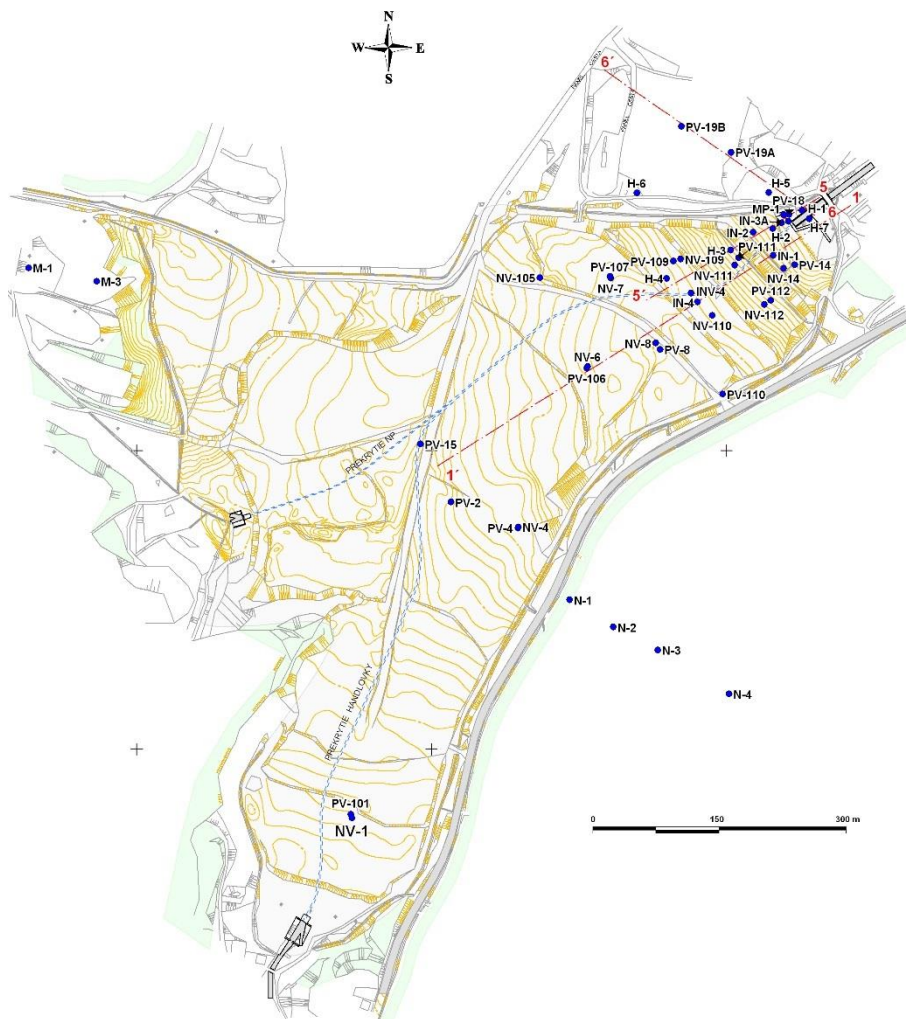
vyradený z meraní z dôvodu nefunkčnosti). Ich situovanie je znázornené na obr. 4.23.4. Objekty boli monitorované v týždennom režime a teda v danom období bolo zrealizovaných 52 meraní (tab. 4.23.2 a tab. 4.23.3). V roku 2015 bola na základe výsledkov dlhodobých meraní hladiny podzemnej vody vykonaná hĺbková analýza, vďaka ktorej bolo možné vykonať kvalitatívnu klasifikáciu monitorovacích objektov. Výsledky analýzy boli prezentované v správe za rok 2015 (Jelínek a Ondrejka, 2016 in Ondrejka et al., 2016).

Tab. 4.23.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2019

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.]	
NV-112	52	10,23	460,89	5. 1. 2019	10,45	460,67	18. 10. 2019	10,35	460,77	0,22
NV-111	52	8,64	461,74	9. 2. 2019	9,12	461,26	18. 10. 2019	8,94	461,44	0,48
PV-109	52	8,39	468,65	23. 3. 2019	8,9	468,14	11. 7. 2019	8,86	468,18	0,51
IN-3A	52	8	452,6	27. 12. 2019	8,58	452,02	2. 2. 2019	8,38	452,22	0,58
H-2	52	9,5	452,42	27. 12. 2019	9,67	451,8	25. 10. 2019	9,43	452,04	0,62
PV-111	52	8	461,97	15. 11. 2019	8,57	461,4	4. 10. 2019	8,32	461,65	0,57
IN-4	52	12,32	464,76	27. 12. 2019	17,94	459,14	12. 1. 2019	14,46	462,62	5,62
PV-14	52	3,27	458,54	15. 11. 2019	4,38	457,43	25. 10. 2019	4,1	457,81	1,11
H-7	52	2,71	451,27	16. 3. 2019	4,84	449,14	7. 9. 2019	3,7	450,28	2,13
N-1	52	-0,42	489,67	16. 3. 2019	1,4	488,21	7. 9. 2019	0,37	488,88	1,46
N-2	52	1,1	494,54	1. 6. 2019	2,69	492,86	7. 9. 2019	1,91	493,64	1,68
PV-107	52	14,92	467,43	27. 12. 2019	17,63	464,72	9. 3. 2019	16,72	465,63	2,71
PV-4	52	5,98	485	1. 6. 2019	9,56	481,42	5. 1. 2019	9,14	481,84	3,58
IN-1	52	4,93	458,13	16. 3. 2019	7,23	455,83	5. 1. 2019	6,33	456,73	2,3
N-3	52	0,23	498,53	16. 3. 2019	2,5	496,26	7. 9. 2019	1,29	497,47	2,27
H-1	52	2,8	452,81	16. 3. 2019	4,92	449,97	4. 10. 2019	4,35	450,54	2,84
PV-112	52	9,28	460,99	23. 3. 2019	12,64	457,63	25. 10. 2019	10,93	459,34	3,36
M-2	52	-0,29	540,14	16. 3. 2019	3,37	536,48	5. 1. 2019	1,65	538,2	3,66
M-3	52	0,51	507,38	16. 3. 2019	4,34	503,55	8. 11. 2019	2,68	505,21	3,83
H-3	52	5,86	463,94	15. 11. 2019	9,72	460,08	12. 1. 2019	7,36	462,44	3,86
N-4	52	0,2	506,96	16. 3. 2019	5,89	501,27	28. 9. 2019	2,34	504,82	5,69
M-1	52	-0,15	516,88	16. 3. 2019	5,7	511,03	25. 10. 2019	4,19	512,54	5,85
H-5	52	2,81	458,03	16. 3. 2019	8,7	452,77	25. 10. 2019	6,75	454,09	5,26
INV-4	52	12,1	465,01	29. 11. 2019	13,7	464,04	5. 1. 2019	12,42	464,69	0,97
NV-110	52	4,16	472,91	15. 11. 2019	13,25	463,82	5. 1. 2019	9,84	467,23	9,9

V roku 2019 boli vykonané merania v 25 vrtoch, a to v období od 5. januára do 27. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne, tak ako v predchádzajúcich rokoch, vo vrte N-1 (0,42 m nad terénom – 489,67 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 16. marca. V tento termín vystúpila hladina na maximálnu úroveň aj v ďalších pozorovaných aj v ďalších 9 vrtoch (H-7, IN-1, H-3, H-1, M-2, M-3, N-4, M-1 a H-5 (od 0,29 m nad terénom po 4,93 m pod terénom). V niektorých vrtoch s hlbším horizontom obehu podzemných vôd vystúpila hladina na maximálnu úroveň dňa 27. 12. 2019 (IN-3a, H-2, IN-4, PV-107 – 8,00 až 14,92 m nad terénom). Minimálna úroveň hladiny sa dosiahla v pri januárových meraniach (7 vrtoch), ale prevažne najmä septembri a októbri (14 vrtoch). V dvoch vrtoch (PV-109 a NV-110) klesla hladina podzemnej vody pod úroveň vrtu (vrt bol suchý), pričom vo vrte PV-109 tento stav trval prevažnú časť roka.

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2019 bola 6,99 m pod terénom, čo je o 0,12 m viac ako v predchádzajúcom roku. Najvyššie sa hladina počas roku pohybovala vo vrte N-1 (priemerná hladina 0,37 m pod terénom) a najnižšie sa pohybovala vo vrte PV-107 (priemerná hladina 16,72 m). Kolísanie hladiny bolo približne v polovici vrtoch do 2,3 m, v ostatných vrtoch sa pohybovalo od 2,71 do 5,85 m, okrem vrtu NV-110, v ktorom bolo kolísanie hladiny 9,9 m.



Obr. 4.23.4. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp. Situácia piezometrických vrtov na meranie hĺbky hladiny podzemnej vody.

