

MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA



Podsystem 01

Zosuvy a iné svahové deformácie

Správa za rok 2019

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

Číslo geologickej úlohy: **207**

Zodpovedný riešiteľ
geologickej úlohy: **RNDr. Pavel Liščák, CSc.**

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

Spoluriešitelia: **RNDr. Peter Ondrejka, PhD., RNDr. Peter Ondrus,
RNDr. Pavel Liščák, CSc., RNDr. Ivan Dananaj, PhD.,
Mgr. Eduard Mašlár, Mgr. Ingrid Mašlárová,
Ing. Ľubomír Petro, CSc., 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 2020

OBSAH

1. ZOSUVY a INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE	3
1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete.....	3
1.2. Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia	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	33
1.4.3. Lokalita Svätý Anton	41
1.4.4. Lokalita Hodruša-Hámre	47
1.4.5. Lokalita Slanec-TP	53
1.4.6. Lokalita Dolná Mičina	62
1.4.7. Lokalita Okoličné	67
1.4.8. Lokalita Ďačov.....	74
1.4.9. Lokalita Bardejovská Zábava.....	82
1.4.10. Lokalita Čirč	91
1.4.11. Lokalita Vyšný Čaj	98
1.4.12. Lokalita Šenkvice	107
1.4.13. Lokalita Veľká Izra	114
1.4.14. Lokalita Sokol	117
1.4.15. Lokalita Košícký Klečenov.....	120
1.4.16. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou	124
1.4.17. Lokalita Handlová-Baňa	127
1.4.18. Lokalita Demjata.....	130
1.4.19. Lokalita Starina.....	136
1.4.20. Lokalita Jakub	139
1.4.21. Lokalita Bratislava-Železná studnička	142
1.4.22. Lokalita Pezinská Baba.....	145
1.4.23. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp	148
2. ZÁVER	160
LITERATÚRA.....	165

1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE

V rámci subsystému 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie sú prezentované výsledky monitorovania reprezentatívnych lokalít za roky 2018 a 2019 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 2019 a analýza výsledkov meraní za dlhšie obdobie, v ktorej sa pozornosť sústreďuje predovšetkým na zaznamenané vývojové trendy zmien jednotlivých pozorovaných ukazovateľov.

1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete

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

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

V roku 2019 boli v súbore monitorovaných zosuvov prerušené merania na 16 lokalitách: Červený Kameň, Fintice, Handlová – zosuv z roku 1960, Kapušany, Kraľovany, Nižná Hutka, Nižná Myšľa, Petrovany, Prešov-Horárska ul., Prešov-Pod Wilec Hôrkou, Prievidza-Hradec, Prievidza-Veľká Lehôtka, Ruská Nová Ves, Varhaňovce, Veľká Čausa a Vyšná Hutka. Prerušenie monitorovacích meraní v rámci riešenia úlohy ČMS – GF súvisí zo začlenením spomenutých zosuvných lokalít do novej geologickej úlohy, ktorá je zameraná na monitoring nestabilných zosuvných území. 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) a jej realizácia začala v roku 2018. Hlavným cieľom novej geologickej úlohy je prechod na vyššiu úroveň monitorovania, ktorá spočíva vo vyspelejšej technickej vybavenosti monitorovacích objektov, vyššej frekvencii záznamu jednotlivých javov, ale aj v rozšírenom spektre sledovaných faktorov.

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

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

V súvislosti s aktivizáciou veľkého množstva zosuvov v roku 2010 bolo v nasledujúcom období preferované prevažne kritérium založené na spoločenskom hľadisku. Naopak, v súčasnosti, v rámci subsystému 01 Zosuvy a iné svahové deformácie, boli prerušené monitorovacie aktivity práve na zosuvných lokalitách s najvyššou socio-ekonomickou významnosťou.

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

V roku 2019, v súvislosti z uvedenými redukciami v množine monitorovaných svahových deformácií, došlo i k zásadným zmenám v oblasti zastúpenia zosuvných lokalít v jednotlivých inžinierskogeologických regiónoch a oblastiach. V porovnaní s predchádzajúcim obdobím kedy mierne prevládali zosuvy v horninovom prostredí flyšového charakteru, v súčasnosti je zastúpenie zosuvných lokalít v jednotlivých inžinierskogeologických regiónoch relatívne proporčné (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

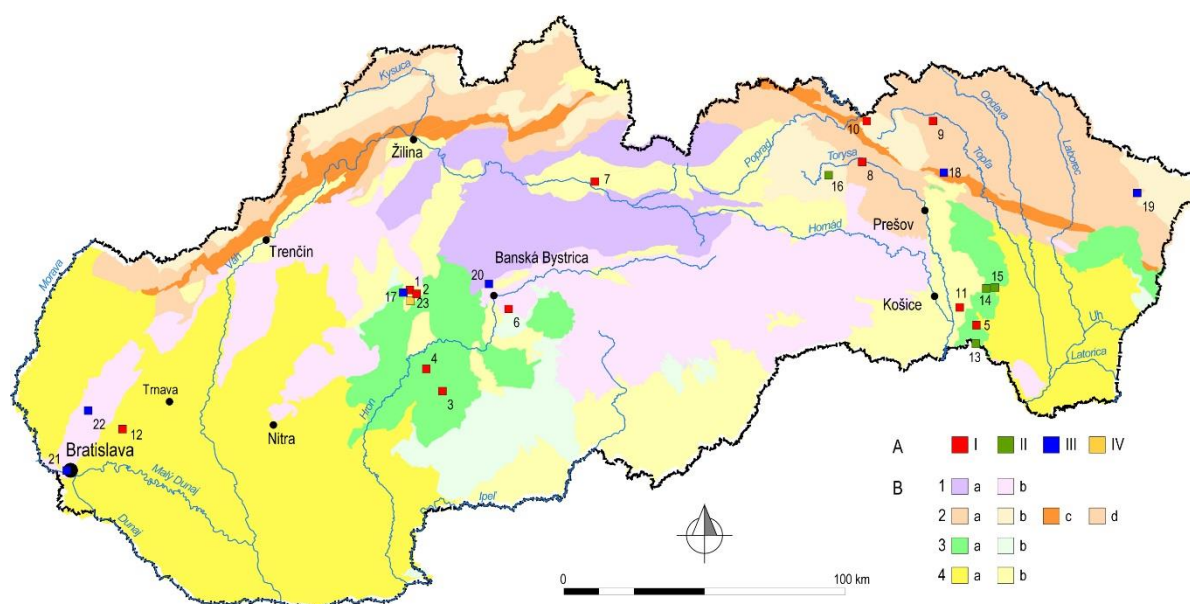
Typ svahového pohybu	Geologická stavba	Celospoločenská dôležitosť	Lokality
Zosúvanie	Neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentmi	Veľmi významná	1. Handlová-Morovnianske sídlisko 2. Handlová-Kunešovská cesta 3. Svätý Anton 4. Hodruša-Hámre
		Významná	5. Slanec-TP 6. Dolná Mičina
	Sedimenty flyšového charakteru	Veľmi významná	7. Okoličné 8. Ďačov 9. Bardejovská Zábava
		Významná	10. Čirč
	Neogénne sedimenty	Veľmi významná	11. Vyšný Čaj 12. Šenkvice
Plazenie	Neogénne vulkanity	Významná	13. Veľká Izra 14. Sokol 15. Košícký Klečenov
	Sedimenty flyš. char.	Významná	16. Jaskyňa p. Spišskou
Rútenie	Neogénne vulkanity	Menej významná	17. Handlová-Baňa
	Sedimenty flyšového charakteru	Významná	18. Demjata
		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 2019) 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.



Obr. 1.1. Rozmiestnenie monitorovaných lokalít svahových deformácií na území SR (čísla lokalít zodpovedajú číslovaníu v tab. 1.2); A – typologické členenie svahových pohybov: I – lokality zo skupiny zosúvania, II – lokality zo skupiny plazenia, III – lokality zo skupiny rútenia (stabilita skalných zárezov), IV – špeciálne lokality (Handlová-Stabilizačný násyp); B – regionálne inžinierskogeologické členenie slovenských Karpát (Hrašná a Klukanová, 2002 in Atlas krajiny SR, 2002): 1 – región jadrových pohorí: a – oblasť vysokých jadrových pohorí, b – oblasť jadrových stredohorí, 2 – región karpatského flyšu: a – oblasť flyšových vrchovín, subregión vonkajších flyšových Karpát, b – oblasť flyšových hornatín, subregión vonkajších flyšových Karpát, c – oblasť flyšových vrchovín, subregión bradlového pásma, d – oblasť flyšových vrchovín, subregión vnútorných flyšových Karpát, 3 – región neogénnych vulkanitov: a – oblasť vulkanických hornatín, b – oblasť vulkanických vrchovín, 4 – región neogénnych tektonických vkleslín: a – oblasť vnútrokarpatských nížin, b – oblasť vnútrohorských kotlín.

1.2. Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia

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

Terestrické metódy boli v poslednom období prakticky nahrádzané *presnou družicovou technológiou GNSS (Globálne navigačné satelitné systémy)*, často nie celkom správne 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 vrty 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 boli stacionárnymi inklinometrickými sondami monitorované vrty na zosuvných lokalitách v Prievidzi-Hradci, Handlovej z roku 1960, Handlovej-Morovnianske sídlisko, Handlovej-Kunešovská cesta a Nižnej Myšli.

c/ Merania zmien zosuvotvorných faktorov

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

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

V nedávnej minulosti, 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 hladinomery) – Meranie pórových tlakov – Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení – Merania zrážkových úhrnov – Meranie teploty vzduchu
Rútenie	a/ Posuny b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu c/ Zmeny morfológie skalnej steny	– Dilatometrické (tyčovým meradlom Somet a meradlom posunov) – Merania zrážkových úhrnov – Záznam počtu mrazových dní – Merania 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 možností 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 vplývajúcich na fyzický stav hodnoteného skalného masívu.

c/ Merania zmien morfológie skalnej steny

Tieto merania možno považovať za doplnujúce, zamerané na zaznamenanie postupu zvetrávacích procesov na povrchu skalného masívu. Merania *mikromorfologických zmien* povrchu skalnej steny majú už pomerne 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.

Pri monitorovaní priečnych deformácií prekrytého oceľového potrubia, prevádzajúceho tok Handlovky a Nepomenovaného potoka na lokalite Stabilizačného násypu v Handlovej sa okrem vyššie uvedených metód používajú i konvergenčné merania deformácií oceľového potrubia, ktoré vzhľadom na špecifickosť riešenej problematiky v tab. 1.3 nie sú uvedené.

Metódy hodnotenia nameraných údajov

V snahe dosiahnuť väčšiu prehľadnosť, zrozumiteľnosť a porovnateľnosť výsledkov monitorovania z rôznych lokalít, boli v minulosti vykonané viaceré analýzy zamerané na vytvorenie klasifikačnej stupnice, ktorá by umožňovala okamžite posúdiť význam nameranej veličiny z hľadiska aktuálneho stabilitného stavu v čase merania a v mieste meraného objektu. V priebehu obdobia monitorovania sa vykonali viaceré analýzy, ktorých cieľom bola čo najvyššia objektivizácia hodnotenia jednotlivých parametrov. Vždy sa prihliadalo na výsledky meraní, na ktoré sa klasifikačný systém vzťahoval. Od výlučne empirických prístupov hodnotenia v období, kedy časový rad nameraných údajov neposkytoval možnosti komplexných analýz, až po klasifikácie, vychádzajúce z výsledkov dlhodobého monitorovania zmien pozorovaných bodov. Algoritmy, definujúce jednotlivé úrovne hodnotiacej stupnice nameraných veličín, využívali výlučne len výsledky dlhodobého monitoringu. Napríklad v prípade poslednej zostavenej klasifikačnej škály (využívanej do roku 2014) pre výsledky meraní metódami presnej inklinometrie a geodézie (podrobne opísanej v práci: Wagner et al., 2012) bola dĺžka časového radu údajov stanovená explicitne na 10 rokov. Pri hodnotení režimových parametrov bola konvenčne stanovená dĺžka meraní na 3 roky, avšak za predpokladu, že budú dodržané isté požiadavky kladené na frekvenciu meraní. V praktickom riešení hodnotení výsledkov meraní na aktuálnej monitorovacej sieti boli pozorované určité problémy, ktoré je možné zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- režimové merania na nových piezometrických vrtoch sú zabezpečované s nízkou frekvenciou, zvyčajne 10 meraní za jeden rok. Aktuálne výsledky režimových pozorovaní tak podávajú informáciu o okamžitom stave hladiny podzemnej vody v priestore svahovej poruchy, prípadne v jej okolí. Neponúkajú však priestor na komplexnejšie analýzy, vedúce k odvodeniu referenčných hodnôt.

- Hodnotenie výdatnosti drenážnych objektov, resp. množstva vody odtekajúcej zo zosuvného územia je vo všeobecnosti problematické a nie je možné k nemu dospieť len na základe aktuálne nameranej výdatnosti. Pri konkrétnom praktickom riešení môže pokles prietoku znamenať tak pokles hladiny podzemnej vody (čo je pri hodnotení stability zosuvného územia vnímané pozitívne), ako aj zníženej funkčnosti odvodňovacieho zariadenia (čo je z hľadiska stability vnímané negatívne).

- Pohybová aktivita na zosuvoch, ktoré sa do súboru monitorovaných lokalít dostali po roku 2010, nie je monitorovaná dostatočne dlhé obdobie na to, aby mohli byť odvodené referenčné hodnoty používaných klasifikačných stupníc.

- Existujúce monitorovacie body – inklinometrické vrty – vybudované v dávnejšom období (deväťdesiate roky 20. storočia), nespĺňajú prísne kvalitatívne kritériá, kladené na tento typ meraní. Výsledky meraní poukazujú na problémy súvisiace so zabudovaním jednotlivých monitorovacích objektov.

- Pri geodetických meraniach sa vo väčšine prípadoch zmenil spôsob technológie z výlučne terestrickej na GNSS, prípadne ich kombináciu. Táto zmena technológie, ale i postupne zvyšujúca sa presnosť používaných prístrojov, sa prejavuje i na dosiahnutých výsledkoch meraní. Z tohto dôvodu, klasifikačné schémy vytvorené na základe výsledkov „starších“ meraní nie sú vždy vyhovujúce pre hodnotenie aktuálne nameraných posunov.

Semikvantitatívne hodnotenia aplikované v minulosti sú nahradené porovnávaním aktuálne nameraných hodnôt zo štatistickými ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z údajov, nameraných v predchádzajúcom období.

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 2019, zaužívala nasledujúca frekvencia zberu údajov z lokalít svahových pohybov:

a/ Merania na zosuvoch

– Geodetické GNSS/terestrické merania boli v roku 2019 realizované len lokalite Okoličné. Meranie je zabezpečené v dvojročnom intervale. V minulosti, do roku 2018, boli merania vykonávané na viacerých lokalitách, a to na konci jarného obdobia, resp. na začiatku letného obdobia (apríl až júl), prípadne na konci jesenného obdobia (z dôvodu nižšieho pokrytia vegetačným porastom);

– Merania metódou presnej inklinometrie (prenosný variant) sa zvyčajne vykonávali raz ročne, najčastejšie v období apríl až jún príslušného roku. V prípade pohybovo najaktívnejších lokalít sa merania vykonávajú častejšie. Frekvencia meraní sa v súčasnosti ustálila na dvoch meraniach za rok. 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 (1 až 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 2018 a 2019 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 2019 a na porovnanie uvádzame i výsledky meraní z roku 2018.

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., 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 a 2019);

- Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2018 a 2019 zhrnutý v tabuľke;

- Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2018 a 2019. 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 2019, alebo – pri niektorých typoch meraní – do momentu posledného merania, uskutočneného v roku 2019;

- 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 vejároch) a 37 pozorovacích piezometrických vrtoch.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2018 a 2019

Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov a frekvencia meraní sú zhrnuté v tab. 4.6.1.

Tab. 4.1.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
Inklinometrické	2	AH-3 (Jánošíkova cesta), AH-2 (oblasť nad železničným oblúkom)	2 – 3 (14. apríl, 12. apríl, 14. august, 5. december)	2 (11. apríl, 6. december)
	1	AH-2 (oblasť nad železničným oblúkom); – stacionárna inklinometrická sonda	Kontinuálne (každý deň)	
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	6	VP-41, VP-44 (oblasť nad železničným oblúkom); VP-23, HG-351 (Malá Hôrka); J-317, J-318 (Jánošíkova cesta)	24 (2x za mesiac)	24 (2x za mesiac)
	35	P-1 až P-13, P-15, P-16, P-18, P-20 až P-38	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 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

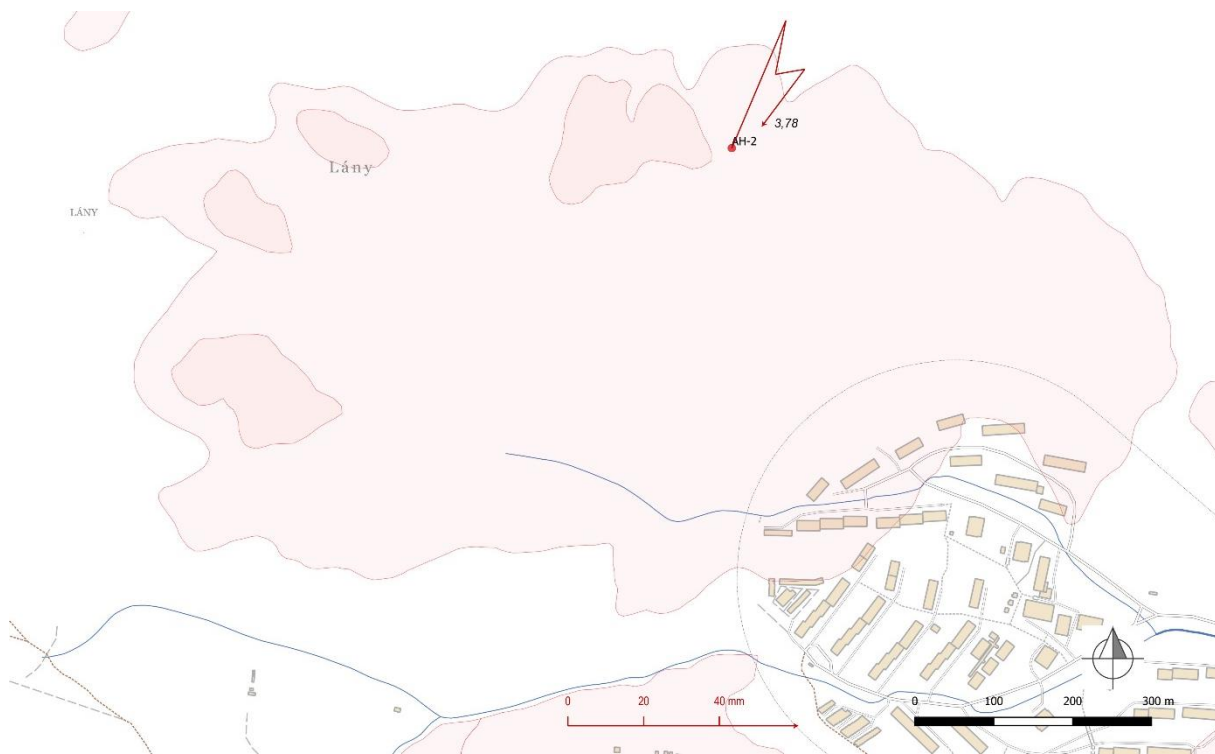
a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko začali vykonávať v roku 2015 v 2 vrtoch, ktoré sú v rámci monitorovaného územia situované do dvoch samostatných častí (oblasť nad železničným oblúkom a Jánošíkova cesta – IBV). Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.1.2. a na obr. 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4 a 4.1.5.

Tab. 4.1.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2018 a 2019

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	14. 12. 17 – 12. 4. 18			12. 4. 18 – 14. 8. 18			14. 8. 18 – 5. 12. 18			5. 12. 18 – 11. 4. 19			11. 4. 19 – 6. 12. 19		
		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 [°]
AH-2	3,78	1,26	9,17 ¹	23 ¹				4,74	3,62 ²	191 ²	4,74	1,97	80	8,07	4,51	217
AH-2	8,78	1,00	8,19 ¹	22 ¹				0,78	1,62 ²	162 ²	1,49	0,91	134	4,53	3,52	215
AH-2	19,28	0,72	3,09 ¹	25 ¹				1,62	1,10 ²	140 ²	1,99	0,40	140	3,41	1,75	206
AH-3	6,57	26,36	3,01	45	27,16	0,85	99	28,43	1,43	108	29,44	1,03	91	31,74	2,44	101
AH-3	15,57	1,63	0,50	300	1,63	0,00	0	1,06	0,57	165	1,70	0,64	339	2,13	0,45	3

CD – celková deformácia od nultého merania (4. 3. 15); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora;
¹ – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 15. 12. 17 – 12. 4. 18; ² – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 12. 4. 18 – 5. 12. 18.



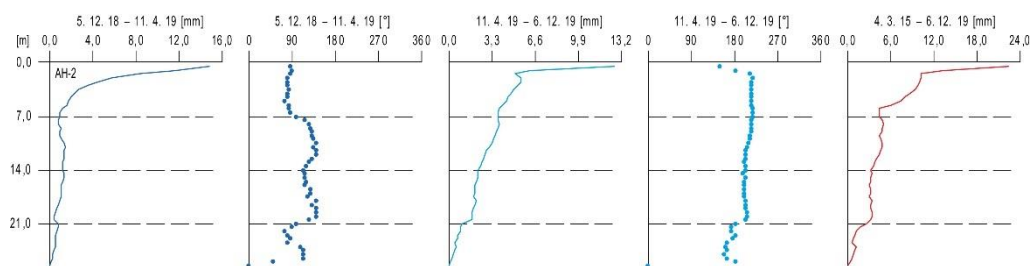
Obr. 4.1.1. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkovej cesty) – vektory deformácií namerané v rokoch 2018 a 2019 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.1.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenatej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: 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 monitorovacieho zariadenia vo vrte. Na základe vývoja deformácie v jednotlivých horizontoch sú sledované hĺbky 3,78, 8,78 a 19,28 m pod terénom.

V roku 2018 boli vo vrte zabezpečené 2 kontrolné etapy. Zvýšené hodnoty etapovej deformácie boli zaznamenané počas marcového merania. V hĺbke 3,78 m pod terénom bol na šmykovej ploche (v období od 15. decembra 2017 do 12. apríl 2018) nameraný prírastok

deformácie s hodnotou 9,17 mm (priemerná rýchlosť – 28,39 mm.rok⁻¹; azimut – 23°). Na hlbšej šmykovej ploche, v hĺbke 8,78 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor s hodnotou 8,19 mm (priemerná rýchlosť – 25,36 mm.rok⁻¹) a s azimutom na severo-severovýchod. Počas decembrovej etapy došlo v hĺbke 3,78 m pod terénom k miernemu upokojeniu, pričom etapová deformácia dosiahla veľkosť 3,62 mm (5,57 mm.rok⁻¹; azimut – juho-juhozápad). Celková deformácia na šmykovej ploche v hĺbke 3,78 m pod terénom počas monitorovaného obdobia od 4. marca 2015 do 5. decembra 2018 dosiahla 4,74 mm (1,26 mm.rok⁻¹).

Počas roka 2019 boli rovnako 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 mm.rok⁻¹ (azimut 217° – 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 mm.rok⁻¹ (azimut – 80°). Celková deformácia nameraná v horizonte 3,78 m pod terénom, v období od nultého (4. marec 2015) po aktuálne jesenné kontrolné meranie (6. december 2019), dosiahla 8,07 mm, čo po prepočítaní na priemernú rýchlosť predstavuje 1,69 mm.rok⁻¹.

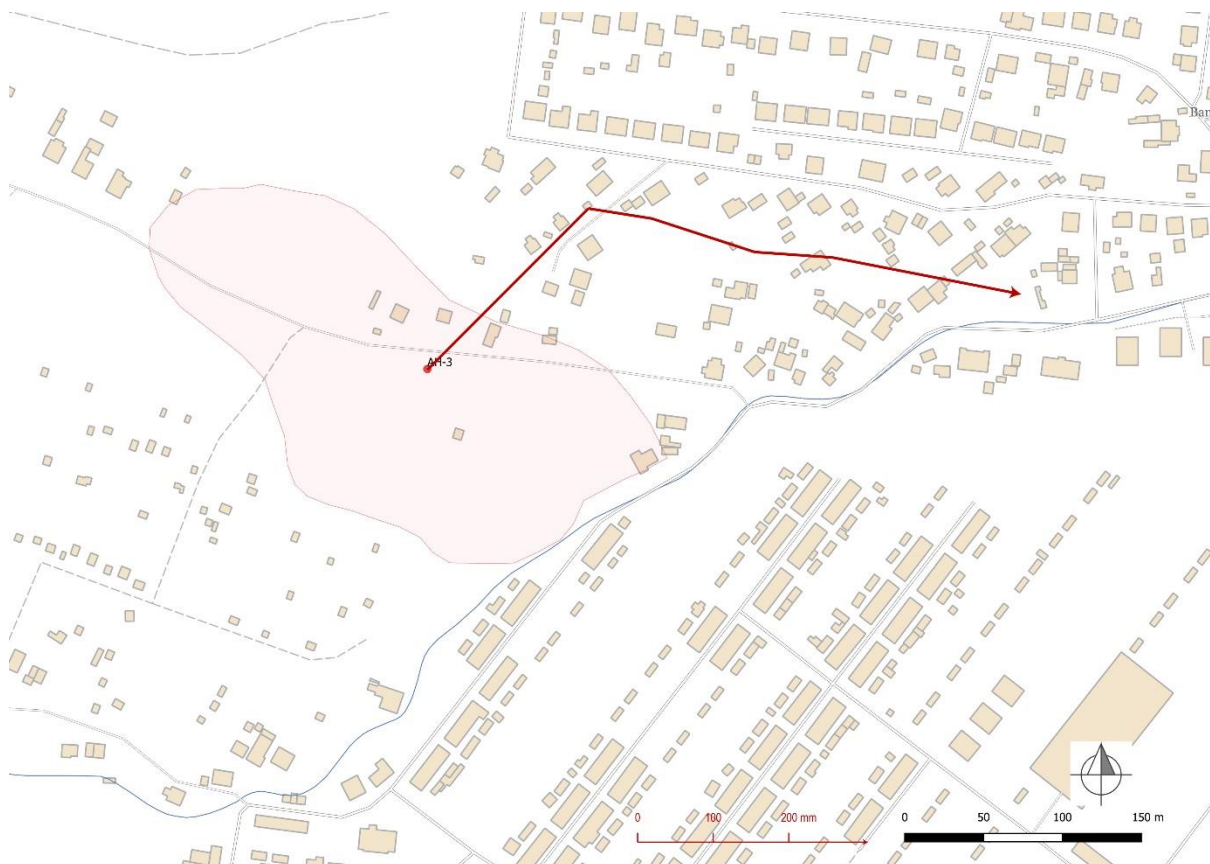


Obr. 4.1.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť nad železničným oblúkom; označenie vrty je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

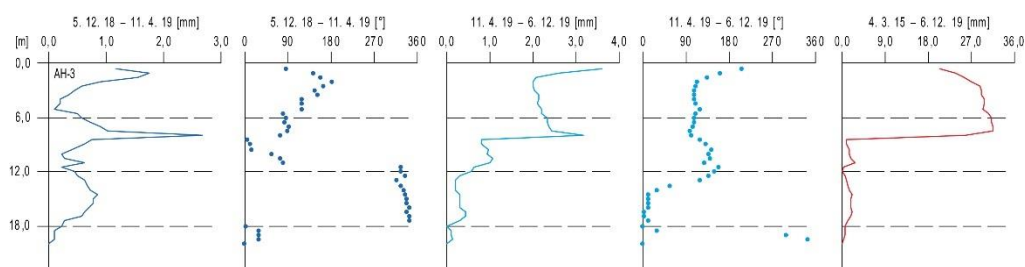
V oblasti Jánošíkovej cesty (IBV) boli počas roka 2018 zabezpečené 3 kontrolné merania (jar, leto a jeseň). Najvyššie hodnoty etapových prírastkov deformácie boli namerané počas jarnej etapy. V hĺbke 6,57 m pod terénom, na výraznej šmykovej ploche, bol v období od 14. decembra 2017 do 12. apríla 2018 nameraný prírastok deformácie 3,01 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 9,26 mm.rok⁻¹ (azimut 45° – severovýchod). Na hlbšej šmykovej ploche, v hĺbke 15,57 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor 0,57 mm (priemerná rýchlosť – 1,84 mm.rok⁻¹; azimut – 165°). Počas dvoch nasledujúcich etáp bol na hlavnej šmykovej ploche pozorovaný pokles pohybovej aktivity (letná etapa – 14. august – deformácia – 0,85 mm, priemerná rýchlosť – 2,5 mm.rok⁻¹, azimut – 99°; jesenná etapa – 5. december, deformácia – 1,43 mm, priemerná rýchlosť – 4,62 mm.rok⁻¹, azimut – 108°). Celková deformácia na hlavnej šmykovej ploche (6,57 m pod terénom) v období od nultého (4. marec 2015) po aktuálne posledné etapové meranie (5. december 2018) dosiahla 28,43 mm, čo po prepočítaní na priemernú rýchlosť predstavuje 7,56 mm.rok⁻¹.

V roku 2019 boli vo vrte AH-3, rovnako ako vo vrte AH-2, zabezpečené dve kontrolné etapy. Podobne, i v tomto prípade boli zvýšené hodnoty 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 mm.rok⁻¹. Azimut deformácie mal hodnotu 101°, z čoho vyplýva, že

monitorovaná oblasť sa dlhodobo pohybuje na východným smerom. 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.

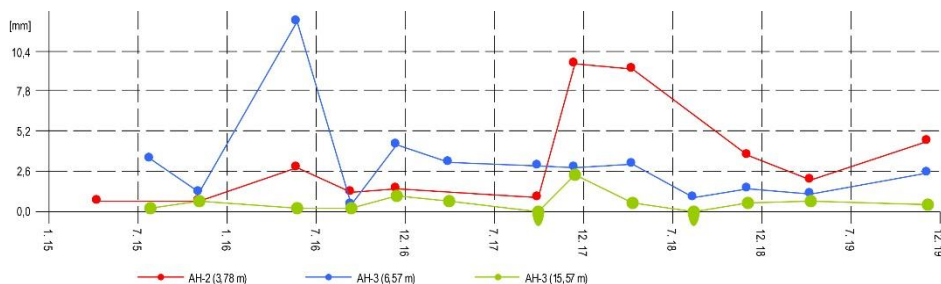


Obr. 4.1.3. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť nad železničným oblúkom) – vektory deformácií namerané v rokoch 2018 a 2019 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.6.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.1.4. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkova cesta; označenie vrty je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Z pohľadu hodnotenia celého obdobia monitorovania je zrejmé, že k najvyššej deformácii došlo v roku 2016 vo vrte AH-3 na Jánošíkovej ul. Ide o aktívnu oblasť, v ktorej už v minulosti došlo k výraznejším deformáciám (pozorovateľných na okolitých stavebných objektoch). V roku 2017 sa prejavila deformácia i v oblasti nad železničným oblúkom vo vrte AH-2. V roku 2018 bol pozorovaný prevažne pokles pohybovej aktivity v oboch monitorovaných územiach.

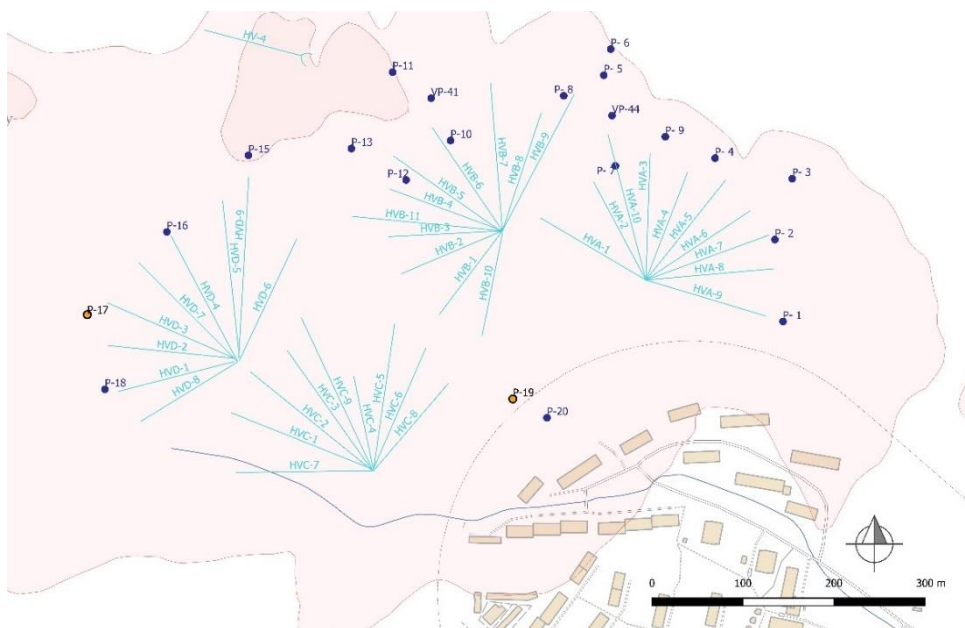


Obr. 4.1.5. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách namerané metódou presnej inklinometrie na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v období rokov 2015 až 2019.

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 vrtov je na obr. 4.1.6, 4.1.7 a 4.1.8). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybratých vrtoch za roky 2018 a 2019, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.1.9. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybratých vrtoch za dlhšie obdobie monitorovania sú znázornené na obr. 4.1.10.



Obr. 4.1.6. 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 modré línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2018 sa merania zabezpečovali v 41 vrtoch a celkove bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní (12. január – 28. december). Maximálna hladina podzemnej vody (nad úrovňou terénu) bola podobne ako v predchádzajúcich rokoch nameraná vo vrtoch P-11 (1,27 m nad terénom – 460,73 m n. m.) a P-18 (1,08 m nad terénom – 466,77 m n. m.). Tento

Výskyt minimálnych stavov hladiny podzemnej vody bol v rámci lokality nejednotný, v jednotlivých vrtoch boli minimálne hodnoty sledované počas celého roka, najčastejšie v jesennom období. Najhlbšie pod terénom, v hĺbke väčšej ako 10 m, sa hladina podzemnej vody počas minimálnych stavov nachádzala v 11 vrtoch (P-15, P-26, P-10, P-9, P-7, P-27, P-30, VP-23, P-12, P-25, P-29). Vo ôsmich vrtoch bolo minimálne počas jedného merania pozorované, že vrt je suchý (bez vody). Vo viacerých vrtoch hladiny podzemnej vody v roku 2018 klesla pod úroveň dlhodobého minima (obr. 4.1.9)

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.

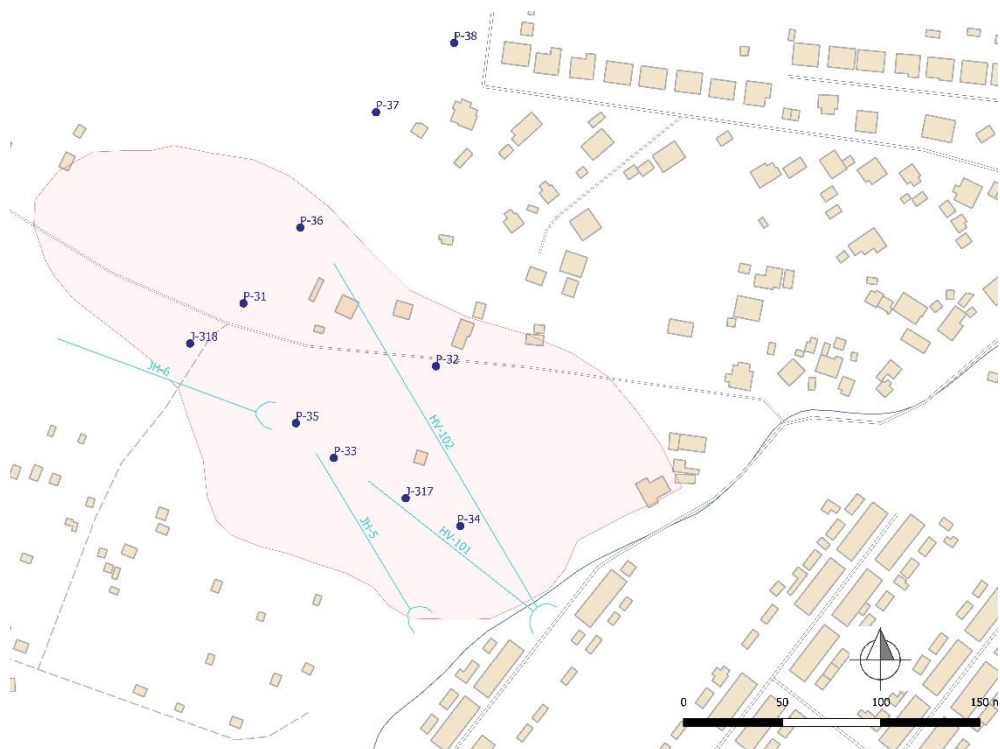
Tab. 4.1.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2018

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	4,29	478,70	12. 1. 2018	suchý					
J-317	24	permanentne suchý								
J-318	24	4,72	497,89	28. 4. 2018	6,17	496,44	28. 12. 2018	5,39	497,22	1,45
P- 1	24	2,53	429,62	12. 1. 2018	5,02	427,13	28. 10. 2018	4,30	427,85	2,49
P- 2	24	2,42	439,62	12. 1. 2018	4,69	437,35	28. 12. 2018	4,02	438,02	2,27
P- 3	24	3,41	448,37	12. 2. 2018	5,39	446,39	28. 10. 2018	4,55	447,23	1,98
P- 4	24	6,82	443,22	12. 4. 2018	9,09	440,95	28. 12. 2018	8,26	441,78	2,27
P- 5	24	3,63	452,73	12. 4. 2018	4,90	451,46	28. 12. 2018	4,29	452,07	1,27
P- 6	24	3,04	457,71	12. 4. 2018	6,34	454,41	28. 12. 2018	4,84	455,91	3,30
P- 7	24	8,39	435,19	12. 2. 2018	10,95	432,63	28. 12. 2018	9,83	433,76	2,56
P- 8	24	2,81	447,59	12. 1. 2018	8,54	441,86	28. 12. 2018	6,12	444,28	5,73
P- 9	24	7,79	440,42	12. 1. 2018	10,89	437,32	26. 09. 2018	9,76	438,45	3,10
P-10	24	8,38	438,96	12. 4. 2018	10,64	436,70	28. 06. 2018	9,23	438,11	2,26
P-11	24	preliv			0,47	458,99	10. 09. 2018	0,23	459,23	0,45
P-12	24	12,26	437,51	12. 1. 2018	12,34	437,43	28. 10. 2018	12,30	437,47	0,08
P-13	24	1,46	462,09	12. 1. 2018	4,62	458,93	28. 12. 2018	3,26	460,29	3,16
P-15	24	9,24	463,51	12. 1. 2018	suchý					
P-16	24	1,25	474,52	12. 4. 2018	5,42	470,35	10.12.18	3,50	472,27	4,17
P-18	24	preliv			suchý					
P-20	24	5,20	425,01	12. 4. 2018	6,33	423,88	28. 12. 2018	5,69	424,52	1,13
P-21	24	2,48	446,20	12. 4. 2018	4,47	444,21	10. 12. 2018	3,39	445,29	1,99
P-22	24	6,96	440,07	12. 2. 2018	8,83	438,20	10. 12. 2018	7,88	439,15	1,87
P-23	24	2,30	453,85	12. 1. 2018	5,18	450,97	28. 10. 2018	3,83	452,32	2,88
P-24	24	2,69	449,32	12. 1. 2018	5,44	446,57	10. 12. 2018	4,28	447,73	2,75
P-25	24	12,46	475,14	12. 1. 2018	12,54	475,06	28. 10. 2018	12,50	475,10	0,08
P-26	24	9,52	475,19	12. 1. 2018	suchý					
P-27	24	9,38	471,77	12. 1. 2018	suchý					
P-28	24	5,61	480,67	12. 2. 2018	suchý					
P-29	24	12,46	461,96	12. 1. 2018	12,54	461,88	10. 11. 2018	12,49	461,93	0,08
P-30	24	10,36	469,84	12. 1. 2018						
P-31	24	3,13	499,17	12. 2. 2018	6,42	495,88	28. 8. 2018	5,12	497,18	3,29
P-32	24	1,01	489,87	12. 2. 2018	2,52	488,36	10. 11. 2018	1,80	489,08	1,51
P-33	24	3,13	491,95	12. 4. 2018	4,91	490,17	28. 8. 2018	3,89	491,19	1,78
P-34	24	0,02	484,80	12. 1. 2018	3,79	481,03	10. 12. 2018	2,32	482,51	3,77
P-35	24	0,94	496,50	12. 1. 2018	3,39	494,05	28. 8. 2018	2,11	495,33	2,45
P-36	24	permanentne suchý								
P-37	24	1,73	500,41	12. 1. 2018	8,65	493,49	28. 8. 2018	5,60	496,54	6,92
P-38	24	1,33	500,75	12. 4. 2018	4,36	497,72	28. 12. 2018	2,99	499,09	3,03
VP-23	24	12,11	477,67	12. 1. 2018	12,18	477,60	26. 11. 2018	12,14	477,64	0,07
VP-41	24	6,09	445,54	12. 2. 2018	9,28	442,35	10. 11. 2018	7,67	443,96	3,19
VP-44	24	5,82	443,04	12. 1. 2018	9,88	438,98	26. 11. 2018	7,80	441,06	4,06

Najhlbšie pod terénom sa hladiny podzemnej vody vyskytovali čiastočne v januári a čiastočne v októbri a novembri, výnimočne v máji, auguste a decembri. V šestnástich 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 vrtoch 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.