V roku 2020 sa pokračovalo v týždenných meraniach v 25 vrtoch, a to v období od 3. januára do 30. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne, tak ako v predchádzajúcich rokoch, vo vrte N-1 (0,53 m nad terénom – 489,78 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. decembra. Nad úroveň terénu vystúpila hladina podzemnej vody aj vo vrte M-2. Do blízkosti terénu sa dostali hladiny podzemnej vody vo vrtoch M-1, M-3, N-2, N-3 a N-4, pričom maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale od 0,09 do 0,58 m p. t. Tieto vysoké úrovne HPV boli namerané prevažne 30. decembra, vo vrte N-3 to bolo 15. októbra. V ostatných vrtoch bol výskyt maximálnych stavov hladiny podzemnej vody zaznamenaný prevažne v októbri (až 14 vrtov) a v marci (4 vrty).

Naopak, najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody boli pozorované najmä septembri, kedy hladina poklesla najhlbšie až v 17 vrtoch. Najhlbšie hladina podzemnej vody klesla vo vrtoch INV-4, INV-4, NV-112, PV-107 a PV-112 (minimálne počas jedného merania dosiahla hĺbku väčšiu ako 10 m p. t.).

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 bola 6,35 m p. t., čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,64 m. Najvyššia priemerná ročná hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte N-1 (0,13 m pod úrovňou terénu). Naopak, najnižšia priemerná úroveň hladiny podzemnej vody bola vo vrte PV-107 (15,66 m pod terénom). Najväčšie kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané vo vrte NV-110 – 6,53 m, pričom

minimálny stav bol v tomto vrte nameraný 2. októbra s hodnotou 9,57 m p. t. a maximálny stav bol zaznamenaný o dva týždne neskôr – 15. októbra s hodnotou 3,40 m p. t.

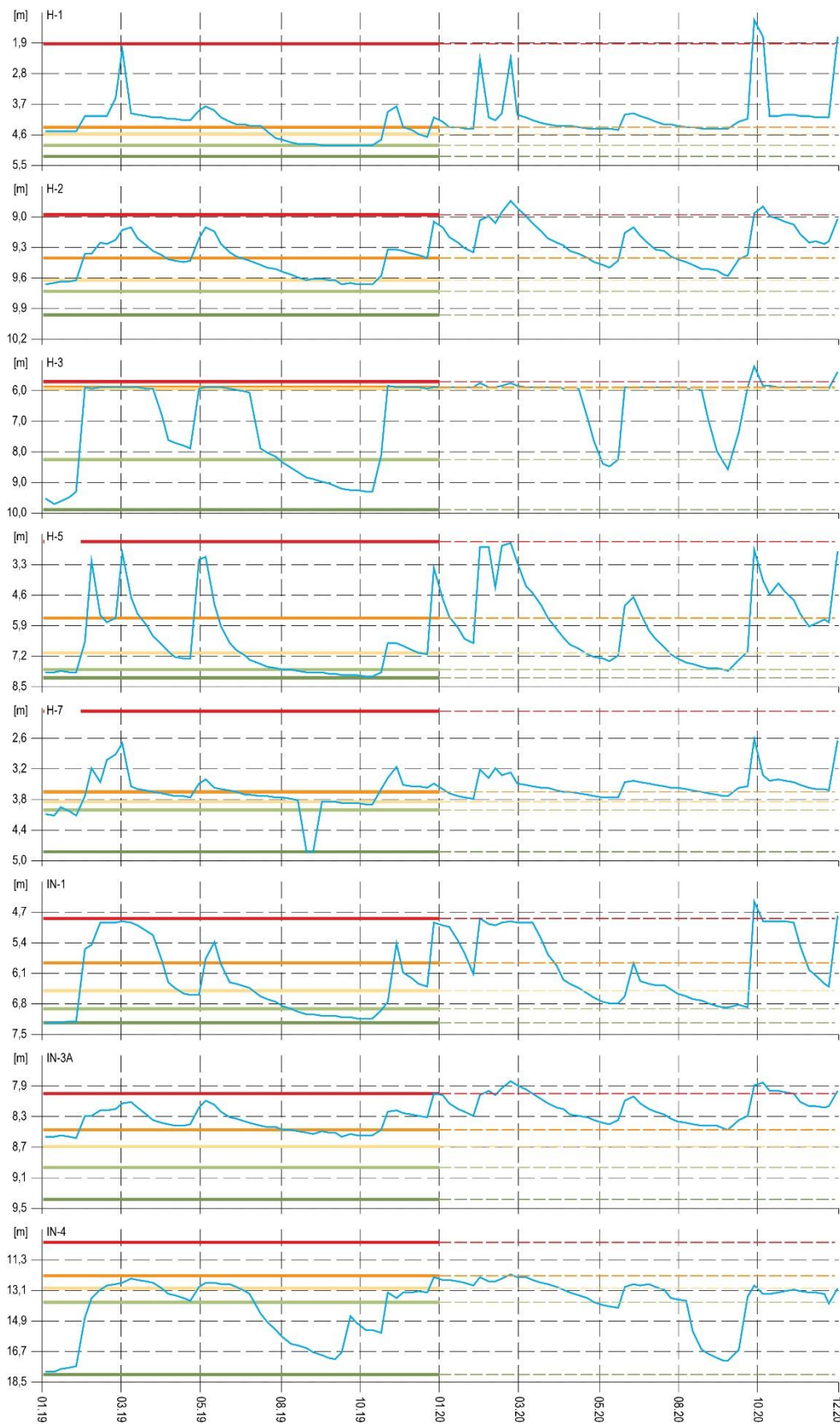
Tab. 4.23.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2020

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.]	
NV-112	53	9,89	461,23	23. 10. 2020	10,44	460,68	18. 9. 2020	10,31	460,81	0,55
NV-111	53	7,86	462,52	15. 10. 2020	9,11	461,27	5. 6. 2020	8,87	461,51	1,25
PV-109	53	7,63	469,41	15. 10. 2020	8,90	468,14	23. 12. 2020	8,49	468,55	1,27
IN-3A	53	7,84	452,76	6. 3. 2020	8,48	452,12	22. 9. 2020	8,18	452,42	0,64
H-2	53	8,85	452,62	6. 3. 2020	9,59	451,88	22. 9. 2020	9,24	452,23	0,74
PV-111	53	7,86	462,52	15. 10. 2020	9,11	461,27	5. 6. 2020	8,87	461,51	1,25
IN-4	53	12,18	464,90	6. 3. 2020	17,28	459,80	22. 9. 2020	13,54	463,54	5,10
PV-14	53	3,40	458,77	15. 10. 2020	4,34	457,47	22. 9. 2020	3,98	457,84	1,30
H-7	53	2,61	451,37	15. 10. 2020	3,79	450,19	31. 1. 2020	3,54	450,44	1,18
N-1	53	-0,53	489,78	30. 12. 2020	0,66	488,59	22. 9. 2020	0,13	489,12	1,19
N-2	53	0,58	494,97	30. 12. 2020	2,30	493,25	22. 9. 2020	1,34	494,21	1,72
PV-107	53	13,54	468,81	15. 10. 2020	16,94	465,41	9. 10. 2020	15,66	466,69	3,40
PV-4	53	5,29	485,69	15. 10. 2020	9,47	481,51	22. 9. 2020	8,99	481,99	4,18
IN-1	53	4,46	458,60	15. 10. 2020	6,90	456,16	22. 9. 2020	5,90	457,16	2,44
N-3	53	0,09	498,67	15. 10. 2020	2,10	496,66	22. 9. 2020	0,93	497,83	2,10
H-1	53	1,25	453,64	15. 10. 2020	4,46	450,43	12. 6. 2020	4,30	450,86	3,21
PV-112	53	8,99	461,28	15. 10. 2020	12,13	458,14	22. 9. 2020	10,36	459,91	3,14
M-2	53	-0,31	540,16	30. 12. 2020	1,89	537,96	22. 9. 2020	0,86	538,99	2,20
M-3	53	0,49	507,40	30. 12. 2020	2,38	505,51	22. 9. 2020	1,87	506,02	1,89
H-3	53	5,20	464,60	15. 10. 2020	8,59	461,21	22. 9. 2020	6,25	463,55	3,39
N-4	53	0,14	507,02	30. 12. 2020	3,85	503,31	22. 9. 2020	1,15	506,01	3,71
M-1	53	0,15	516,58	30. 12. 2020	4,45	512,28	24. 1. 2020	3,45	513,28	4,30
H-5	53	2,42	458,42	6. 3. 2020	7,84	453,00	22. 9. 2020	5,70	455,14	5,42
INV-4	53	12,80	465,03	15. 10. 2020	12,68	464,43	22. 9. 2020	12,19	464,92	0,60
NV-110	53	3,40	474,03	15. 10. 2020	9,57	467,50	2. 10. 2020	5,26	471,81	6,53

Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2020 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2003 do 2019) možno rok 2020 považovať za výnimočný v tom, že až v 15 z 25 monitorovaných piezometrov boli namerané maximálne stavy za celé monitorované obdobie. Z toho v desiatich prípadoch boli maximálne stavy zaznamenané dňa 15. októbra 2020 (vrty H-1, H-3, IN-1, N-3, NV-110, NV-111, PV-107, PV-109, PV-14, PV-4), v troch prípadoch dňa 30. decembra 2020 (vrty M-2, M-3, N-1) a v dvoch prípadoch dňa 6. marca 2020 (vrty H-2, IN-3A).