Obr. 4.1.8. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Jánošíkovej cesty – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrtý, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.1.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2019

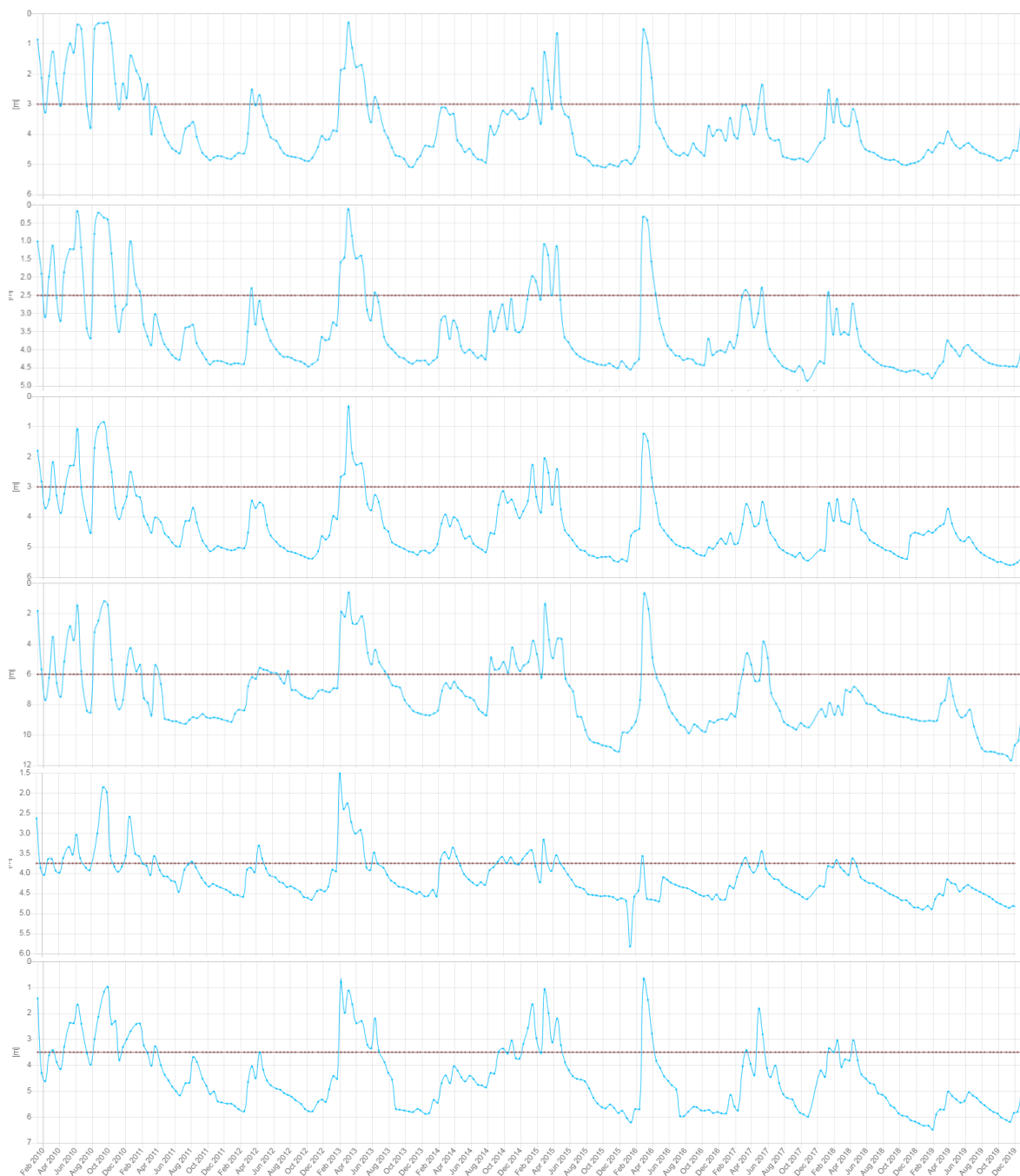
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
HG-351	23	4,29	478,70	27. 2. 2019	suchý					
J-317	24	4,27	486,09	28. 12. 2019	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					

Tab. 4.1.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2019 (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	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	28.03.2019	4,91	490,17	28.08.18	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	permanentne 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					



Obr. 4.1.9. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV), zaznamenané v roku 2019 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, vo vzťahu k štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov nameraných počas referenčného obdobia – RO – (január 2003 – december 2019); grafy sú zoradené v poradí: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5 a P-6, červená – maximálna, zelená – minimálna HPV nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV nameranej počas RO, šedá – priemerná hodnota HPV nameranej počas RO.



Obr. 4.1.10. Dlhodobé (2010 – 2019) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Handlová- Morovnianske sídlisko (grafy sú zoradené v poradí: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5 a P-6).

Z vývoja sledovaných ukazovateľov na obr. 4.1.10 vyplýva určitá periodicitu 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. Výnimkou je rok 2010, počas ktorého sa meraniami preukázali viaceré obdobia stúpnutia hladiny podzemnej vody. 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 152 prípadoch), P-18 (76 prípadov), P16 (14 prípadov), P-28 (1 prípad), P-

13 (1 prípad), P-34 (1 prípad), P-37 (1 prípad). Do blízkosti terénu sa dostávajú hladiny podzemnej vody aj vo vrtoch P-1, 2, 3, 4, 6, 11, 13, 16, 18, 28, 32, 34, 35, 36, 38 a J-317.

a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko sú automatickými hladinomerami zabezpečované merania v 2 vrtoch (P-17 a P-19; situovanie vrtov je na obr. 4.1.6). Počas hodnotených rokov 2018 a 2019 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale. Keďže v oboch vrtoch hladiny podzemnej vody vystupovali pomerne často nad úroveň terénu (v dôsledku natekania podzemnej vody do vrtu z plytšieho horizontu, resp. zo zvodneného horizontu s vyšším hydraulickým gradientom) a monitorovacie zariadenie je schopné zaznamenávať len hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody pod terénom, počas monitorovaného obdobia sa vyskytli viaceré výpadky v meraniach. Z tohto dôvodu sú spracované len údaje, ktoré boli priamo namerané.

Vo vrte P-17 v roku 2018 bola maximálna hladina podzemnej vody na úrovni terénu, resp. nad ním (viac ako 473,62 m n. m.) počas deviatich dní (prvýkrát 4. januára). V porovnaní s predchádzajúcim rokom sa hladiny podzemnej vody nachádzali nad úrovňou terénu o štrnásť dní kratšie. Po zimných maximálnych stavoch hladiny začala klesať. Minimálnu úroveň s hĺbkou 8,3 m (465,32 m n. m.) dosiahla 31. decembra (oproti maximálnemu stavu z predchádzajúceho roku ide o pokles o 1,22 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 4,84 m pod terénom (468,78 m n. m.), čo je v porovnaní s vlaňajším rokom pokles o 1,27 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 8,3 m. 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,17 m pod terénom, 2. kvartil 5,57 m pod terénom a 3. kvartil 1,99 m pod terénom.

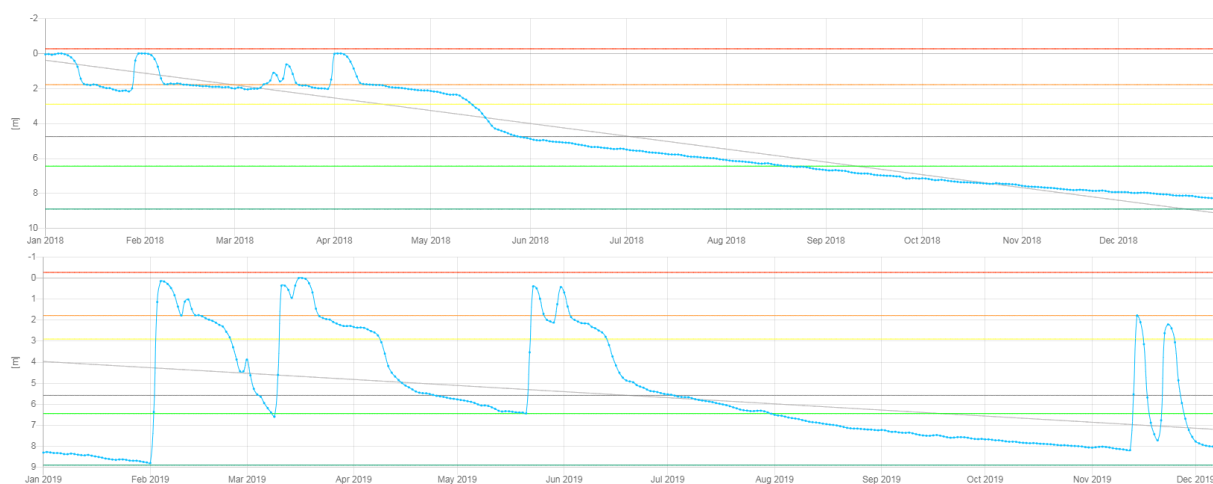
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,9 °C počas 1. januára, naopak, najnižšia teplota (9,4 °C) bola zaznamenaná 3. apríla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,6 °C.

Tab. 4.1.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2018

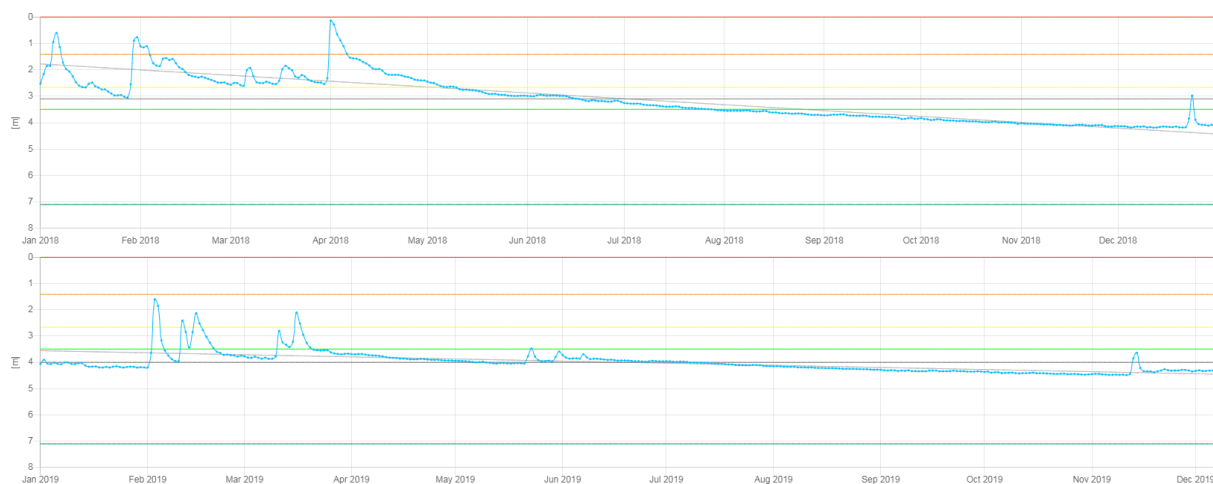
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
P-19	8760	0,00	435,43	1. 4. 2018	4,20	431,23	20. 12. 2018	3,10	432,33	4,20
P-17	8760	0,00	473,62	4. 1. 2018	8,30	465,32	31. 12. 2018	4,84	468,78	8,30

V roku 2019 hladina podzemnej vody vystúpila nad úroveň terénu počas 51 meraní (51 hodín; prvý záznam v roku 2019 je 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 (odvodená len z nameraných údajov, nie sú v nej zahrnuté termíny s hladinou nad úrovňou terénu) dosiahla v roku 2019 hodnotu 3,57 m pod terénom (468,78 m n. m.), čo je v porovnaní s vlaňajším rokom pokles o 1,27 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.



Obr. 4.1.11. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2018 a 2019, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte P-17. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od novembra 2003 do decembra 2019: tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, zelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.



Obr. 4.1.12. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2018 a 2019, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte P-19. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od novembra 2003 do decembra 2019: tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, zelená 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 hladinomerami 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

Vo vrte P-19 bola v roku 2018 najvyššia hladina podzemnej vody nameraná nad úrovňou terénu (viac ako 435,43 m n. m.) nameraná len počas jedného dňa – 1. apríla. Od druhej polovice marca, kedy bol zaznamenaný výraznejší pokles hladiny podzemnej vody, až do druhej polovice októbra, mala hladina podzemnej vody klesajúci charakter. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 4,20 m (431,23 m n. m.), bola dosiahnutá 20. decembra. Oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,41 m. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody

v roku 2018 dosiahla 3,10 m pod terénom (432,33 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,05 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 4,2 m. 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 3,85 m pod terénom, 2. kvartil 3,26 m pod terénom a 3. kvartil 2,49 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,9 °C počas 5. januára, naopak, najnižšia teplota (9,2 °C) bola zaznamenaná 5. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,5 °C.

V roku 2019, na rozdiel od predchádzajúcich rokov, nebola najvyššia hladina podzemnej vody nameraná nad úrovňou terénu, ale v hĺbke 0,45 m (434,98 m n. m.). Znamená to, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k výraznému poklesu hladiny podzemnej vody.

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. 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. V porovnaní s predchádzajúcim rokom bol teda zachovaný charakter jej kolísania. 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.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (obr. 4.6.12) 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. Výnimku predstavuje rok 2010, kedy hladiny podzemnej vody dosahovali úroveň terénu prakticky počas celého roka. Minimálne stavy hladín podzemnej vody boli vo vrtoch P-17 a P-19 zaznamenané počas aktuálne hodnoteného roka (P-17 – 1. február – 8,80 m pod terénom; P-19 – 11. november – 4,5 m pod terénom. Za negatívny aspekt z hľadiska hodnotenia trendu zmien hladiny podzemnej vody v oboch vrtoch možno považovať častý výskyt hladiny podzemnej vody nad úrovňou terénu (technický nedostatok v zabudovaní monitorovacieho vrtu – neprimerane dlhá filtračná časť vrtu – sledovanie kolísania hĺbky hladiny podzemnej vody z viacerých zvodnených horizontov).

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. 4.1.6, 4.1.7 a 4.1.8).

V roku 2018 bol zachovaný rovnaký interval meraní ako v predchádzajúcich rokoch (24 kontrolných meraní), pričom merania sa realizovali v období od 12. januára do 28. decembra. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na skupinách vrtov, ústiacich do šácht D a E. Počas 12. januára boli na odvodňovacích vrtoch namerané výdatnosti 68,18 l.min⁻¹, resp. 66,67 l.min⁻¹. O niečo nižšie prietoky (54,55 l.min⁻¹) vytekali zo šácht A a C a 42,86 l.min⁻¹ zo šachty F počas 12. januára. V uvedenom termíne boli maximálne prietoky

namerané aj vo vrtoch JH-6 a HV-101. Vo vrte HV-7 bol maximálny prietok nameraný 30. januára. Minimálne výdatnosti z vrtoz ústiacich do šachty D boli namerané 12. mája ($50,0 \text{ l.min}^{-1}$) a do šachty E 10. augusta ($46,15 \text{ l.min}^{-1}$). V tejto šachte bola najnižšia výdatnosť nameraná 10. októbra s hodnotou $61,22 \text{ l.min}^{-1}$. Najnižšie výdatnosti v rámci hodnotených odvodňovacích zariadení boli na úrovni $0,0 \text{ l.min}^{-1}$, teda vrty boli minimálne počas jedného merania suché. Ide o objekty HV-101, HV-102, HV-6 a JH-5 (tento vrt bol počas celého roka suchý). Vrty HV-8a a HV-8b síce suché neboli, ale prietok vytekajúcej vody bol celý rok len na úrovni kvapkania. Na výtokových potrubiach zo šacht označených D a F je termín minimálnych prietokov 10. august, zo šachty A 10. december, zo šachty C 28. apríl a zo šachty E 12. máj. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2018 dosiahla $175,52 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o $26,49 \text{ l.min}^{-1}$. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte A ($40,43 \text{ l.min}^{-1}$).

Tab. 4.1.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
A	24	54,55	12. 1. 2018	14,12	10. 12. 2018	19,75	40,43
C	24	54,55	12. 1. 2018	14,63	28. 4. 2018	19,08	39,92
D	24	68,18	12. 1. 2018	50,00	10. 8. 2018	58,21	18,18
E	24	66,67	12. 1. 2018	46,15	12. 5. 2018	56,19	20,52
F	24	42,86	12. 1. 2018	8,45	10. 8. 2018	13,63	34,41
HV-101	24	2,68	12. 1. 2018	0,00	26. 9. 2018	0,14	2,68
HV-102	24	kvapkanie, suché					
HV-6	24						
HV-7	24						
HV-8a	24	kvapkanie					
HV-8b	24						
JH-5	24	suchý					
JH-6	24	2,68	12. 1. 2018	0,85	12. 4. 2018	1,27	1,83

Tab. 4.1.8. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2019

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
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						
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 2019 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 15. januára do 28. decembra. Najvyššie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané na skupinách vrtoz, ústiacich do šacht D a E ($75,0 \text{ l.min}^{-1}$). O niečo nižšie prietoky ($42,86 \text{ l.min}^{-1}$) vytekali zo šacht 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. Navyiac, vrt JH-5 bol počas väčšiny meraní v roku 2019 suchý. Na výtokových potrubiach zo šacht označených A, C, D, E,

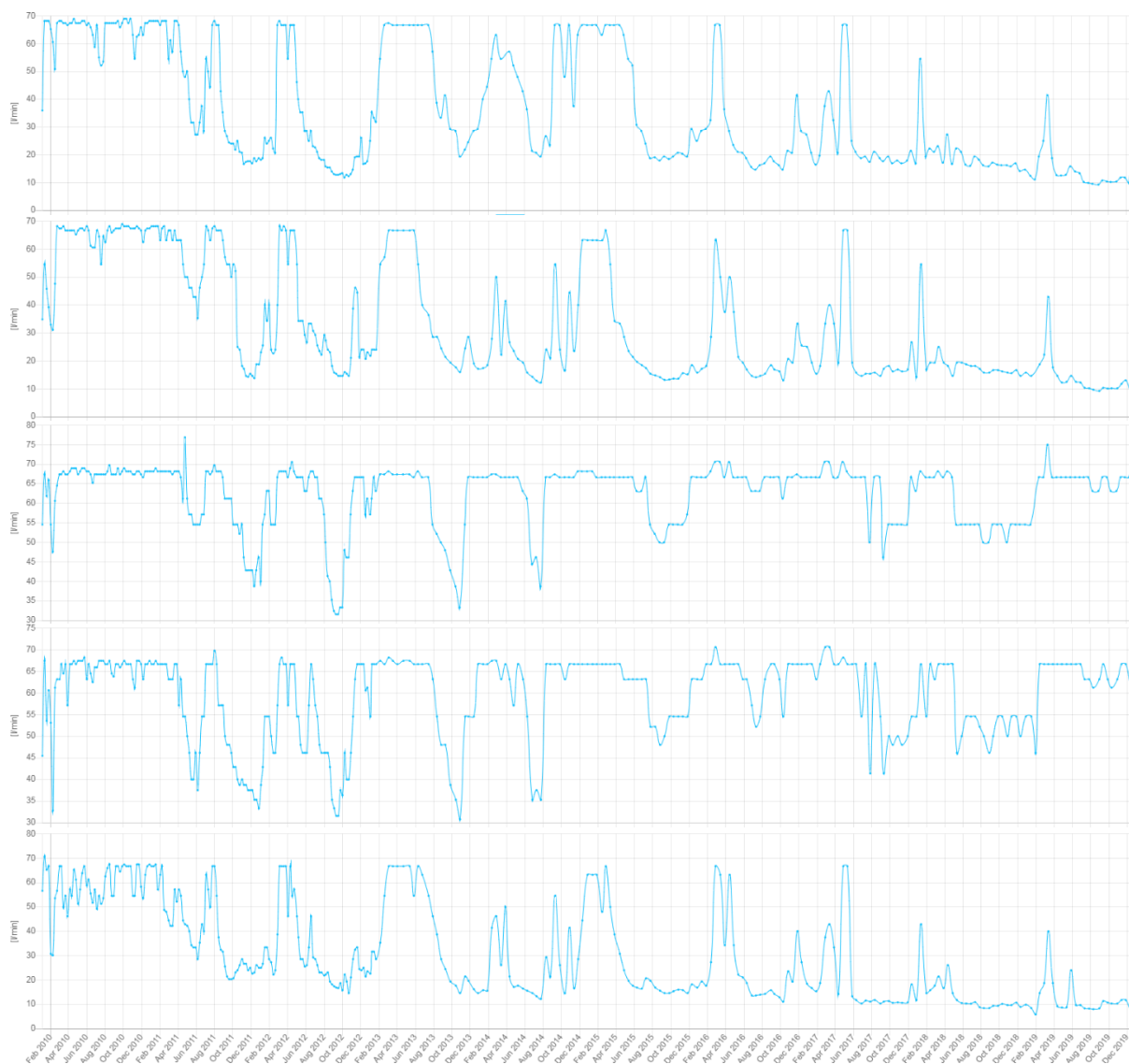
F sa minimálne výdatnosti pohybovali v rozsahu od $13,33 \text{ l.min}^{-1}$ (šachta F; 30. január) do $66,26 \text{ l.min}^{-1}$ (šachta D; 15. január). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2019 dosiahla $187,63 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom 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 vybratých odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.1.13.



Obr. 4.1.13. Zmeny výdatnosti a základné štatistické ukazovatele zaznamenané na vybraných odvodňovacích vrtoch v roku 2019 na lokalite Handlová- Morovnianske sídlisko (grafy sú zoradené v poradí: A, C, D, E a F). Modrá – nameraná výdatnosť, tmavozelená – minimálna výdatnosť, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas roka 2019.

Z analýzy nameraných množstiev odvádzanej vody vyplýva, že v prípadoch zariadení označených sumárne ako A až F prevládajú objemy nad 60 l.min^{-1} . Najefektívnejšie v tomto smere sú odvodňovacie zariadenia D a E, na ktorých výrazne prevládajú výdatnosti v intervale $63,0 - 69,0 \text{ l.min}^{-1}$. Maximálna výdatnosť zaznamenaná v minulosti dosiahla v prípade šachty D až 80 l.min^{-1} . Počas monitorovaného obdobia v rámci celej lokality možno však sledovať

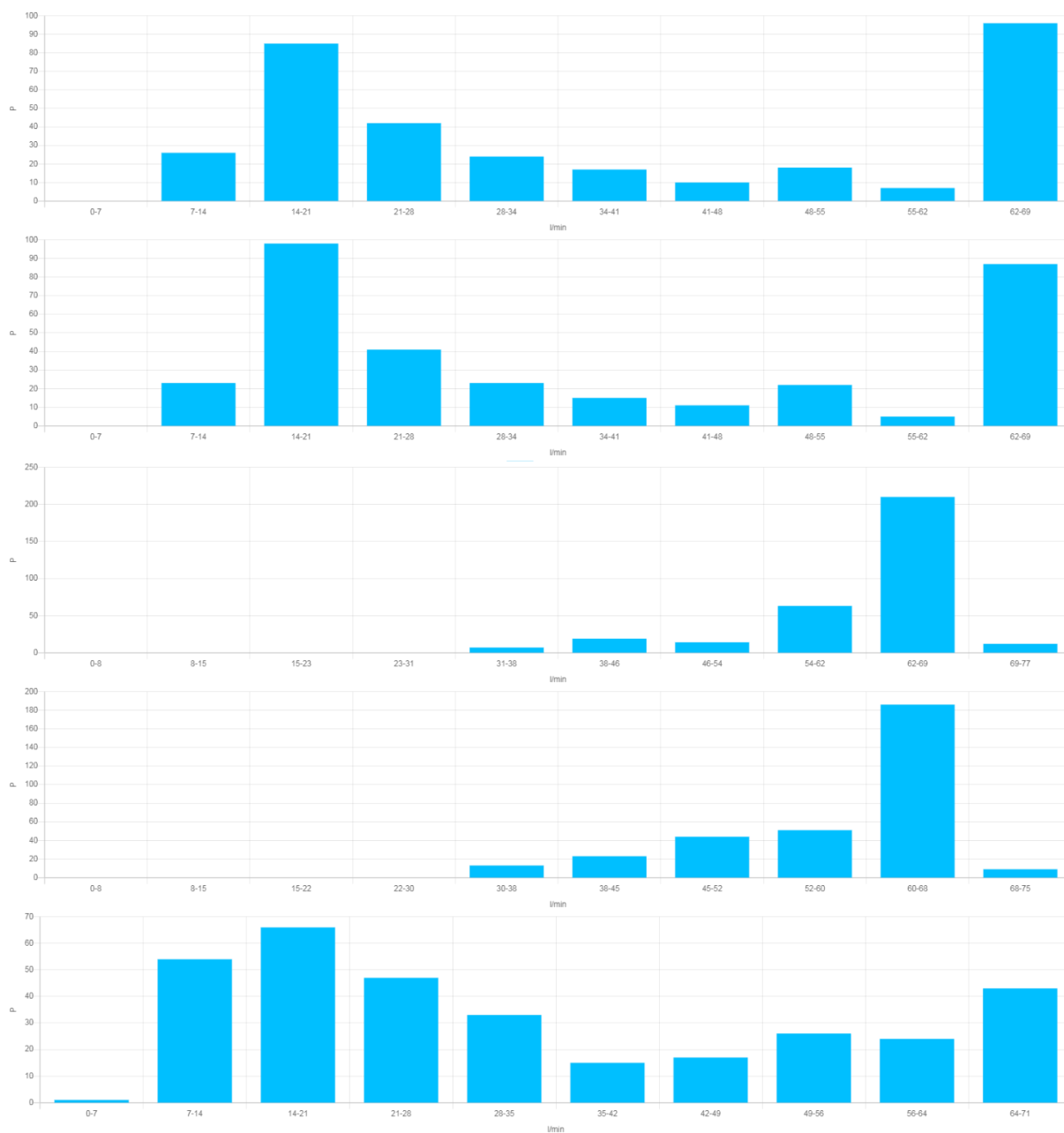
prevládajúcu výdatnosť v rozsahu $0,0 - 5,0 \text{ l.min}^{-1}$. Je to ovplyvnené tým, že viaceré vrty označené HJ a HV sú často suché, resp. dosahujú len nižšie hodnoty výdatnosti.



Obr. 4.1.14. Dlhodobé (2010 – 2019) zmeny výdatnosti odvodňovacích vrtov na lokalite Handlová- Morovnianske sídlisko (grafy sú zoradené v poradí: A, C, D, E a F).

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

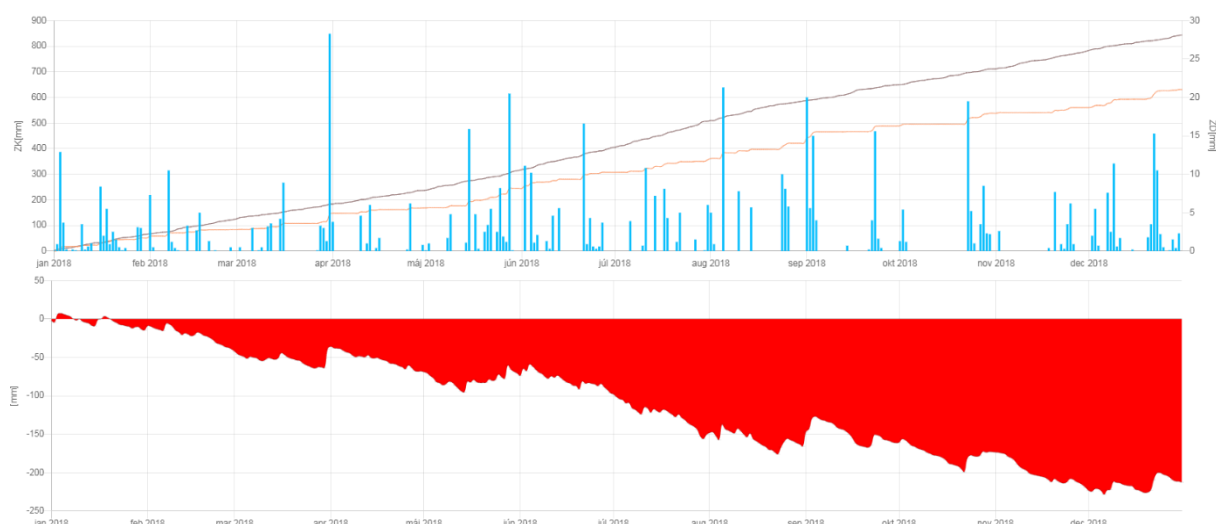
Pri analýze záznamov z posledného desaťročia (obr. 4.1.14) možno konštatovať, že najvyššie hodnoty spoločnej výdatnosti boli dosiahnuté v rokoch 2009, 2010 a 2011. Od roku 2012 je pozorovateľný postupný pokles spoločnej výdatnosti. Sezónne zmeny výdatnosti súvisia prevažne s režimom podzemnej vody. Najvyššie hodnoty výdatnosti sú zaznamenané najmä v prvej polovici roka a naopak, najnižšie hodnoty počas mesiacov október a november.



Obr. 4.1.15. Početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti nameraných na odvodňovacích vrtoch počas obdobia 2010 – 2019 na lokalite Handlová- Morovnianske sídlisko (grafy sú zoradené v poradí: A, C, D, E a F).

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Handlová s indikatívom 30080 (obr. 4.6.15 a 4.6.16). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2018 predstavuje 833,13 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1328,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 69,4 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. 4.1.15. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2017 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK).



Obr. 4.1.16. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2018 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK).

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 631,1 mm, čo zodpovedá 74,93 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas mája (75,5 mm) a najvyšší denný úhrn 31. marca (28,3 mm). Najsuchším mesiacom bol november s 22,5 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 14. mája do 13. júna (103,1 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 13. apríla do 13. mája), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 16,9 mm.

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.

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 2019 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 miernemu nárastu pohybovej aktivity. Výsledná deformácia inklinometrickej pažnice v hĺbke šmykovej plochy dosiahla 31,74 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 6,67 mm.rok⁻¹. Azimuty vektorov, zaznamenaných počas monitorovaného obdobia, naznačujú pohyb zosuvného telesa východným smerom.

Naopak, v oblasti nad železničným oblúkom došlo v porovnaní s predchádzajúcim obdobím k poklesu pohybovej aktivity. Počas jarnej etapy dosiahol prírastok deformácie 0,91 mm a následne, počas jesennej etapy 3,52 mm. Uvedené deformácie boli namerané v hĺbke 8,78 m pod terénom na predpokladanej šmykovej ploche, do ktorej bola v roku 2018 inštalovaná stacionárna sonda. Azimuty jednotlivých vektorov nameraných počas monitorovaného obdobia však nepreukázali jednoznačnosť svahového pohybu v sledovanej hĺbke. Z uvedeného dôvodu plánujeme i v budúcnosti vo vrte vykonávať kontrolné etapové merania za účelom optimalizácie výberu hĺbky šmykovej plochy.

V roku 2019 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-34 (vrt sa nachádza v oblasti Jánošíkovej ul.), P-11 a P-18 (vrty sa nachádzajú nad železničným oblúkom). Podobný charakter mal i priebeh hladiny vo vrte P-17, ktorý je vybavený automatickým hladinomerom. Naopak, automatickým hladinomerom vo vrte P-19 nebola v roku 2019 zaznamenaná hladina podzemnej vody nad úrovňou terénu, čo vzhľadom na predchádzajúci režim podzemnej vody v tomto vrte, charakteristický častými a náhlymi vzostupmi s pozitívnou vztlakovou úrovňou, možno považovať za priaznivý vývoj. Viacero vrtov bolo počas monitorovaného obdobia suchých. Vrt P-36 bol suchý počas všetkých meraní. Vo vrte P-18 bol okrem už spomenutého prelivu zaznamenaný i stav bez vody – suchý vrt. Znamená to, že voda vo vrte má veľmi výrazne kolísanie (ide však len o zdanlivé kolísanie, voda do vrtu nateká zo zvodneného horizontu, ktorý primárne nie je monitorovaný; podobný problém je možné na monitorovanej lokalite sledovať vo viacerých vrtoch).

V prípade odvodňovacích vrtov došlo k medziročnému miernemu nárastu sumárnej priemernej výdatnosti o 12,11 l.min⁻¹. Negatívnou skutočnosťou v monitorovanej oblasti nad železničným oblúkom je, že odtokové potrubie zo šachty B je dlhodobo zapchaté odpadkami. Voda vyteká cez revízu šachty.

V roku 2020 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 Mokrá, 1999). V rámci prieskumu bola vybudovaná sieť objektov, umožňujúcich vykonávať inklinometrické merania, ako aj režimové pozorovania. K jej modernizácii došlo počas roka 2014. Do existujúceho inklinometrického vrtu bola inštalovaná stacionárna inklinometrická sonda 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 2018 a 2019

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2018 a 2019, sú zhrnuté v tab. 4.2.1.

Tab. 4.2.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
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	

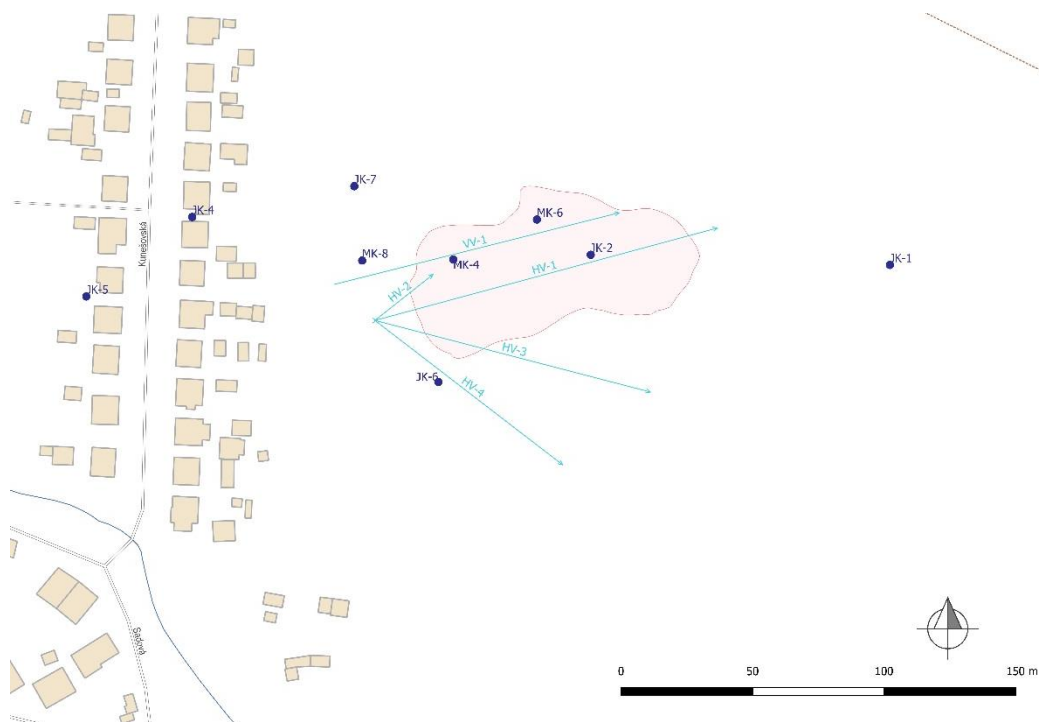
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

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 vrtoch je na obr. 4.2.1). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2018 a 2019 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.2.2. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.2.3.

V roku 2018 bolo vo všetkých 9 vrtoch zabezpečených 24 meraní (od 12. januára do 28. decembra). Priebehy zmien hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch mali podobný charakter. Maximálne hladiny podzemnej vody boli namerané prevažne v zimnom a čiastočne i v jarnom období, následne, počas jarného obdobia došlo vo všetkých vrtoch k jej poklesu. Najvyššia úroveň podzemnej vody (0,79 m pod terénom) bola nameraná vo vrtoch MK-8 a JK-4. Tento stav hladiny podzemnej vody bol v oboch prípadoch pozorovaný 12. apríla. V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody nachádzali v intervale 1,66 (JK-5) až 7,48 m pod terénom (JK-1). Naopak, najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej

vody vo vrte JK-1. Jej minimálna hladina bola nameraná 8,96 m pod terénom (28. december). Výskyt minimálnych stavov podzemnej vody bol vo všetkých vrtoch pozorovaný na konci decembra. Vrt MK-6 bol počas všetkých meraní suchý. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 3,89 m pod terénom, čo je oproti roku 2017 pokles o 0,26 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,12 (vrt JK-4) do 8,31 m pod terénom (vrt JK-1). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte MK-8 (4,88 m).