Priebehy hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch počas roku 2020 sú prezentované na obr. 4.23.5, 4.23.6 a 4.23.7. Dlhodobý vývoj hladiny vo vrtoch v období od 2011 do 2020 je prezentovaný na obr. 4.23.8, 4.23.9 a 4.23.10.

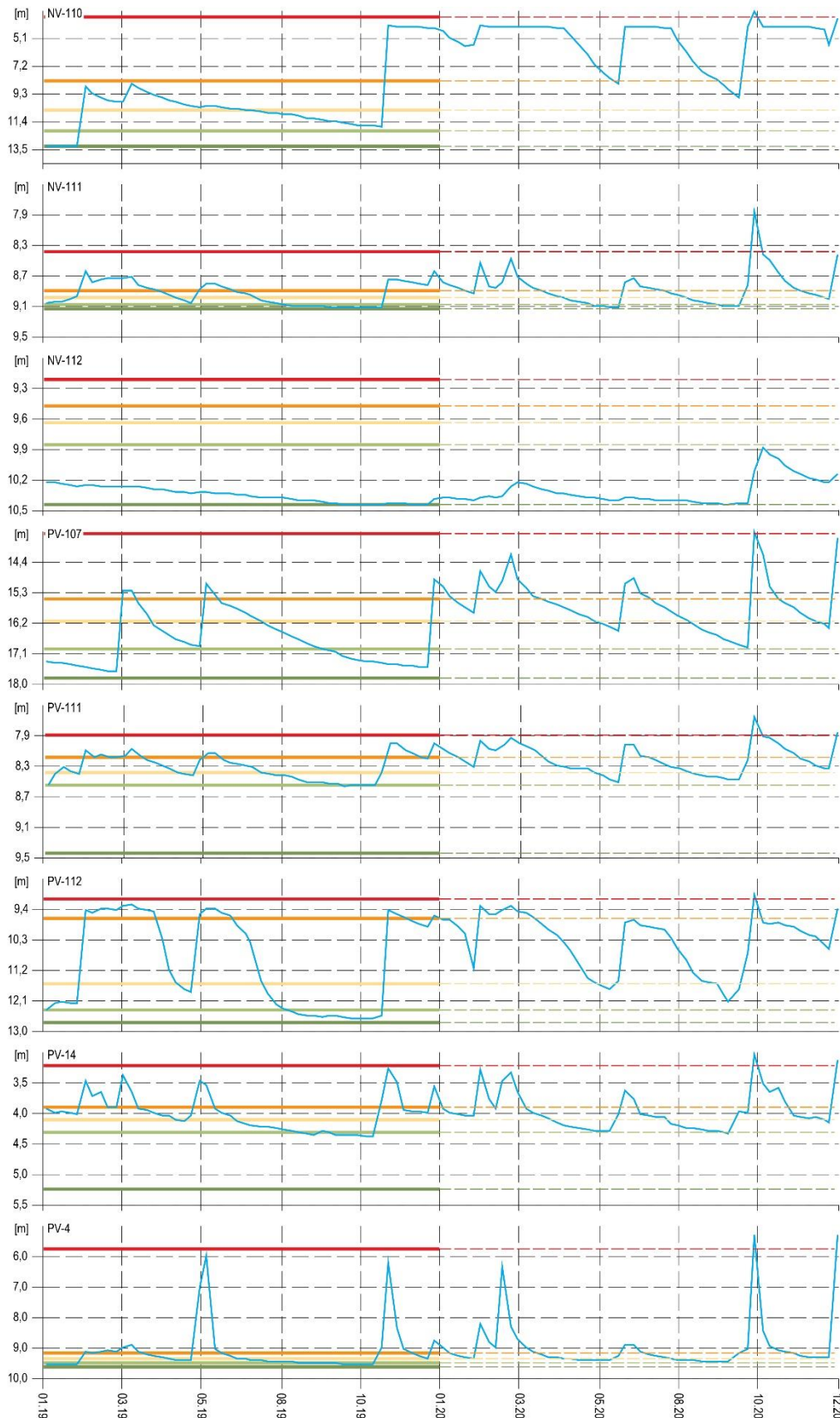




Obr. 4.23.5. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: H-1, H-2, H-3, H-5, H-7, IN-1, IN-3A, IN-4, so štatistickým ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



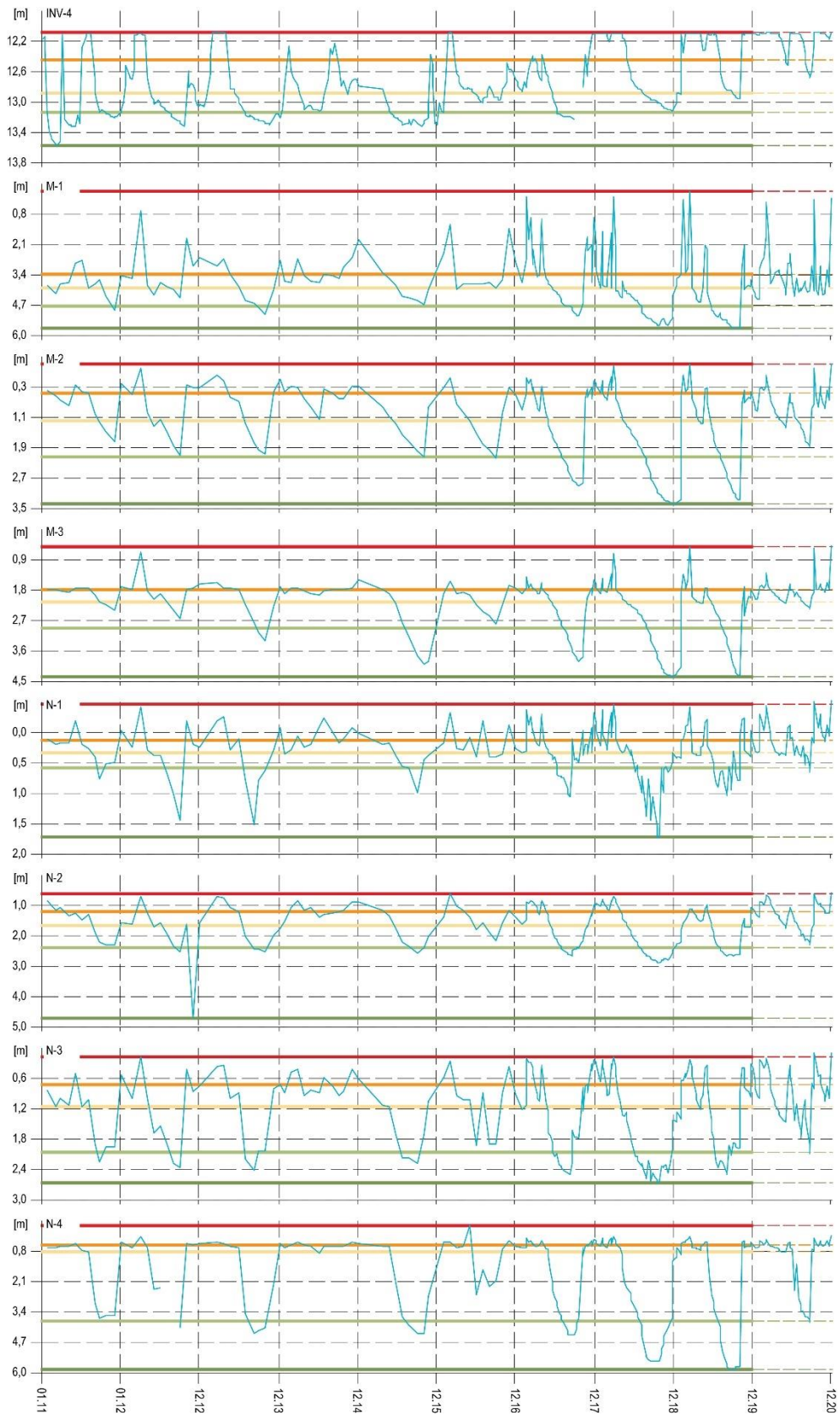
Obr. 4.23.6. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: INV-4, M-1, M-2, M-3, N-1, N-2, N-3 a N-4, so štatistickým ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (RO: január 2011 – december 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV počas RO.