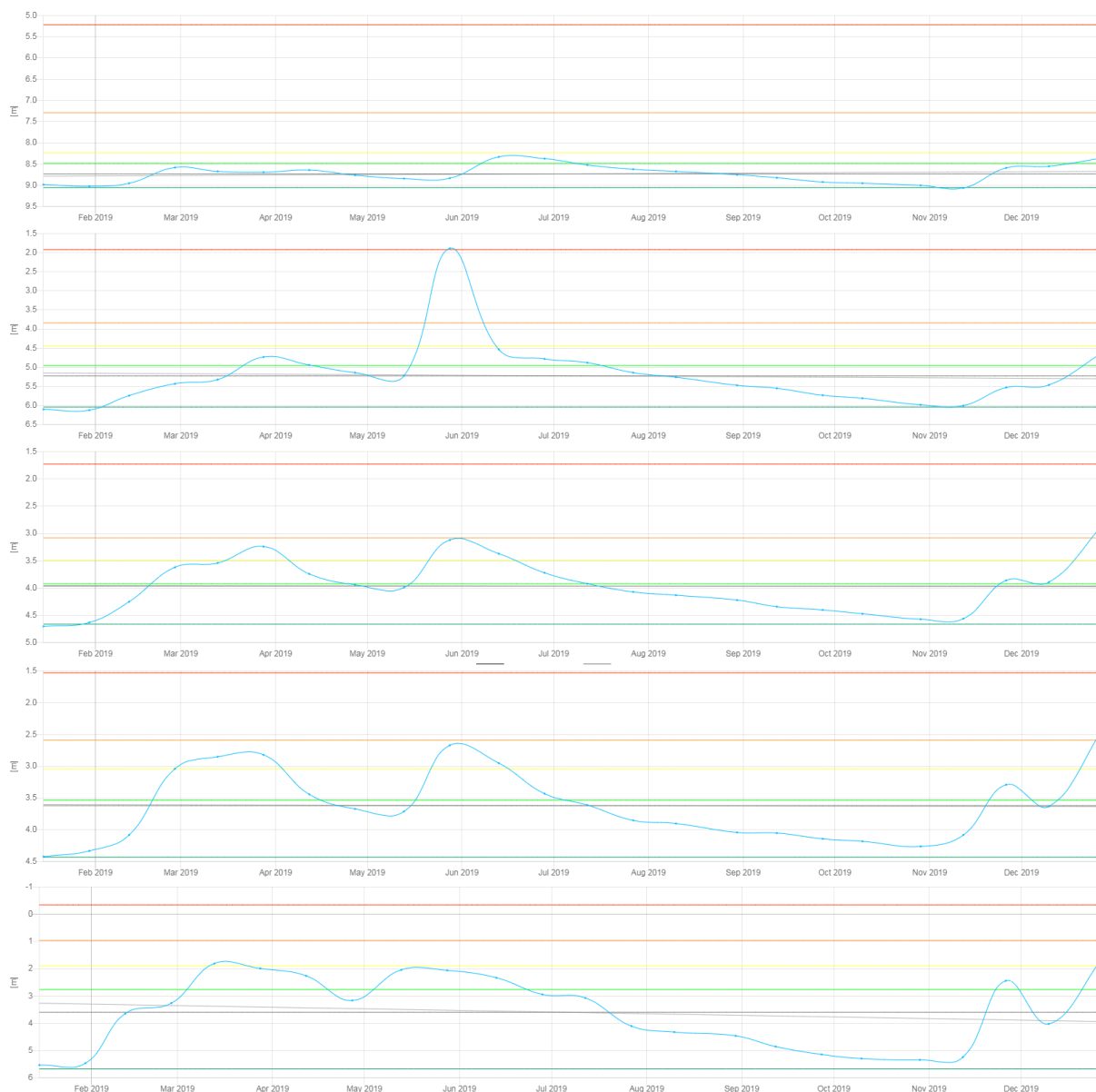
Obr. 4.2.1. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrty, objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtovej); ohraničenie zosuvov podľa Jadroňa a Mokrej (1999), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.2.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2018

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	7,48	502,45	28. 4. 2018	8,96	500,97	28. 12. 2018	8,31	501,62	1,48
JK-2	24	3,68	488,50	27. 2. 2018	6,04	486,14	28. 12. 2018	4,85	487,34	2,36
JK-4	24	0,79	472,53	12. 1. 2018	1,46	471,86	10. 12. 2018	1,12	472,20	0,67
JK-5	24	1,66	468,09	12. 1. 2018	3,78	465,97	28. 12. 2018	2,65	467,10	2,12
JK-6	24	2,36	483,16	29. 3. 2018	4,66	480,86	28. 12. 2018	3,88	481,64	2,30
JK-7	24	2,13	478,24	12. 1. 2018	4,43	475,94	28. 12. 2018	3,56	476,81	2,30
MK-4	24	2,81	482,79	12. 1. 2018	4,46	481,14	28. 10. 2018	3,72	481,88	1,65
MK-6	24	suchý								
MK-8	24	0,79	480,45	12. 4. 2018	5,67	475,57	28. 12. 2018	3,02	478,22	4,88

Tab. 4.2.3. 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



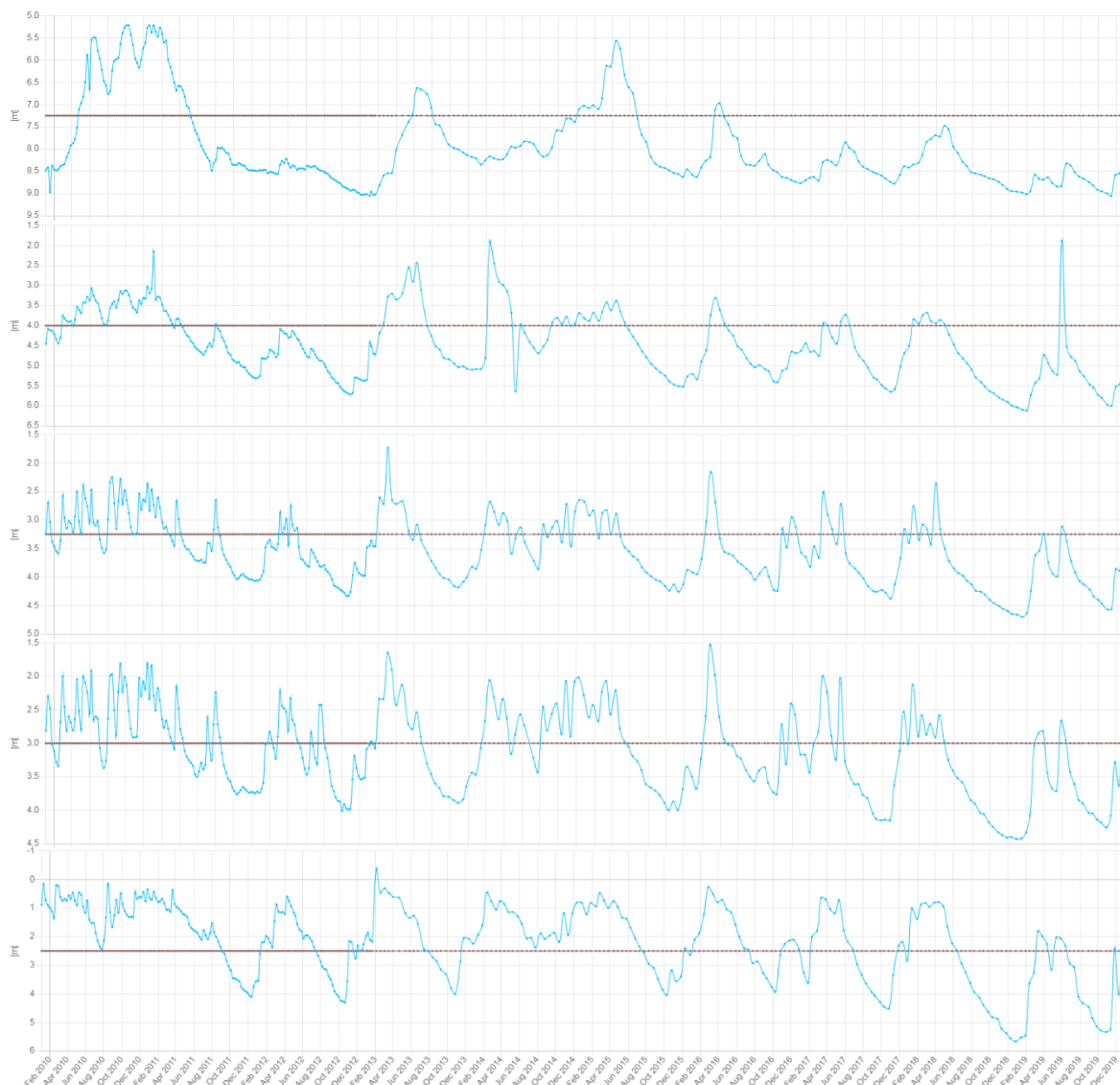
Obr. 4.2.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV), zaznamenané v roku 2019 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO – od januára 2010 do decembra 2018); grafy sú zoradené v poradí: JK-1, JK-2, JK-6, JK-7 a MK-8, červená – maximálna, zelená – minimálna HPV nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV nameranej počas RO, šedá – priemerná hodnota HPV nameranej počas RO.

V roku 2019 sa pokračovalo v rovnakom režime monitorovacích 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.

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).



Obr. 4.2.3. Dlhodobé (2010 – 2019) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Handlová-Kunešovská cesta (grafy sú zoradené v poradí: JK-1, JK-2, JK-6, JK-7 a MK-8).

Kolísanie hladiny podzemnej vody v období rokov 2009 až 2018 je odrazom ročných cyklov (obr. 4.7.3). Pomerne pravidelný cyklus sezónnych zmien narušili mimoriadne intenzívne zrážky 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. V roku 2018, v období minimálnych stavov hladiny podzemnej vody, došlo vo vrtoch JK-5 a MK-8 k jej výraznému poklesu. Vo vrte JK-2 však bol v 28. 5. 2019 zaznamenaný maximálny stav hladiny podzemnej vody počas celého obdobia

monitorovania. Vo vrte MK-6 aj v roku 2019 pretrvával stav z predchádzajúcich rokov, že úroveň hladiny podzemnej vody bola pod dnom vrtu.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2018 a 2019 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 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
HV-1	24	1,62	12. 1. 2018	0,00	28. 8. 2018	0,40	1,62
HV-3	24	1,83	12. 1. 2018	0,34	10. 12. 2018	0,95	1,49
HV-4	24	0,79	12. 1. 2018	0,00	10. 11. 2018	0,24	0,79
VÝTOK	24	15,79	12. 3. 2018	0,00	30. 1. 2018	1,08	15,79

V roku 2018 boli merania realizované v období od 12. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 12. januára na odvodňovacom zariadení „výtok“ (15,79 l.min⁻¹), čo predstavuje oproti roku 2017 výrazný pokles. Priemerná výdatnosť tohto objektu dosiahla však len 1,08 l.min⁻¹, pričom monitorovaný objekt bolo počas 21 meraní suchý. Podobne, veľmi nízke hodnoty, na úrovni kvapkania, boli počas 14 meraní pozorované aj vo vrte HV-1 a počas 11 meraní vo vrte HV-4. Pri vrtoch HV-4, HV-1 a pri výtokovom objekte sa počas roka 2018 minimálne jedenkrát vyskytol prípad, že vrt bol suchý, resp. voda z neho len kvapkala. Vrt HV-3 dosahoval ako jediný prietoky v rozsahu od 0,43 do 1,83 l.min⁻¹ počas všetkých meraní, pričom maximálna hodnota bola dosiahnutá 12. januára. Priemerná výdatnosť objektu dosiahla hodnotu 0,95 l.min⁻¹. Najnižšiu priemernú výdatnosť dosiahol vrt HV-4 (0,24 l.min⁻¹).

Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 2,67 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 7,23 l.min⁻¹. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané v objekte „výtok“ (15,79 l.min⁻¹).

Tab. 4.2.5. Výsledky merania výdatnosti odvod. zariadení na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2019

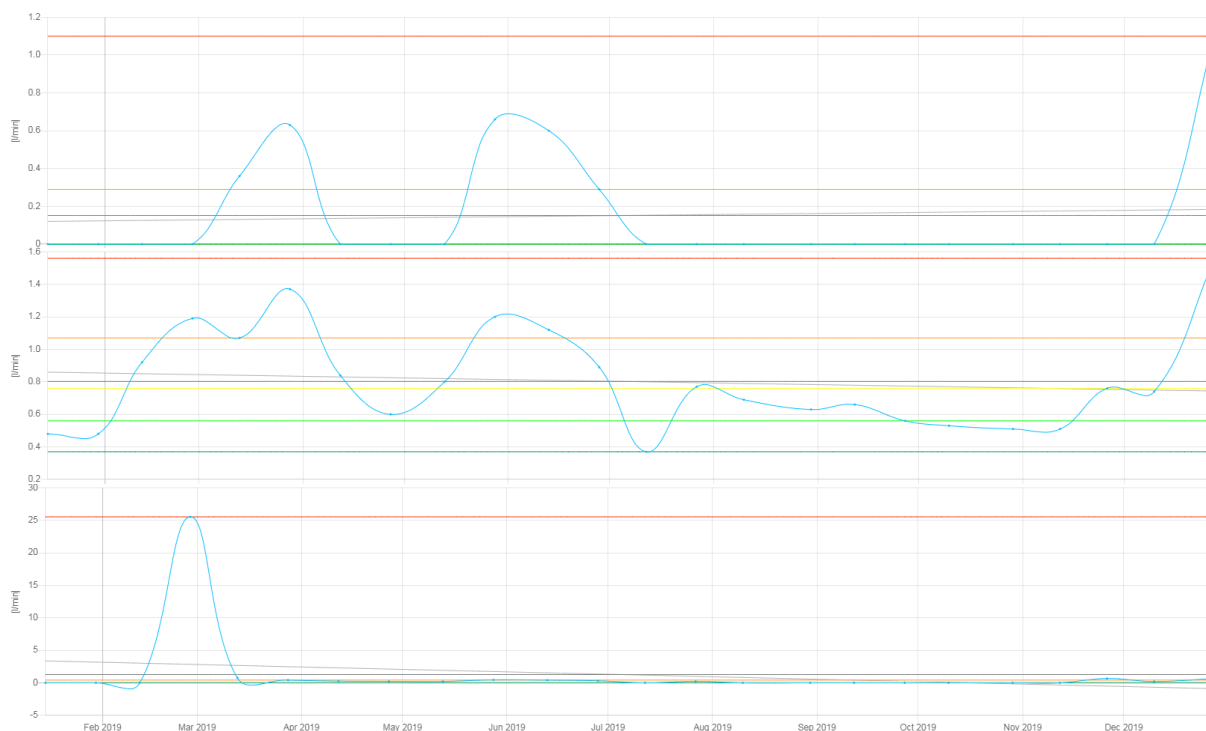
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
HV-1	24	1,10	28. 12. 2019	0,00	15. 1. 2019	0,30	1,10
HV-3	24	1,56	28. 12. 2019	0,37	12. 7. 2019	0,80	1,19
HV-4	24	25,53	27. 2. 2019	0,00	12. 7. 2019	2,34	25,53
VÝTOK	24	11,32	13.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

V roku 2019 boli merania realizované v období od 15. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. februára na vrte HV-4 (25,53 l.min⁻¹), čo predstavuje nezvyčajne vysokú hodnotu oproti hodnotám z predchádzajúceho obdobia, kedy voda z vrtu iba kvapkala a oproti hodnotám po tomto termíne, kedy sa výdatnosti pohybovali od kvapkania vody z vrtu po 0,76 l.min⁻¹. Na odvodňovacom zariadení „výtok“ bola zaznamenaná maximálna hodnota 11,32 l.min⁻¹ 13. marca. Predtým týmto meraním a potom bola výdatnosť na „výtok“ nulová a znovu vysoká hodnota sa namerala nárazovo 28. decembra (8,22 l.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 l.min⁻¹, pričom tieto hodnoty boli namerané tiež 28. decembra.

Najnižšie výdatnosti sa prejavovali vo vrtoch HV-1, HV-4 a odvodňovacom zariadení „výtok“, pri ktorých boli viackrát počas roka, že voda z nich kvapkala alebo boli suché. 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 roka (od 0,37 do 1,56 l.min⁻¹).

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

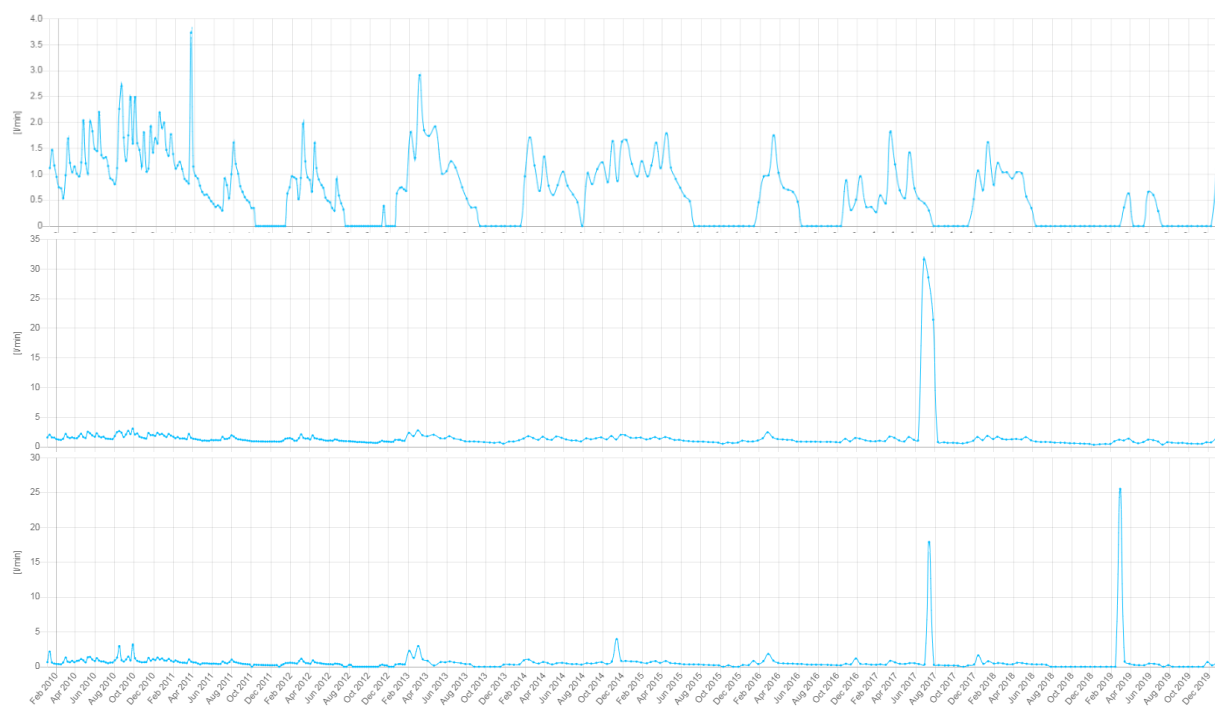
Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2019 dosiahla hodnotu $4,29 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom zvýšenie o $1,62 \text{ l.min}^{-1}$. Zvýšenie celkovej výdatnosti odvodňovacích zariadení má súvis s nárazovými nezvyčajne vysokými hodnotami zaznamenanými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



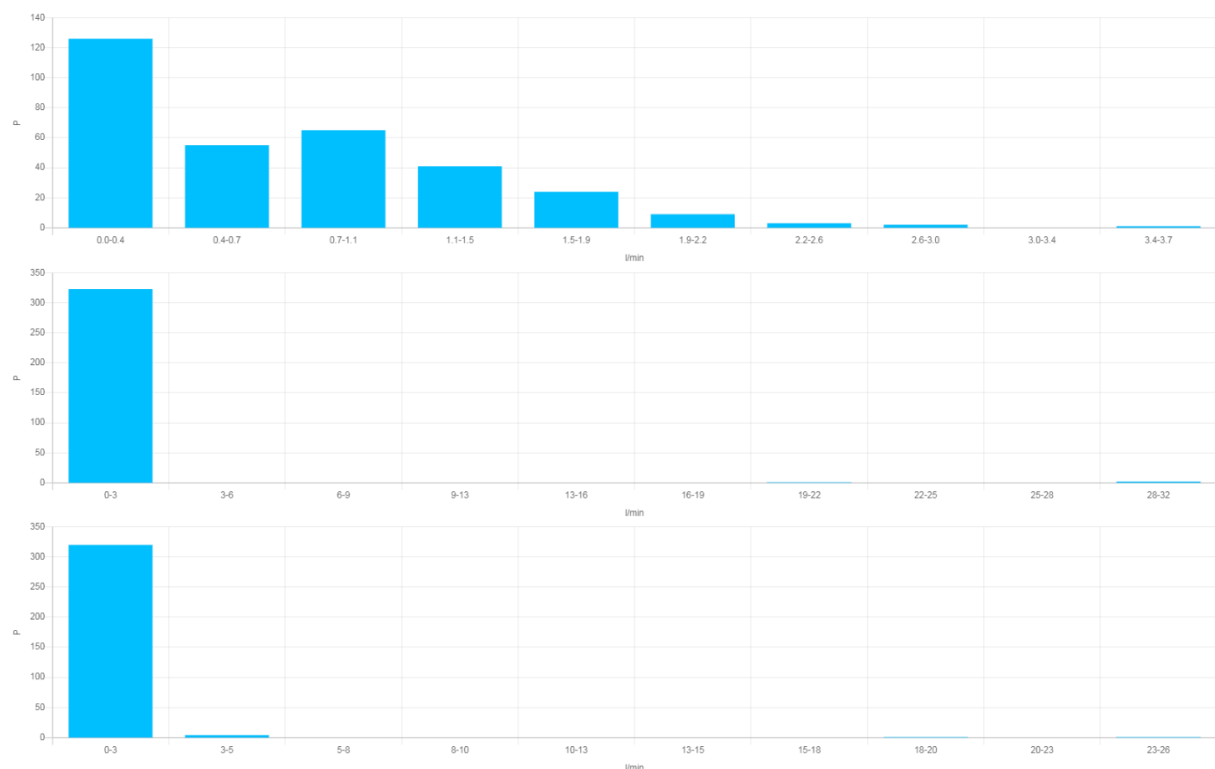
Obr. 4.2.4. Zmeny výdatnosti a základné štatistické ukazovatele zaznamenané na vybraných odvodňovacích vrtoch v roku 2019 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta (grafy sú zoradené v poradí: HV-1, HV-3 a HV-4). Modrá – nameraná výdatnosť, tmavozelená – minimálna výdatnosť, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas roka 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 2009 až 2019 majú prevažne pravidelný cyklus, ktorý súvisí s režimovými zmenami hladiny podzemnej vody (obr. 4.2.5). Najvyššie hodnoty spoločnej výdatnosti boli dosiahnuté v roku 2017. Naopak, najnižšia hodnota spoločnej výdatnosti bola nameraná 5. októbra 2009 ($0,42 \text{ l.min}^{-1}$). Počas hodnoteného desaťročného obdobia priemerná hodnota spoločnej výdatnosti z drenážnych vrtoch (HV-1, HV-3 a HV-4) dosiahla $2,56 \text{ l.min}^{-1}$. Vo výdatnosti výtoku z kanalizácie v hodnotenom období je možné pozorovať výrazné zmeny. Maximálna výdatnosť bola nameraná 11. januára 2010 s hodnotou $67,42 \text{ l.min}^{-1}$. Minimálna výdatnosť v danom objekte v mnohých prípadoch dosahuje len hodnotu $0,01 \text{ l.min}^{-1}$, resp. vrt je suchý. 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). Priebehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení za dlhšie obdobie sú znázornené na obr. 4.2.5.



Obr. 4.2.5. Dlhodobé (2010 – 2019) zmeny výdatnosti odvodňovacích vrtov na lokalite Handlová-Kunešovská cesta (grafy sú zoradené v poradí: HV-1, HV-3 a HV-4).



Obr. 4.2.6. Početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti namerané na odvodňovacích vrtoch počas obdobia 2010 – 2019 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta (grafy sú zoradené v poradí: HV-1, HV-3 a HV-4).

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080; obr. 4.1.15 a 4.1.16). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou lokality Handlová-Morovnianske sídlisko.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Handlová-Kunešovská cesta sú monitorovacie aktivity zabezpečované v území nad zástavbou rodinných domov (juhovýchodná časť intravilánu mesta Handlová). Merania v roku 2019 boli sústredené len na sledovanie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosť odvodňovacích zariadení.

Pri hodnotení vývoja hladiny podzemnej vody je možné konštatovať, že jej priebehy, zaznamenané v roku 2019, boli do veľkej miery ovplyvnené pretrvávajúcim dlhodobým zrážkovým deficitom. Vo viacerých vrtoch (JK-1, JK-6, JK-7, MK-8) aj v roku 2019 pretrvával pokles úrovne hladiny podzemnej vody a hladina vo vrte MK-6 bola podobne ako v roku 2018, aj počas celého nasledujúceho roku pod úrovňou dna vrtu. Jedine vo vrte JK-2 bola zaznamenaná maximálna hodnota úrovne hladiny, ktorá bola najvyššia počas celého obdobia monitorovania. Priemerná úroveň hladín podzemnej vody vo všetkých vrtoch vykázala veľmi malé zníženie oproti predchádzajúcemu roku (0,20 m).

Na klimatické faktory citlivo reagovali odvodňovacie zariadenia. V roku 2019, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, bol zaznamenaný nárast sumárnej priemernej hodnoty výdatnosti, čo súvisí s vyššími zrážkovými úhrnmi v porovnaní s rokom 2018, ktorý bol hodnotený ako veľmi suchý rok. 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 2020, 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

Obec Svätý Anton sa nachádza v Banskobystrickom kraji a patrí do okresu Banská Štiavnica. Od okresného mesta je obec vzdialená cca 5,5 km južným smerom. Monitorované zosuvné územie sa nachádza v južnej časti obce.

Odľučná oblasť zosuvu zasahuje do futbalového ihriska a akumulčná časť je v kontakte s cestnou komunikáciou I. triedy číslo 51. V akumuláčnej časti došlo v roku 2012 k pretrhnutiu vodovodného potrubia. Aktuálne je 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 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 2018 a 2019

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2018 a 2019, sú zhrnuté v tab. 4.10.1.

Tab. 4.3.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Svätý Anton v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
Inklinometrické	1	INK-1	2 (13. august, 29. november)	2 (5. apríl, 6. 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	

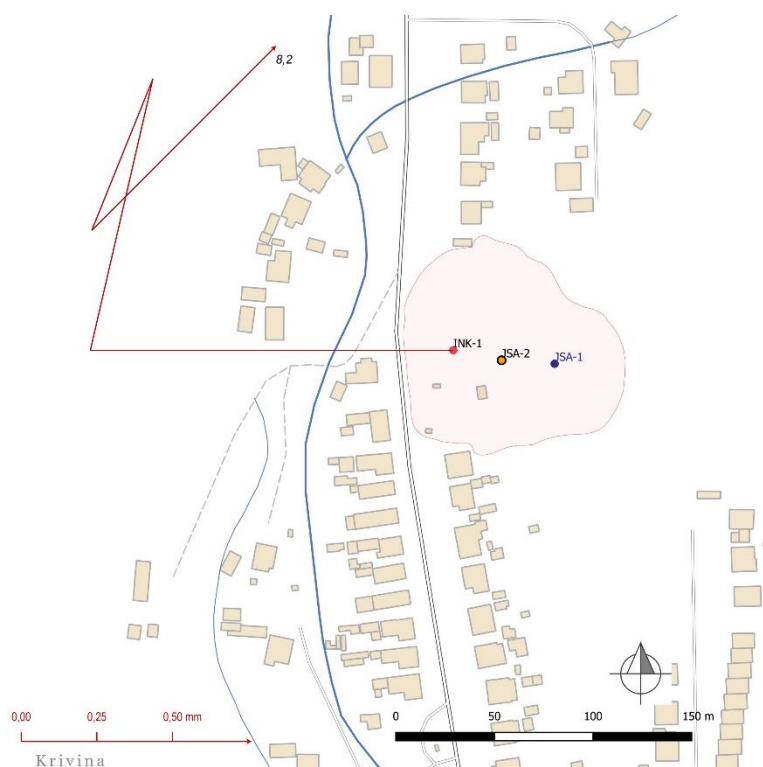
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite sa inklinometrické merania vykonávajú v jednom vrte, a to od apríla 2015 (nulté meranie). Celkovo bolo na monitorovacom objekte zabezpečených 7 kontrolných etáp; v rámci riešenia úlohy ČMS – GF však len 6 (počas rokov 2016 a 2018). Výsledky meraní jednoznačne preukázali šmykovú plochu v hĺbke 8,2 m pod terénom.

V roku 2018 sa nadviazalo na predchádzajúce etapy letným a jesenným kontrolným meraním. Počas letnej etapy (od 14. decembra do 13. augusta) bola na šmykovej ploche v hĺbke 8,2 m pod terénom nameraná etapová deformácia 1,2 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 1,81 mm.rok⁻¹ (azimut – 270° – orientácia na západ). V horizonte 7,7 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor s hodnotou 1,2 mm (priemerná rýchlosť – 1,81 mm.rok⁻¹; azimut – 275°). Počas nasledujúceho jesenného merania, ktoré charakterizuje pohybovú aktivitu v období od 13. augusta do 29. novembra bol na šmykovej ploche (v hĺbke 8,2 m pod terénom) nameraný vektor 0,92 mm (3,11 mm.rok⁻¹; azimut – 13° – severo-severovýchod). Celková deformácia na hlavnej šmykovej ploche v období od nultého (24. apríl 2015) po posledné etapové meranie (29. november 2018) dosiahla 4,85 mm (1,35 mm.rok⁻¹).

Počas roku 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 $1,55 \text{ mm.rok}^{-1}$ (v porovnaní s predchádzajúcim obdobím ide o mierne spomalenie pohybu) a na šmykovej ploche v hĺbke 7,7 m pod terénom bola nameraná etapová deformácia 0,36 mm (priemerná rýchlosť $1,03 \text{ mm.rok}^{-1}$ je takisto mierne spomalenie pohybu oproti predchádzajúcemu obdobiu). V jesennej etape boli zaznamenané veľkosti etapovej deformácie 0,85 mm pre šmykovú plochu v hĺbke 8,2 m pod terénom a 0,76 mm pre šmykovú plochu v hĺbke 7,7 m pod terénom, čo predstavuje rýchlosť pohybu $1,25 \text{ mm.rok}^{-1}$, resp. $1,13 \text{ mm.rok}^{-1}$. 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 $0,99 \text{ mm.rok}^{-1}$.

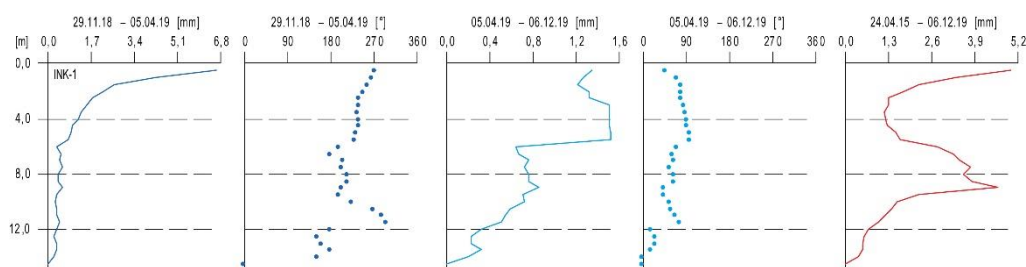


Obr. 4.3.1. Lokalita Svätý Anton – vektory deformácií namerané v rokoch 2018 a 2019 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.10.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m; vrty JSA-1 a 2 slúžia na monitorovanie režimových ukazovateľov); 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 2018 a 2019

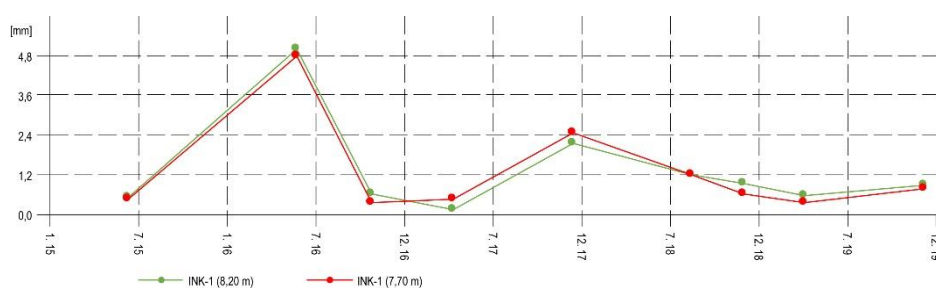
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	14. 12. 2017 – 13. 8. 2018			13. 8. 2018 – 29. 11. 2018			29. 11. 2018 – 5. 4. 2019			5. 4. 2019 – 6. 12. 2019		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-1	7,70	4,25	1,20	275	4,22	0,58	31	4,25	0,36	214	3,80	0,76	67
INK-1	8,20	4,62	1,20	270	4,85	0,92	13	4,79	0,54	202	4,58	0,85	45

CD – celková deformácia od nultého merania (24. 4. 15); 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 – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Z dlhodobjšieho hľadiska, prezentovaného na obr. 4.10.3 je vidieť, že najvyššie prírastky deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané v prvej polovici roku 2016, mierne zvýšené boli v druhej polovici roku 2017 a odvtedy do posledného merania 6. decembra 2019 vykazujú mierny pokles.



Obr. 4.3.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách namerané metódou presnej inklinometrie na lokalite Svätý Anton v období rokov 2015 až 2019.

b/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickým hladinomerom

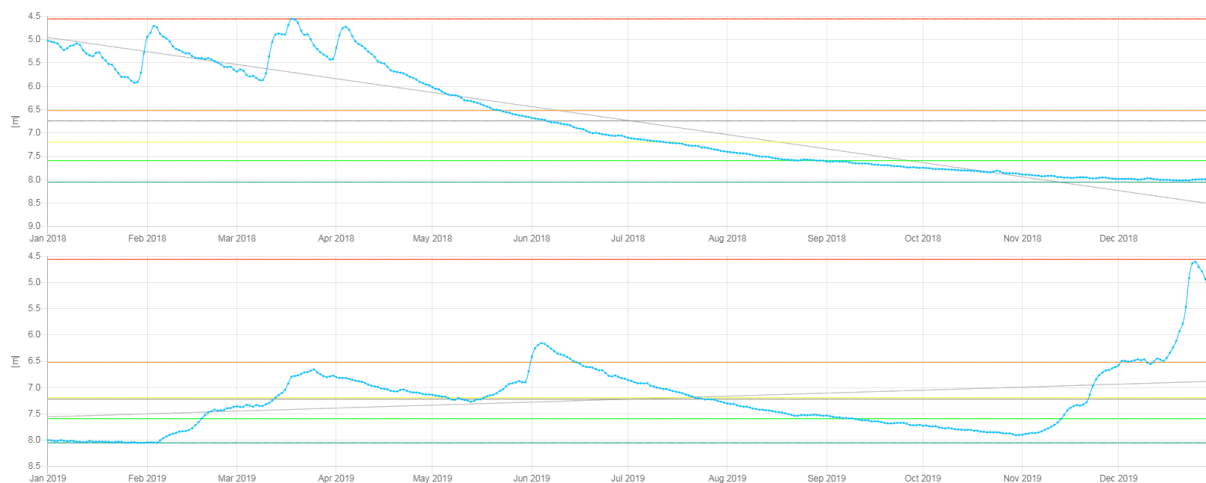
Na lokalite Svätý Anton je automatickým hladinomerom zabezpečované meranie vo vrte JSA-2.

V roku 2018 (obr. 4.3.4, tab. 4.3.3) maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 4,55 m pod terénom (408,77 m n. m.; 18. marec). V nasledujúcom období, ktoré trvalo skoro až do konca roka, mala hladina podzemnej vody zostupný charakter. Minimálny stav podzemnej vody, s hĺbkou 8,02 m (405,30 m n. m.), bol zaznamenaný 18. decembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 6,74 m pod terénom (407,49 m n. m.), čo predstavuje vzostup o 0,08 m. Amplitúda ročných zmien sa nachádzala na úrovni 3,47 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,75 m pod terénom, 2. kvartil 7,11 m pod terénom a 3. kvartil 5,66 m pod terénom.

Tab. 4.3.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Svätý Anton v roku 2018

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	4,55	408,77	18. 3. 2018	8,02	405,30	18. 12. 2018	6,74	407,49	3,47

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,4 °C 1. januára, naopak, najnižšia teplota (10,1 °C) bola zaznamenaná 16. augusta. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,3 °C.



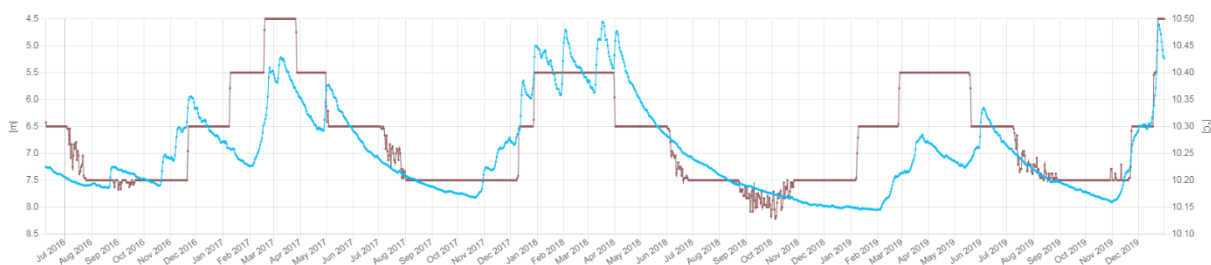
Obr. 4.3.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2018 a 2019, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Svätý Anton. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JSA-2. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – 9. júna 2016 do 31. decembra 2019: tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, zelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

Počas roka 2019 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale (obr. 4.1.4, tab. 4.1.4). 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 (2. november až 14. december). 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.

Tab. 4.3.4. 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

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.



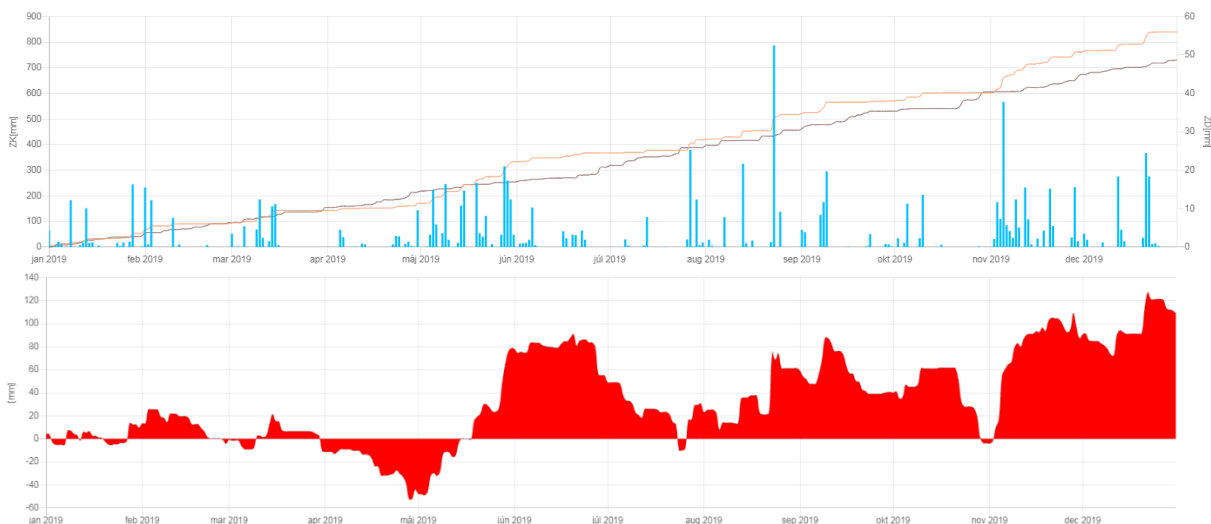
Obr. 4.3.5. Dlhodobé (2016 – 2019) zmeny úrovne hladiny (m) a teploty (°C) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom na lokalite Svätý Anton. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JSA-2. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody; hnedá línia – teplota podzemnej vody.

Hladinomer bol do vrtu osadený v druhej 9. júna 2016. Maximálna hladina bola vo vrte zaznamenaná 18. marca 2018 s hĺbkou 4,55 m pod terénom (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, opäť, 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 od roku 2017.

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 601,8 mm. V roku 2018 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas marca (69,9 mm) a najvyšší denný úhrn 31. marca (26,2 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 23,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 23. novembra 2018 do 23. decembra 2018 (86,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 22. septembra 2018 do 22. októbra 2018), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 16,6 mm.



Obr. 4.3.5. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Svätý Anton (indikatív 40280); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2017 – 2018 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit 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.

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 zároveň sú sledované zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody prostredníctvom automatického hladinomeru.

Z výsledkov inklinometrických meraní realizovaných v roku 2019 vyplýva, že v oblasti monitorovaného vrtu nedošlo v roku 2019 k výraznejším deformáciám. Namerané vektory počas jarnej, ale i jesennej etapy v oblasti sledovaných šmykových plôch nepresiahli hodnotu 0,9 mm. Navyše orientácia nameraných vektorov mala protichodný smer. V tejto súvislosti treba ale upozorniť na skutočnosť, že hladina podzemnej vody monitorovaná automatickým hladinomerom vo vrte JSA-2 začala stúpať až na konci hodnoteného obdobia, kedy dosiahla i maximálny stav. Toto stabilne nepriaznivé obdobie však nebolo zachytené kontrolným meraním pohybovej aktivity. Prípadné prejavy deformácií na šmykovej ploche bude možné overiť až meraním, ktoré bude zabezpečené na jar v roku 2020.

Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality, ktorá súvisí s ohrozením významnej cestnej komunikácie, trasy plynovodu, vodovodu, elektrického vedenia, ale aj niekoľkých stavebných objektov, plánujeme v roku 2020 pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2019.

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 2018 a 2019

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 roku 2017 a 2018, sú zhrnuté v tab. 4.11.1.

Tab. 4.4.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
Inklinometrické	2	IP-2, PS-Z1	1 – 2 (13. august, 29. november)	2 (5. apríl, 6. 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 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

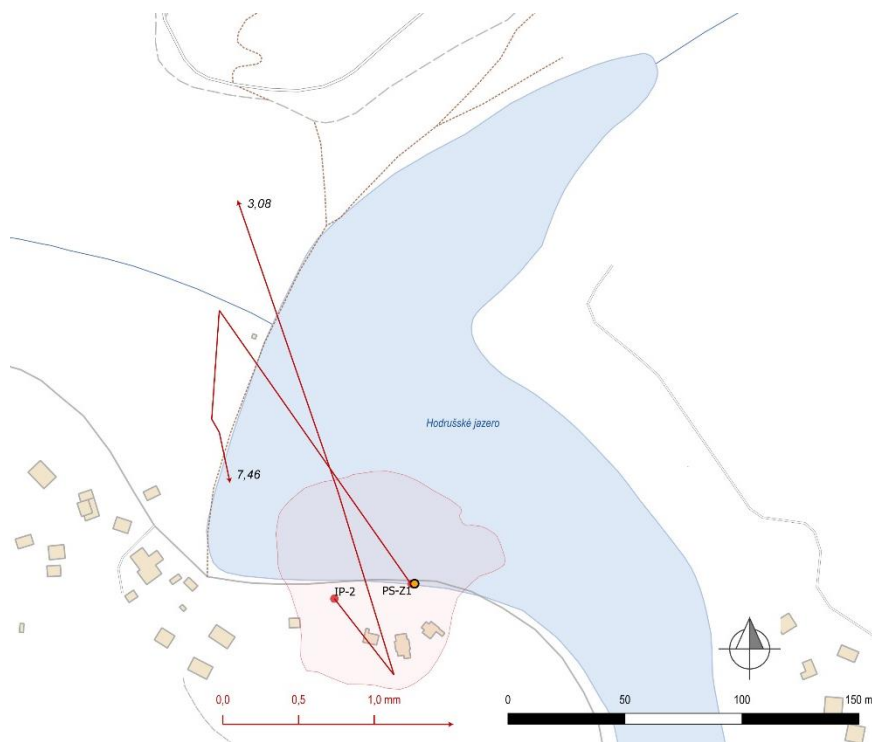
Na lokalite sa merania vykonávajú v dvoch funkčných vrtoch. Nulté merania boli vo vrtoch zabezpečené v roku 2015. Monitorovacími merania boli v roku 2018 zabezpečené v oboch vrtoch, a to letnou (od 15. decembra do 13. augusta) a jesennou etapou (od 13. augusta do 29. novembra). I keď v obidvoch vrtoch boli namerané relatívne priaznivé výsledky, vyššie hodnoty etapových vektorov boli zaznamenané vo vrte PS-Z1. V hĺbke 4,96 m pod terénom, na hlavnej šmykovej ploche, bol nameraný prírastok deformácie s hodnotou 1,65 mm, čo predstavuje 2,5 mm.rok⁻¹ (azimut – 316°). Na hlbšej šmykovej ploche, v hĺbke 7,46 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor s hodnotou 2,21 mm (priemerná rýchlosť – 3,34 mm.rok⁻¹; azimut – 325° – severozápad). Následne, počas jesenného kontrolného merania bol nameraný prírastok deformácie 1 mm (3,38 mm.rok⁻¹; 150° – juhovýchod). Z uvedeného vyplýva, že rýchlosť deformácie počas jednotlivých etáp zostáva zachovaná, ale orientácia vektorov sa mení o 175°. Celková deformácia na hlavnej šmykovej ploche (4,96 m pod terénom) v období od nultého (6. november 2015) po posledné hodnotené etapové meranie (29. november 2018) dosahuje 2,28 mm.

Vo vrte IP-2 boli vykonané rovnako dve merania, avšak údaje z jesennej etapy nie je možné jednoznačne interpretovať, predpokladáme že ide o chybu merania. Počas letnej etapy meraní bola v hĺbke 4 m od ústia pažnice vrtu nameraní etapová deformácia s hodnotou

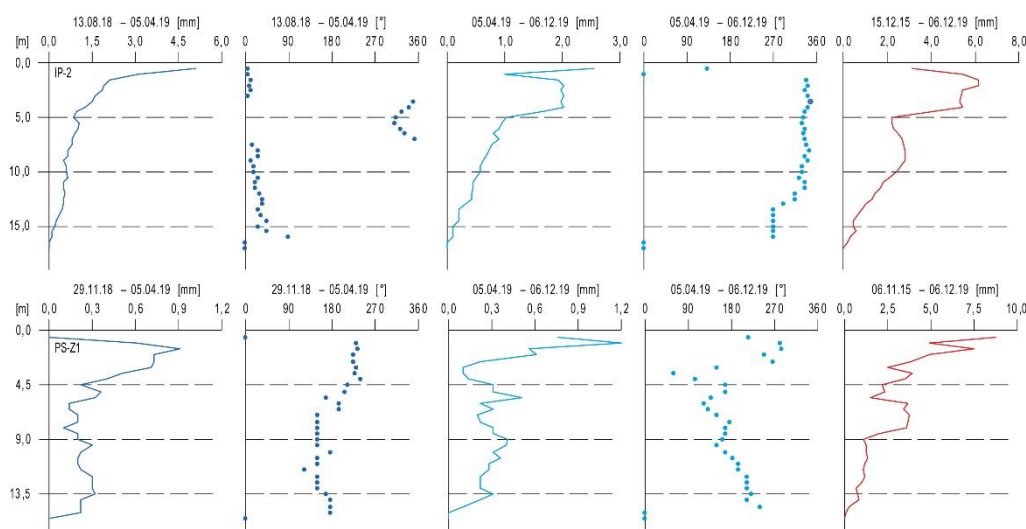
0,64 mm ($0,97 \text{ mm.rok}^{-1}$) a s azimutom 142° . Výsledná deformácia za celé monitorované obdobie (od 15. decembra 2015 do 13. august 2018) dosiahla 2,2 mm ($0,83 \text{ mm.rok}^{-1}$).

V roku 2019 boli etapové merania deformácií vykonávané v obidvoch vrtoch počas jarnej etapy (od 29. 11. 2018 do 5. 4. 2019) a počas jesennej etapy (od 5. 4. 2018 do 6. 12. 2019). Na rozdiel od roku 2018, vyššie hodnoty etapových deformácií boli zaznamenané vo vrte IP-2. Počas jarnej etapy boli namerané deformácie 1,261 mm v hĺbke 3,08 m pod terénom a 0,671 mm v hĺbke 7,08 m pod terénom, čo predstavuje rýchlosť pohybu $1,96 \text{ mm.rok}^{-1}$, resp. $1,04 \text{ mm.rok}^{-1}$. Aj počas jesennej etapy boli prírastky deformácií a ich vyjadrenie v rýchlosti pohybu na šmykových plochách v hĺbkach 3,08 m a 7,08 m pod terénom podobné ($2,02 \text{ mm} - \text{rýchlosť pohybu } 3,01 \text{ mm.rok}^{-1}$ a $0,73 \text{ mm} - \text{rýchlosť pohybu } 1,09 \text{ mm.rok}^{-1}$). Azimuty pohybov boli namerané v hodnotách od 271 do 351° (smer na Z až SSZ). Celková deformácia od nultého merania (6. november 2015) po koniec sledovaného obdobia (6. december 2019) tak stúpila na 5,41 mm s priemernou rýchlosťou pohybu $1,3 \text{ mm.rok}^{-1}$ (pre hlavnú šmykovú plochu v hĺbke 3,08 m).

Vo vrte PS-Z1 boli hodnoty deformácií namerané počas jarnej i jesennej etape v porovnaní s rokom 2018 nižšie. V hĺbke 4,96 m pod terénom bola počas jarnej etapy nameraná deformácia 0,32 mm, čo predstavuje rýchlosť pohybu $0,92 \text{ mm.rok}^{-1}$. Na šmykovej ploche v hĺbke 7,46 m pod terénom bola zaznamenaná etapová deformácia 0,1 mm (rýchlosť pohybu $0,29 \text{ mm.rok}^{-1}$) a v hĺbke 11,46 m etapová deformácia 0,3 mm (rýchlosť pohybu $0,86 \text{ mm.rok}^{-1}$). V jesennej etape predstavovali etapové deformácie pre jednotlivé hĺbky šmykových plôch hodnoty od 0,22 do 0,51 mm. Azimuty pohybov počas jarnej ako i jesennej etapy však boli opačne orientované ako v predchádzajúcom roku 2018 (smerom na J), preto aj celková deformácia v predpokladanom smere pohybu na SSZ bola nižšia.



Obr. 4.4.1. Lokalita Hodruša-Hámre – vektory deformácií namerané v rokoch 2018 a 2009 (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; objekty označené ako body – monitorovacie objekty – červené – piezometrické vrty, oranžové – piezometrické vrty s automatickými hladinomerami); ohraničenie zosuvu podľa Šimekovej a Martinčekovej et al. (2006); mapový podklad: ZBGIS®



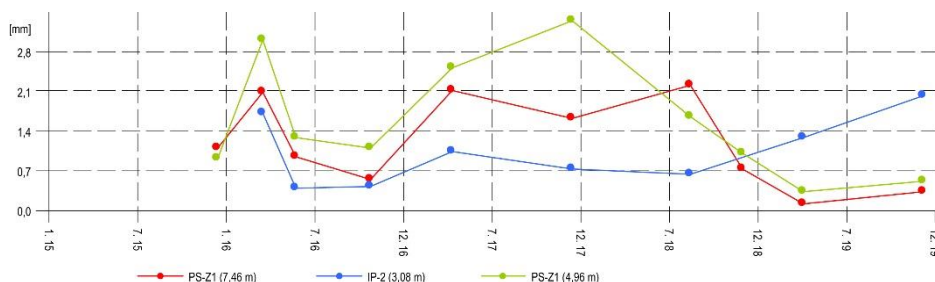
Obr. 4.4.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Hodruša-Hámre (označenie vrtovej je vľavo hore). Modré línie – etapové deformácie inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, červená línia – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).

Tab. 4.4.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Hodruša-Hámre v rokoch 2018 a 2019

Bod	Hĺbka [m]	15. 12. 2017 – 13. 8. 2018			13. 8. 2018 – 29. 11. 2018			29. 11. 2018 – 5. 4. 2019			5. 4. 2019 – 6. 12. 2019		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IP-2	3,08	2,20	0,64	142				3,41	1,26 ¹	343 ¹	5,41	2,02	341
IP-2	7,08	1,84	0,54	159				2,11	0,67 ¹	28 ¹	2,82	0,73	345
IP-2	13,08	0,60	0,22	154				0,50	0,36 ¹	35 ¹	0,67	0,20	271
PS-Z1	4,96	3,26	1,65	316	2,28	1,00	150	2,02	0,32	168	1,52	0,51	139
PS-Z1	7,46	4,74	2,21	325	4,05	0,72	184	3,96	0,10	150	3,64	0,32	168
PS-Z1	11,46	1,61	1,22	321	1,43	0,50	203	1,17	0,30	150	1,20	0,22	213

CD – celková deformácia od nultého merania (15. 12. 15 vrt – IP-2; 6. 11. 15 vrt – PS-Z1); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; ¹ – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 13. 8. 18 – 5. 4. 19.

Pri hodnotení všetkých meraní, zabezpečených v jednotlivých inklinometrických vrtoch (obr. 4.11.3), najvyššia pohybová aktivita bola nameraná vo vrte PS-Z1 v hĺbke 4,96 m pod terénom počas decembrového merania v roku 2017, odvtedy vykazuje klesajúci vývoj, počas poslednej etapy ustálený vývoj. Na šmykovej ploche v hĺbke 7,46 m pod terénom bola v tomto vrte zaznamenaná najvyššia hodnota pohybovej aktivity počas augustového merania v roku 2018 (3,34 mm.rok⁻¹) a odvtedy takisto vykazuje klesajúci vývoj, počas poslednej etapy ustálený vývoj. Naopak, vo vrte IP-2 pozorovať nárast pohybovej aktivity, pričom doposiaľ najvyšší prírastok bol zaznamenaný v hĺbke 3,08 m pod terénom počas posledného etapového merania v decembri 2019 (rýchlosť pohybu 3,01 mm.rok⁻¹).



Obr. 4.4.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Hodruša-Hámre v období rokov 2015 až 2019.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

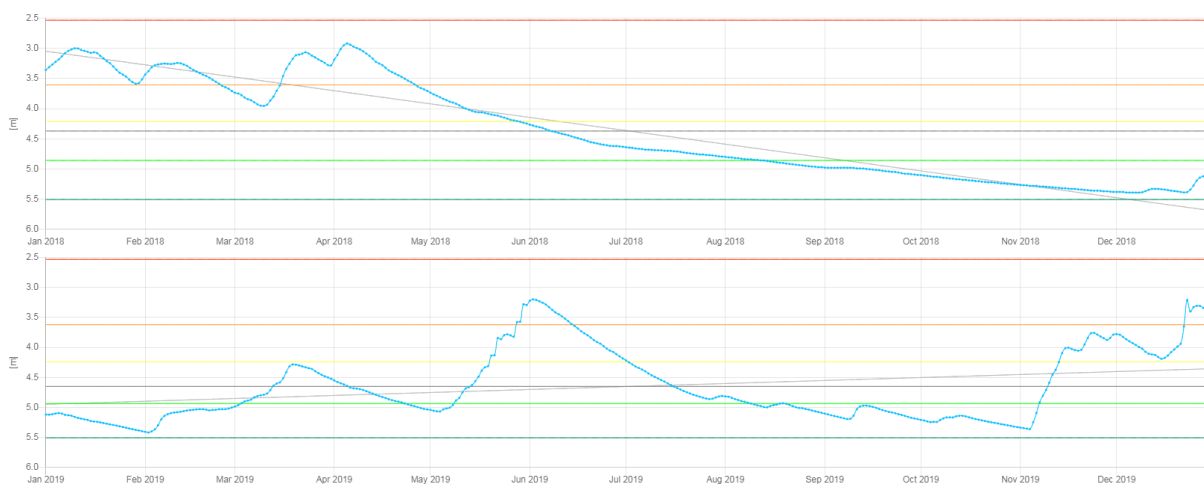
Na lokalite Hodruša-Hámre bol automatický hladinomer inštalovaný 19. novembra 2015 do vrtu PS-H1. V rokoch 2018 a 2019 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

V roku 2018 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 2,92 m pod terénom (527,28 m n. m.; 5. apríl), čo je v porovnaní z rokom 2017 pokles o 0,42 m (obr. 4.4.4, tab. 4.4.3). Po dosiahnutí maximálnych stavov začala hladina plynule klesať, čo pretrvalo skoro do konca roka. Najnižšie, do hĺbky 5,39 m pod terénom (524,81 m n. m.), sa dostala 3. decembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 4,37 m pod terénom (525,83 m n. m.). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 2,47 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 4,51 m pod terénom, 2. kvartil 4,65 m pod terénom a 3. kvartil 3,56 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,5 °C počas 15. decembra, naopak, najnižšia teplota len 7,3 °C (16. marec). Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,5 °C. Veľmi nízka teplota podzemnej vody v období maximálneho stavu naznačuje, že podzemná voda je viazaná na plytší zvodnený horizont, prípadne sa do vrtu dostávajú hypodermické vody.

Tab. 4.4.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2018

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PS-H1	8760	2,92	527,28	05. 4. 2018	5,39	524,81	3. 12. 2018	4,37	525,83	2,47



Obr. 4.4.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2018 a 2019, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Hodruša-Hámre. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte PS-H1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od 19. novembra 2015 do 31. decembra 2018: tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, zelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

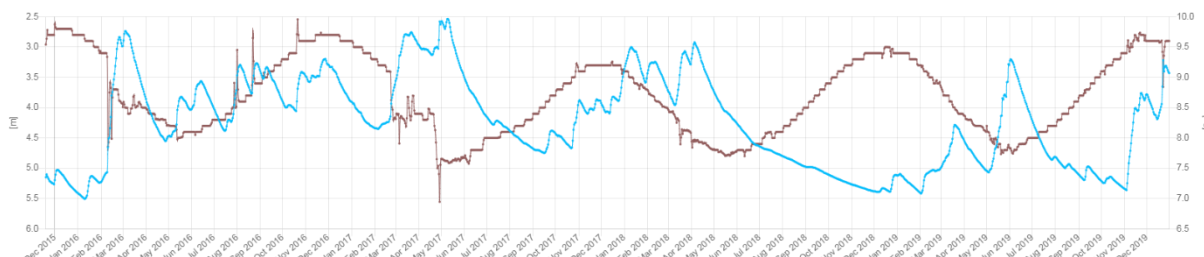
Tab. 4.4.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2019

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

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 rokom. K jej dosiahnutiu došlo až v druhej polovici. Hladina však začala stúpať už vo februári

a postupne po aprílovo-májovom poklese, dosiahla jarne 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 oproti roku 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 °C počas 1. januára, naopak, najnižšia teplota len 6,3 °C (29. apríla). Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,7 °C.



Obr. 4.4.5. Dlhodobé (2015 – 2019) zmeny úrovne hladiny (m) a teploty (°C) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom na lokalite Hodruša-Hámre. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte PS-H1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody; hnedá línia – teplota podzemnej vody.

Hladinomer bol do vrtu osadený v druhej polovici novembra roku 2015. Maximálna hladina bola vo vrte zaznamenaná 29. apríla 2017 s hĺbkou 2,50 m pod terénom (obr. 4.4.5). Opačným príkladom je 10. január 2016, s najnižšou úrovňou hladiny podzemnej vody v hĺbke 5,51 m pod terénom. Priemerná hodnota hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia dosiahla 4,23 m pod terénom s celkovým kolísaním 3,01 m. Pribeh hladiny podzemnej vody má sínusoidálny charakter, maximálne hladiny sú dosahované prevažne v jarnom období, opačne, minimálne stavy sú dosahované prevažne v jesennom a zimnom období.

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, zamerané na sledovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie, poukazujú na nárast pohybovej aktivity vo vrte IP-2 (v hĺbke 3,08 m pod terénom) a zároveň na pokles pohybovej aktivity vo vrte PS-Z1. V oblasti vrtu IP-2 sa v hĺbke cca 4 m pod terénom formuje aktívna šmyková plocha. I keď azimuty nameraných vektorov v predchádzajúcom období nie sú jednoznačne orientované smerom na Dolné Hodrušské jazero, čo je predpokladaný smer pohybu zosuvného telesa, veľkosti vektorov zaznamenaných počas jednotlivých etapovej postupne narastajú. Naopak, veľkosť etapových prírastkov deformácie vo vrte PS-Z1 z roku 2019 poukazuje na postupné upokojenie pohybovej aktivity v oblasti vrtu.

Meraním hladiny podzemnej vody boli počas roka 2019 zaznamenané viaceré vzostupy. Prvé výraznejšie stúpnutie hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané v druhej polovici marca,

druhé v druhej polovici mája a tretie trvalo od začiatku novembra do druhej polovice decembra, kedy bol dosiahnutý maximálny stav.

V roku 2020 vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality (ohrozenie vodnej stavby) je plánované pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a režime ako v predchádzajúcom roku 2019.

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 2018 a 2019

Na lokalite Slanec-TP sa v rokoch 2018 a 2019 vykonávali len režimové pozorovania. Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2016 a 2017, sú zhrnuté v tab. 4.5.1.

Tab. 4.5.1. *Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Slanec-TP v rokoch 2018 a 2019*

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
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 (11. január, 1. marec, 27. marec, 25. apríl, 30. máj, 28. jún, 2. august, 6. september, 18. október, 23. november)	10 (12. február, 6. marec, 28. marec, 2. máj, 4. jún, 8. júl, 8. august, 9. september, 4. október, 14. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	20	V-1/1 až 1/5, V-2/1 až 2/5, V-3/1 až 3/3, V-4/1 až 4/3, V-5/1 až 5/4	10 (11. január, 1. marec, 27. marec, 25. apríl, 30. máj, 28. jún, 2. august, 6. september, 18. október, 23. november)	10 (12. február, 6. marec, 28. marec, 2. máj, 4. jún, 8. júl, 8. august, 9. september, 4. október, 14. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Slanská Huta (indikatív 51160)	Mesačné úhrny zrážok	

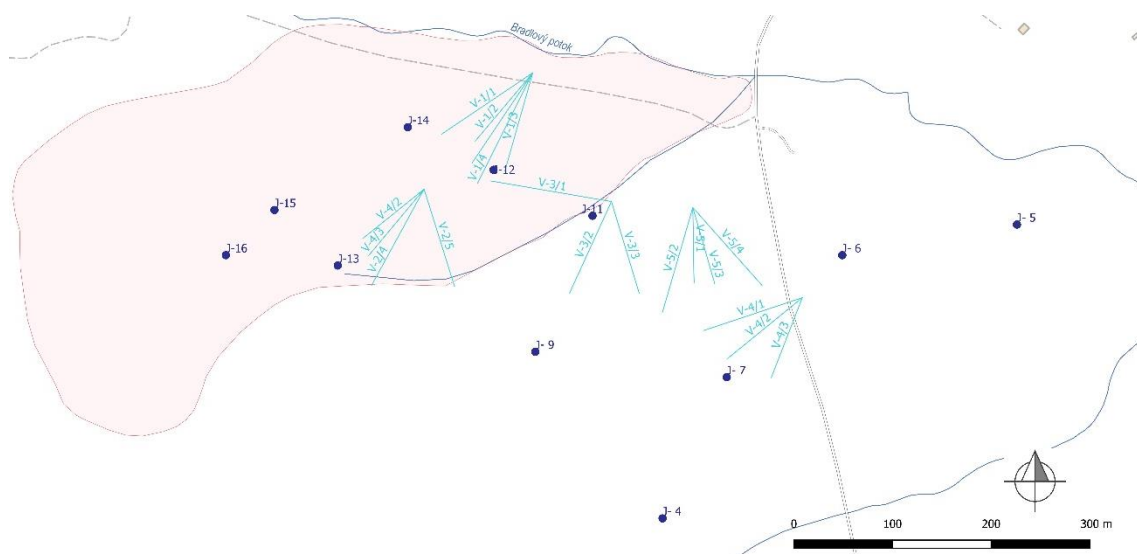
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

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

V roku 2018 boli merania zabezpečené v 11 vrtoch (11. januára – 23. november). Maximálna hladina podzemnej vody bola opätovne nameraná vo vrte J-11 (na úrovni terénu –

preliv cez pažnicu vrtu; 324,98 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol nameraný 1. marca. Do blízkosti terén sa hladina podzemnej vody dostala aj vo vrte J-16 (0,47 m pod terénom – 27. marec). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa pohybovali v intervale od 0,53 (J-14) do 10,77 m pod terénom (J-7). Vo vrtoch J-4 a J-9 boli namerané najvyššie úrovne hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Celkovo sa maximálne stavy vyskytovali sa od prvej polovice januára do druhej polovice apríla, teda v zimnom a jarnom období. Naopak, najhlbšie pod terénom klesla hladina podzemnej vody vo vrte J-6. Jej minimálna hladina podzemnej vody sa nachádzala na úrovni 10,73 m pod terénom (23. november). Minimálne hladiny podzemnej vody sa vyskytovali prevažne v období od 18. októbra do 23. novembra. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 5,81 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku zostup o 0,18 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,59 (vrt J-11) do 11,53 m pod terénom (vrt J-7). Výrazné kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrtoch J-9 (5,64 m) a J-4 (5,47 m).



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

Tab. 4.5.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2018

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	1,38	341,12	11. 01. 2018	6,85	335,65	23. 11. 2018	5,03	337,47	5,47
J-5	10	7,71	295,08	25. 04. 2018	8,92	293,87	18. 10. 2018	8,44	294,35	1,21
J-6	10	8,68	306,64	25. 04. 2018	10,83	304,49	23. 11. 2018	9,89	305,44	2,15
J-7	10	10,77	323,88	25. 04. 2018	12,07	322,58	18. 10. 2018	11,53	323,12	1,30
J-9	10	3,56	342,32	11. 01. 2018	9,20	336,68	23. 11. 2018	7,34	338,55	5,64
J-11	10	0,00	324,98	01. 03. 2018	2,95	322,03	18. 10. 2018	1,59	323,39	2,95
J-12	10	3,24	332,37	27. 03. 2018	5,13	330,48	23. 11. 2018	4,04	331,57	1,89
J-13	10	0,87	351,92	11. 01. 2018	2,96	349,83	18. 10. 2018	1,84	350,95	2,09
J-14	10	0,53	339,16	27. 03. 2018	5,49	334,20	23. 11. 2018	3,48	336,21	4,96
J-15	10	6,84	354,29	27. 03. 2018	8,58	352,55	18. 10. 2018	7,68	353,45	1,74
J-16	10	0,47	357,82	27. 03. 2018	4,20	354,09	18. 10. 2018	3,03	355,26	3,73

V aktuálne hodnotenom roku 2019 sa pokračovalo v meraniach v 11 vrtoch (od 12. februára do 14. novembra). 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

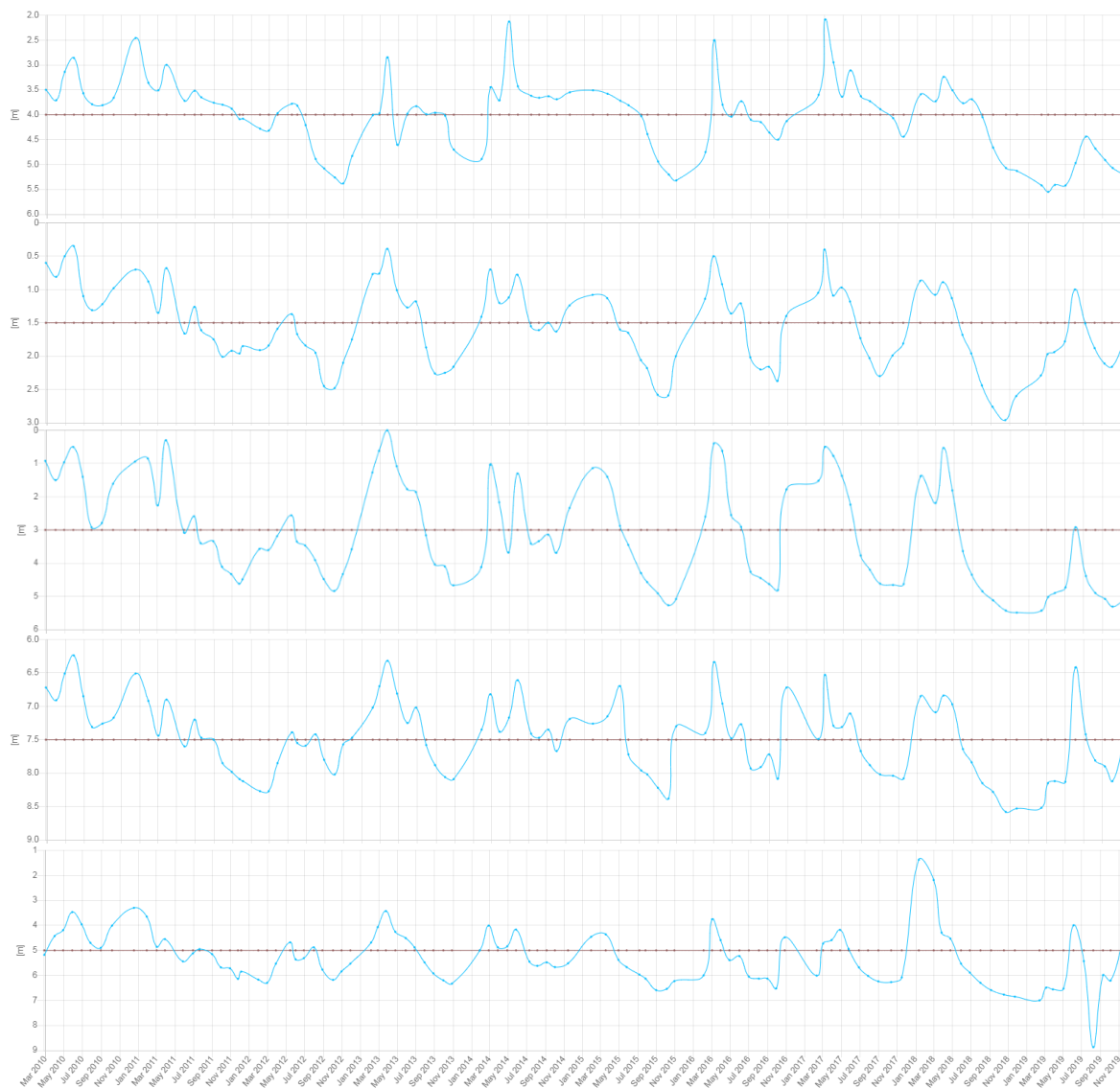
Tab. 4.5.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2019

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



Obr. 4.5.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV), zaznamenané v roku 2019 na lokalite Slanec-TP, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO – od januára 2010 do decembra 2018); grafy sú zoradené v poradí: J-12, J-13, J-14, J-15, J-4, červená – maximálna, zelená – minimálna HPV nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV nameranej počas RO, šedá – priemerná hodnota HPV nameranej počas RO.

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 letnom období (4. júna, resp. 8. júla). Naopak, najhlbšie pod terénom klesla hladina podzemnej vody vo vrte J-7. Jej minimálna hladina podzemnej vody sa nachádzala na úrovni 12,26 m pod terénom (6. marca). Minimálne hladiny podzemnej vody sa väčšinou vyskytovali 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 výraznejší pokles až 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 vykázané nižšie kolísanie hladiny podzemnej vody (od 0,37 do 2,51 m).



Obr. 4.5.3. Dlhodobé (2010 – 2019) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Slanec-TP (grafy sú zoradené v poradí: J-12, J-13, J-14, J-15, J-4).

Z dlhodobého hľadiska (v období 2009 až 2019 – obr. 4.5.3) boli najvyššie namerané hladiny podzemnej vody – na úrovni terénu – vo vrtoch J-11 (máj 2010, apríl a marec 2013, február 2014 a marec 2016; priemerná hladina podzemnej vody za posledné desaťročie dosiahla v tomto vrte 0,95 m pod terénom), 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. Najvyššie vystúpila 28. mája 2010, a to do hĺbky 0,35 m pod terénom. Opačne, najhlbšie (viac ako 10 m) pod terén zostupujú hladiny vo vrtoch J-5 (ojedinele), J-6 (pomerne často) a J-7 (pravidelne, priemerná hladina za posledných desať rokov dosahuje 11,05 m pod terénom). Vo viacerých vrtoch boli v roku 2019 namerané doteraz najnižšie hladiny podzemnej vody (J-4 na úrovni 8,87 m, J-6 na úrovni 11,35 m a J-7 na úrovni 12,26 m pod terénom).

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 2018 a 2019 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 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
V1/1	10	0,40	27. 3. 2018	0,00	23. 11. 2018	0,14	0,40
V1/2	10	0,33	25. 4. 2018	0,00	2. 8. 2018	0,12	0,33
V1/3	10	0,46	27. 3. 2018	0,07	2. 8. 2018	0,24	0,39
V1/4	10	0,61	27. 3. 2018	0,00	11. 1. 2018	0,11	0,61
V1/5	10	0,32	25. 4. 2018	0,00	6. 9. 2018	0,10	0,32
V2/1	10	Ústia odvodňovacích vrtov sa počas deviatich meraní nachádzali pod hladinou vody					
V2/2	10						
V2/3	10						
V2/4	10						
V2/5	10						
V3/1	10	1,92	27. 3. 2018	0,00	28. 6. 2018	0,45	1,92
V3/2	10	1,37	27. 3. 2018	0,00	2. 8. 2018	0,19	1,37
V3/3	10	0,97	25. 4. 2018	0,03	30. 5. 2018	0,39	0,94
V4/1	10	Ústia odvodňovacích vrtov sa nachádzali pod hladinou vody					
V4/2	10						
V4/3	10						
V5/1	10	0,26	27. 3. 2018	0,00	2. 8. 2018	0,10	0,26
V5/2	10	0,53	27. 3. 2018	0,00	23. 11. 2018	0,06	0,53
V5/3	10	kvapkanie, suchý					
V5/4	10	0,43	28. 6. 2018	0,00	6. 9. 2018	0,11	0,43

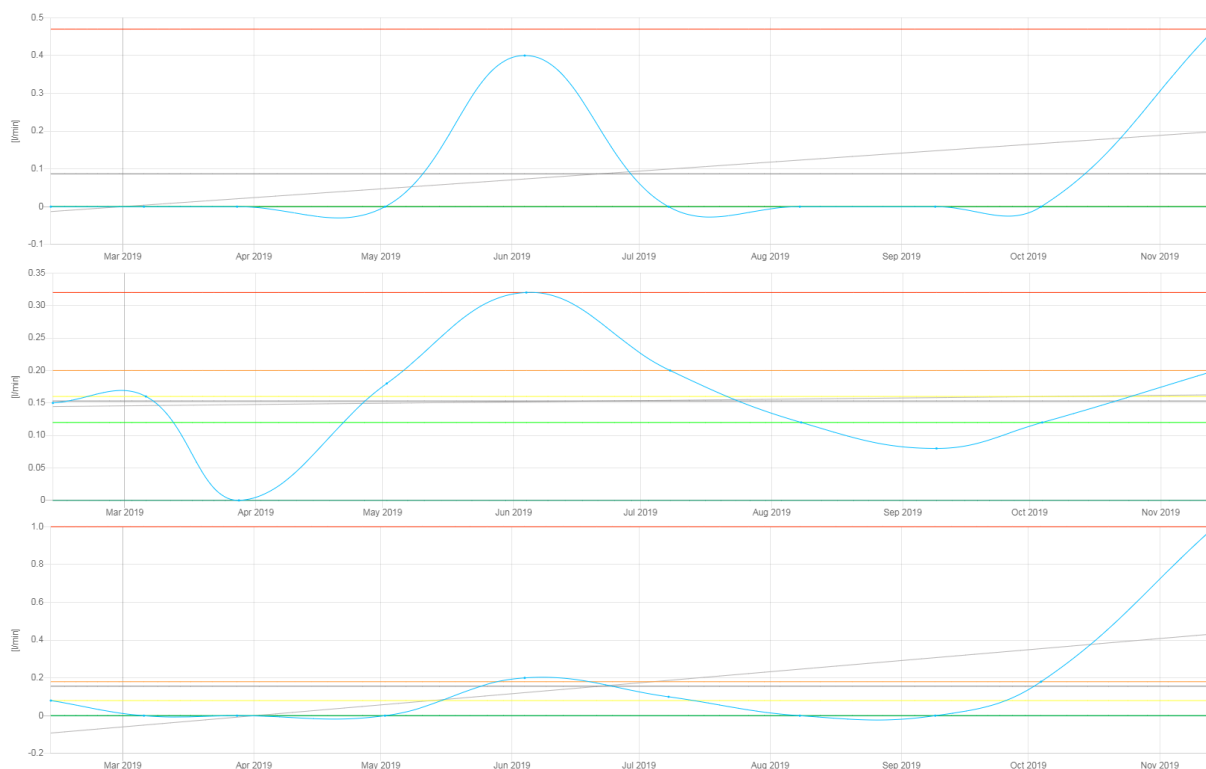
V roku 2018 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 11. januára do 23. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. marca na odvodňovacom vrte V3/1 (1,92 l.min⁻¹). Podobná výdatnosť bola v rovnakom termíne zaznamenaná aj vo vrte V3/2 (1,37 l.min⁻¹). Tieto vrty boli od mája suché a priemerná výdatnosť vo vrte V3/1 dosiahla 0,45 l.min⁻¹ a vo vrte V3/2 0,19 l.min⁻¹. Okrem vrtov V1/3 a V3/3 bolo v ostatných vrtoch minimálne počas jedného monitorovacieho merania zaznamenané kvapkanie alebo boli suché. Minimálne prietoky sa vyskytovali najmä od augusta do konca roku. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 6,4 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom opäť výrazný pokles (o 4,41 l.min⁻¹). Najväčšie kolísanie prietoku bolo počas hodnoteného roku namerané vo vrte V3/1 (1,92 l.min⁻¹). Priebiehy množstva odvádzanej vody z vybraných odvodňovacích zariadení sú znázornené na obr. 4.5.4.

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⁻¹). V tomto termíne bola najvyššia výdatnosť aj z vrtu V3/1 (0,97 l.min⁻¹) a aj z vrtov V1/1 (0,47 l.min⁻¹), V3/2 (0,10 l.min⁻¹), V4/1 (0,08 l.min⁻¹). 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

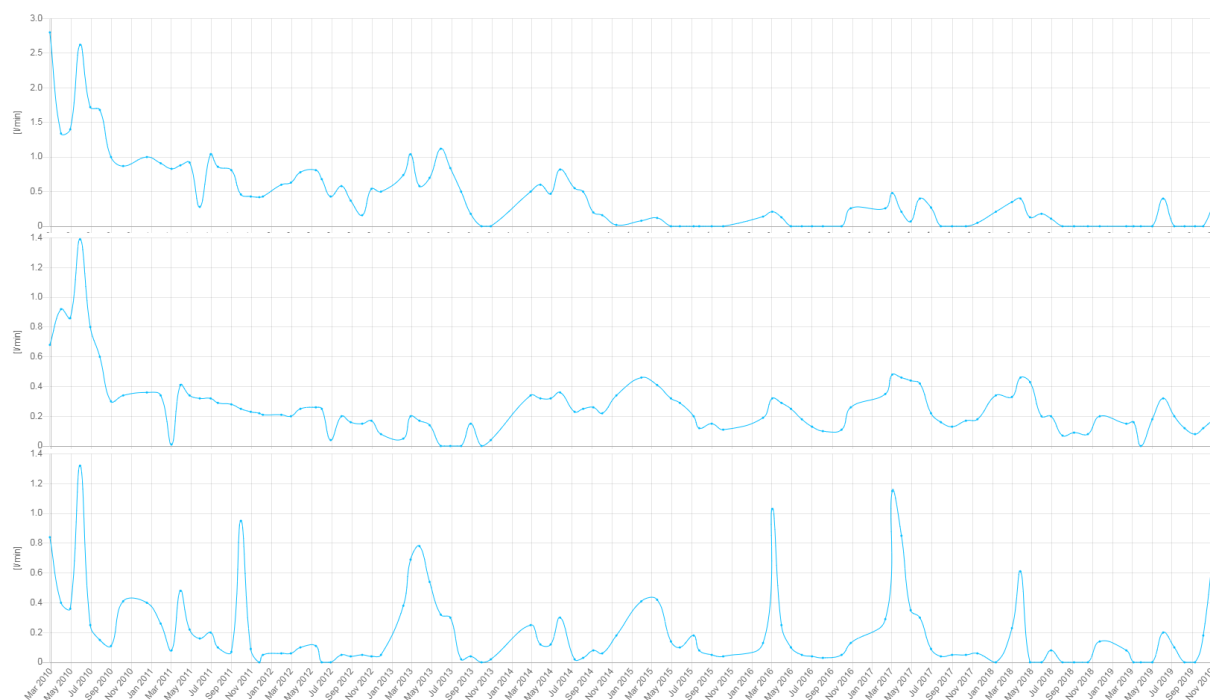
väčšinou zaliate ústia vrtov a nebolo možné merať ich výdatnosť. Priemerná hodnota výdatnosti u vrtov, ktoré vykazovali merateľné hodnoty je iba $0,07 \text{ l.min}^{-1}$) a sumárna priemerná výdatnosť všetkých merateľných vrtov za rok 2019 je iba $0,98 \text{ l.min}^{-1}$, čo je výrazný pokles oproti sumárnej priemernej výdatnosti za rok 2018 (až o $5,42 \text{ l.min}^{-1}$), pričom treba podotknúť, že podobne výrazný pokles výdatnosti bol zaznamenaný aj za rok 2018.