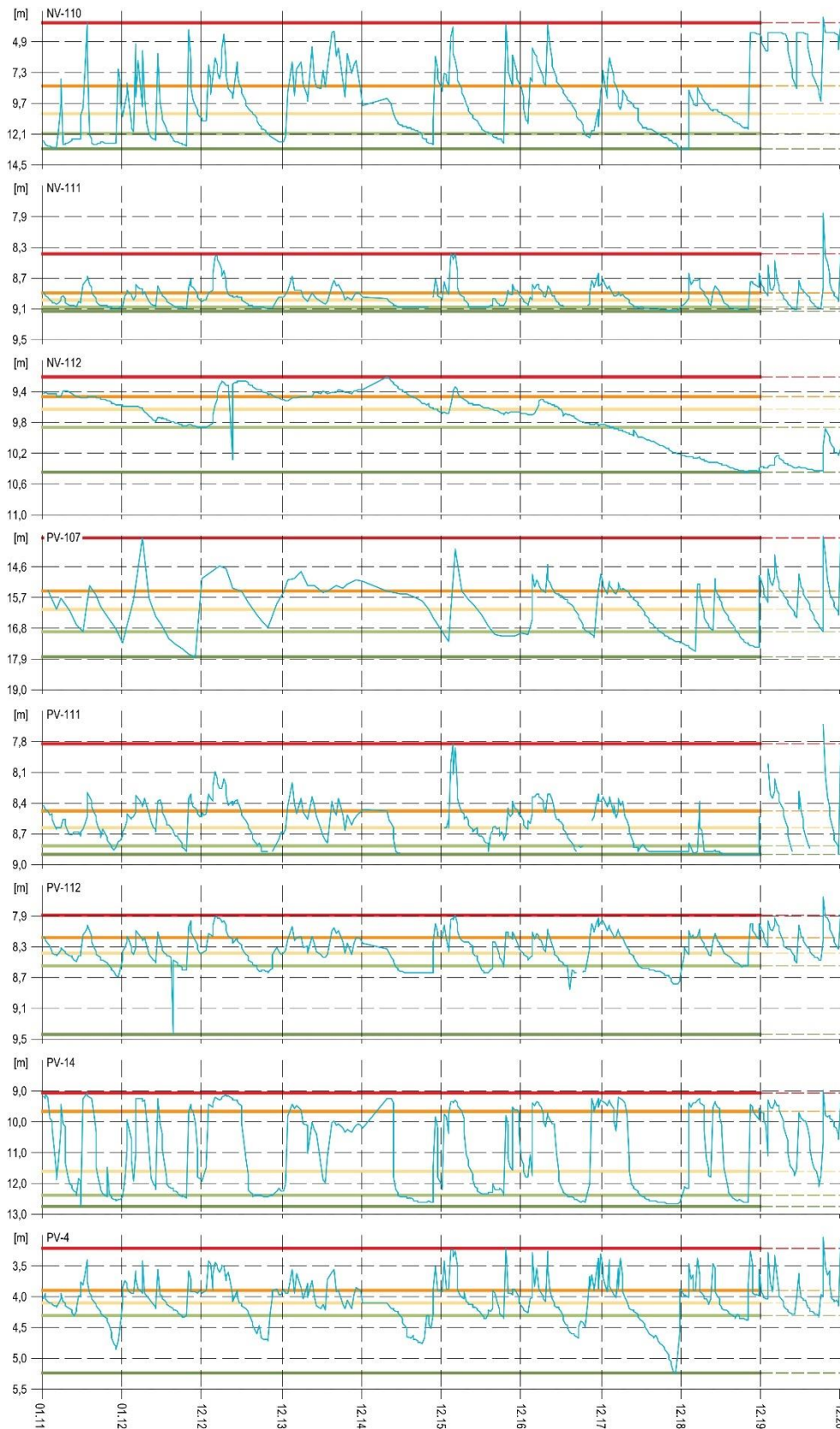
Obr. 4.23.7. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2019 a 2020 vo vrtoch: NV-110, NV-111, NV-112, PV-107, PV-111, PV-112 a PV-14, PV-4, so štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov o HPV nameranej počas referenčného obdobia (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. 4.23.8. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2011 až 2020 vo vrtoch: H-1, H-2, H-3, H-5, H-7, IN-1, IN-3A, IN-4, so štatistickým 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. 4.23.9. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2011 až 2020 vo vrtoch: INV-4, M-1, M-2, M-3, N-1, N-2, N-3 a N-4, so štatistickým 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. 4.23.10. Porovnanie úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp, nameranej v rokoch 2011 až 2020 vo vrtoch: NV-110, NV-111, NV-112, PV-107, PV-111, PV-112 a PV-14, PV-4, so štatistickým 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.

### e/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

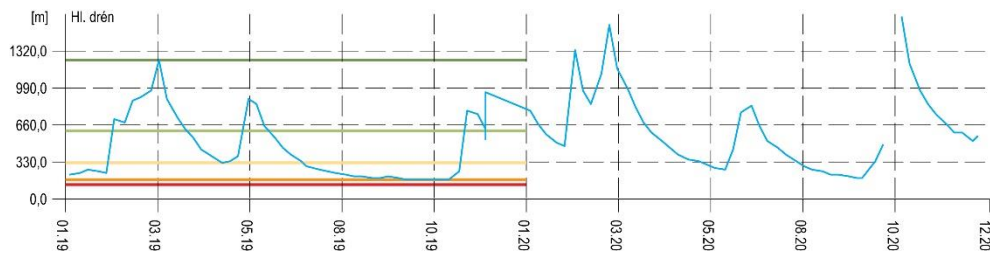
Výdatnosti na Hlavnom odvodňovacom dréne sa v roku 2019 merali s týždennou frekvenciou a teda v danom období bolo realizovaných 52 meraní (tab. 4.23.4). Najvyššia výdatnosť bola nameraná dňa 16. marca, kedy aj hladiny podzemnej vody vystúpili vo viacerých vrtoch na maximálnu ročnú úroveň a v niektorých prípadoch prekonal aj dlhodobé maximálne stavy. K tomuto dátumu bola výdatnosť Hlavného odvodňovacieho drénu 1231,80 l.min<sup>-1</sup> (absolútne najvyššia výdatnosť bola nameraná dňa 9. januára 2010 – 2142,00 l.min<sup>-1</sup>). Najnižšia výdatnosť bola nameraná 1. novembra – 160,20 l.min<sup>-1</sup> po sezónnom klesaní hladiny podzemnej vody vo vrtoch (obr. 4.23.5, 4.23.6 a 4.23.7). Priemerná výdatnosť za rok 2019 bola 454,33 l.min<sup>-1</sup>, čo predstavuje vyššiu hodnotu priemernej výdatnosti v porovnaní s rokom 2018.

Tab. 4.23.4. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Stabilizačný násyp Handlová za rok 2019

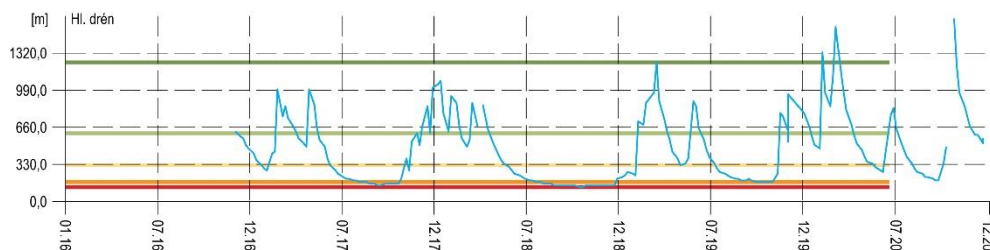
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]	Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]
		[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum	[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum		
Hlavný drén	52	1231,80	16. 3. 2019	160,20	1. 11. 2019	454,33	1071,60

Tab. 4.23.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Stabilizačný násyp Handlová za rok 2020

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]	Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ]
		[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum	[l.min <sup>-1</sup> ]	dátum		
Hlavný drén	53	1621,80	23. 10. 2020	178,20	22. 9. 2020	608,75	1443,60



Obr. 4.23.11. Vývoj výdatnosti na drenážnom potrubí na zosuvnej lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v rokoch 2019 a 2020, 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: 2016 – 2019.



Obr. 4.23.12. Vývoj výdatnosti na drenážnom potrubí na zosuvnej lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v rokoch 2016 až 2020, 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: 2016 – 2019.

V roku 2020 sa pokračovalo v meraní výdatnosti na Hlavnom odvodňovacom dréne s týždennou frekvenciou a bolo vykonaných 53 meraní (tab. 4.23.5). Maximálna výdatnosť bola nameraná 23. októbra, teda tesne po dosiahnutí maximálnych stavov hladiny podzemnej vody a dosahovala hodnotu 1621,80 l.min<sup>-1</sup>. Naopak, najnižšie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané v septembri – minimálna hodnota 178,20 l.min<sup>-1</sup> zo dňa 22. septembra. V tomto termíne boli v prevažnom počte vrtoch namerané aj najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody.

Priemerná hodnota výdatnosti drenážneho objektu v období roka 2020 dosiahla 608,75 l.min<sup>-1</sup>, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazný vzostup, až o 154,42 l.min<sup>-1</sup>.

#### e/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Handlová. Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou hodnotenia 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. Na Stabilizačnom násype bol v roku 2016 realizovaný Technicko-bezpečnostný dohľad, ktorý nad vodnou stavbou absentoval už dlhšie obdobie.

Po obnovení meraní výdatnosti Hlavného drénu v decembri 2016 sa ich meranie vykonávalo aj v roku 2020. Hodnota priemernej výdatnosti v roku 2020 zaznamenala výrazný vzostup, až o 154,42 l.min<sup>-1</sup>.

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.

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020, v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2019, zaznamenala vzostup, a to až o 0,64 m. Za významnejšiu skutočnosť, zaznamenanú v roku 2020, zároveň považujeme i masívne prekročenie maximálnych stavov, zaznamenaných počas referenčného obdobia. Prekročené dlhodobé maximum, ktoré boli zaznamenané až v 15 vrtoch (z 25 monitorovaných vrtoch) súviseli s intenzívnymi zrážkami, ktoré spadli na začiatku jesenného obdobia. Na mimoriadne vysoké stavy hladiny podzemnej vody reagovalo aj odvodňovacie zariadenia. V roku 2020 boli namerané najvyššie výdatnosti za posledných 5 rokov. Z výsledkov meraní za dlhšie časové obdobie vyplýva, že vo viacerých monitorovacích objektoch postupne dochádza k poklesu amplitúdy zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, čo signalizuje ich starnutie – zanášanie, ale tiež i nevhodné vystrojenie. Tieto skutočnosti boli podrobne opísané v hodnotení režimových ukazovateľov na Stabilizačnom násype (Jelínek a Ondrejka, 2016). Zo spomenutého materiálu napr. vyplýva, že režimové pozorovania sa vykonávajú aj vo vrtoch, ktoré primárne na to nie sú určené.

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 rámci pod systému „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2020 vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – zosúvania (12 pozorovaných lokalít), plazenia (4 lokality) a náznakov aktivizácie rútvých pohybov (6 lokalít). Samostatnú skupinu špecifických prípadov hodnotenia stability prostredia tvorí lokalita Stabilizačného násypu v Handlovej. Rozsah monitorovacích aktivít, ako aj frekvencia ich použitia, vychádzali z Programu monitorovania na rok 2020.

Celkovo sa teda v rámci pod systému 01 v roku 2020 monitorovalo 23 lokalít. V roku 2020 boli monitorovacie aktivity zabezpečované na rovnakom súbore lokalít ako v predchádzajúcom roku 2019. 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 2020*

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

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

Okrem priamo vykonávaných monitorovacích meraní bola v roku 2020 zabezpečená 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 výsledkov monitorovania z roku 2020 možno jednotlivé zosuvné lokality účelovo rozdeliť do viacerých kategórií. Vzhľadom na skutočnosť, že pri hodnotení stabilitných pomerov pripisujeme najväčší význam ich aktuálnej pohybovej aktivite, poradie prezentovaných lokalít zodpovedá veľkosti pohybu, zaznamenanému počas kontrolných meraní metódou presnej inklinometrie; najväčšia pozornosť je venovaná lokalitám, ktoré boli počas roka 2020 pohybovo najaktívnejšie.

Na základe hodnotenia výsledkov z inklinometrických meraní, ktoré boli v roku 2020 realizované na 6 lokalitách (Handlová-Morovnianske sídlisko, Svätý Anton, Hodruša-Hámre, Ďačov, Bardejovská Zábava a Vyšný Čaj), možno konštatovať, že najaktívnejšia je zosuvná lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko.

Inklinometrické merania sú na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko zabezpečované vo vrtoch AH-2 a AH-3. Vysoká pohybová aktivita bola nameraná v južnej časti s názvom Jánošíkova cesta vo vrte AH-3. Ide o oblasť, v ktorej je zvýšená pohybová aktivita sledovaná dlhšie obdobie. Jej prejavy sú viditeľné na stavebných objektoch, ale i na prístupovej ceste. V roku 2020 boli v tomto vrte vykonané dve etapy meraní (august a december). Vysoké hodnoty deformácie boli dokumentované obomi kontrolnými meraniami. Počas augustovej etapy bola v hĺbke 6,59 m pod úrovňou terénu nameraná deformácia 10,76 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 15,70 mm.rok<sup>-1</sup> a následne, počas decembrovej etapy deformácia 7,16 mm (23,52 mm.rok<sup>-1</sup>). Výsledný vektor na aktívnej šmykovej ploche za obdobie od apríla 2017 do novembra 2020 dosiahol 49,54 mm, čo predstavuje priemernú ročnú rýchlosť 8,62 mm.rok<sup>-1</sup>.

Vo vrte AH-2, ktorý sa nachádza nad zástavbou Morovnianskeho sídliska (nad železničným oblúkom), boli v roku 2020 namerané zvýšené hodnoty deformácií prakticky na všetkých sledovaných šmykových plochách. Počas augustového merania bola najvyššia pohybová aktivita nameraná v hĺbke 3,78 m p. t. (4,3 mm; 6,28 mm.rok<sup>-1</sup>).

Z hľadiska hodnotenia zmien hĺbky HPV, ktorá je monitorovaná v 41 objektoch, je možné konštatovať, že v roku 2020 došlo v šiestich vrtoch (P-11, P-16, P-18, P-34, P-37 a P-38) k dosiahnutiu pozitívnej vztlakovej hladiny. Výskyt tejto stabilne nepriaznivej úrovne podzemnej vody bol spojený zväčša so zimným obdobím. Mimoriadne vysoké úrovne hladiny podzemnej vody boli zaznamenané aj vo vrtoch P-1, P-2, P-4, P-13, P-32, P-35 a P-36 (maximálne stavy podzemnej vody sa nachádzali v intervale od 0,55 do 0,96 m p. t.). Výskyt maximálnych stavov v uvedených vrtoch bol viazaný prevažne na prvú polovicu mesiaca október, teda na obdobie s výdatnými zrážkami.

Odvodňovacie zariadenia na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko sú vybudované buď ako samostatné odvodňovacie vrty, alebo sú sústredené do vejárov a zvedené do zberných šacht. Najvyššie výdatnosti sú pozorované na výtokových objektoch zo zberných šacht (v intervale od 8,7 do 70,59 l.min<sup>-1</sup>). V roku 2020 bola však mimoriadne vysoká výdatnosť nameraná i na samostatnom odvodňovacom vrte JH-5. V prvej polovici októbra dosiahla výdatnosť na tomto vrte 66,67 l.min<sup>-1</sup>, t. j. najvyššiu nameranú hodnotu od roku 2010. Vážnym problémom monitorovania odvodňovacích zariadení je dlhodobop upchaté výtokové potrubie zo šachty B. Voda preteká cez okraj záchytnej šachty.

Ďalšia lokalita, na ktorej počas roka 2020 prevládali nepriaznivé stabilitné pomery, je zosuvné územie v obci Svätý Anton. Monitorovanie je zabezpečované v jednom inklinometrickom a jednom piezometrickom vrte. V roku 2020 boli mimoriadne, nad rámec Programu monitorovania, zabezpečené tri etapy meraní (august, september a december). Dôvodom boli zhoršené stabilitné pomery, potvrdené kontrolným meraním z 12. augusta. V hĺbke 8,2 m pod terénom bola zaznamenaná deformácia 5,17 mm, čo predstavuje priemernú ročnú rýchlosť 7,55 mm.rok<sup>-1</sup> (azimut 285°). Následným septembrovým meraním bol preukázaný priaznivejší stabilitný vývoj s etapovou deformáciou 0,5 mm. K miernemu nárastu deformácie došlo v období medzi septembrovým a decembrovým meraním. 1. decembra bol na úrovni šmykovej plochy nameraný vektor 1,46 mm (7,76 mm.rok<sup>-1</sup>).

Hladina podzemnej vody, monitorovaná automatickým hladinomerom vo vrte JSA-2, kolísala najmä v zimnom a jesennom období. Maximálny stav bol zaznamenaný 5. marca (3,61 m pod terénom); ide o najvyššiu hladinu podzemnej vody za celé monitorované obdobie (v predchádzajúcom období bola max. hladina podzemnej vody nameraná na úrovni 4,55 m od terénu – 18. marec 2018). Následne hladina podzemnej vody klesala, a to až do 16. októbra, kedy zaznamenala opätovný náhly vzostup (1,45 m za 24 hodín). Predpokladáme, že práve náhle vzostupy hladiny podzemnej vody vytvárajú mimoriadne nepriaznivé stabilitné podmienky. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla hodnotu 6,38 m p. t., čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,84 m.

V zosuvnom území bola na základe požiadavky starostu obce vykonaná terénna obhliadka (výsledky boli zhrnuté v Obhliadkovej správe z augusta 2020). Z jej výsledkov vyplýva priame ohrozenie cestnej komunikácie I/51, plynového potrubia, elektrického vedenia a stavebných objektov nachádzajúcich sa v blízkosti zosuvu.