Tab. 4.5.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2019

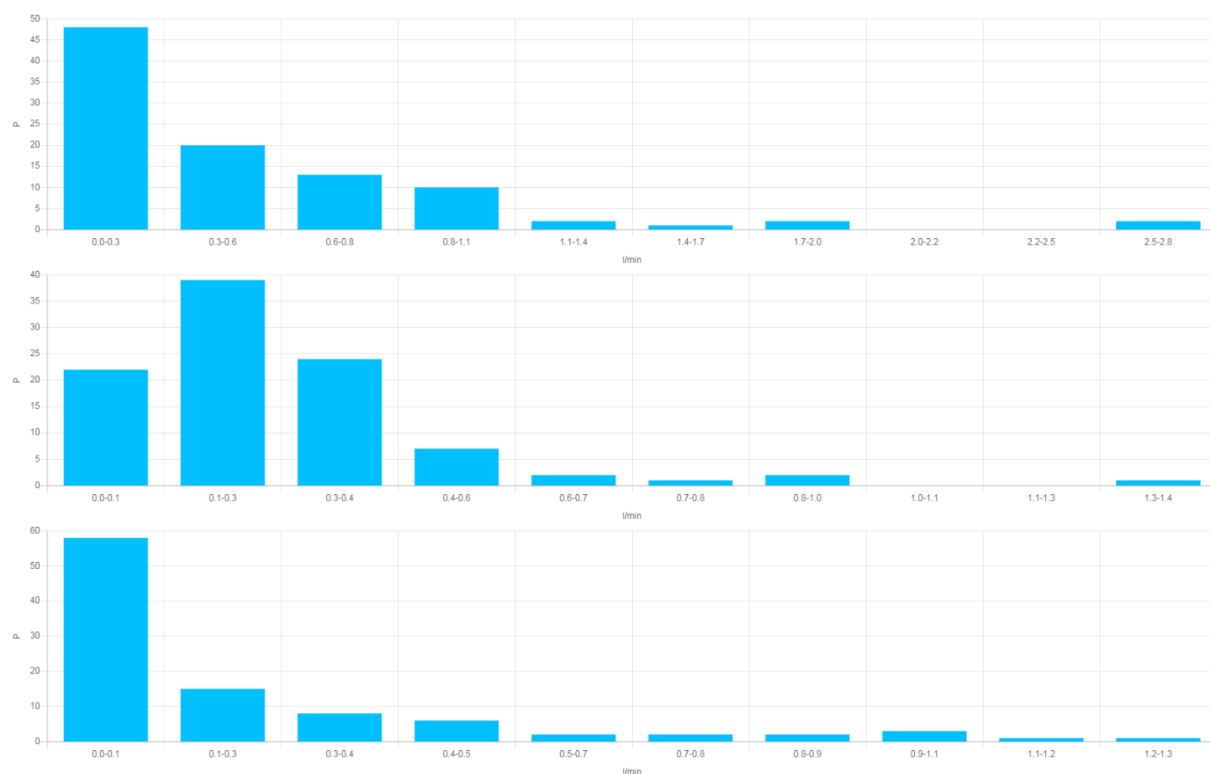
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. $[\text{l.min}^{-1}]$	Max. kolísanie výdat. $[\text{l.min}^{-1}]$
		$[\text{l.min}^{-1}]$	dátum	$[\text{l.min}^{-1}]$	dátum		
V1/1	10	0,47	14. 11. 2019	0,00	28. 3. 2019	0,09	0,47
V1/2	10	0,23	6. 3. 2019	0,00	4. 10. 2019	0,11	0,23
V1/3	10	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



Obr. 4.5.4. Zmeny výdatnosti a základné štatistické ukazovatele zaznamenané na vybraných odvodňovacích vrtoch v roku 2019 na lokalite Slanec-TP (grafy sú zoradené v poradí: V1/1, V1/3 a V1/4). Modrá – nameraná výdatnosť, tmavozelená – minimálna výdatnosť, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas roka 2019.



Obr. 4.5.5. Dlhodobé (2010 – 2019) zmeny výdatnosti odvodňovacích vrtoz na lokalite Slanec-TP (grafy sú zoradené v poradí: V1/1, V1/3 a V1/4).



Obr. 4.5.6. Početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti namerané na odvodňovacích vrtoch počas obdobia 2010 – 2019 na lokalite Slanec-TP (grafy sú zoradené v poradí: V1/1, V1/3 a V1/4).

Pri hodnotení časového obdobia od 2010 do 2019 boli najvyššie výdatnosti namerané v rokoch 2010 (V2/1 – 31. marca – $66,0 \text{ l.min}^{-1}$; V1/2 – 25. februára – $60,0 \text{ l.min}^{-1}$) a 2011 (V2/1 – 29. marca $65,0 \text{ l.min}^{-1}$). V súbore nameraných výdatností v rámci celej lokality boli počas monitorovaného obdobia na jednotlivých odvodňovacích zariadeniach pozorované prevažne prietoky v rozsahu $0,0$ až $0,3 \text{ l.min}^{-1}$ (obr. 4.5.6). V rámci skupín odvodňovacích

vrtoch sa najefektívnejšie prejavujú vrty označené ako V2, ktorých priemerná výdatnosť za poslednú dekádu dosahuje viac ako $1,5 \text{ l.min}^{-1}$. O niečo nižšia priemerná výdatnosť bola nameraná v šachtách V1 a V3 (nad $0,5 \text{ l.min}^{-1}$). V skupinách vrtoch V3 a V5 boli najvýznamnejšie hodnoty výdatnosti namerané počas roku 2013. 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 $0,17 \text{ l.min}^{-1}$) a podobne nízku výdatnosť vykazujú aj vrty V5 ($0,19 \text{ l.min}^{-1}$). Od roku 2011 pozorovať postupný pokles celkovej výdatnosti odvodňovacích zariadení, ktorý sa markantne prejavuje najmä za posledné dva roky. V roku 2019 tak bola sumárna priemerná výdatnosť všetkých merateľných vrtoch na úrovni $0,98 \text{ l.min}^{-1}$.

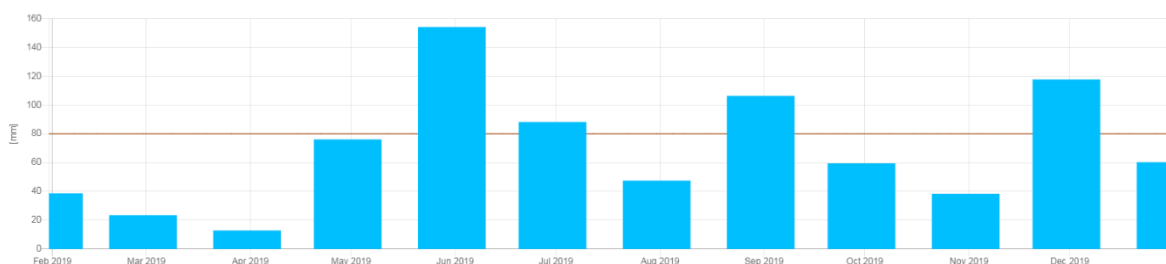
Dlhodobým problémom monitorovania výdatnosti odvodňovacích zariadení na tejto lokalite je, že viaceré vrty sú počas roka zaplavované vytekajúcou vodou z drenážnych zariadení. Vďaka tomuto stavu nie je možné sledovať množstvo odtekajúcej vody zo zosuvného územia, ale čo je ešte horšie, zaplavaním zberných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

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 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 639,6 mm, čo zodpovedá 84,69 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júna (123,7 mm) a naopak, najsuchším mesiacom bol január s 21,2 mm zrážok.

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.



Obr. 4.5.6. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Slanská Huta (indikatív 51160); modrá – mesačná úhrny atmosférických zrážok v roku 2019.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Slanec sú monitorovacie aktivity zamerané výlučne na sledovanie najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Zároveň je sledovaná i efektívnosť sanačného opatrenia – meranie výdatnosti subhorizontálnych odvodňovacích vrtoch. Analyzované sú tiež údaje o zrážkomernej stanici Slanská Huta.

Na zosuvnej lokalite Slanec sú monitorovacie aktivity zamerané výlučne na sledovanie najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Zároveň je sledovaná i efektívnosť sanačného opatrenia – meranie výdatnosti subhorizontálnych odvodňovacích vrtov. Analyzované sú tiež údaje o zrážkomernej stanici Slanská Huta.

V roku 2019, na základe získaných údajov a ich spracovania možno konštatovať, že v porovnaní s predchádzajúcim rokom bol nameraný výrazný pokles hladiny podzemnej vody. Vo vrte J-4 bola nameraná najnižšia úroveň hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia (dňa 8. augusta 2019).

V zosuvnom území pokračovali monitorovacie merania aj na jednotlivých skupinách odvodňovacích zariadení. 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 8 meraní. Uvedený stav výrazne znižuje efektívnosť hĺbkového opatrenia, ktoré v monitorovanom území predstavuje jediné stabilizačné opatrenie. V aktuálnom roku klesla sumárna priemerná výdatnosť odvodňovacích vrtov na $0,98 \text{ l.min}^{-1}$.

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).

V roku 2020 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2019.

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 2018 a 2019

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2018 a 2019 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 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
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	

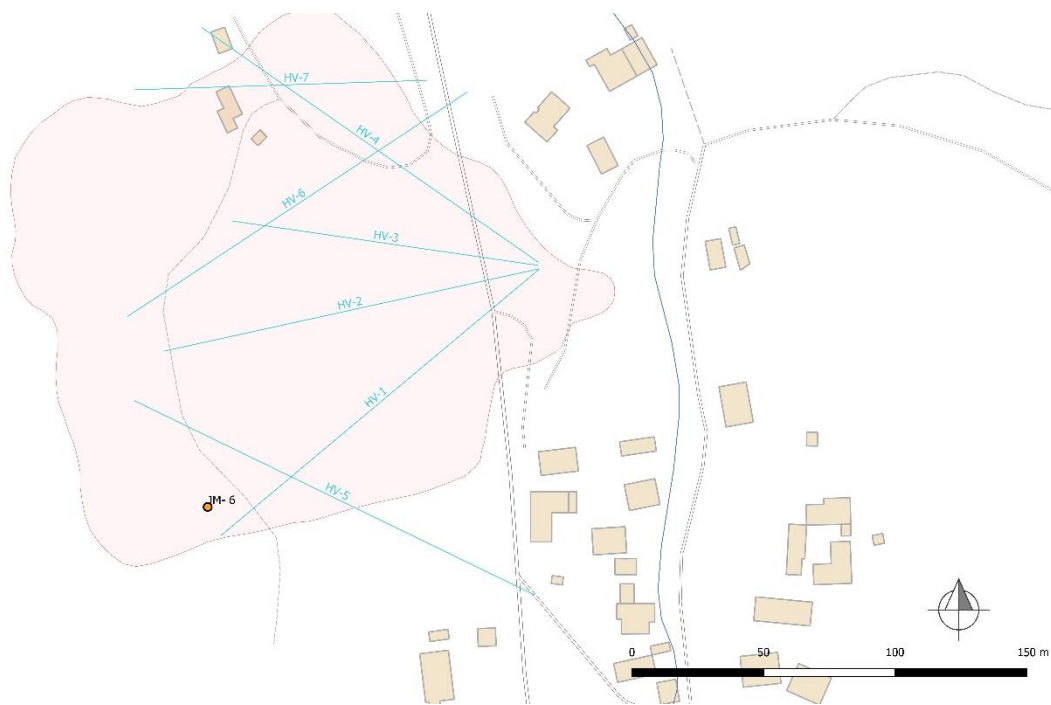
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Dolná Mičiná je automatickým hladinomerom zabezpečované meranie vo vrte JM-6 (obr. 4.6.1). Počas hodnotených rokov 2018 a 2019 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, to znamená, že zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali každú hodinu.

V roku 2018 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 5,18 m pod terénom (407,71 m n. m.; 5. apríl – tab. 4.6.2 a obr. 4.6.2). Minimálna hladina podzemnej vody s hĺbkou 15,28 m (397,61 m n. m.) bola dosiahnutá 31. decembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 12,09 m pod terénom (400,80 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,92 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 10,10 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 14,56 m pod terénom, 2. kvartil 13,38 m pod terénom a 3. kvartil 9,77 m pod terénom.

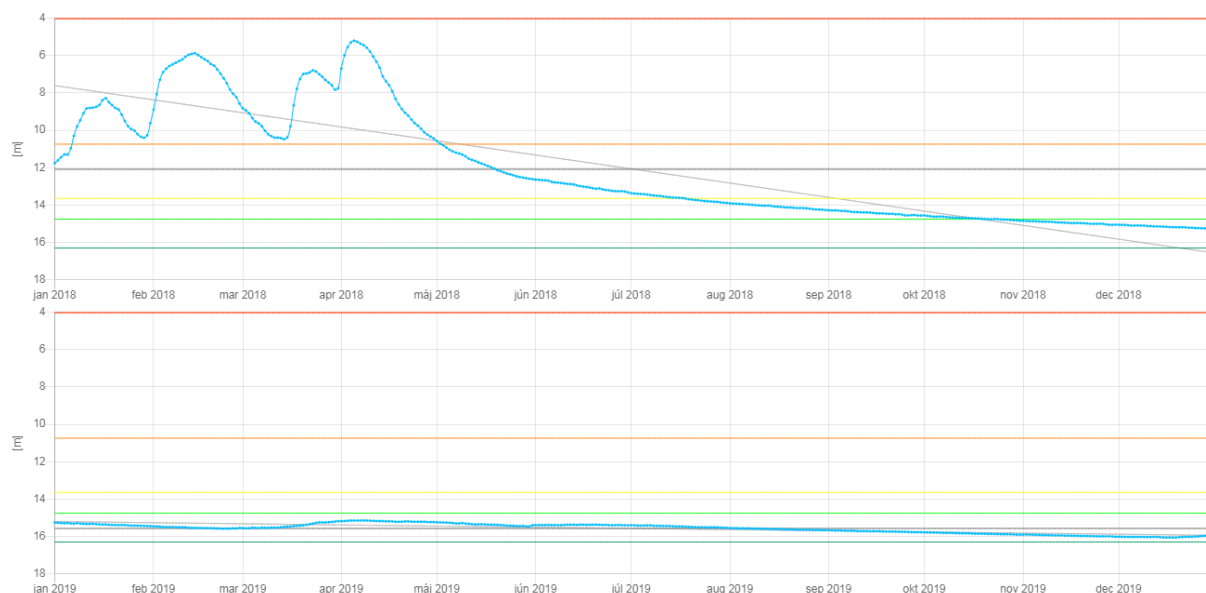
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,6 °C počas 10. júla, naopak, najnižšia teplota (8,9 °C) bola zaznamenaná 7. apríla. Priemerná teplota v hodnotenom roku predstavovala 9,5 °C.



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 Fussgängera a Jadroňa (1995), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.6.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Dolná Mičina v roku 2018

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	5,18	407,71	5. 4. 2018	15,28	397,61	31. 12. 2018	12,09	400,80	10,10



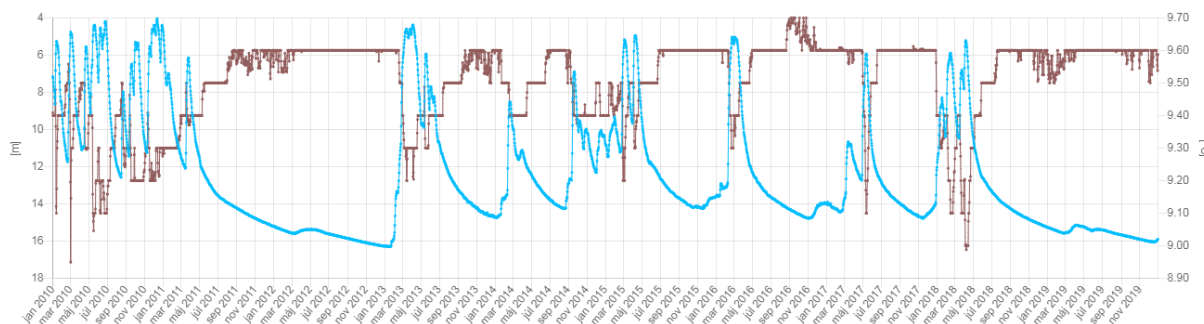
Obr. 4.6.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2018 a 2019, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Dolná Mičina. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JM-6. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od apríla 2002 do decembra 2019: tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, zelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

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 jarňých 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 najstálenejšiu 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.

Tab. 4.6.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomeri 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

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,6 °C počas 1. januára, rovnako ako i najnižšia teplota 9,5 °C. Priemerná teplota v hodnotenom roku predstavovala 9,59 °C.



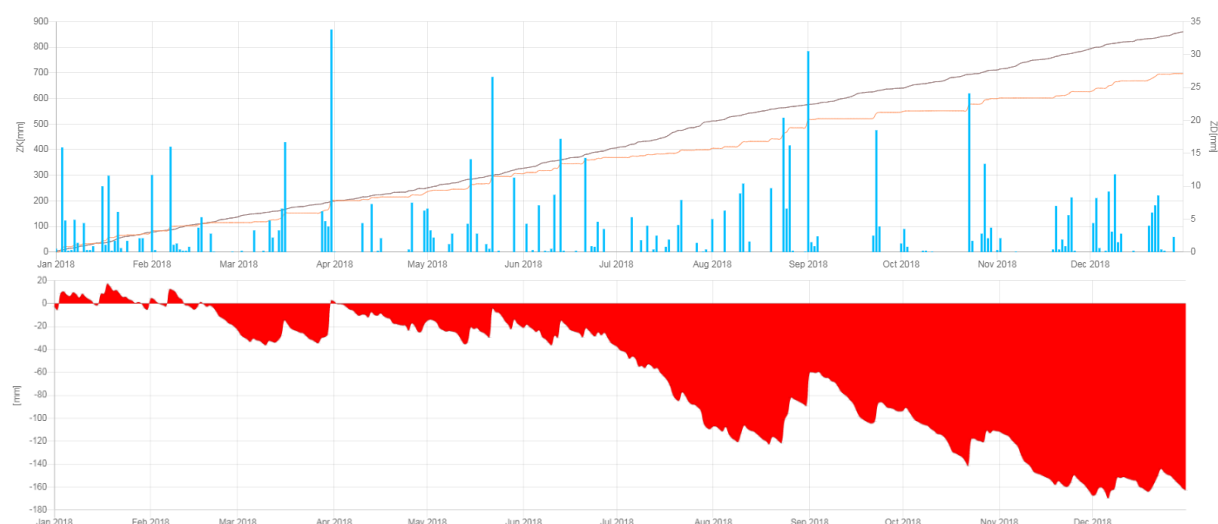
Obr. 4.6.3. Dlhodobé (2010 – 2019) zmeny úrovne hladiny (m) a teploty (°C) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom na lokalite Dolná Mičina. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JM-6. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody; hnedá línia – teplota podzemnej vody.

Pri hodnotení posledného desaťročia 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 jarňým 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 roky 2010, kedy hladina podzemnej vody vplyvom mimoriadne intenzívnych zrážok stúpala niekoľkokrát za rok a aktuálne hodnotený rok 2019, kedy hladina podzemnej vody prakticky počas celého roka klesala.

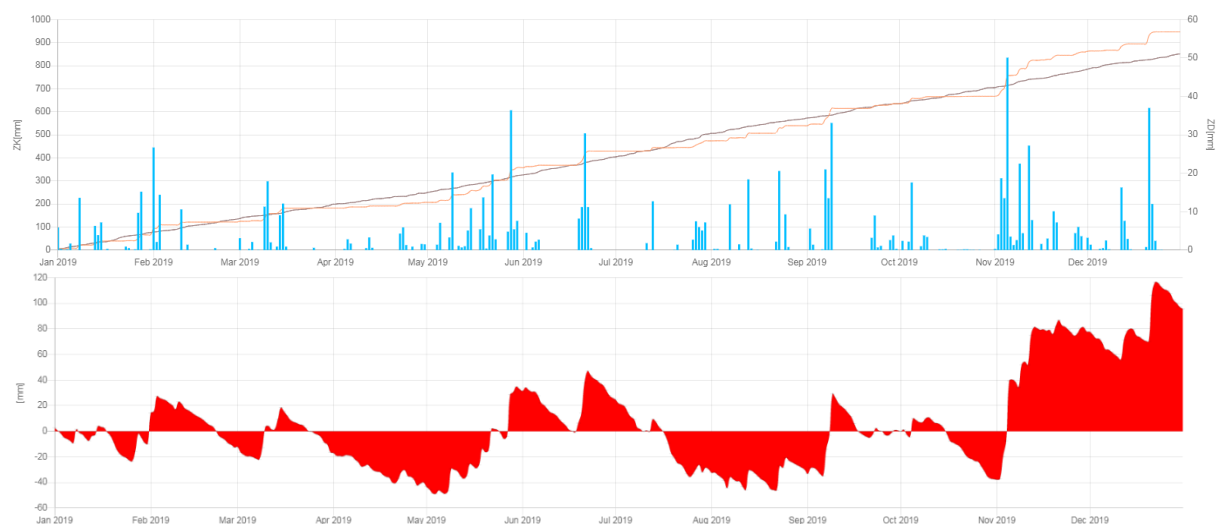
Maximálna hladina bola vo vrte zaznamenaná 12. decembra 2010 s hĺbkou 4,02 m pod terénom (obr. 4.6.3). Ide o najvyššiu úroveň hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia. Opačným príkladom je rok 2012, ktorý je možné vyhodnotiť ako „najsuchší“. Minimálny stav hladiny podzemnej vody bol však nameraný 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 2018 predstavuje 851,39 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1289,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 70,9 mm a maximálny mesačný úhrn 195,2 mm (júl 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 17. júla 2010 do 16. augusta 2010) dosiahol 253,9 mm.



Obr. 4.6.4. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2000 – 2017 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK).



Obr. 4.6.5. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2000 – 2018 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK).

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 697,2 mm, čo zodpovedá 81,07 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas

marca (85,9 mm) a najvyšší denný úhrn 31. marca (33,8 mm). Najsuchším mesiacom bol november s 27,2 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 4. augusta do 3. septembra (113,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 8. februára do 10. marca), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 18,6 mm.

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.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Dolná Mičiná sú zabezpečované monitorovacie aktivity v jednom piezometrickom vrte, ktorý je inštrumentovaný automatickým hladinomerom. Pravidelne dvakrát ročne sa vykonávajú v území terénne regkognoskácie 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. Na základe informácie o kolísaní hĺbky hladiny podzemnej vody možno rok 2019 hodnotiť ako mimoriadne suchý. Hladina podzemnej vody počas roka prakticky len klesala. Mierne stúpnutie hladiny podzemnej vody bolo pozorované len v prvej polovici apríla, následne, až do polovice decembra mala zostupný charakter a v druhej polovici decembra mierne stúpala.

V roku 2020 plánujeme pokračovať v monitorovaní hladiny podzemnej vody s rovnakou frekvenciou meraní ako v roku 2019.

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 2018 a 2019

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2018 a 2019, sú zhrnuté v tab. 4.7.1.

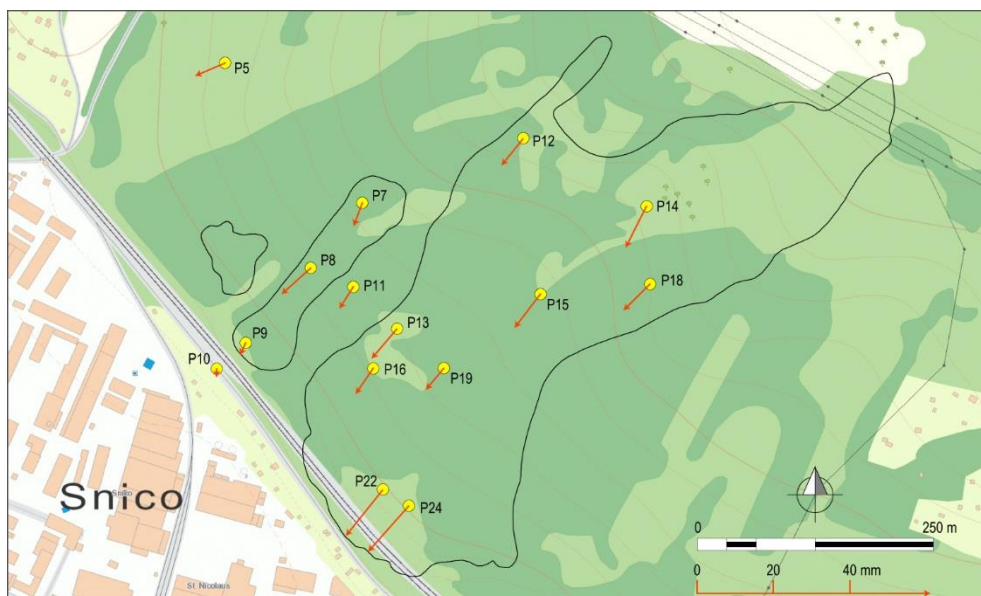
Tab. 4.7.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Okoličné v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2018	2019
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 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Geodetické merania

V roku 2019 bolo na zosuvnej lokalite Okoličné zabezpečené 64. etapového merania (Pisca, 2019). Predchádzajúce meranie bolo zabezpečené v roku 2017. Z výsledkov meraní, ktoré charakterizujú pohybovú aktivitu v dvojročnom období vyplýva, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, že v zosuvnom území boli namerané relatívne nízke polohové posuny. Prevládali posuny do 10 mm (P10, P9, P7, P11, P19, P16, P5, P12, P18, P13 a P8), výnimočne však boli namerané aj polohové vektory nad 10 mm: P15 – 10,00 mm – 5,15 mm.rok⁻¹, P14 – 11,18 mm – 5,76 mm.rok⁻¹, P22 – 14,21 mm – 7,32 mm.rok⁻¹ a P24 – 14,87 mm – 7,65 mm.rok⁻¹. Body P15 a P14 sa nachádzajú v prechodovej oblasti a body P22 a P24 sa zas v čele zosuvu. Vertikálne zmeny mali výrazne poklesový charakter, avšak ani v jednom prípade neboli väčšie ako 7 mm (body: P22 a P24). Na základe nameraných výsledkov je možné zosuvné územie považovať za pomerne stabilné (Pisca, 2019).



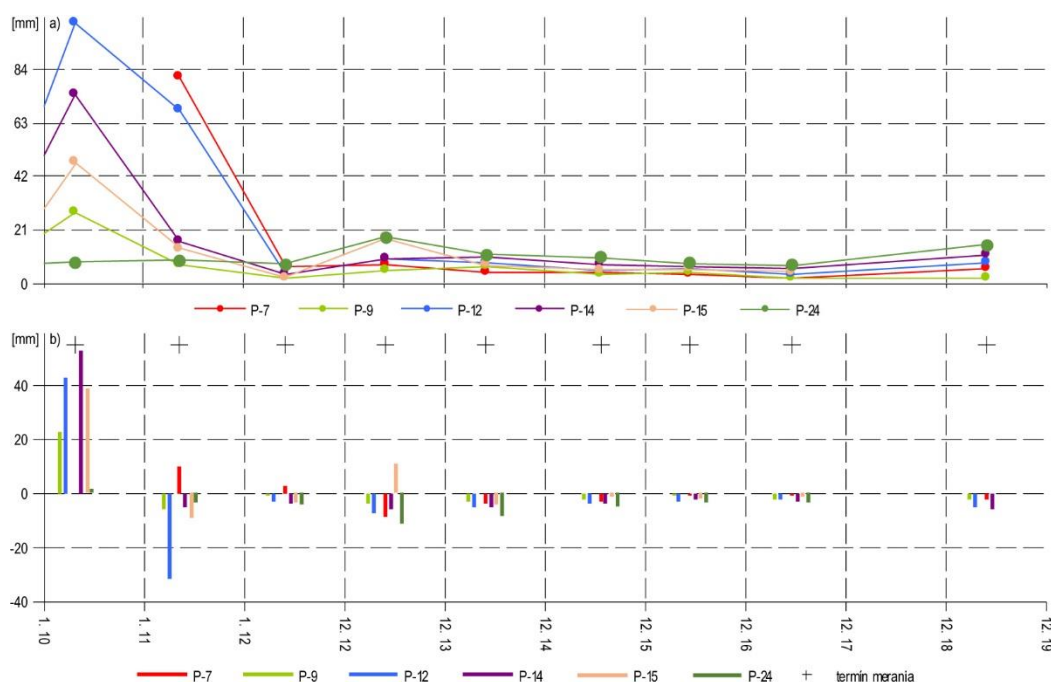
Obr. 4.7.1. Lokalita Okoličné – výsledky geodetických meraní (metódou GNSS) za obdobie 20. jún 2017 až 30. máj 2019; mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.2.2. Výsledky geodetických meraní na lokalite Okoličné v roku 2019

Bod	20. 6. 2017 – 30. 6. 2017		
	Premiestnenie [mm]		
	polohové	výškové	priestorové
P5	7,62	-1,00	7,68
P7	5,39	-2,00	5,74
P8	9,22	-5,00	10,49
P9	2,24	-2,00	3,00
P10	1,00	-1,00	1,41
P11	5,83	-2,00	6,16
P12	7,81	-5,00	9,27
P13	9,22	-3,00	9,70
P14	11,18	-6,00	12,69
P15	10,00	-3,00	10,44
P16	7,21	-5,00	8,77
P18	8,49	-3,00	9,00
P19	6,40	-3,00	7,07
P22	14,21	-7,00	15,84
P24	14,87	-7,00	16,43

Z dlhodobého hľadiska (obdobie 2010 až 2019 – obr. 4.7.2a) možno konštatovať, že najväčšie hodnoty posunov boli zaznamenané v rokoch 2010 a 2011 (výsledky meraní môžu byť do určitej miery ovplyvnené zmenou technológie merania – prechod z výlučne terestrického merania na GNSS).

Pri hodnotení vertikálnych zmien v dlhšom časovom období (2010 až 2019) boli najväčšie zmeny zaznamenané v roku 2010 (obr. 4.7.2b). Podobne aj v tomto prípade boli hodnoty nameraných výškových zmien ovplyvnené zmenou technológie merania. Po roku 2011 boli v zosuvnom území pozorované prevažne zostupné posuny.



Obr. 4.7.2. Dlhodobé (2010 – 2019) zmeny polohy a výšky pozorovaných bodov zistené metódou GNSS na lokalite Okoličné (podľa Piscu, 2019); a – polohové zmeny geodetického bodu, b – vertikálne zmeny geodetického bodu.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami

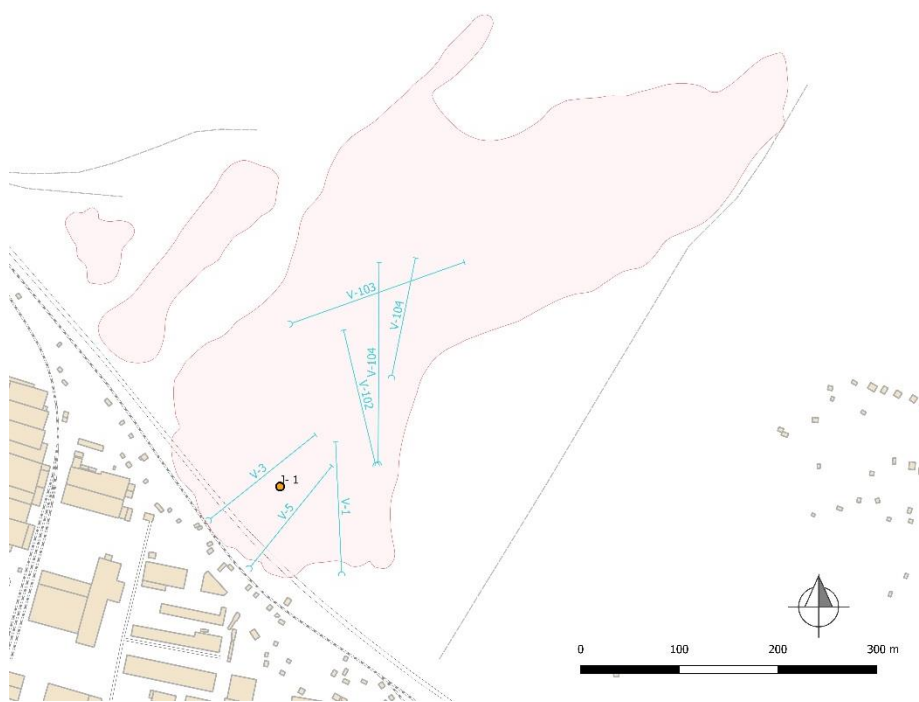
Na lokalite Okoličné je automatický hladinomer umiestnený vo vrte J-1. Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody bolo v rokoch 2018 a 2019 možné pozorovať nepretržite, resp. v hodinovom intervale.

V roku 2018 maximálna hladina podzemnej vody dosiahla hĺbku 3,92 m pod terénom (604,15 m n. m.; 25. apríl – tab. 4.7.2), čo je v porovnaní s rokom 2017 vzostup o 0,81 m. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 7,27 m (600,80 m n. m.), bola dosiahnutá 27. decembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 5,21 m pod terénom (602,86 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,48 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 3,35 m. 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 6,45 m pod terénom, 2. kvartil 4,66 m pod terénom a 3. kvartil 4,19 m pod terénom.

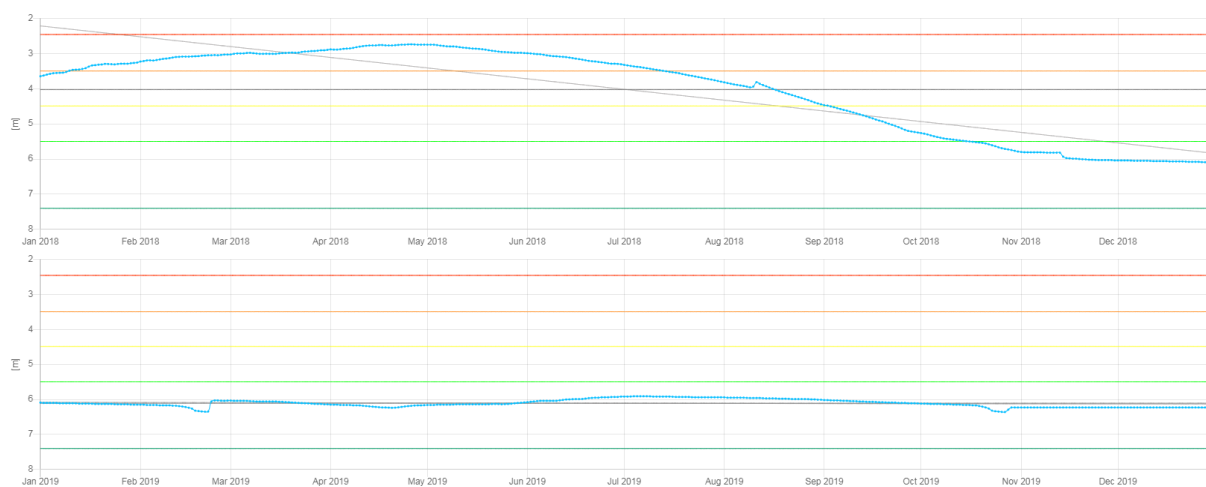
Tab. 4.7.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Okoličné v roku 2018

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	3,92	604,15	25. 4. 2018	8,27	600,80	27. 12. 2018	5,21	602,86	3,35

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 8,9 °C počas 17. decembra, naopak, najnižšia teplota (7,8 °C) bola zaznamenaná 10. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,3 °C.



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



Obr. 4.7.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2018 a 2019, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Okoličné. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte J-1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – 6. novembra 2007 do 31. decembra 2019: tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, zelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

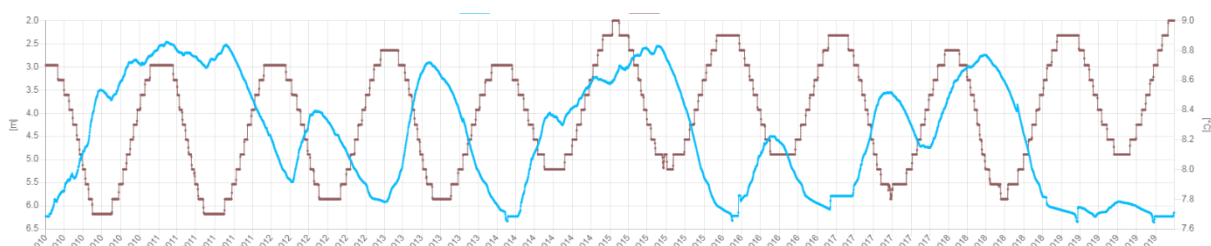
V roku 2019 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 3. júla v hĺbke 5,91 m pod terénom, čo predstavuje nadmorskú výšku 602,16 m n. m. Jarné topenie snehovej pokrývky, spojené so zrážkovou činnosťou sa prejavilo len minimálne. V roku 2019 boli minimálne stavy hladiny podzemnej vody zaznamenané po miernom zstupe na konci októbra (6,37 m pod terénom; 601,7 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2019 dosiahla 6,11 m pod terénom (601,98 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2018 pokles o 0,9 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 6,20 m pod terénom, 2. kvartil 6,13 m pod terénom a 3. kvartil 6,30 m pod terénom.

Tab. 4.7.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Okoličné v roku 2018

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	5,91	602,16	3. 7. 2019	6,37	601,70	28. 10. 2019	6,11	601,96	0,46

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,0 °C 12. decembra, naopak, najnižšia teplota (8,1 °C) bola zaznamenaná 19. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,54 °C.



Obr. 4.7.5. Dlhodobé (2010 – 2019) zmeny úrovne hladiny (m) a teploty (°C) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom na lokalite Okoličné. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte J-1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody; hnedá línia – teplota podzemnej vody.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné pozorovať, že zmeny hladiny podzemnej vody súvisia prevažne s ročným klimatickým cyklom (obr. 4.7.5). Hladina podzemnej vody vo vrte J-1 má mimoriadne pravidelný režim, maximálne stavy sa vyskytujú zvyčajne na konci prvej polovice roka. Minimálne stavy hladiny podzemnej vody sa vyskytujú prevažne na sklonku, prípadne v prvých mesiacoch kalendárneho roka. Výnimku tvoria roky 2010, kedy hladina podzemnej vody stúpala počas celého roka a aktuálne hodnotený rok 2019, počas ktorého boli pozorované len nepatrné zmeny jej hĺbky. Príčinou pretrvávajúceho vzostupu v roku 2010 boli nadmerné úhrny zrážok, zaznamenané najmä počas mesiacov máj a jún.

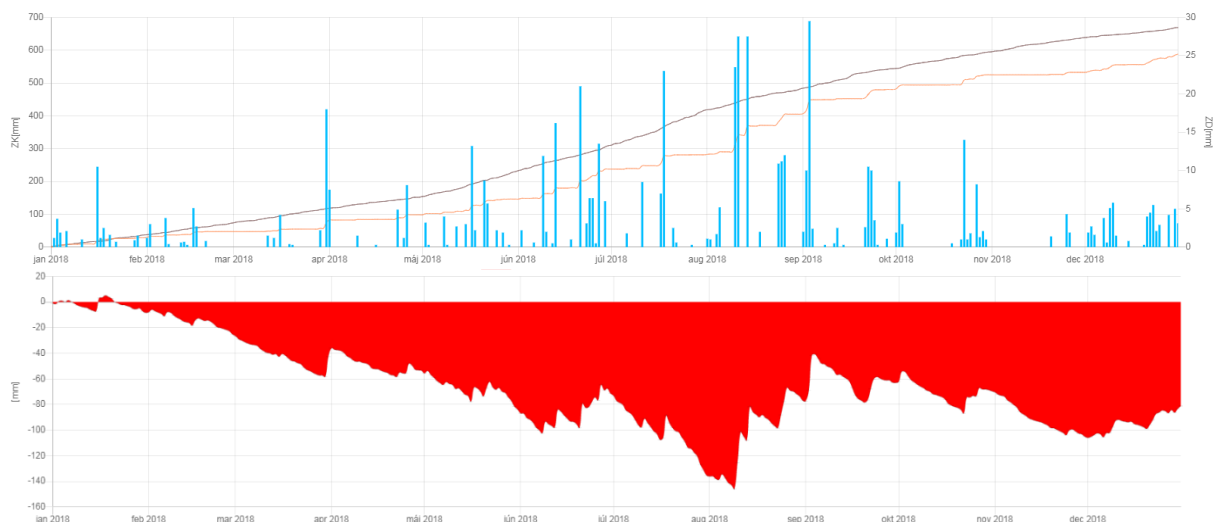
b/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová s indikatívom 21130 (obr. 4.7.6 a 4.7.7). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2018 predstavuje 667,5 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 923,9 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 55,6 mm a maximálny mesačný úhrn 206,8 mm (máj 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 4. mája 2010 do 3. júna 2010) dosiahol 234,0 mm.

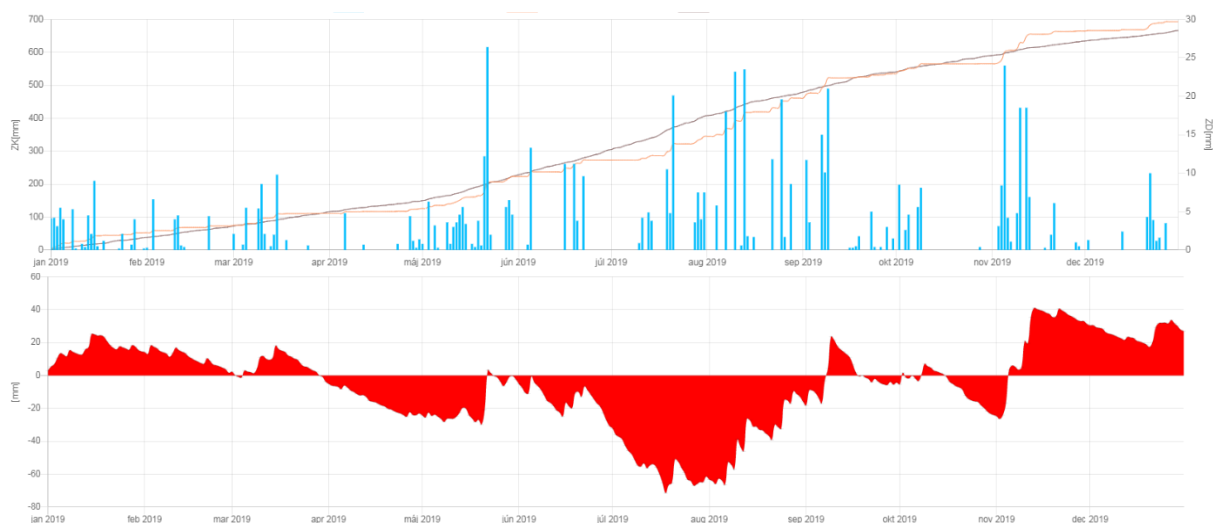
V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 587,9 mm, čo zodpovedá 87,60 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. V roku 2018 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas augusta (123,6 mm) a najvyšší denný úhrn 3. septembra (29,5 mm). Najsuchším mesiacom bol november s 7,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 4. augusta do 3. septembra (161,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 30. januára do 29. novembra), sumárny zrážkový úhrn dosiahol len 7,6 mm.

V roku 2019 bol zrážkový úhrn 693,1 mm, čo zodpovedá 103,84 % 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.



Obr. 4.7.6. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš (indikatív 21060); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2017 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK).



Obr. 4.7.7. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš (indikatív 21060); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2018 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (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 hladinomera) a geodetické merania, ktoré sa na lokalite vykonávajú s dvojročnou frekvenciou.

Pri hodnotení pohybovej aktivity, na základe výsledkov geodetických meraní, možno konštatovať, že v polohovom a vertikálnom smere boli namerané hodnoty, ktoré vypovedajú o stave relatívnej stability. Priaznivý stabilný vývoj je možné na zosuve pozorovať od roku 2012.

Piezometrické merania preukázali, že v roku 2019 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k poklesu hladiny podzemnej vody. Kolísanie hladiny malo síce charakteristický sínusoidálny priebeh, avšak amplitúda zmien dosiahla len 0,46 m. Ide o najmenšie ročné zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sledované vo vrte J-1 za celé monitorované obdobie.

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. Geodetické merania sa však

Vážnym nedostatkom pozorovacej siete na lokalite Okoličné je vandalizmus a nevyhovujúci technický stav monitorovacích objektov. V tejto súvislosti boli pozastavené monitorovacie aktivity na viacerých monitorovacích objektoch (piezometrický vrt AH-2 – zničený vandalmi, inklinometrické vrty M-2, M-3, M-4, JO-1 – vybudované ako viacúčelové – inklinometricko-piezometrické – sú nevhodné pre vykonávanie meraní hladiny podzemnej vody a 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 2020 plánované zabezpečiť zber a analýzu údajov z hladinomera. Merania pohybovej aktivity sa na lokalite vykonávajú s dvojročnou frekvenciou, teda nasledujúce meranie bude zabezpečené v roku 2021.

1.4.8. Lokalita Ďačov

Stručná charakteristika lokality

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

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

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2018 a 2019, sú zhrnuté v tab. 4.8.1.

Tab. 4.8.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ďačov v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
Inklinometrické	2 (2018) 3 (2019)	DA-1 ¹ , 7, 9	2 (18. máj, 3. december)	1 – 2 (25. apríl, 12. december)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	DA-5, DA-8, DA-10	10 (10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)	10 (12. február, 6. marec, 27. marec, 26. apríl, 31. máj, 3. júl, 7. august, 5. september, 3. október, 13. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Lipany (indikatív 59100)	Denné úhrny zrážok	

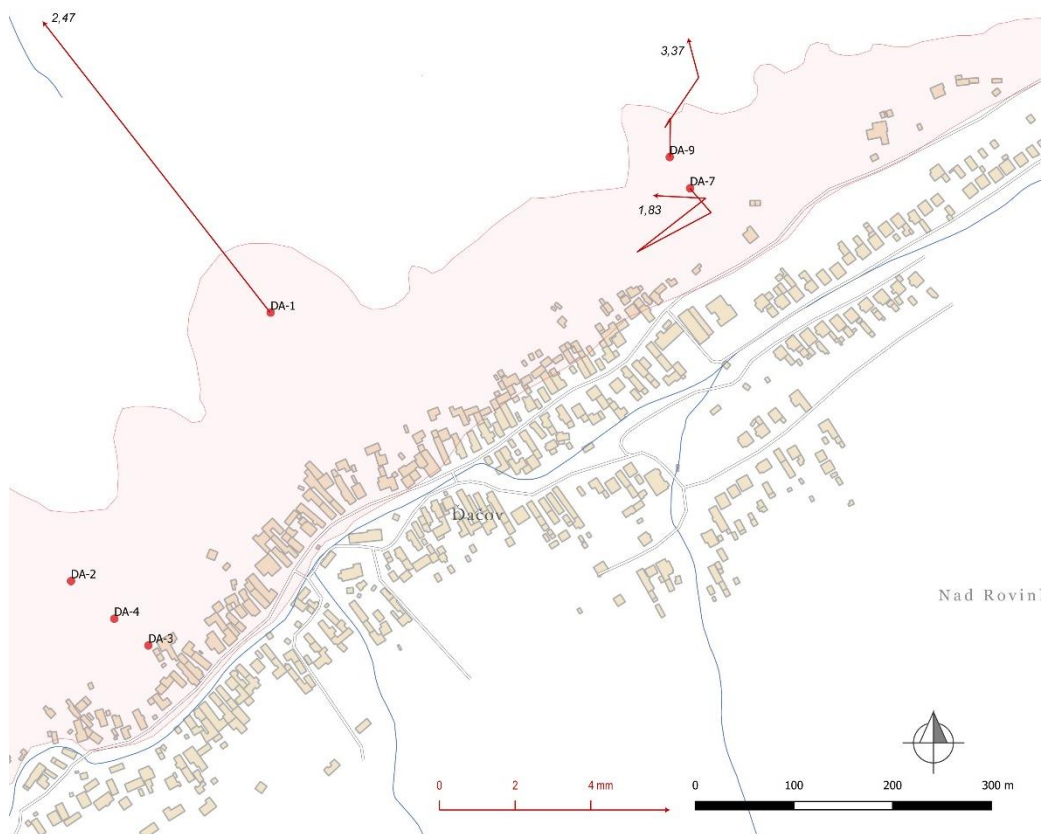
¹ – vo vrte DA-1 sa v inklinometrických meraniach pokračovalo od 12. 12. 2019

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite bolo v roku 2010 vybudovaných viacero inklinometrických vrtov, z ktorých sa v súčasnosti monitorujú prevažne vrty DA-7 a DA-9 a vo vrte DA-1 boli merania obnovené od 12. decembra 2019. Vrty sú situované severovýchodnej časti obce a sledujú pohybovú aktivitu parciálneho aktívneho zosuvu (obr. 4.8.1). V apríli 2017 došlo k výmene meracej sondy, čo si vyžiadalo realizáciu nultého merania vo všetkých vrtoch.

V roku 2018 boli zabezpečené dve kontrolné etapy (máj a december) a merania sa vykonávali vo vrtoch DA-7 a DA-9. Najväčší etapový vektor bol nameraný počas jesennej etapy vo vrte DA-7. V hĺbke 1,83 m pod terénom bol v období od 18. mája do 3. decembra nameraný prírastok deformácie s hodnotou 2,22 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,07 mm.rok⁻¹ (azimut –242°). V predchádzajúcej jarnej etape prírastok deformácie dosiahol 0,85 mm (1,46 mm.rok⁻¹). Vo vrte DA-9 bola vyššia deformácia nameraná počas májového merania (1,03 mm; 1,77 mm.rok⁻¹).



Obr. 4.8.1. Lokalita Dačov – vektory deformácií namerané v rokoch 2018 a 2019 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.17.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

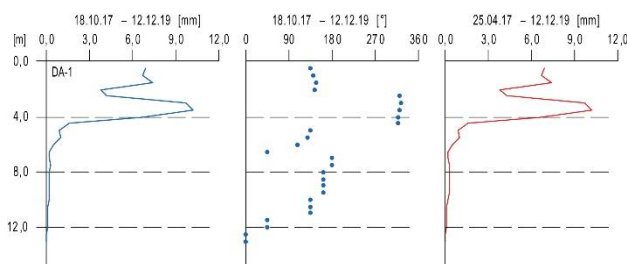
Tab. 4.8.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Dačov v rokoch 2018 a 2019

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	18. 10. 2017 – 18. 5. 2018			18. 5. 2018 – 3. 12. 2018			3. 12. 2018 – 25. 4. 2019			25. 4. 2019 – 12. 12. 2019		
		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
DA-1	8,97										0,22	0,22	162
DA-7	1,83	0,89	0,85	139	1,40	2,22	242	1,13	2,31	52	1,36	1,30	273
DA-7	3,83	0,60	1,00	160	1,17	1,75	263	0,22	0,91	64	0,81	0,63	358
DA-7	7,33	0,14	0,92	209	0,70	0,81	257	0,86	1,63	59	1,40	0,81	310
DA-9	3,37	0,82	1,03	1	1,12	0,30	210	0,58	1,60	34	1,26	0,99	345
DA-9	6,37	0,82	0,58	331	1,30	0,58	179	0,28	1,10	35	0,64	0,36	176

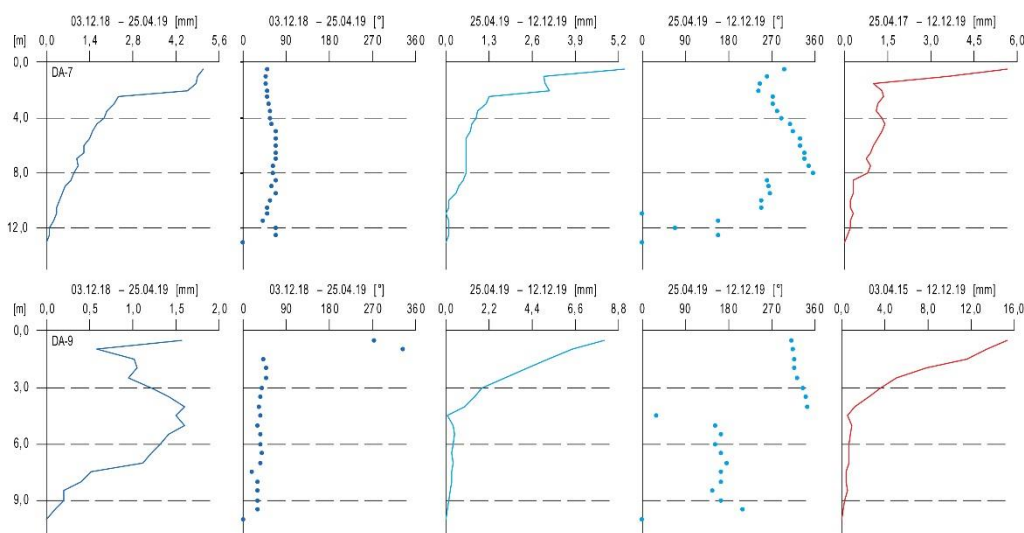
CD – celková deformácia od nultého merania (7. 12. 11 – vrt: DA-1 a DA-7 [platí do roku 2017]; 25. 4. 17 – vrt DA-7 a DA-9 [platí po roku 2017]); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.

V roku 2019 sa pokračovalo v etapových meraniach vo vrtoch DA-7 a DA-9 (2 etapy) a 12. decembra 2019 sa obnovili merania aj vo vrte DA-1, pričom v ňom bolo zrealizované jedno etapové meranie. Počas jarnej etapy (od 3. 12. 2018 do 25. 4. 2019) sa v sledovanej hĺbke šmykovej plochy 1,83 m pod terénom vo vrte DA-7 namerala etapová deformácia 2,31 mm vyjadrená rýchlosťou pohybu 5,9 mm.rok⁻¹. Azimut pohybu bol 52° (smer SV). V jesennej etape bola deformácia v tejto hĺbke šmykovej plochy na úrovni 1,3 mm, čo predstavuje rýchlosť 2,05 mm.rok⁻¹. Azimut pohybu sa zmenil na 273° (smer Z). Celková deformácia v tejto úrovni šmykovej plochy dosiahla 1,36 mm. Náznak vývinu šmykovej plochy je aj v hĺbke 7,33 m pod terénom, kde počas jarného etapového merania sa dosiahla deformácia 1,63 mm (rýchlosť pohybu 4,16 mm.rok⁻¹). 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 pohybu sú prevažne v smere na SSV a S. Vo vrte DA-1 sa po prerušení meraní (19. 4. 2017) obnovili merania počas jesennej etapy. Za obdobie od apríla 2017 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 rýchlosť pohybu 3,65 mm.rok⁻¹. Avšak aj v tomto vrte pre sledovanú hĺbku šmykovej plochy boli vektory pohybu na SSZ.

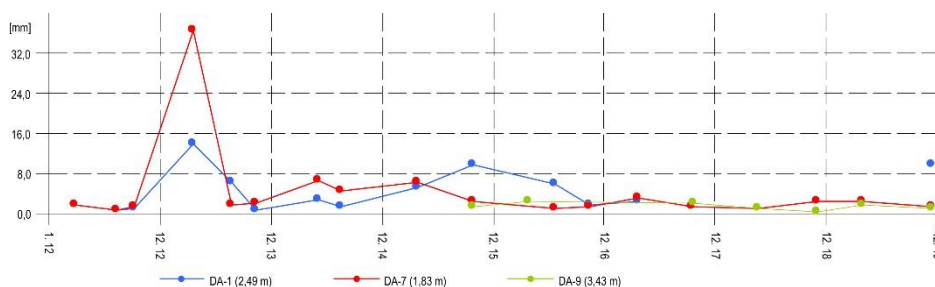


Obr. 4.8.2a. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Ďačov (označenie vrtovej je vľavo hore). Modrá línia – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, modré body – etapové hodnoty azimutov zaznamenaných vektorov, oranžová – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania (informácia o dĺžke obdobia, z ktorého sú prezentované údaje, sa nachádza nad jednotlivými grafmi).



Obr. 4.8.2b. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vrtoch na lokalite Ďačov (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 dlhodobého pohľadu je možné výsledné deformácie v jednotlivých vrtoch hodnotiť v dvoch časových rozmedziach, a to od novembra 2011 do apríla 2017, kedy došlo k výmene meracej sondy a za obdobie od výmeny meracej sondy po posledné etapové meranie. Za obdobie od 7. novembra 2011 do 19. apríla 2017 dosiahla výsledná deformácia najväčšiu hodnotu vo vrte DA-7 – 52,23 mm. Za obdobie od 19. apríla do 12. decembra 2019 bola najväčšia výsledná deformácia vo vrte DA-1, avšak ide o hodnotu z jedného etapového merania, pri ktorom bol vektor pohybu opačný ako predpokladaný.



Obr. 4.8.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách namerané metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov v období rokov 2012 až 2019.

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. 4.8.4, priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2018 a 2019 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.8.5, dlhodobé zmeny úrovne hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.8.6.

Tab. 4.8.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2018

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	0,29	429,77	10. 01. 2018	1,11	428,95	17. 10. 2018	0,75	429,31	0,82
DA-5	10	0,10	442,01	28. 03. 2018	3,08	439,03	26. 11. 2018	1,76	440,35	2,98
DA-8	10	10,20	426,61	22. 02. 2018	11,93	424,88	17. 10. 2018	11,07	425,74	1,73

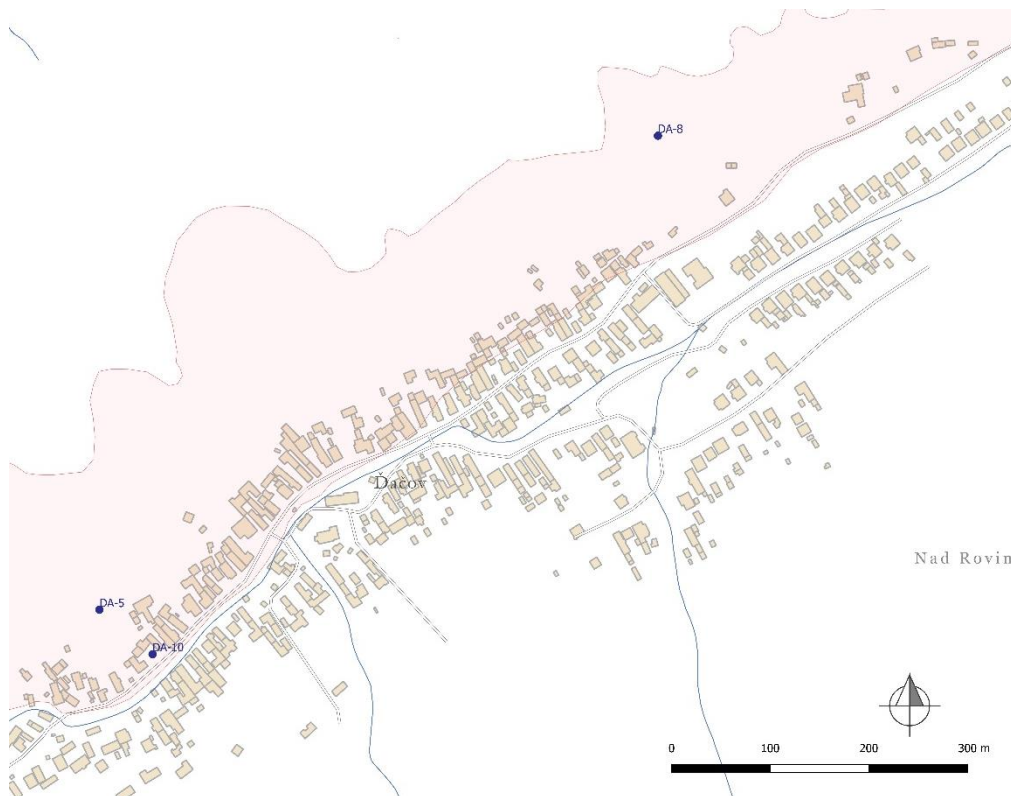
V roku 2018 bolo vo všetkých troch vrtoch zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 10. januára do 26. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte DA-10 (0,10 m pod terénom – 442,01 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný 28. marca. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,10 až 10,2 m pod terénom (DA-8) a vyskytovali počas zimného a začiatku jarného obdobia. Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody už dlhodobo nachádza vo vrte DA-8 (v roku 2018 dosiahla jej minimálna hladina 11,93 m pod terénom – 10. október). V ostatných vrtoch sa minimálne hladiny podzemnej vody pohybovali od 1,11 (DA-10) do 3,08 m pod terénom (DA-5). Výskyt minimálnych stavov bol spojený s jesenným obdobím.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 4,52 m pod terénom, čo je oproti roku 2017 pokles o 0,24 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v intervale od 0,75 (DA-10) do 11,07 m pod terénom (vrt DA-8). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte DA-5 (2,98 m).

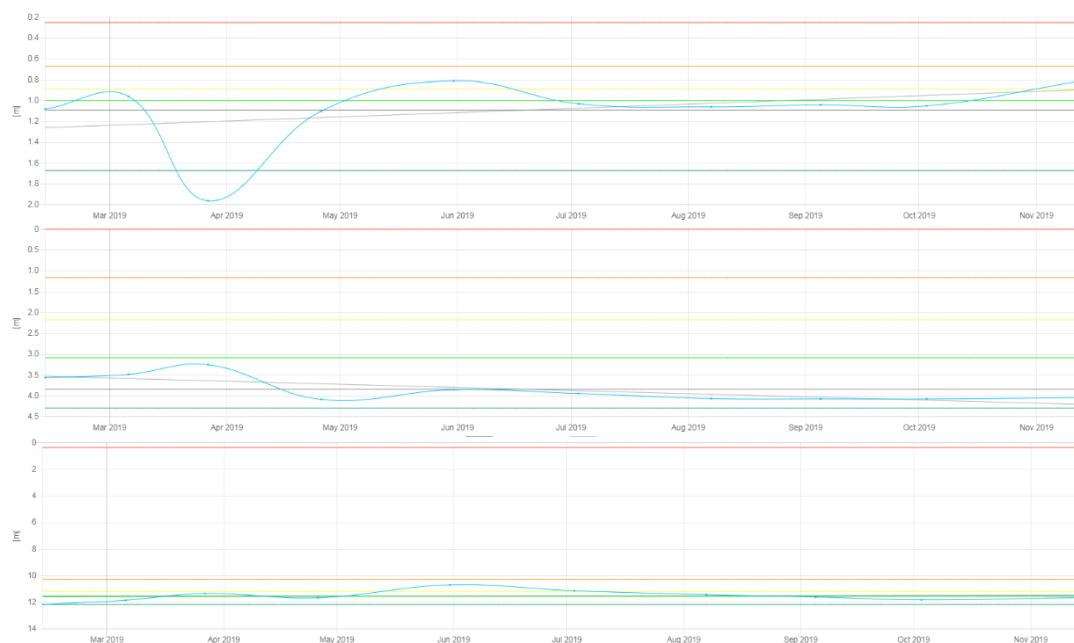
V aktuálne hodnotenom roku 2019 sa pokračovalo v meraniach v 3 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní. Merania boli realizované od 12. februára do 13. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte DA-10 (0,81 m pod terénom – 429,25 m n. m.) a to dňa 31. 5. 2019. 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 roku 2019 nebolo zaznamenané výrazné kolísanie hladiny podzemnej vody a pohybovalo sa od 0,83 m vo vrte DA-5 do 1,47 m vo vrte DA-8.



Obr. 4.8.4. Lokalita Ďačov – situácia monitorovacích objektov hladiny podzemnej vody; mapový podklad: ZBGIS®.

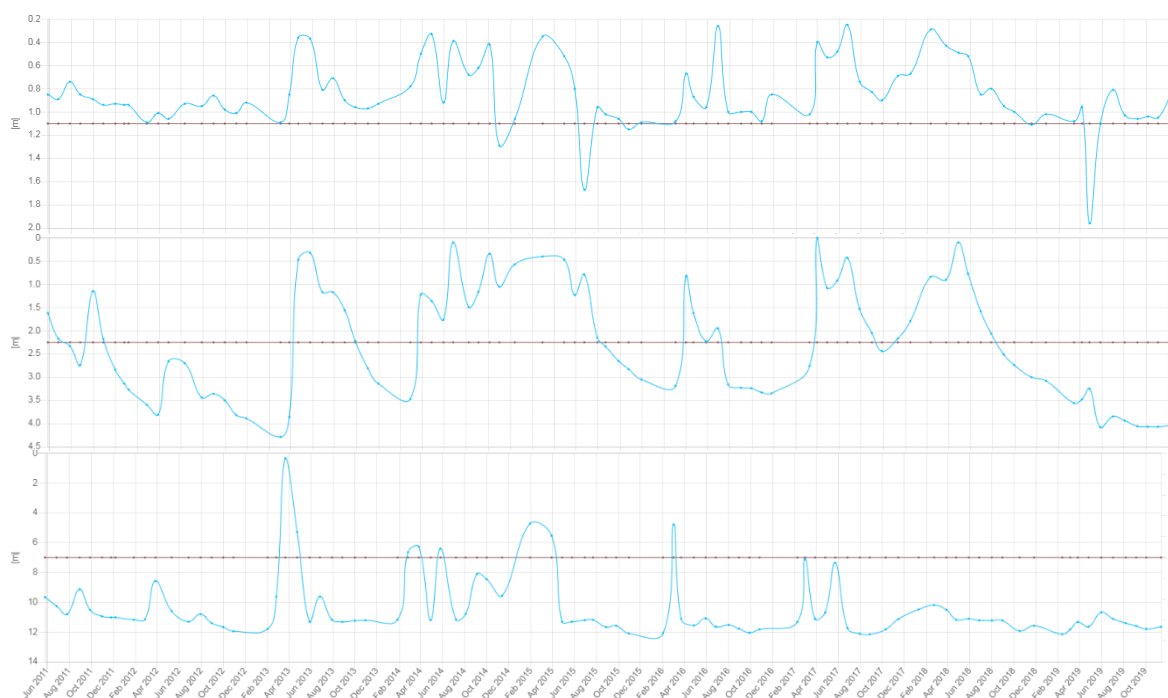


Obr. 4.8.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV), zaznamenané v roku 2019 na lokalite Ďačov, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO – od apríla 2011 do novembra 2019); grafy sú zoradené v poradí: DA-10, DA-5 a DA-8, červená – maximálna, zelená – minimálna HPV nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV nameranej počas RO, šedá – priemerná hodnota HPV nameraná počas RO.

Tab. 4.8.4. 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

Z dlhodobého hľadiska bolo najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody vo vrtoch namerané v roku 2013. Hladiny podzemnej vody vo vrtoch DA-10 a DA-5 zaznamenali rekordné úrovne v roku 2017. Vo vrte DA-10 bola nameraná najvyššia hodnota (0,25 m pod terénom) počas májového merania v roku 2017. A podobne, spomenuté maximum hladiny podzemnej vody vo vrte DA-5 (na úrovni terénu) z 1. marca predstavuje najvyššiu hladinu podzemnej vody za obdobie monitoringu. V roku 2019 nameraná hodnota najnižšej úrovne hladiny podzemnej vody vo vrte DA-10 (1,96 m pod terénom – 27. 3. 2019) predstavuje minimálnu hodnotu za celé sledované obdobie.



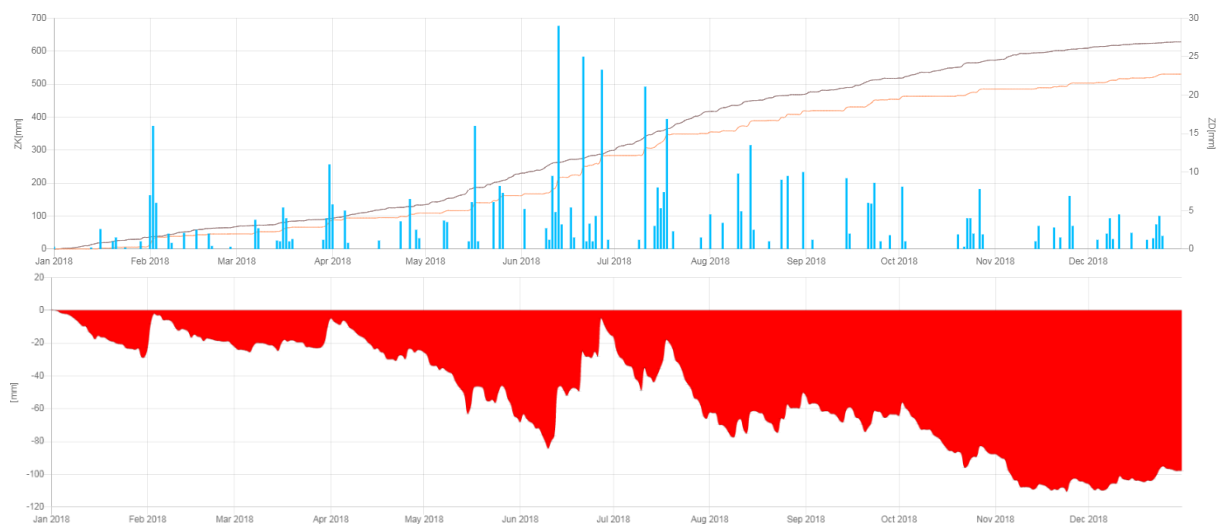
Obr. 4.8.6. Dlhodobé (2011 – 2019) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Ďačov (grafy sú zoradené v poradí: DA-10, DA-5 a DA-8).

c/ Merania zrážkových úhrnov

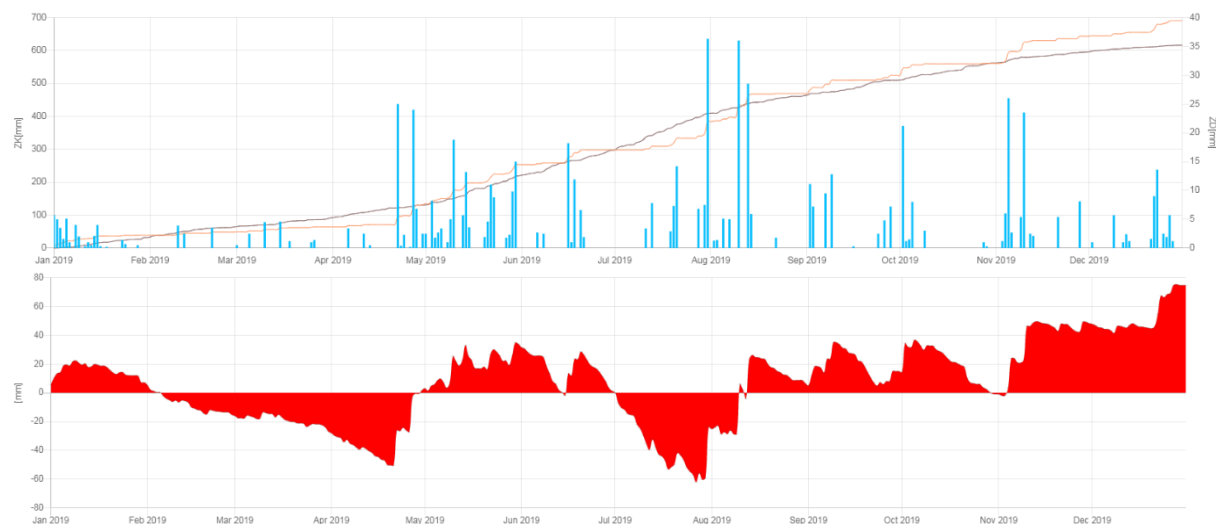
Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Lipany s indikativom 59100 (obr. 4.8.7 a 4.8.8). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2018 predstavuje 615,8 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 754,8 mm (rok 2014); priemerný mesačný úhrn 51,3 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.

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 503,3 mm, čo zodpovedá 81,32 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. V roku 2018 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júna (121,6 mm) a najvyšší denný úhrn 13. júna (29,0 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 6,8 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 11. júna do 11. júla (125,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 29. decembra do 28. januára) sumárny zrážkový úhrn dosiahol len 5,8 mm.

V roku 2019 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 690,5 mm, čo zodpovedá 112,13 % dlhodobého priemeru, 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.



Obr. 4.8.7. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Lipany (indikatív 59100); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2017 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK).



Obr. 4.8.8. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Lipany (indikatív 59100); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2018 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK).

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 2019 boli merania zabezpečené vo vrtoch DA-7 a DA-9 počas jarnej a jesennej etapy a vo vrte DA-1 boli obnovené merania počas jesennej etapy.

Vo vrte DA-7 boli v sledovanej hĺbke šmykovej plochy relatívne plytko pod terénom (1,83 m) namerané etapové deformácie od 1,3 do 2,31 mm; azimuty pohybu v tejto hĺbke nezodpovedali spádnici svahu. Vo vrte DA-9 bola veľkosť etapovej deformácie od 0,36 do 1,6 mm; aj v tomto prípade vektory pohybu nezodpovedali predpokladanému smeru po spádnici svahu. Vo vrte DA-1 sa za obdobie po obnovení meraní (od 19. 4. 2017 do 12. 12. 2019) stanovila etapová deformácia 9,67 mm s azimutom na SSZ, teda proti spádnici svahu. V inklinometrických vrtoch DA-7 a DA-9 pretrváva stagnácia v meraniach pohybovej aktivity od roku 2017.

Piezometrické vrty zachytávajú hladinu podzemnej vody vo viacerých hĺbkových úrovniach. Za rok 2019 vystúpila hladina najvyššie na úroveň 0,81 m pod terénom (vrt DA-10) a naopak najhlbšie poklesla vo na úroveň 12,15 m pod terénom (vrt DA-8). Priemerná hladina sa v roku pohybovala na úrovni 5,75 m pod terénom, čo predstavuje pokles oproti predchádzajúcemu roku až o 1,23 m. Treba však upozorniť na nízku frekvenciu režimových meraní, vďaka čomu nie je možné sledovať závislosť medzi zrážkovými úhrnmi a hladinou podzemnej vody. Pre získanie presnejšieho obrazu o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody by bolo nutné vybaviť vrty automatickými hladinomerami. Táto požiadavka sa týka najmä vrtu DA-8, ktorý sa nachádza v najaktívnejšej oblasti.

V roku 2020 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 2018 a 2019

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2018 a 2019, sú zhrnuté v tab. 4.9.1.

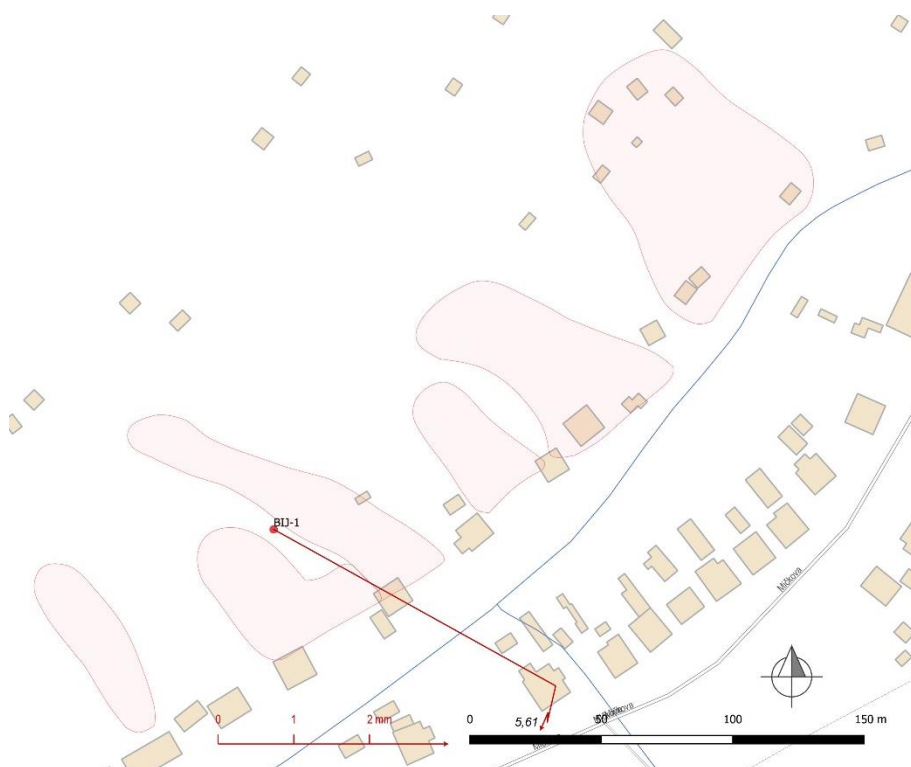
Tab. 4.9.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
Inklinometrické	1	BIJ-1	2 (18. máj, 5. december)	2 (25. apríl, 12. december)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	BHJ-1, BHJ-3	10 (10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)	10 (12. február, 6. marec, 27. marec, 26. apríl, 31. máj, 3. júl, 7. august, 5. september, 3. október, 13. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	HV-1, HV-2, HV-3, HV-4	10 (10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)	10 (12. február, 6. marec, 27. marec, 26. apríl, 31. máj, 3. júl, 7. august, 5. september, 3. október, 13. november)
Merania zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Bardejov (indikatív 49120)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2018 a 2019 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 2018 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k nárastu pohybovej aktivity v oboch sledovaných horizontoch. V hĺbke 5,61 m pod terénom, na hlavnej šmykovej ploche, bol v období od 17. október 2017 do 18. máj 2018 nameraný prírastok deformácie s hodnotou 4,27 mm (čo predstavuje priemernú rýchlosť 7,32 mm.rok⁻¹; azimut – 119°). Na plytšej šmykovej ploche, v hĺbke 2,11 m pod terénom, bol v rovnakom období zaznamenaný vektor s hodnotou 4,11 mm (priemerná rýchlosť – 7,05 mm.rok⁻¹; azimut – 122°). Dlhodobá deformácia (za obdobie rokov 2017 až 2018) nameraná na šmykovej ploche v hĺbke 5,61 m pod terénom dosiahla 5,52 mm, čo v prepočte na priemernú rýchlosť predstavuje 1,6 mm.rok⁻¹.