Na zosuvnej lokalite Ďačov boli zabezpečené 2 merania (jún a november) v troch vrtoch (DA-1, DA-7 a DA-9). Zvýšená pohybová aktivita bola zaznamenaná vo vrte DA-1 počas novembrovej kontrolnej etapy. V hĺbke 2,47 m pod úrovňou terénu bola nameraná deformácia 5,74 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 6,24 mm.rok<sup>-1</sup> (meranie v intervale 11 mesiacov). Na hlbšej šmykovej ploche bol v rovnakom období nameraný etapový prírastok deformácie 0,2 mm (0,22 mm.rok<sup>-1</sup>). Vo vrte DA-7 boli zabezpečené dve kontrolné merania. Počas prvého júňového merania bol na sledovanej šmykovej ploche v hĺbke 1,83 m pod terénom nameraný

vektor s dĺžkou 2,41 mm ( $4,73 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) a následne, počas novembrovej etapy, vektor 1,28 mm ( $4,44 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). V hlbších horizontoch sa veľkosti vektorov pohybovali v intervale 0,64 – 1,8 mm. Dlhodobý vektor deformácie na sledovanej šmykovej ploche (za obdobie apríl 2017 – november 2020) dosiahol 1,41 mm ( $0,4 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). V porovnaní s predchádzajúcim aktívnym obdobím, ktoré trvalo od decembra 2011 do apríla 2017, kedy priemerná rýchlosť deformácie dosahovala približne  $10 \text{ mm.rok}^{-1}$ , je možné aktuálny stav zosuvného územia hodnotiť ako relatívne stabilný. Vo vrte DA-9 bola nameraná deformácia 1,14 mm ( $2,24 \text{ mm.rok}^{-1}$ ).

Vývoj zmien hĺbky hladiny podzemnej vody je sledovaný v troch 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. Vrt sa nachádza v juhovýchodnej časti zosuvného územia v oblasti IBV. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla hĺbku 5,19 m p. t., čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,56 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 0,70 m (vrt DA-10) do 10,88 m pod terénom (vrt DA-8).

V zosuvnom území nad obcou Vyšný Čaj je monitorovanie pohybovej aktivity zabezpečené prostredníctvom vrtov VČI-1 a VČI-2. V hodnotenom roku boli v území zrealizované 2 etapy meraní (jún a november). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas júnového merania vo vrte VČI-2. Na šmykovej ploche v hĺbke 5,16 m pod úrovňou terénu bola nameraná etapová deformácia s hodnotou 1,8 mm ( $1,63 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Vo vrte VČI-1 bola mierne zvýšená pohybová aktivita nameraná počas novembrového merania. Výsledný dlhodobý vektor deformácie na šmykovej ploche vo vrte VČI-1 (za obdobie október 2014 – december 2020) dosiahol 3,77 mm ( $0,62 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) a vo vrte VČI-2 3,7 mm ( $0,61 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). V porovnaní s predchádzajúcim obdobím (pred rokom 2014), kedy priemerná rýchlosť deformácie dosahovala  $2,69 \text{ mm.rok}^{-1}$ , je možné konštatovať pokles pohybovej aktivity.

Z dvojice monitorovaných piezometrických vrtov bola hladina podzemnej vody sledovaná len vo vrte VČHG-2; vrt VČHG-3 bol počas meraní v roku 2020 suchý. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody vo vrte VČHG-2 dosiahla 5,94 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,15 m.

I napriek uspokojivej stabilitej situácii, naďalej pretrvávajú problémy v oblasti odvádzania vôd zo zariadení podpovrchového odvodnenia. V obdobiach so zvýšenými prietokmi vybudované potrubie kapacitne nepostačuje, vďaka čomu dochádza k zaplavovaniu zbernej šachty a znižovaniu účinnosti sanačného opatrenia. V tejto súvislosti boli viackrát oslovení i predstavitelia obecného zastupiteľstva. V roku 2020 boli zberné šachty zaplavené počas siedmich z desiatich kontrolných meraní.

Na lokalite Hodruša-Hámre sa pohybová aktivita sleduje vo vrtoch IP-2 a PS-Z1. Na zosuve, ktorý je v priamom kontakte s Dolným Hodrušským jazerom, boli v hodnotenom období zabezpečené dve merania (august a december). Vyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas augustového merania vo vrte IP-2. V hĺbke 7,08 m pod úrovňou terénu bola nameraná etapová deformácia 1,52 mm ( $2,23 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Na plytšej šmykovej ploche (3,08 m pod terénom) bol nameraný etapový prírastok deformácie 1,25 mm ( $1,83 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Merania na ostatných sledovaných šmykových plochách dosahovali etapové vektory v intervale od 0,22 do 0,81 mm (od 0,33 do  $2,65 \text{ mm.rok}^{-1}$ ).

Meraním hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte PS-H1 (s inštalovaným automatickým hladinomerom) bola 29. decembra zaznamenaná jej najvyššia úroveň (0,97 m pod terénom) za celé monitorované obdobie (od decembra 2015; najvyššia hladina zaznamenaná v predchádzajúcich rokoch dosiahla 2,5 m – 29. apríl 2017). Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2020 dosiahla hĺbku 3,77 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,88 m.

Na lokalite Bardejovská Zábava je pohybová aktivita sledovaná vo vrte BIJ-1. V roku 2020 boli zabezpečené 2 kontrolné merania (jún a november). Vyššia pohybová aktivita bola

zaznamenaná počas novembrového merania. V hĺbke 5,61 m pod terénom bola nameraná deformácia 0,57 mm ( $1,26 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Na plytšej šmykovej ploche bol nameraný etapový prírastok deformácie s hodnotou 1,36 mm ( $3,3 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Počas júrovej kontrolnej etapy nepresiahli namerané vektory 0,9 mm ( $1,77 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Výsledný dlhodobý vektor deformácie (za obdobie december 2014 – november 2020) na hlbšej šmykovej ploche dosiahol 3,75 mm ( $0,83 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). V prípade plytšieho sledovaného horizontu dĺžka výsledného dlhodobého vektora dosiahla 5,79 mm ( $0,97 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). V porovnaní s obdobím pred rokom 2014, ktoré môžeme označiť ako aktívne (počas ktorého rýchlosť deformácie dosahovala viac ako  $3 \text{ mm.rok}^{-1}$ ), je možné súčasný stav hodnotiť ako relatívne stabilný.

Vývoj zmien hladiny podzemnej vody je na lokalite sledovaný vo vrtoch BHJ-1 a BHJ-3. Z desiatich kontrolných meraní zabezpečených v roku 2020 vyplýva, že hladiny mali prevažne ustálený vývoj s veľmi malou amplitúdou (max. kolísanie 0,62 m – BHJ-1). Najvyššia hladina podzemnej vody bola nameraná 21. apríla vo vrte BHJ-3. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2020 dosiahla hĺbku 5,93 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,22 m, pričom priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch sa pohybovali v rozsahu od 2,61 (vrt BHJ-3) do 9,26 m pod terénom (vrt BHJ-1). Pri hodnotení výdatnosti odvodňovacích vrtov je možné konštatovať, že 3 zo 4 vrtov boli prakticky počas všetkých kontrolných meraní suché. Voda bola odvádzaná len horizontálnym vrtom HV-2. Priemerná výdatnosť v tomto vrte dosiahla  $0,48 \text{ l.min}^{-1}$ , pričom maximálna hodnota bola nameraná v druhej polovici apríla ( $0,56 \text{ l.min}^{-1}$ ) a minimálna 4. februára ( $0,40 \text{ l.min}^{-1}$ ).

Na lokalitách Okoličné, Šenkvice, Dolná Mičiná, Slanec-TP, Čirč a Handlová-Kunešovská cesta sú monitorovacie aktivity zamerané len na sledovanie vývoja zmien hladiny podzemnej vody a efektívnosti odvodňovacích zariadení. Merania podávajú informáciu o vývoji najvýznamnejšieho zosuvotvorného faktora.

Na lokalite Okoličné je kolísanie hladiny podzemnej vody sledované automatickým hladinomerom, umiestneným v čele prúdového zosuvu (vo vrte J-1), ktorý ohrozuje železničnú trať, spájajúcu Bratislavu a Košice. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 7,04 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2019 vzostup o 0,25 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,02 m. K výraznejšiemu vzostupu hladiny podzemnej vody došlo v druhej polovici novembra a maximálna hladina bola dosiahnutá 13. decembra. Od tohto termínu do konca roka došlo len k nepatrnému poklesu hladiny podzemnej vody; predpokladáme, že v jarnom období 2021 môže hladina v tomto vrte výraznejšie stúpať.

Na lokalite Šenkvice sú monitorovacie aktivity sústredené na sledovanie hladiny podzemnej vody v troch vrtoch prostredníctvom automatických hladinomerov. V roku 2020, na rozdiel od predchádzajúceho obdobia, vývoj sledovaných hladín podzemnej vody nemal ustálený charakter. Naopak, v druhej polovici roka bol pozorovaný pomerne výrazný vzostup hladiny podzemnej vody (najvyššie úrovne podzemnej vody od roku 2016). Uvedená skutočnosť čiastočne súvisí so zrážkovou činnosťou, ale predpokladáme, že hlavnou príčinou uvedeného stavu je znefunkčenie (upchatie) potrubia, ktoré má slúžiť na odvádzanie podzemných vôd, zachytených drenážnymi zariadeniami mimo zosuvné územie do povrchového recipientu. Na odvodňovacie potrubie je nelegálne pripojené kanalizačné potrubie so splaškovými vodami z príľahlého rodinného domu. Napriek tomu, že na tento nepriaznivý stav boli písomne upozornení predstavitelia samosprávy (napr. listom zo dňa 7. 11. 2014), k jeho náprave zatiaľ nedošlo.