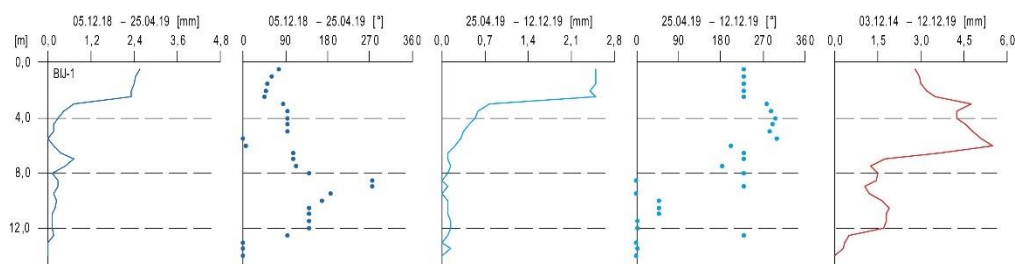


Obr. 4.9.1. Lokalita Bardejovská Zábava – vektory deformácií namerané v rokoch 2018 a 2019 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.9.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.9.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2018 a 2019

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	17. 10. 2017 – 18. 5. 2018			18. 5. 2018 – 5. 12. 2018			5. 12. 2018 – 25. 4. 2019			25. 4. 2019 – 12. 12. 2019		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
BIJ-1	2,11	4,26	4,11	122	3,71	1,82	221	4,67	2,31	45	3,47	2,50	230
BIJ-1	5,61	5,52	4,27	119	5,56	0,50	193	5,52	0,14	5	5,51	0,22	203
BIJ-1	11,61	1,58	0,78	90	1,68	0,10	320	1,58	0,10	140	1,71	0,14	5

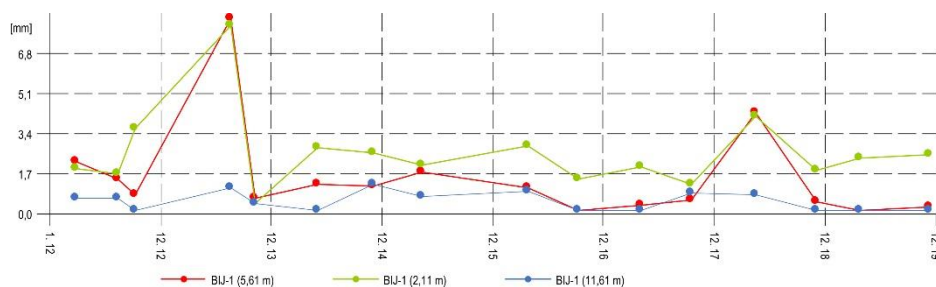
CD – celková deformácia od nultého merania (2. 12. 14); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



Obr. 4.9.2. Diferenciálny priebeh deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Bardejovská Zábava (označenie vrtu je vľavo hore). Modré linie – 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).

V roku 2019 hodnoty deformácie vo vrte BIJ-1 vykazovali stagnáciu. V hĺbke 4,67 m pod terénom boli počas etapových deformácií namerané hodnoty deformácií 2,31 mm a 2,5 mm, čo predstavuje rýchlosť pohybu 5,98 mm.rok⁻¹, resp. 3,95 mm.rok⁻¹. V hĺbkach 5,61 m a 11,61 m pod terénom, v ktorých boli dlhodobo sledované vyvinuté šmykové plochy boli hodnoty nižšie, a to na úrovni 0,1 až 0,22 mm (rýchlosť pohybu od 0,22 do 0,36 mm.rok⁻¹). Vektory pohybu

vykazovali smer SV a JZ (hlbka 2,11 m), S a JZ (hlbka 5,61 m) a JV a S (hlbka 11,61 m), čo prevažne nezodpovedá spádnici svahu.



Obr. 4.9.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách namerané metódou presnej inklinometrie na lokalite Bardejovská Zábava v období rokov 2012 až 2019.

Z hľadiska dlhodobého vývoja deformácie, prezentovaného na obr. 4.9.3, v sledovaných hĺbkových úrovniach bola najvyššia pohybová aktivita nameraná počas aprílovej etapy v roku 2013. V hĺbke 5,61 m pod terénom bola nameraná deformácia presahujúca 7,96 mm (v období od októbra 2012 do apríla 2013). Azimut vektora bol orientovaný na juhovýchod až východ (čo je v súlade s orientáciou spádnice svahu). V období rokov 2014 až 2017 dochádzalo k postupnému útlmu pohybovej aktivity, k jej oživeniu došlo v roku 2018 počas májovej etapy meraní. Pokles aktivity nastal už v nasledujúcej decembrovej etape a počas ďalších etáp v roku 2019 pretrvávala stagnácia pohybu.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

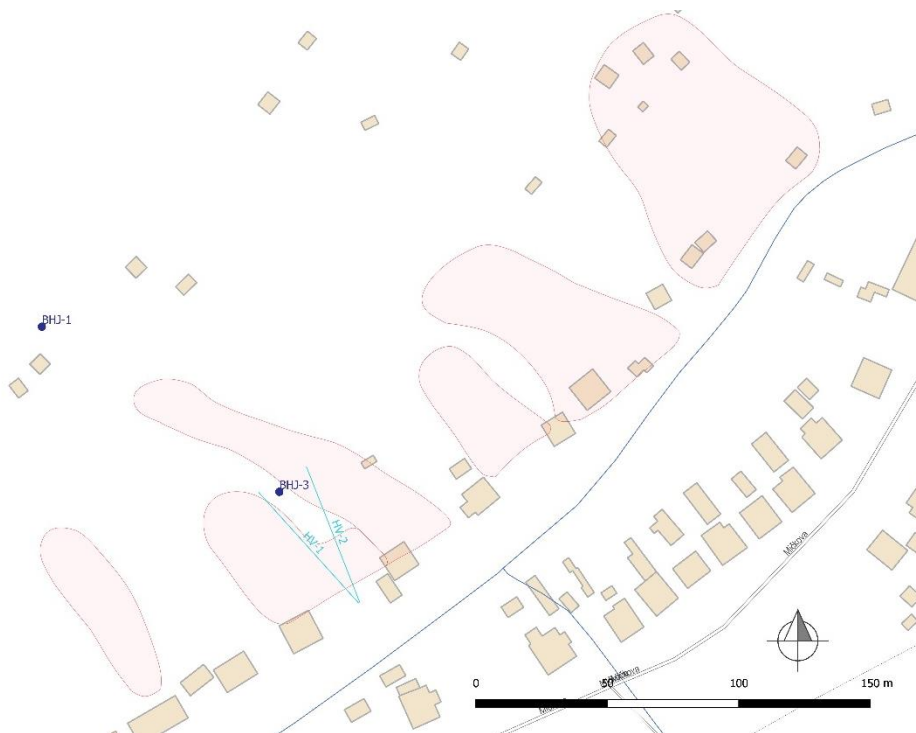
Na lokalite Bardejovská Zábava sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch (tab. 4.9.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.9.3 a 4.9.4). Situovanie piezometrických vrtoch na zosuvnej lokalite je znázornené na obr. 4.9.4. Priebiehy hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2018 a 2019 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.9.5. Dlhodobé zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.9.6.

V roku 2018 bolo v oboch vrtoch zabezpečených 10 meraní. Režimové pozorovania boli vykonávané od 10. januára do 26. novembra. Najvyššia hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte BHJ-3 (1,98 m pod terénom; 301,61 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 10. januára. Maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte BHJ-1 bol na úrovni 8,16 m pod terénom.

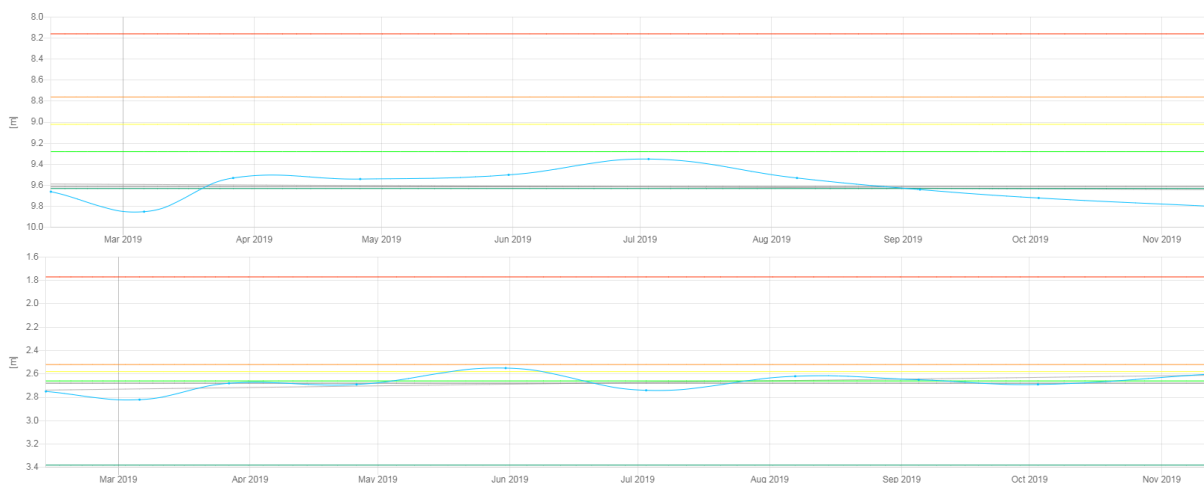
Tab. 4.9.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2018

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	8,16	344,38	10. 1. 2018	9,41	336,60	17. 10. 2018	8,89	340,37	1,25
BHJ-3	10	1,98	301,61	10. 1. 2018	2,71	300,88	17. 10. 2018	2,50	301,09	0,73

Najhlbšie klesla hladina podzemnej vody vo vrte BHJ-1, jej minimálna hĺbka sa nachádzala na úrovni 9,41 m pod terénom (17. október). V rovnakom termíne bola nameraná minimálna hladina i vo vrte BHJ-3 (2,71 m po terénom). Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2018 dosiahla hĺbku 5,69 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku nepatrný vzostup (o 0,05 m). Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 2,50 (vrt BHJ-3) do 8,89 m pod terénom (vrt BHJ-1). Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte BHJ-1 (1,15 m).



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



Obr. 4.9.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV), zaznamenané v roku 2019 na lokalite Bardejovská Zábava, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO – od marca 2011 do novembra 2019); grafy sú zoradené v poradí: BHJ-1 a BHJ-3, červená – maximálna, zelená – minimálna HPV nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV nameranej počas RO, šedá – priemerná hodnota HPV nameraná počas RO.

V aktuálne hodnotenom roku 2019 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a zabezpečených bolo 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.

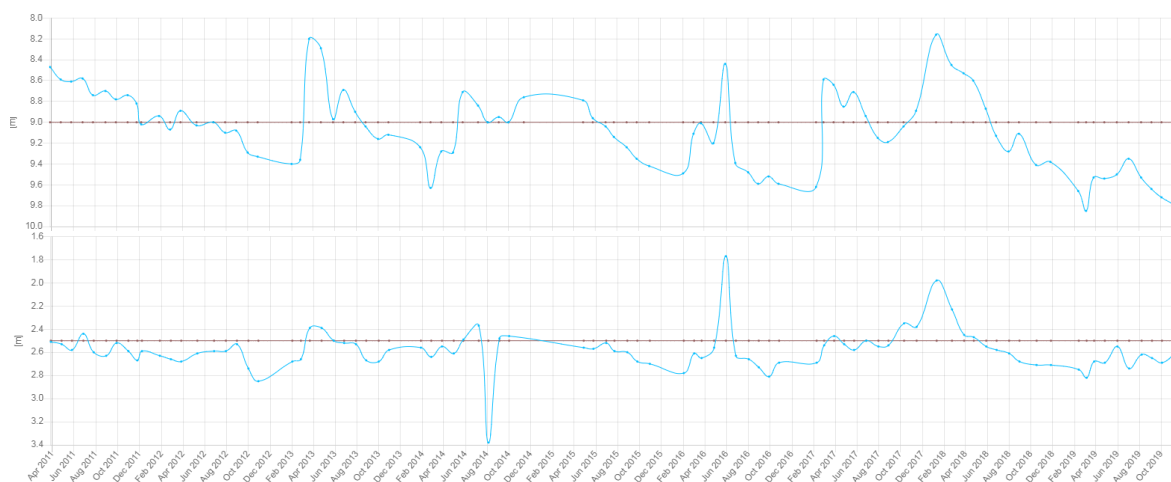
Tab. 4.9.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2019

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

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).

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

Pri hodnotení celého obdobia režimových pozorovaní (2011 až 2019 – obr. 4.9.6), možno konštatovať, že hladina podzemnej vody na zrážkové úhrny reaguje minimálne. Výraznejšie vzostupy hladiny podzemnej vody boli pozorované v rokoch 2013, 2016 a 2018. V súvislosti s hodnotením režimových ukazovateľov je nutné upozorniť na nízku frekvenciu meraní.



Obr. 4.9.6. Dlhodobé (2011 – 2019) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch na lokalite Bardejovská Zábava (grafy sú zoradené v poradi: BHJ-1 a BHJ-3).

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

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

Počas roka 2018 bolo vykonaných 10 kontrolných meraní, realizovaných v období od 10. januára do 26. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 10. januára na odvodňovacom vrte HV-2 ($1,20 \text{ l.min}^{-1}$ – ide o najvyššiu hodnotu prietoku zaznamenanú v tomto vrte od začiatku monitorovaného obdobia). Okrem toho bol od začiatku roka do konca apríla zaznamenaný prietok aj na vrte HV-4. Vrt HV-1 bol suchý počas všetkých meracích termínov. Vo vrte HV-3 bolo zaznamenané kvapkanie. Najnižšia výdatnosť vo vrte HV-2 bola nameraná 17. októbra s hodnotou $0,43 \text{ l.min}^{-1}$ a priemerná výdatnosť dosiahla $0,74 \text{ l.min}^{-1}$. Sumárna priemerná hodnota prietoku dosiahla hodnotu $0,82 \text{ l.min}^{-1}$, čo v porovnaní s predchádzajúcim rokom predstavuje pokles o $1,25 \text{ l.min}^{-1}$.

Tab. 4.9.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2018

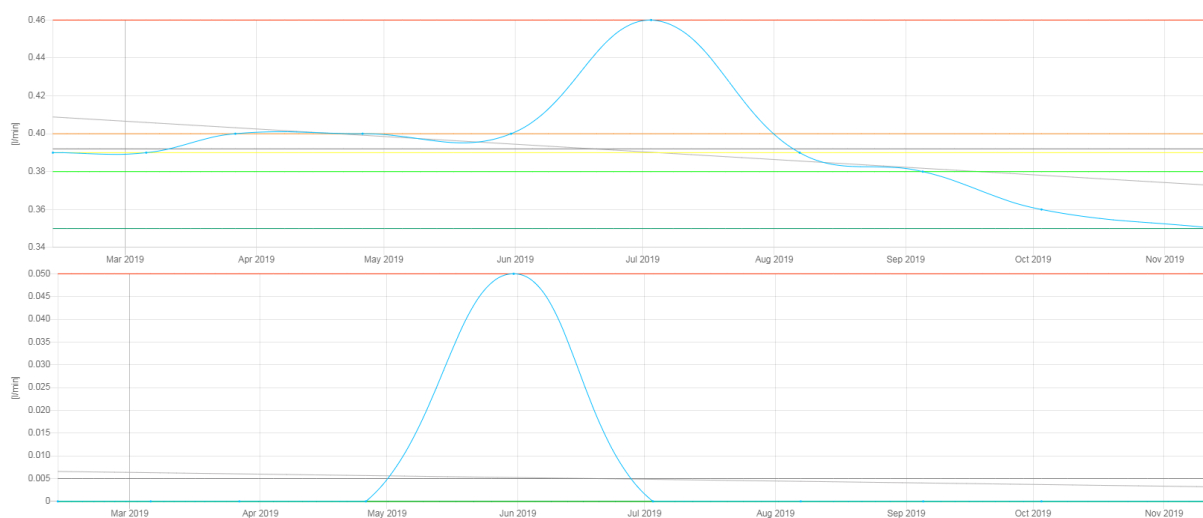
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
HV-1	10	suchý					
HV-2	10	1,20	10. 1. 2018	0,43	17. 10. 2018	0,74	0,77
HV-3	10	kvapkanie, suchý					
HV-4	10	0,25	10. 1. 2018	0,00	1. 8. 2018	0,08	0,25

Tab. 4.9.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2019

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

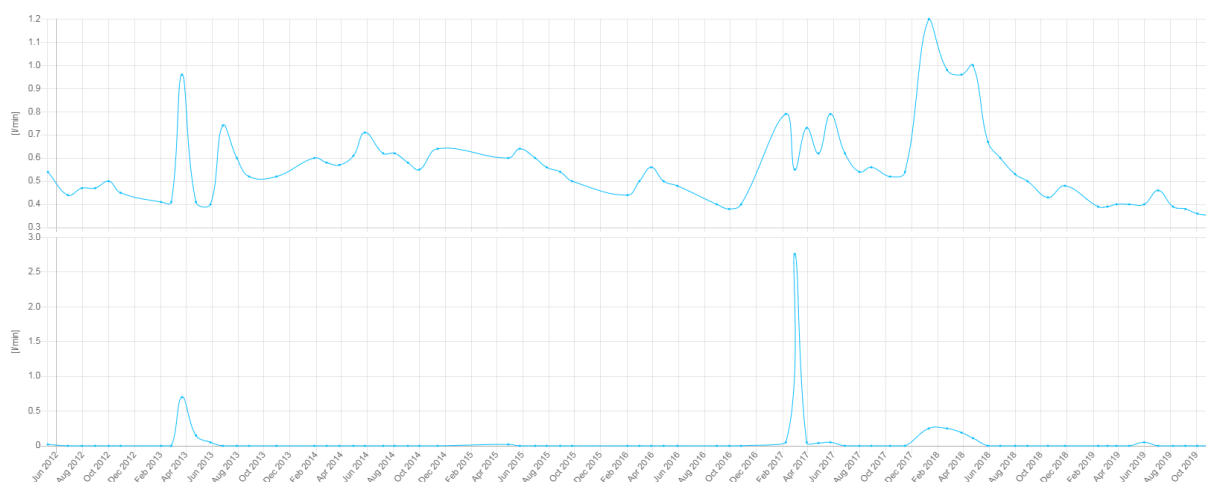
Počas roka 2019 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, realizovaných v období od 12. februára do 13. novembra. Z odvodňovacích vrtov bol vrt HV-1 počas všetkých meraní suchý, rovnako aj vrt HV-3 bol suchý alebo z neho kvapkala voda a vrt HV-4 bol suchý a iba pri meraní 31. mája dosahoval zanedbateľnú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

Priebehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení HV-2 a HV-4 v roku 2019 sú znázornené na obr. 4.9.7.

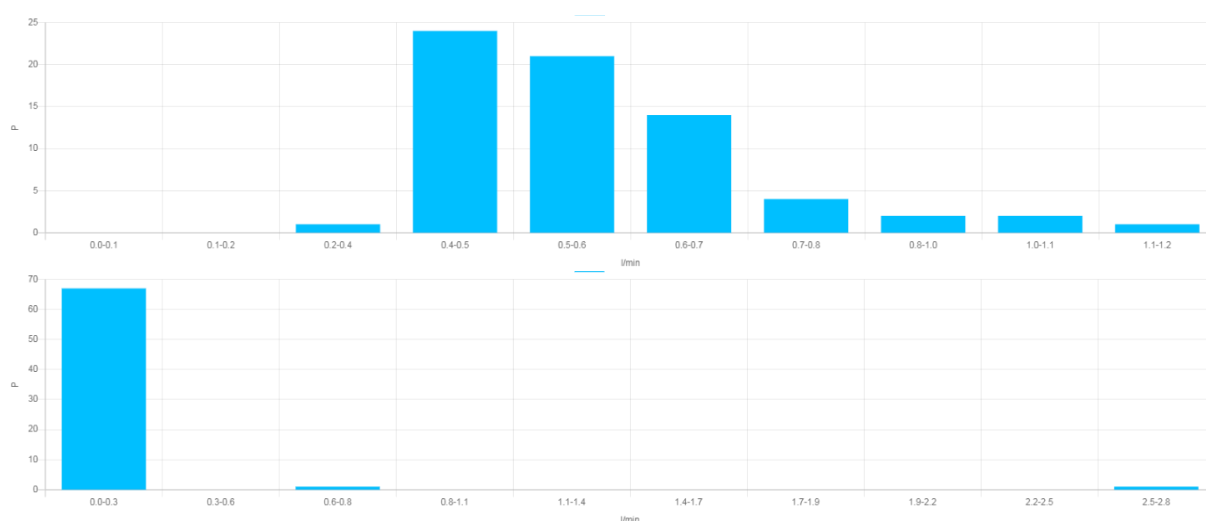


Obr. 4.9.7. Zmeny výdatnosti a základné štatistické ukazovatele zaznamenané na vybraných odvodňovacích vrtoch v roku 2019 na lokalite Bardejovská Zábava (grafy sú zoradené v poradí: HV-2 a HV-4). Modrá – nameraná výdatnosť, tmavozelená – minimálna výdatnosť, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas roka 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 l.min⁻¹ (obr. 4.9.9).



Obr. 4.9.8. Dlhodobé (2012 – 2019) zmeny výdatnosti odvodňovacích vrtov na lokalite Bardejovská Zábava (grafy sú zoradené v poradí: HV-2 a HV-4).



Obr. 4.9.9. Početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti namerané na odvodňovacích vrtoch počas obdobia 2010 – 2019 na lokalite Bardejovská Zábava (grafy sú zoradené v poradí: HV-2 a HV-4).

Z dlhodobého hľadiska, prezentovaného na obr. 4.9.8, 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 vrtach HV-2, HV-3 a HV-4 dosiahla $2,06 \text{ l.min}^{-1}$, v marci 2017 to bolo až $3,31 \text{ l.min}^{-1}$ a v januári 2018 dosiahla $1,45 \text{ l.min}^{-1}$. Celkovo najnižšia sumárna výdatnosť (zo všetkých odvodňovacích vrtov) bola nameraná na konci septembra v roku 2016. Celkový dlhodobý priemer spoločnej výdatnosti stúpol nepatrne na $0,18 \text{ l.min}^{-1}$.

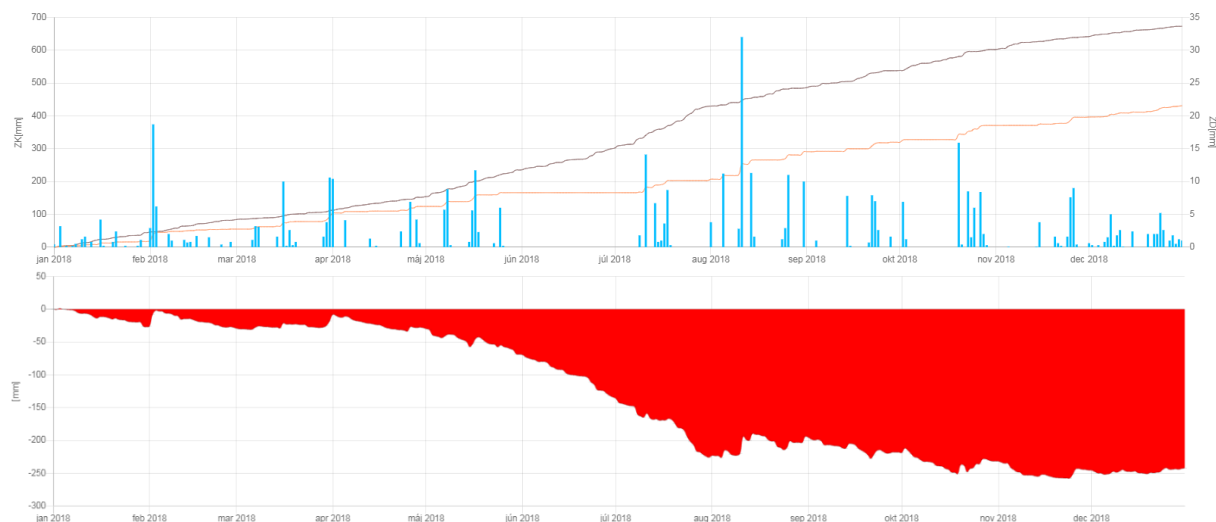
d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Bardejov s indikativom 49120 (obr. 4.9.9 a 4.9.10). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2018 predstavuje 642,5 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 798,0 mm (rok 2017); priemerný mesačný úhrn 53,5 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.

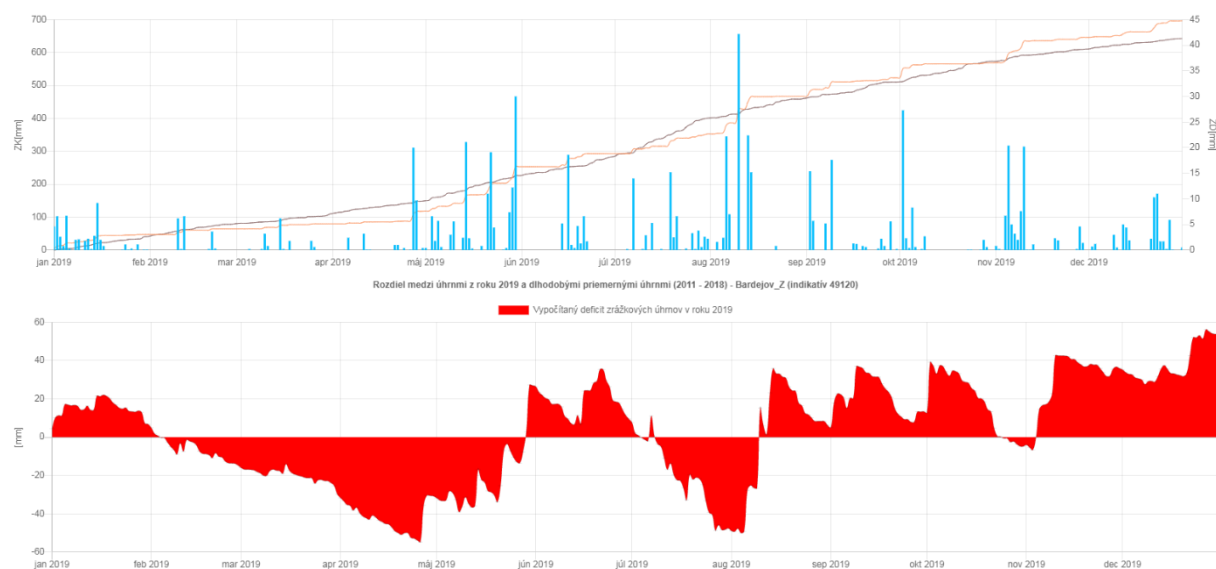
V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 430,7 mm, čo zodpovedá 62,77 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi suchý rok. V roku 2017 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas augusta (87,8 mm) a najvyšší denný úhrn 11. augusta (32,0 mm). Najsuchším

mesiacom bol jún, počas ktorého neboli namerané žiadne zrážky. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 1. augusta do 31. augusta (84,0 mm).

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.



Obr. 4.9.9. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Bardejov (indikatív 49120); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2018 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019.



Obr. 4.9.10. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Bardejov (indikatív 49120); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2018 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019.

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 vyplýva, že v roku 2019, počas obidvoch etáp merania, pohybová aktivita stagnovala a namerané vektory pohybu nezodpovedali spádnicí svahu.

Hladiny podzemnej vody boli v roku 2019 monitorované v dvoch vrtoch, pričom vo vrte BHJ-1 poklesla hladina na najnižšiu úroveň za celé sledované obdobie. Zaznamenaný bol zároveň aj pokles priemernej hladiny v obidvoch vrtoch.

Odvodňovacie vrty mali rozličnú výdatnosť. Vrty HV-1 a HV-3 boli počas celého roku 2019 suché, resp. vykazovali iba kvapkanie. Aj vrt HV-4 bol počas roka suchý a iba počas jedného merania vykazoval nepatrnú výdatnosť. Takúto nízku výdatnosť vykazujú vrty už počas dlhšieho obdobia, resp. od začiatku meraní (2012). Stabilnú výdatnosť počas celého roka dosahoval vrt HV-2. Priemerná hodnota výdatnosti v tomto vrte bola v roku 2019 iba 0,39 l.min⁻¹, čo je pokles oproti predchádzajúcemu roku.

V roku 2019 plánujeme kontrolným inklinometrickým meraním opäť overiť stabilitu zosuvného územia a zabezpečiť režimové pozorovania v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v predchádzajúcom roku.

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 2018 a 2019

V rokoch 2018 a 2019 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 2018 a 2019*

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	Č-1 a Č-3	10 (10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)	10 (12. február, 6. marec, 27. marec, 26. apríl, 31. máj, 3. júl, 7. august, 5. september, 3. október, 13. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	3	Spoločná výdatnosť troch odvodňovacích vrtov (VV-1, VV-2, VV-3)	10 (10. január, 22. február, 28. marec, 24. apríl, 29. máj, 27. jún, 1. august, 30. august, 17. október, 26. november)	10 (12. február, 6. marec, 27. marec, 26. apríl, 31. máj, 3. júl, 7. august, 5. september, 3. október, 13. november)
Merania zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Lipany (59100); Malcov (49040)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2018 a 2019 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). Priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody v monitorovaných vrtoch v rokoch 2018 a 2019 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi sú na obr. 4.10.2 a jej dlhodobé zmeny sú na obr. 4.10.3.

V 2018 bolo v oboch vrtoch zabezpečených 10 kontrolných meraní. Režimové pozorovania boli zabezpečované od 10. januára do 26. novembra. V plytšom horizonte, vo vrte Č-1, bol maximálny stav hladiny podzemnej vody nameraný v hĺbke 4,30 m pod terénom (495,46 m n. m.). Vo vrte Č-3 bol maximálny stav hladiny podzemnej vody zaznamenaný

v hĺbke 8,93 m pod terénom. V oboch prípadoch boli maximálne hodnoty namerané v prevej polovici januára a v nasledujúcej časti roka mali hladiny zostupný charakter. Najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody, v oboch vrtoch, dostala na konci vo novembra (Č-3 – 10,40 m pod terénom a Č-1 – 5,09 m pod terénom).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 7,21 m pod terénom, čo je oproti roku 2017 mierny pokles (o 0,10 m). Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,68 (vrt Č-1) do 9,75 m pod terénom (vrt Č-3). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte Č-3 (1,47 m). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2018 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2013 do 2017) 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 vrtoch); 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 2018

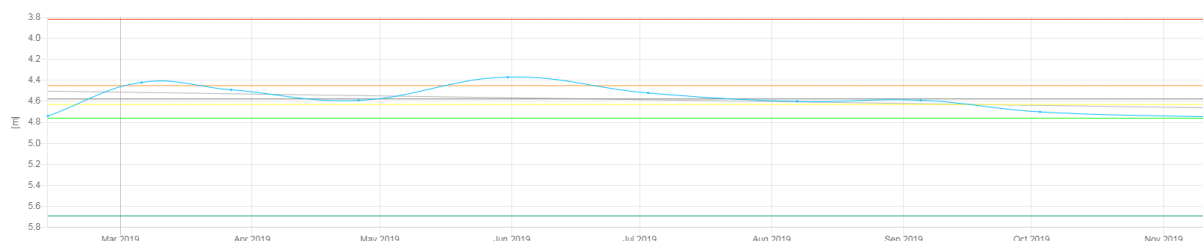
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
Č-1	10	4,30	494,98	10. 01. 2018	5,09	494,19	26. 11. 2018	4,68	494,61	0,79
Č-3	10	8,93	495,78	10. 01. 2018	10,40	494,31	26. 11. 2018	9,75	494,96	1,47

V aktuálne hodnotenom roku 2019 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a celkovo bolo 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 dňa 31. 5. 2019 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).

Tab. 4.10.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč v roku 2019

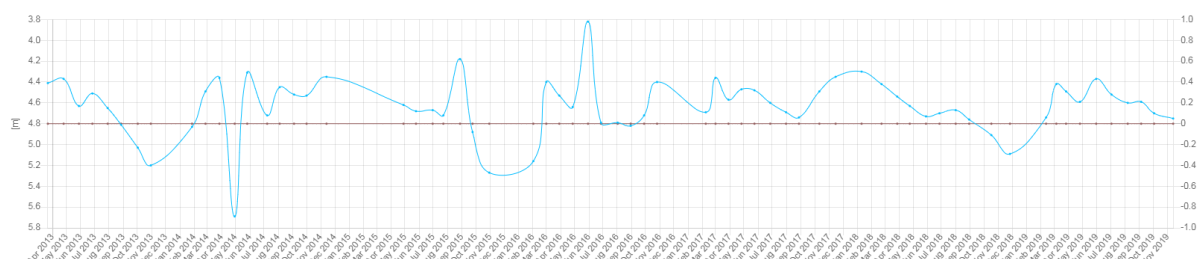
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
Č-1	10	4,37	494,91	31. 5. 2019	4,75	494,53	13. 11. 2019	4,58	494,70	0,38
Č-3	10	8,95	495,76	31. 5. 2019	10,13	494,58	13. 11. 2019	9,63	495,08	1,18

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. 4.10.2. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV), zaznamenané v roku 2019 na lokalite Čirč vo vrte Č-1, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO – od marca 2013 do decembra 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV nameranej počas RO, šedá – priemerná hodnota HPV nameraná počas RO.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (2013 až 2019 – obr. 4.10.3), vzhľadom na skutočnosť, že frekvencia meraní je nízka, len 10 meraní za rok, je problematické vyhodnotiť zaznamenaný priebeh hladiny podzemnej vody. V oboch prípadoch hladiny vody vo vrtoch kolíšu pomerne výrazne, pričom nie je možné jednoznačne preukázať, či ide o zmeny súvisiace s určitými ročnými cyklami, ktoré sú spojené s klimatickými faktormi alebo dochádza k ovplyvňovaniu hladín pritekaním vody z iných zvodnených horizontov v dôsledku zlého technického stavu monitorovacieho objektu. Overenie skutočného vývoja hladiny podzemnej vody by umožnila prevádzka automatického hladinomeru s pravidelným hodinovým záznamom.



Obr. 4.10.3. Dlhodobé (2013 – 2019) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody vo vrte Č-1 na lokalite Čirč.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Čirč je výdatnosť odvodňovacích vrtov pozorovaná na výtokovom potrubí, ktoré odvádza vodu z troch vrtov VV-1, 2 a 3 (tab. 4.10.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.10.4 a 4.10.5; situovanie monitorovaných odvodňovacích zariadení, ako aj ústie potrubia je znázornené na obr. 4.10.1).

V roku 2018 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 10. januára do 26. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 28. marca s hodnotou $11,40 \text{ l.min}^{-1}$. V tomto období dosahovala maximálny stav hladina podzemnej vody vo vrte Č-3. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná 26. novembra len vo forme kvapkania. Celkovo okrem zvýšenia v auguste bol na objekte od marcového merania zaznamenaný pokles výdatnosti. Priemerná výdatnosť na objekte v roku 2018 dosiahla $3,9 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o $1,18 \text{ l.min}^{-1}$. Celkové kolísanie výdatnosti dosiahlo $11,40 \text{ l.min}^{-1}$.

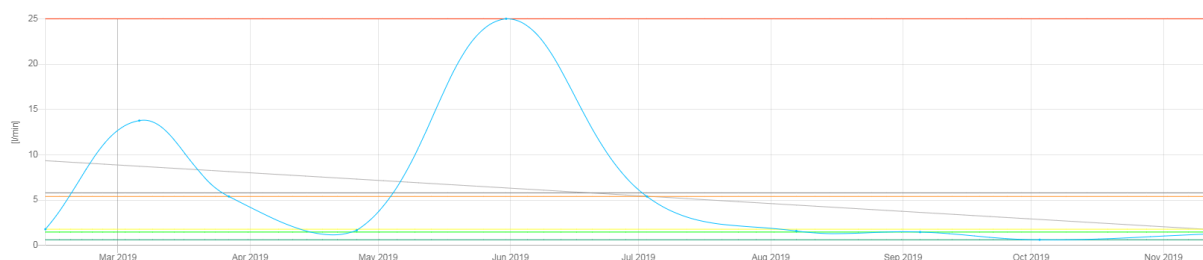
Tab. 4.10.4. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
výtok	10	11,40	28. 3. 2018	0,00	26. 11. 2018	3,90	11,40

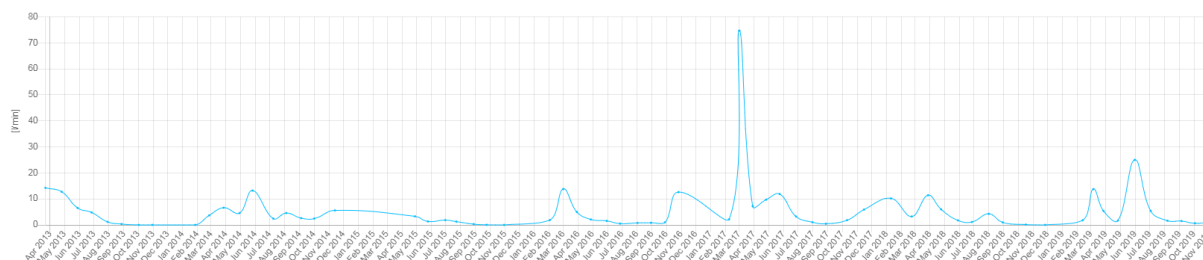
V roku 2019 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 12. februára do 13. novembra. Najvyššia výdatnosť ($25,00 \text{ l.min}^{-1}$) bola nameraná 31. mája, po období s dlhšie trvajúcimi zrážkami. Vysoká výdatnosť bola nameraná aj 6. marca – $13,77 \text{ l.min}^{-1}$. Odvodňovacie zariadenie dosahovalo 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. 4.10.5. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2019

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



Obr. 4.10.4. Zmeny výdatnosti a základné štatistické ukazovatele zaznamenané na ústí výtokového objektu v roku 2019 na lokalite Čirč. Modrá – nameraná výdatnosť, tmavozelená – minimálna výdatnosť, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas roka 2019.

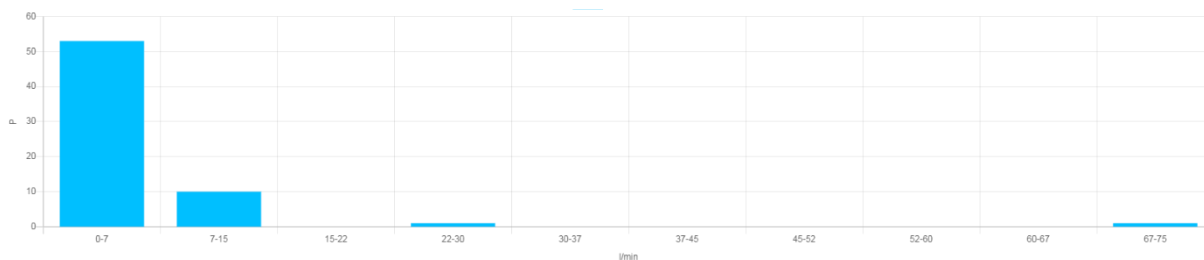


Obr. 4.10.5. Dlhodobé (2012 – 2019) zmeny výdatnosti odvodňovacieho zariadenia na lokalite Čirč.

Zo štatistickej analýzy vyplýva, že počas monitorovaného obdobia prevládali hodnoty s prietokom $0,7$ až $2,1 \text{ l.min}^{-1}$. Pomerne vysoké zastúpenie majú aj najnižšie výdatnosti (do $0,7 \text{ l.min}^{-1}$). Zároveň sa pravidelne vyskytujú udalosti, kedy odvodňovacie zariadenie nárazovo odvádza prietok viac ako 10 l.min^{-1} (obr. 4.10.6). Celkovo sa maximálne výdatnosti vyskytujú

najmä počas mesiacov marec až máj. Naopak, výrazne najnižšie výdatnosti boli namerané v januári.

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.



Obr. 4.10.6. Početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti namerané na odvodňovacích vrtoch počas obdobia 2012 – 2019 na lokalite Čirč.

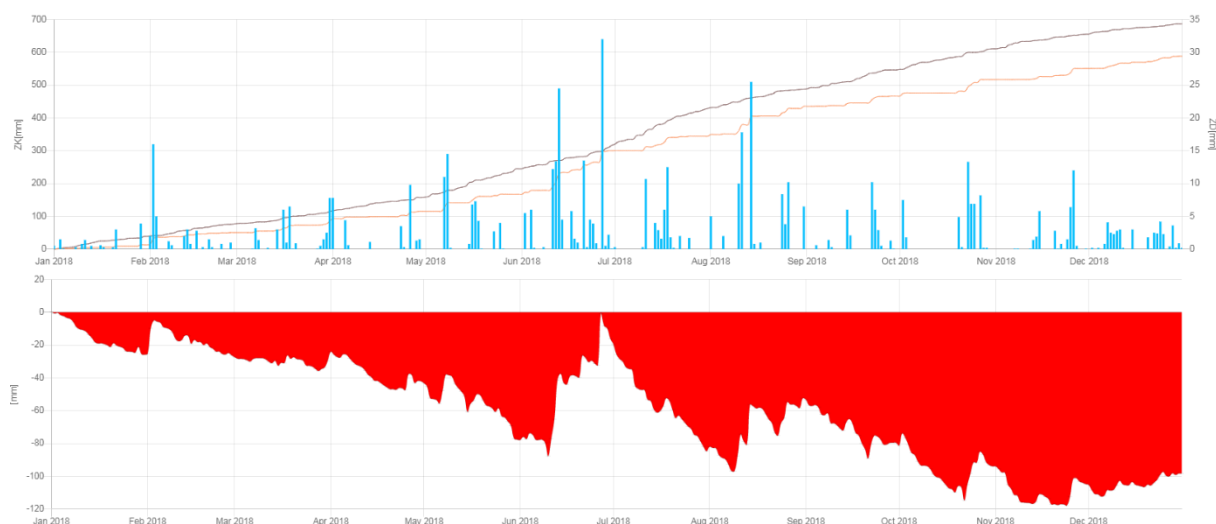
c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Lipany s indikativom 59100 (obr. 4.8.7 a 4.8.8) a Malcov s indikativom 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).