V Dolnej Mičinej je pozornosť sústredená na sledovanie hladiny podzemnej vody prostredníctvom automatického hladinomeru, ktorý je umiestnený vo vrte JM-6. Hladina podzemnej vody po dlhšom období začala výraznejšie stúpať. Maximálna hladina bola nameraná na konci roka, a to na úrovni 8,35 m pod terénom. Zároveň je predpoklad, že zostupný trend pretrvá i v najbližších mesiacoch roka 2021. Priemerná hĺbka hladiny

podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 13,72 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2019 vzostup o 1,85 m. Amplitúda ročných zmien v hodnotenom roku dosiahla 7,54 m.

Na lokalitách Slanec-TP a Čirč je hlavná pozornosť venovaná sledovaniu efektívnosti odvodňovacích zariadení. V prípade zosuvného územia Slanec-TP je dlhodobým problémom skutočnosť, že viaceré odvodňovacie vrty sú počas roka zaplavované vodou vytekajúcou z drenážnych zariadení, v dôsledku čoho nebolo možné v roku 2020 sledovať objem odtekajúcej vody z vrtoch, ktoré ústia do zberných šácht V2 a V4. V týchto odvodňovacích zariadeniach dochádza vďaka spomenutému javu i k znižovaniu účinnosti hĺbkového odvodnenia. Z odvodňovacích zariadení, ktoré spoľahlivo odvádzali podzemnú vodu, bol najvyšší prietok nameraný na vrte V3/1 (2,79 l.min<sup>-1</sup>); pomerne vysoké maximálne prietoky boli namerané i na vrtoch V1/2, V1/4, V1/5, V3/2 a V3/3 (od 1,06 do 1,72 l.min<sup>-1</sup>). Priemerné hodnoty výdatnosti sa pohybovali v intervale 0,02 až 0,78 l.min<sup>-1</sup>.

Pri hodnotení zmien hĺbky HPV, ktoré sú monitorované v 11 vrtoch, možno konštatovať, že priemerná hladina podzemnej vody v hodnotenom roku dosiahla hĺbku 5,61 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pomerne výrazný vzostup (o 0,96 m). Maximálne stavy sa vyskytovali prevažne v zimnom období. Maximálna hladina bola nameraná vo vrte J-11, a to len 0,11 m pod terénom. Mimoriadne vysoké stavy hladiny boli namerané i vo vrtoch J-16, J-9 a J-13 (v intervale od 0,41 do 0,79 m pod terénom). Najväčšia ročná amplitúda bola zaznamenaná vo vrte J-9, a to s hodnotou 8,40 m. Naopak, minimálne zmeny hladiny podzemnej vody boli pozorované vo vrtoch J-5, J-6, J-7 a J-12 (v intervale od 0,54 do 0,8 m pod terénom).

Na lokalite Čirč je možné odvodňovací systém hodnotiť ako relatívne efektívny. V roku 2020 priemerný prietok z výtokového objektu dosahoval 7,23 l.min<sup>-1</sup>, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazný vzostup (o 1,43 l.min<sup>-1</sup>). Najvyššia výdatnosť (20,0 l.min<sup>-1</sup>) bola zaznamenaná v druhej polovici augusta, krátko po najvyššom stave hladiny podzemnej vody v piezometrickom vrte Č-1 (max. 4,18 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody v hodnotenom roku dosiahla 6,99 m pod terénom. V porovnaní s rokom 2019 ide o jej mierny vzostup (o 0,12 m). Kolísanie hladiny podzemnej vody v monitorovaných vrtoch nepresiahlo 1 m.

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta sa stav hladiny podzemnej vody monitoruje v pravidelnej dvojtýždňovej frekvencii na sieti 9 piezometrických vrtoch. Z výsledkov meraní vyplýva, že až v 4 vrtoch (MK-8, MK-6, JK-6 a JK-5) sa hladiny podzemnej vody počas maximálnych stavov dostali do blízkosti terénu (max. hladiny podzemnej vody boli namerané v rozsahu 0,44 a 0,95 m pod terénom). Maximálne stavy hladiny podzemnej vody v jednotlivých monitorovacích vrtoch boli zaznamenané prevažne v zimnom (v troch vrtoch) a jesennom období (v piatich vrtoch). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2020 dosiahla 3,43 m pod terénom, čo je v porovnaní s rokom 2019 vzostup o 0,54 m. Maximálna amplitúda ročných zmien bola v hodnotenom roku zaznamenaná vo vrte MK-8 (4,07 m), naopak, najnižšie kolísanie bolo pozorované vo vrte JK-1 (0,56 m).

### **Svahové pohyby charakteru plazenia**

V roku 2020 pokračovali monitorovacie práce s využitím 5 mechanicko-optických dilatometrov TM-71 na štyroch lokalitách: Veľká Izra 1, Košický Klečenov (2 prístroje), Sokol a Jaskyňa pod Spišskou. Na lokalite Veľká Izra 1 boli v tomto roku zistené nepatrné pohyby vo všetkých troch smeroch (osiach x / y / z; 0,072 / 0,029 / 0,015 mm). Pokles horninového bloku (os z) dosiahol celkovo 2,615 mm. Na lokalite Košický Klečenov sa výraznejšie hýbal iba spodný horninový blok. Prístroj KK1 preukázal rozšírenie trhliny o 0,420 mm (celkovo 7,268 mm) a pokles bloku o 0,567 mm (celkovo 13,443 mm). Šmykový pohyb pozdĺž trhliny (os y) stagnoval. V prípade KK2 sa pohyb neprejavil v žiadnom smere. Na lokalite Sokol (Bačkovská dolina) potvrdil prístroj pohyb v smere všetkých troch osí. Trhlina sa rozšírila

(os x) o 0,468 mm (celkovo 12,980 mm), blok sa posunul pozdĺž trhliny (os y) o 0,322 mm (celkovo 8,958 mm) a poklesol (os z) o 0,3 mm (celkovo 1,880 mm). Prevláda výrazný a dlhodobý trend v smeroch osí x a y. V Jaskyni pod Spišskou sa výraznejšie potvrdil iba pokles spodného bloku (os z – 0,118 mm), ktorého celková hodnota dosiahla 0,845 mm. Rozšírenie trhliny (os x) sa zvýšilo iba o 0,036 mm na celkových 0,908 mm. Šmykový posun pozdĺž trhliny (os y) stagnoval.

### **Náznaky aktivizácie rútvých pohybov a zvetrávania**

V roku 2020 boli monitorovacie aktivity realizované na štyroch lokalitách, avšak v zmysle Programu monitorovania na rok 2020 bolo plánované zabezpečiť monitorovacie merania na šiestich lokalitách. Dôvody zníženia počtu monitorovaných lokalít súvisia so stabilizačno-sanačnými prácami a intenzívnym zvetrávaním, vďaka čomu došlo k poškodeniu dvoch lokalít na sledovanie mikromorfologických zmien – Starina a Banská Bystrica-Jakub. Pri meraniach boli aplikované metódy dilatometrického a mikromorfologického merania. V rámci pozorovaných lokalít sa spracovávali aj informácie o významných zosuvotvorných faktoroch (zrážky, počet mrazových dní).

Na lokalite Demjata, v oblasti skalného zárezu na ceste z Demjaty do Raslávíc, pokračovalo pomalé rozvoľňovanie oddelených skalných lavíc na jeho južnom ukončení. V meranom profile sú od roku 2016 každoročne pozorované intenzívnejšie posuny vrchnej – okrajovej lavice v rozsahu cca 0,5 mm.rok<sup>-1</sup>. V roku 2020 bol zaznamenaný posun 0,44 mm. Uvoľnený horninový blok v jej podloží stagnoval, od roku 2018 je priemerná rýchlosť posunu bloku 0,1 mm.rok<sup>-1</sup>. Kontinuálny posun menšieho uvoľneného bloku v severnejšej časti zárezu pokračoval aj v roku 2020 o 5,7 mm, nepredstavuje však bezpečnostné riziko. Monitorovacie zariadenie na opačnej strane zárezu cesty bolo poškodené a merania boli ukončené.

Na štyroch lokalitách (Demjata 3 a 5, Handlová-Baňa, Bratislava-Železná studnička, Pezinská Baba 2 a 3), na ktorých sa vykonávajú merania mikromorfologických zmien, boli zaznamenané zmeny v rozsahu, ktorý bolo možné očakávať na základe odvodených trendov z meraní realizovaných v predchádzajúcom období. V roku 2020 bolo pri plánovanom meraní 1. decembra 2020 na lokalite Jakub zistené, že v súvislosti so stabilizáciou skalného brala nad železničnou traťou Banská Bystrica – Uľanka došlo k nenávratnému poškodeniu meraného profilu. Merania na tejto lokalite boli po 22 rokoch ukončené. Na lokalite Starina, v záreze štátnej cesty Snina – Príslop, bolo pri plánovanom meraní 8. decembra 2020 zistené, že v dôsledku zvetrávania došlo k zničeniu profilu. Merania na tejto lokalite museli byť po 24 rokoch ukončené.

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 bol v roku 2020 zabezpečený súbor režimových meraní v piezometrických vrtoch a výdatnosti Hlavného drénu. V priebehu roka 2020 boli pravidelne raz mesačne zabezpečené obhliadky všetkých objektov Stabilizačného násypu. Výsledky boli mesačne predkladané organizácii, poverenej MŽP SR výkonom TBD – Vodohospodárskej výstavbe, š. p. Bratislava.

Na základe analýzy režimových ukazovateľov z roku 2020, ktorá vychádza z informácie o stave hladiny podzemnej vody v 25 vrtoch, je možné konštatovať, že v priestore Stabilizačného násypu dosiahla jej priemerná hodnota 6,35 m p. t., čo je v porovnaní

s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,76 m. Najvyššia priemerná ročná hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte N-1 (0,13 m pod úrovňou terénu). Počas jej maximálneho stavu piezometrická úroveň dosiahla 0,53 m nad úroveň terénu. Rovnako nad terén vystúpila podzemná voda aj vo vrte M-2. Do blízkosti terénu sa dostala podzemná voda aj vo vrtoch M-1, M-3, N-2, N-3 a N-4, pričom jej maximálne stavy pohybovali v intervale od 0,09 do 0,58 m pod terénom. Tieto vysoké úrovne HPV boli namerané prevažne 30. decembra, vo vrte N-3 to bolo 15. októbra. V ostatných vrtoch bol výskyt maximálnych stavov hladiny podzemnej vody zaznamenaný prevažne v októbri (až 14 vrto) a v marci (4 vrty). Rok 2020 možno považovať za výnimočný v tom, že až v 15 z 25 monitorovaných piezometrov boli namerané najvyššie stavy od roku 2011.

Na základe výsledkov merania výdatnosti Hlavného drénu bol maximálny prietok nameraný 23. októbra, teda tesne po dosiahnutí maximálnych stavov hladiny podzemnej vody a dosahoval hodnotu  $1621,80 \text{ l.min}^{-1}$ . Priemerná hodnota výdatnosti drenážneho objektu v období roka 2020 dosiahla  $608,75 \text{ l.min}^{-1}$ , čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom výrazný vzostup, až o  $154,42 \text{ l.min}^{-1}$ .

### **Nové zosuvy v roku 2020**

V roku 2020 pracovníci ŠGÚDŠ v rámci hlásených nových, resp. reaktivovaných zosuvov vykonali obhliadku a registráciu 10 svahových deformácií (Dolná Mičiná, Klenov, Malá Čausa, Ruskov, Sabinov, Šarišské Bohdanovce, Svätý Anton, Vinohrady nad Váhom, Žarnovica, Žaškov). Niektoré z lokalít, na ktorých boli vykonané obhliadky aktuálneho stabilitného stavu, sú v súčinnosti so sekciou geológie a prírodných zdrojov MŽP SR navrhnuté do aktualizovaných zoznamov dokumentu „Program prevencie zosuvných rizík – aktualizácia“ v rámci OP KŽP 2021 – 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 a 2020)*

- Fekeč, P., Bednarik, M., Maretta, 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, s. 33.
- Frašťia, M., 2011: Blízka fotogrametria, jej aplikácie a nástroje. 19. slovenské geodetické dni. In: Zborník referátov. Komora geodetov a kartografov, Bratislava, nestr.
- Frašťia, M., 2012: Laserové verzus optické skenovanie skalných masívov. *Mineralia Slovaca*, 44, s. 177 – 184. ISSN 0369-2068
- Fussgänger, E., Jadroň, D., 1977: Engineering geological investigation of the Okoličné landslide using measurement of stresses existing in soil mass. *Bull. IAEG (Krefeld)*, 16, 203 – 209
- Gajdoš, V., Wagner, P., 2005: Spôsob spracovania údajov z meraní presnej inklinometrie pri monitoringu svahových pohybov. *Mineralia Slovaca*, 37, 563 – 568
- Grman, D., Boszaková, M., Magdošová, 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. Manuscript – Geofond, Bratislava, 22 s.
- 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.
- Jadroň, D., Mokrý, 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: Súčasný metódy monitoringu procesov zvetrávania. In: Klukanová, A., Wagner, P. (ed.): Geológia a životné prostredie. Zbor. referátov z 2. konferencie. Vyd. ŠGÚDŠ, Bratislava, s. 136 – 140
- Kaličiak, M. (ed.), Baňacký, V., Jacko, S., Janočko, J., Karoli, S., Molnár, J., Petro, L., 1991: Slanské vrchy a Košická kotlina, severná časť. Vyd. ŠGÚDŠ, Bratislava.  
<http://mapserver.geology.sk/gm50/mapviewer.jsf?width=699&height=528>
- Kaličiak et al., 1996: Baňacký, V., Janočko, J., Karoli, S., Petro, L., Spišák, Z., Vozár, J., Žec, B., 1996: Slanské vrchy a Košická kotlina, južná časť. GS SR, Bratislava  
<http://mapserver.geology.sk/gm50/mapviewer.jsf?width=699&height=528>
- Liščák P., Káčer Š., 2011: Developments in landslides inventory and registry in Slovakia. Proceedings of the Second World Landslide Forum – 3-7 October 2011, Rome.
- Liščák, P., Ondrejka, P., Dananaj, I., Gregor, M., Slaninka, I., Brček, M., Melicherčík, J., 2011: Vinohrady nad Váhom časť Kamenica – inžinierskogeologický prieskum havarijného zosuvu v obci, orientačný IGP. MŽP SR, Bratislava, ŠGÚDŠ, Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, archív. č. 90333, 48 s.
- Matula, M., Pašek, J., 1986: Regionálna inžinierska geológia ČSSR. Vyd. Alfa – SNTL, 295 s., Bratislava, Praha
- Mello, J. (ed.), Filo, I., Havrila, M., Ivan, P., Ivanička, J., Madarás, J., Németh, Z., Polák, M., Pristaš, J., Vozár, J., Vozárová, A., Liščák, P., Kubeš, P., Scherer, S., †Siráňová, Z., Szalaiová, V., Žáková, E., 2000: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského raja, Galmusu a Hornádskej kotliny v mierke 1 : 50 000. ŠGÚDŠ, Vyd. Dionýza Štúra, 303 s., Bratislava
- Míka, R., Bolha, L., 2000: Záverečná správa z podrobného inžinierskogeologického prieskumu „Slanec“. Manuskript. Archív SPP, 15 s., Bratislava
- Mokrý, 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., Bakoň, M., Papčo, J., Liščák, P., Žilka, A., 2016: Monitoring aktivity zosuvného územia Prievidza-Hradec. *Geotechnika*, 1/16, s. 3 – 12.
- 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, s. 37.
- Otepka, J., Menzelová, O., Bohyník, J., Mesko, M., Čubříková, E., Roháčiková, A., Škripeková, E., Novotný, P., Čellár, S., Abelovič, J., Čerňanský, J., Kúdeľa, P. a Bláha, P., 1983: Hlohovec – Sereď, prieskum a sanácia zosuvov. Orientačný inžinierskogeologický prieskum. IGHP Bratislava, SGÚ Bratislava. Manuskript, archív Geofondu, Štát. geol. úst. D. Štúra, Bratislava, č. správy 57522, 120 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. *Mineralia Slovaca*, 43, 2, 2011, 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, 24-26.
- Petro, L., Košťák, B., Polaščinová, E., Spišák, Z., 1999: Monitoring blokových pohybů v Slanských vrchoch. *Miner. Slov.*, 31, s. 549 – 554
- Petro, L., Liščák, P., Ondrejka, P., 2012: Assessment of selected active landslides in Slovakia in 2011. *Miner. Slov.*, 44/2, s. 131 – 140.
- Petro, L., Spišák, Z., Polaščinová, E., 1984: Inžinierskogeologická mapa 1 : 10 000, oblasť Solivar. Manuskript, archív ŠGÚDŠ Košice, 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
- 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, 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, 21 – 42
- Wagner, P., Ondrejka, P., Iglárová, E., Fraštia, M., 2010: Aktuálne trendy v monitorovaní svahových pohybů. *Mineralia Slovaca*, roč. 42, č. 2.

- Wagner, P., Ondrejka, P., Balík, D., Žilka, A., 2012: Hodnotenie výsledkov monitorovacích meraní na zosuvoch. *Mineralia Slovaca*, 44/2, s. 141 – 148.
- Žabková, E., Záhurecký, 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. Manuscript – Geofond, Bratislava, 38 s.