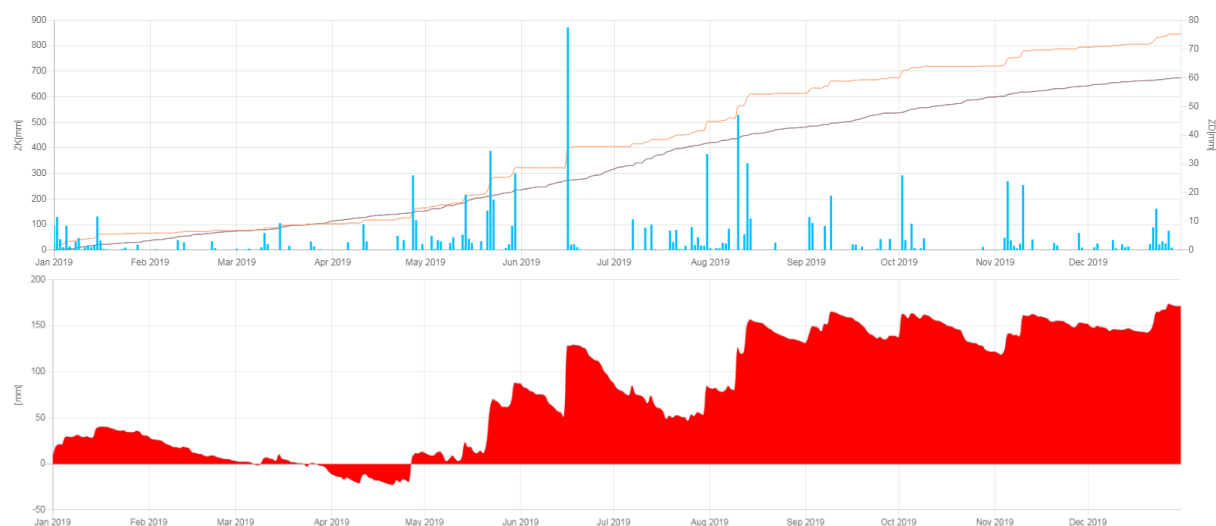
Na stanici Malcov dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2018, dosiahol 671,16 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 847,5 mm (rok 2016); priemerný mesačný úhrn 56,3 mm a maximálny mesačný úhrn 176,6 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 27. júna 2011 do 27. júla 2011) dosiahol 201,5 mm.

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 588,2 mm, čo zodpovedá 87,25 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. V roku 2018 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júna (132,9 mm) a najvyšší denný úhrn 27. júna (32 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 13,2 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 1. júna do 1. júla (133,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 29. decembra 2017 do 28. januára 2018), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 10,4 mm.

V roku 2019 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 845,3 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 mm) a najvyšší denný úhrn 16. júna (77,5 mm). Najsuchším mesiacom bol február s 10,5 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 18. mája do 17. júna (186,0 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 18. januára 2019 do 17. februára 2019), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 10,0 mm. Najdlhšie zrážkové obdobie počas roku 2019 trvalo 11 dní (od 8. januára do 18. januára) s úhrnom zrážok za toto obdobie 28,7 mm.



Obr. 4.10.7. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Maltov (indikatív 49040); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2017 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK).



Obr. 4.10.8. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Maltov (indikatív 49040); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2018 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (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 Maltov. Na základe údajov získaných priamym meraním, ale aj analýzou klimatologických údajov, je možné dospieť k záveru, že jednotlivé zmeny medzi sledovanými ukazovateľmi priamo korelujú. Hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2019 nepatrné zvýšenie oproti predchádzajúcemu roku (o 0,11 m). Výdatnosť odvodňovacích vrtov zaznamenala počas roka dva prípady, kedy vrty odvádzali 25,00 , resp. 13,7 l.min⁻¹ vody, čím

aj ich efektivita v roku 2019 v porovnaní s predchádzajúcim rokom stúpla (zvýšenie priemernej ročnej výdatnosti o $1,9 \text{ l.min}^{-1}$).

Na zosuvnej lokalite plánujeme v roku 2020 pokračovať v monitorovacích meraniach v nezmenenom rozsahu a frekvencii ako v roku 2019.

1.4.11. Lokalita Vyšný Čaj

Stručná charakteristika lokality

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

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

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2018 a 2019, sú zhrnuté v tab. 4.11.1.

Tab. 4.11.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
Inklinometrické	2	VČI-1, VČI-2	2 5. apríl, 5. október)	2 31. máj, 16. október)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	VČHG-2, VČHG-3 ¹	10 (11. január, 1. marec, 27. marec, 25. apríl, 30. máj, 28. jún, 2. august, 6. september, 18. október, 23. november)	10 (12. február, 6. marec, 28. marec, 2. máj, 4. jún, 8. júl, 8. august, 9. september, 4. október, 14. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4 (2018) 2 (2019)	VČSHV-1, VČSHV-2, VČSHV-3 ¹ , VČSHV-4 ¹	10 (11. január, 1. marec, 27. marec, 25. apríl, 30. máj, 28. jún, 2. august, 6. september, 18. október, 23. november)	10 (12. február, 6. marec, 28. marec, 2. máj, 4. jún, 8. júl, 8. august, 9. september, 4. október, 14. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Vyšný Čaj (indikatív 60100)	Denné úhrny zrážok	

¹ – vo vrte VČHG-3 bolo v roku 2019 vykonané iba jedno meranie a vrt je zasypáný

² – vo vrtoch VČSHV-3 a VČSHV-4 sa od 1. 1. 2019 merania dočasne prerušili

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2018 a 2019 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. Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.11.2.

V roku 2018 bol dokumentovaný relatívne priaznivý stabilitný stav. Etapové vektory ani na jednej sledovanej šmykovej ploche neprekročili hodnotu 1 mm. Najvyšší etapový prírastok deformácie bol zaznamenaný vo vrte VČI-2. V období od 5. apríla do 5. októbra v hĺbke 5,16 m pod terénom bol na šmykovej ploche nameraný vektor 0,91 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 1,81 mm.rok⁻¹ (azimut – 46° – v smere spádnice svahu). Ostatné namerané vektory na sledovaných šmykových plochách sa pohybovali v intervale od 0,1 mm (VČI-1, v období od

5. apríla do 5. októbra, $1,89 \text{ mm.rok}^{-1}$) od $0,73 \text{ mm}$ (VČI-2, v období od 15. novembra 2017 do 5. apríla 2018, $1,89 \text{ mm.rok}^{-1}$).

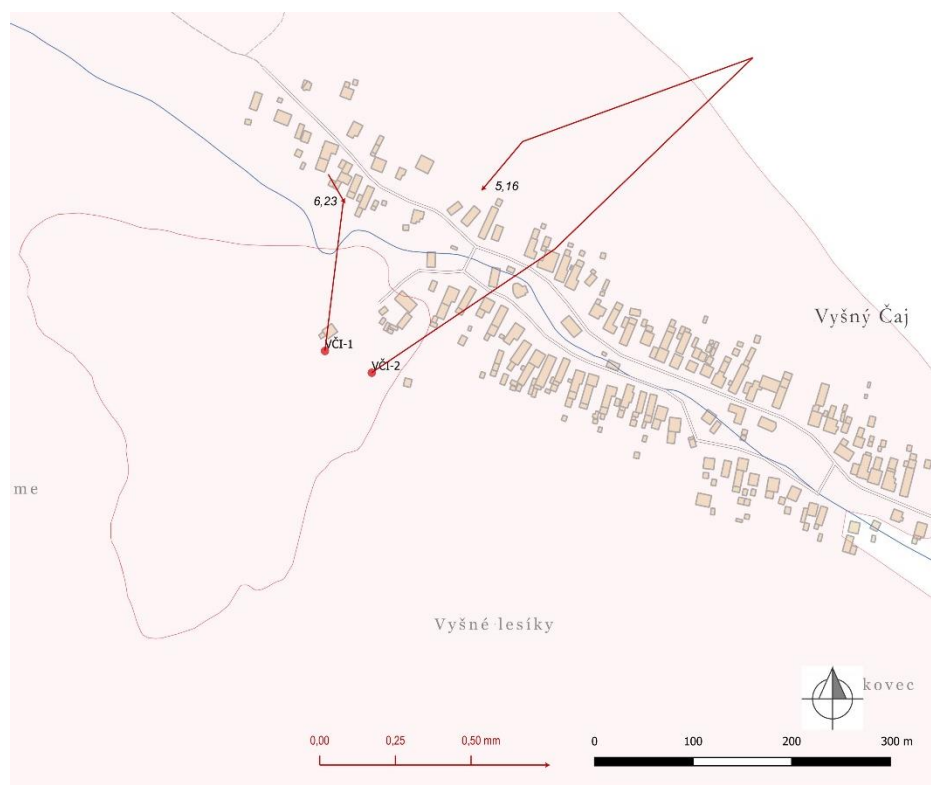
V roku 2019 vrt VČI-1 vykazoval v sledovanej hĺbke šmykovej plochy $6,23 \text{ m}$ pod terénom počas obidvoch etapových meraní minimálne prírastky deformácií (0 až $0,1 \text{ mm}$). Vo vrte VČI-2 bola počas jarnej etapy (5. 10. 2018 až 31. 5. 2019) v hĺbke $5,16 \text{ m}$ pod terénom nameraná deformácia $0,81 \text{ mm}$ a počas jesennej etapy (31. 5. 2019 až 16. 10. 2019) deformácia $0,2 \text{ mm}$, čo predstavuje rýchlosť pohybu $1,24$ a $0,53 \text{ mm.rok}^{-1}$.

Celková deformácia vo vrte VČI-1 dosiahla počas celého monitorovaného obdobia hodnotu $3,42 \text{ mm}$ a vo vrte VČI-2 hodnotu $3,11 \text{ mm}$.

Tab. 4.11.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2018 a 2019

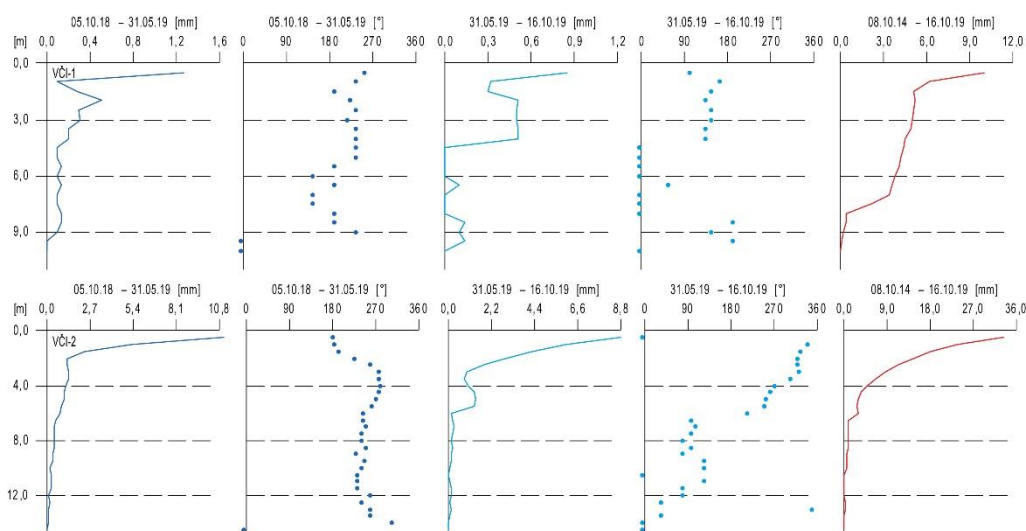
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	15. 11. 2017 – 5. 4. 2018			5. 4. 2018 – 5. 10. 2018			5. 10. 2018 – 31. 5. 2019			31. 5. 2019 – 16. 10. 2019		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
VČI-1	6,23	3,42	0,50	7	3,41	0,10	330	3,42	0,10	150	3,42	0,00	0
VČI-2	5,16	3,16	0,73	56	4,06	0,91	46	3,31	0,81	250	3,11	0,20	220

CD – celková deformácia od nultého merania (8. 10. 14); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora.



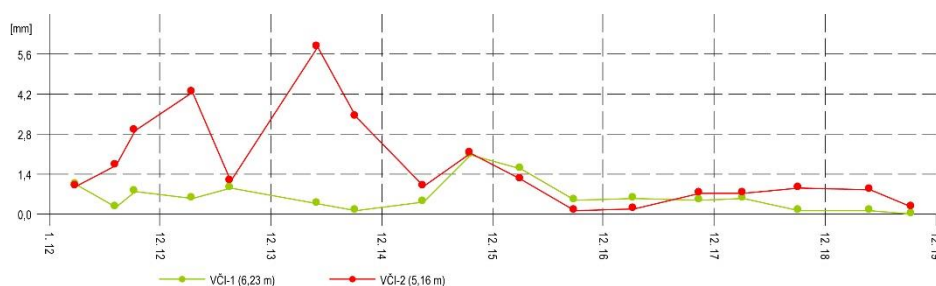
Obr. 4.11.1. Lokalita Vyšný Čaj – vektory deformácií namerané v rokoch 2018 a 2019 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.24.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); ohraňenie zosuvu podľa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

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 ($6,23 \text{ m}$ pod terénom), vo vrte VČI-2 je to o niečo plytšie, v hĺbke 6 m od ústia pažnice ($5,14$ až $5,16 \text{ m}$ pod terénom). Celková deformácia inklinometrických pažníc v hĺbke predpokladanej šmykovej plochy sa pohybuje v intervale od $3,42 \text{ mm}$ (VČI-1; rýchlosť pohybu $0,68 \text{ mm.rok}^{-1}$) do $3,11 \text{ mm}$ (VČI-2; rýchlosť pohybu $0,62 \text{ mm.rok}^{-1}$).



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).

Vývoj deformácie na sledovaných šmykových plochách, prezentovaných na obr. 4.11.2 naznačuje, že v oblastiach jednotlivých vrtoch sú odlišné stabilitné pomery. Najvyššia pohybová aktivita bola nameraná vo vrte VČI-2. Počas júnovej etapy v roku 2014 bola zaznamenaná deformácia 5,85 mm ($7,46 \text{ mm.rok}^{-1}$). Azimut uvedeného vektora bol orientovaný na juhozápad. Pomerne vysoká hodnota prírastku etapovej deformácie bola nameraná i 16. apríla 2013, kedy na sledovanej šmykovej ploche bola nameraná hodnota 4,25 mm ($8,30 \text{ mm.rok}^{-1}$). Od roku 2015 majú vektory deformácie v tomto vrte klesajúci trend a od jesenného merania 2016 neprekročili hodnotu 1 mm. Pohybová aktivita sledovaná počas jednotlivých kontrolných meraní vo vrte VČI-1 sa pohybuje v intervale od 0 do 2,02 mm ($4,68 \text{ mm.rok}^{-1}$; 23. október 2015).



Obr. 4.11.3. Prírastky deformácií na sledovaných šmykových plochách namerané metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšný Čaj v období rokov 2012 až 2019.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Vyšný Čaj sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v dvoch vrtoch (tab. 4.11.1.; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.11.3 a 4.11.4; situovanie monitorovaných piezometrických vrtoch je na obr. 4.11.4). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v období rokov 2018 a 2019, sú spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, znázornené na obr. 4.11.5. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody za obdobie rokov 2011 až 2019 je znázornený na obr. 4.11.6.

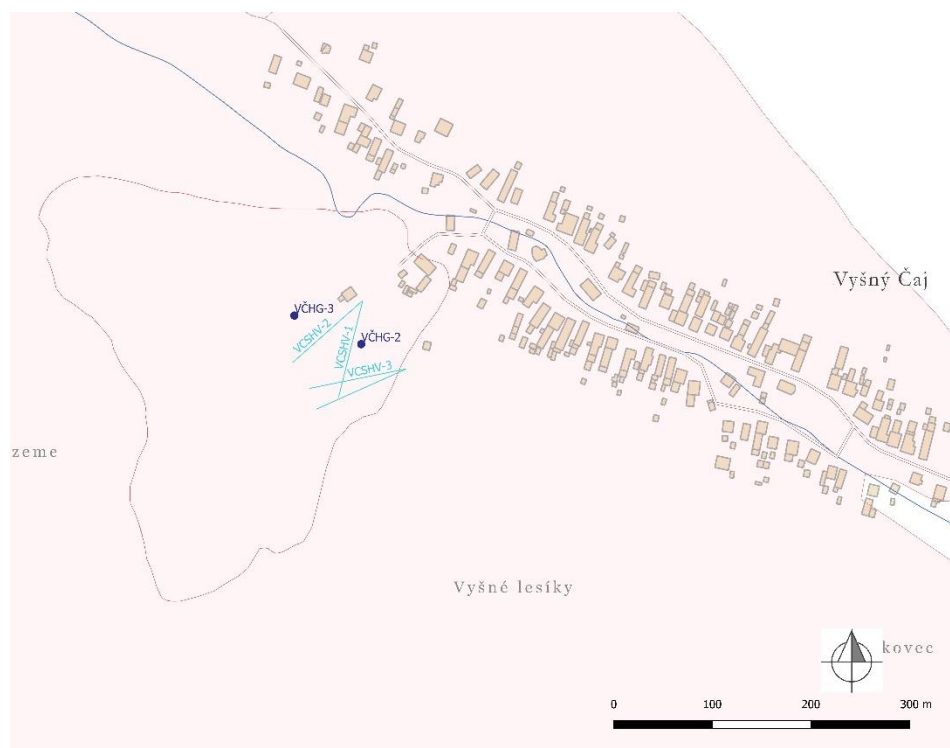
V oboch vrtoch bolo v roku 2018 zabezpečených po 10 kontrolných meraní, ktoré sa vykonávali od 11. januára do 23. novembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola

zaznamenaná vo vrte VČHG-3 v hĺbke 2,76 m pod terénom (252,58 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 25. apríla. V rovnakom termíne bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná aj vo vrte VČHG-2 (3,90 m pod terénom). Po dosiahnutí maximálnych stavov začala hladina podzemnej vody klesať. Minimálne stavy boli zaznamenané posledným kontrolným meraním. Najhlbšia hladina podzemnej vody (5,69 m pod terénom; 23. novembra) bola zaznamenaná vo vrte VČHG-2.

Tab. 4.11.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2018

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	3,90	250,79	25. 04. 2018	5,69	249,00	23. 11. 2018	4,87	249,82	1,79
VČHG-3	10	2,76	252,58	25. 04. 2018	4,63	250,71	18. 10. 2018	3,85	251,49	1,87

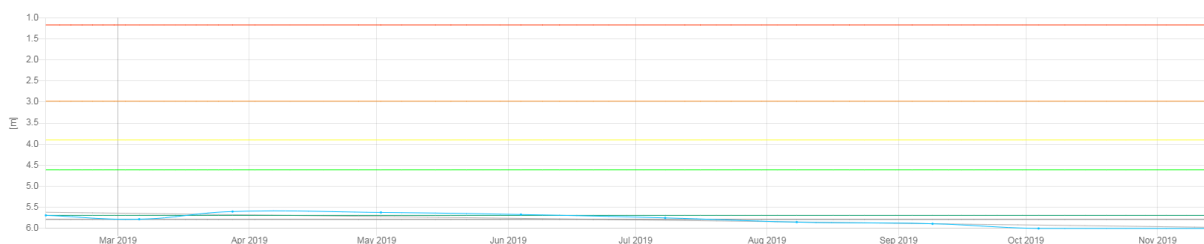
Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2018 hĺbku 4,36 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom identická hodnota. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 3,85 (vrt VČHG-3) do 4,87 m pod terénom (vrt VČHG-2). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VČHG-3 (1,87 m). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2018 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2011 do 2017) vyplýva, že v oboch vrtoch boli prekročené dlhodobé minimálne stavy.



Obr. 4.11.4. 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®.

Počas 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 zasypáný, 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 (6,00 m pod terénom).

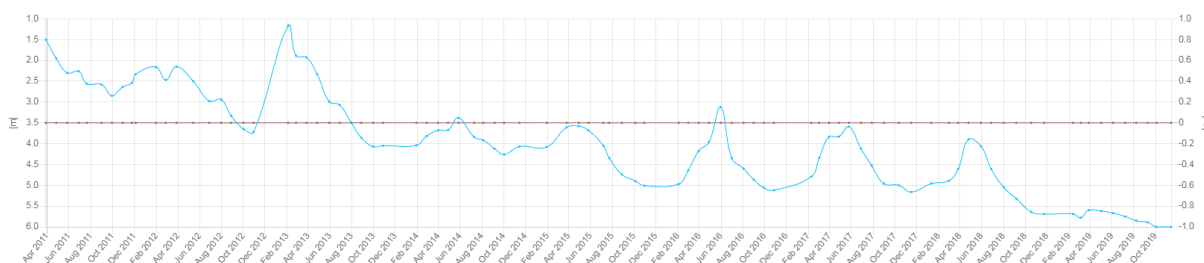


Obr. 4.11.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody (HPV), zaznamenané v roku 2019 vo vrte VČHG-2 na lokalite Vyšný Čaj, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, ktoré boli namerané v predchádzajúcom období monitorovania (referenčné obdobie – RO – od marca 2011 do novembra 2019); červená – maximálna, zelená – minimálna HPV nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV nameranej počas RO, šedá – priemerná hodnota HPV nameraná počas RO.

Tab. 4.11.4. 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 (od 2011 do 2018) vyplýva, že vo vrte VČHG-2 bol podobne ako v roku 2018, aj v aktuálne hodnotenom roku prekročený dlhodobý minimálny stav (obr. 4.11.6).



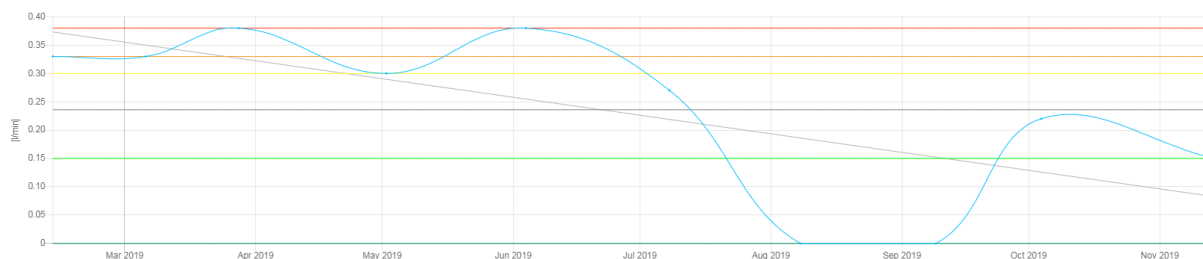
Obr. 4.11.6. Dlhodobé (2011 – 2019) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody vo vrte VČHG-2 na lokalite Vyšný Čaj.

Pri pohľade na dlhodobý vývoj hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch na obr. 4.11.6 je vidieť, že po odvrtní vrtu, resp. na začiatku monitorovania sa nachádzali približne v jednej hĺbkovej úrovni. K diferenciácii hĺbok došlo až neskôr, čo môže súvisieť s vybudovaným hĺbkovým odvodnením. V obidvoch prípadoch však možno sledovať podobný vývoj. Maximálne stavy boli namerané v zimných mesiacoch roku 2013, odkedy majú zostupnú tendenciu, pričom vo vrte VČHG-2 bola v roku 2019 nameraná najnižšia úroveň hladiny podzemnej vody a vrt VČHG-3 je po nameraní najnižšej úrovne vo februári, odvtedy zasypaný, resp. suchý.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Vyšný Čaj boli v roku 2018 pozorované štyri a v roku 2019 dve odvodňovacie zariadenia (tab. 4.11.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.11.5 a 4.11.6). Počas rokov 2018 a 2019 bolo zrealizovaných po 10 kontrolných meraní. Hodnotenie

výdatnosti komplikuje nedostatočne dimenzované odtokové potrubie. Voda sa hromadí v zbernej šachte a vrty VČSHV-3 a 4 sú značnú časť pozorovaného obdobia zaplavené. Ďalšou negatívnou skutočnosťou je, že vrty VČSHV-1 a 2 sú pomerne často suché, prípadne len kvapkajú. V roku 2018 to bolo počas 7 meraní vo vrte VČSHV-1, resp. 6 meraní vo vrte VČSHV-2 a v roku 2019 bol vrt VČSHV-1 až 8 krát suchý až vlhký. Z uvedeného vyplýva, že hodnotiť výdatnosť na tejto lokalite je obtiažne, a tak pozornosť venujeme len skutočne nameraným hodnotám.



Obr. 4.11.7. Zmeny výdatnosti a základné štatistické ukazovatele zaznamenané v odvodňovacom vrte VČSHV-2 v roku 2019 na lokalite Vyšný Čaj. Modrá – nameraná výdatnosť, tmavozelená – minimálna výdatnosť, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas roka 2019.

Tab. 4.11.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2018

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
VČSHV-1	10	0,41	27. 3. 2018	0,00	11. 1. 2018	0,09	0,41
VČSHV-2	10	1,91	27. 3. 2018	0,00	2. 8. 2018	0,30	1,91
VČSHV-3	10	0,79	30. 5. 2018	0,44	18. 10. 2018	0,58	0,35
VČSHV-4	10	zaliaty, suchý					

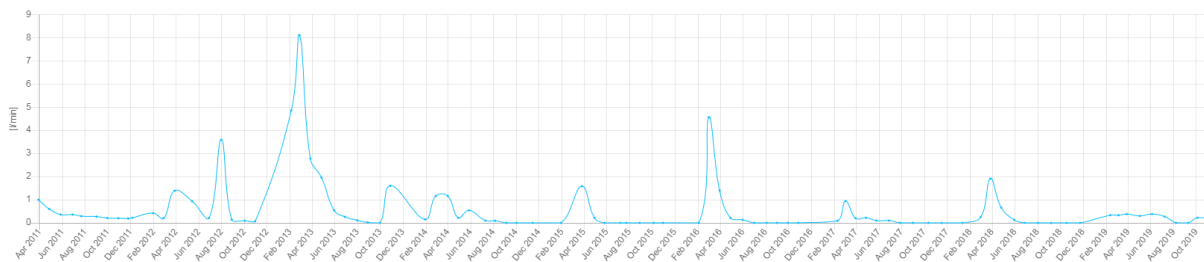
V roku 2018 sa merania vo všetkých štyroch odvodňovacích vrtoch realizovali v období od 11. januára do 23. novembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. marca na odvodňovacom vrte VČSHV-2 (1,91 l.min⁻¹). Minimálna nameraná výdatnosť dosiahla 1. marca hodnotu 0,22 l.min⁻¹, pričom bol prietok ešte zaznamenaný 25. apríla (0,31 l.min⁻¹). V máji už len kvapkal a v ostatných mesiacoch bol suchý. Priemerná výdatnosť na objekte dosiahla 0,30 l.min⁻¹. Stály prietok vykázal len vrt VČSHV-3, s maximom 30. mája (0,79 l.min⁻¹) a minimom 18. októbra (0,44 l.min⁻¹) a priemernou výdatnosťou 0,58 l.min⁻¹. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2018 dosiahla hodnotu 0,97 l.min⁻¹, čo predstavuje nárast oproti roku 2017 o 0,19 l.min⁻¹. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VČSHV-2 (1,91 l.min⁻¹).

Tab. 4.11.6. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2019

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

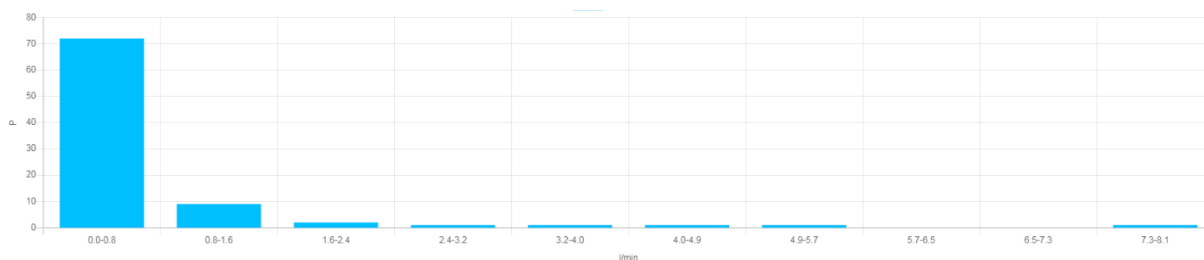
V roku 2019 sa merania realizovali iba vo vrtoch VČSHV-1 a VČSHV-2 v období od 12. februára do 14. novembra. Vrt VČSHV-1 bol prvých 6 meraní v roku suchý, naopak 8. augusta a 9. septembra bol zaliaty vodou a v októbri a novembri bol vlhký. Preto vo vrte VČSHV-1 nebola počas roku 2019 nameraná žiadna presná hodnota výdatnosti. Na jeho účinnosť poukazuje ich stav z augusta a septembra, kedy boli zaliaté 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⁻¹ (stav 14. novembra) po

0,38 l.min⁻¹ (28. marca a 4. júna). Priemer výdatnosti vrtu VČSHV-2 z nameraných hodnôt počas roku 2019 je 0,30 l.min⁻¹, čo predstavuje rovnakú hodnotu ako v roku 2018.



Obr. 4.11.8. Dlhodobé (2013 – 2019) zmeny výdatnosti odvodňovacieho vrtu VČSHV-2 na lokalite Vyšný Čaj.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia od roku 2011 do roku 2019 je možné konštatovať, že maximálna výdatnosť bola nameraná v roku 2013, tiež v marci 2016 a v roku 2012. Pribeh množstva odvádzanej vody z vrtu VČSHV-2 je znázornený na obr. 4.11.8). 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.



Obr. 4.11.9. Početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti nameraných na odvodňovacom vrte VČSHV-2 počas obdobia 2013 – 2019 na lokalite Vyšný Čaj.

d/ Merania zrážkových úhrnov

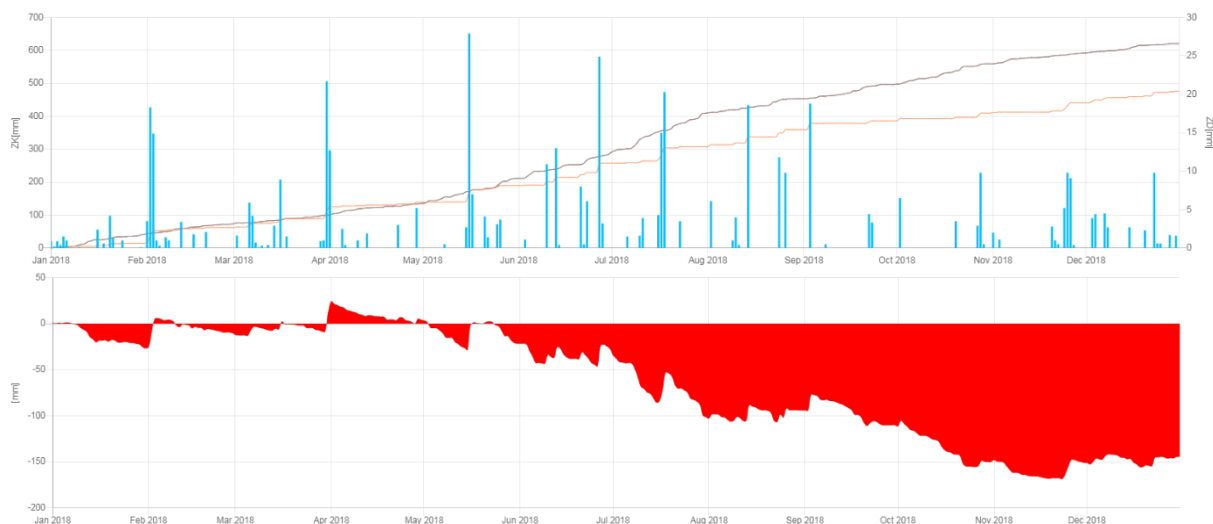
Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc Vyšný Čaj s indikatívom 60100 (obr. 4.11.10 a 4.11.11). Informácia o zrážkových úhrnoch na stanici Lipany je uvedená v podkapitole 1.4.8 (lokalita Ďačov).

Na stanici Vyšný Čaj dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2018, dosiahol 602,6 mm; maximálny ročný úhrn 691,3 mm (rok 2012); priemerný mesačný úhrn 50,2 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 2018 bol nameraný zrážkový úhrn 476,3 mm, čo predstavuje 76,74 % dlhodobého priemeru a je ho možné charakterizovať ako veľmi suchý rok. Najvyšší mesačný úhrn, zaznamenaný počas júna, dosiahol 68,1 mm a najvyšší denný úhrn bol nameraný 16. mája s hodnotou 27,9 mm. Najsuchším mesiacom bol január, kedy spadlo 14,6 mm zrážok. Najvyššia tridsaťdňová hodnota kumulatívnych zrážok bola dosiahnutá v období od 18. júna 2017 do 18. júla 2018 (89,3 mm), naopak najsuchšie tridsaťdňové obdobie bolo pozorované od 13. apríla 2018 do 13. mája 2018. Počas tohto obdobia bol nameraný kumulatívny úhrn 8,7 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.



Obr. 4.11.10. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Vyšný Čaj (indikatív 60100); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2017 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK).



Obr. 4.11.11. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Vyšný Čaj (indikatív 60100); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2018 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite Vyšný Čaj sú monitorovacie aktivity zabezpečované formou inklinometrických a režimových meraní v blízkosti miestneho cintorína. Pri porovnaní nameraných výsledkov pohybovej aktivity s prechádzajúcim rokom, došlo v roku 2019

k poklesu. Vrt VČI-1 vykázal počas roku 2019 minimálnu pohybovú aktivitu a vo vrte VČI-2 pohybová aktivita, sledovaná na šmykových plochách počas jednotlivých etáp hodnoteného roka, nepresiahla 0,81 mm.

K danej situácii dozaista pozitívne prispel i vývoj režimových ukazovateľov. Pokles hladiny podzemnej vody z roku 2018 pretrvával aj v roku 2019 a vo vrte VČHG-2 bol podobne ako v roku 2018 aj v roku 2019 prekročený dlhodobý minimálny stav. Na priebehu hladiny v oboch vrtoch je zrejмый trend postupného poklesu.

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 2019 došlo k poklesu výdatnosti odvodňovacích zariadení, vrt VČSHV-1 bol väčšinu roka suchý, čo súvisí s poklesom úrovně hladiny podzemnej vody a hlavne s pretrvávajúcim zrážkovým deficitom .

Ďalším nedostatkom, ktorý však súvisí so samotným monitorovaním, je nízka frekvencia meraní hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení. Riešením súčasnej situácie je inštalácia automatických hladinomerov a prietokomerov.

V roku 2020 je plánované pokračovať v monitorovacích meraniach. Rozsah a frekvencia režimových pozorovaní a inklinometrických meraní budú zachované ako v roku 2019.

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 2018 a 2019

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2018 a 2019, sú zhrnuté v tab. 4.12.1.

Tab. 4.12.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Šenkvice v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
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 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

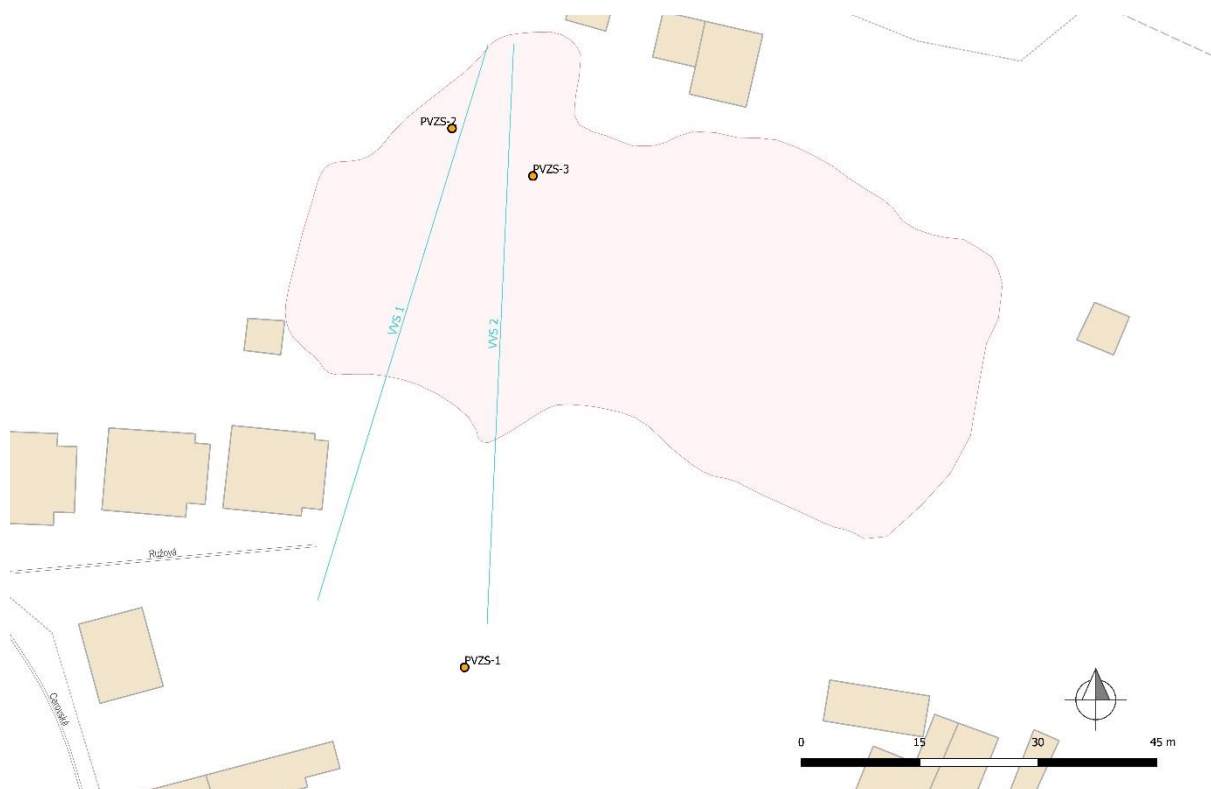
a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami

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 2018 a 2019 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke.

Vo vrte PVZS-1 bola v roku 2018 (tab.4.12.2, obr. 4.12.2) maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 10,96 m pod terénom (154,19 m n. m.; 23. marec), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,20 m. Následne po tomto termíne začala hladina klesať a minimum s hĺbkou 11,81 m (153,34 m n. m.) dosiahla 30. augusta (oproti predchádzajúcemu roku ide o vzostup o 0,19 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 11,42 m pod terénom (153,73 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2017 vzostup o 0,20 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,85 m. V porovnaní s vlaňajším rokom sa táto hodnota zmenila len nepatrne. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 11,18 m pod terénom, 2. kvartil 11,46 m pod terénom a 3. kvartil 11,67 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody, podobne ako v predchádzajúcom období, má len veľmi malé zmeny. Maximálna teplota bola nameraná s hodnotou 11,3 °C 19. marca, naopak, najnižšia

teplota (11,2 °C) bola zaznamenaná 1. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,3°C.



Obr. 4.12.1. Lokalita Šenkvice – situácia monitorovaných objektov, na ktorých sú zabezpečované režimové pozorovania (objekty označené ako body – piezometrické vrtý 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 2018

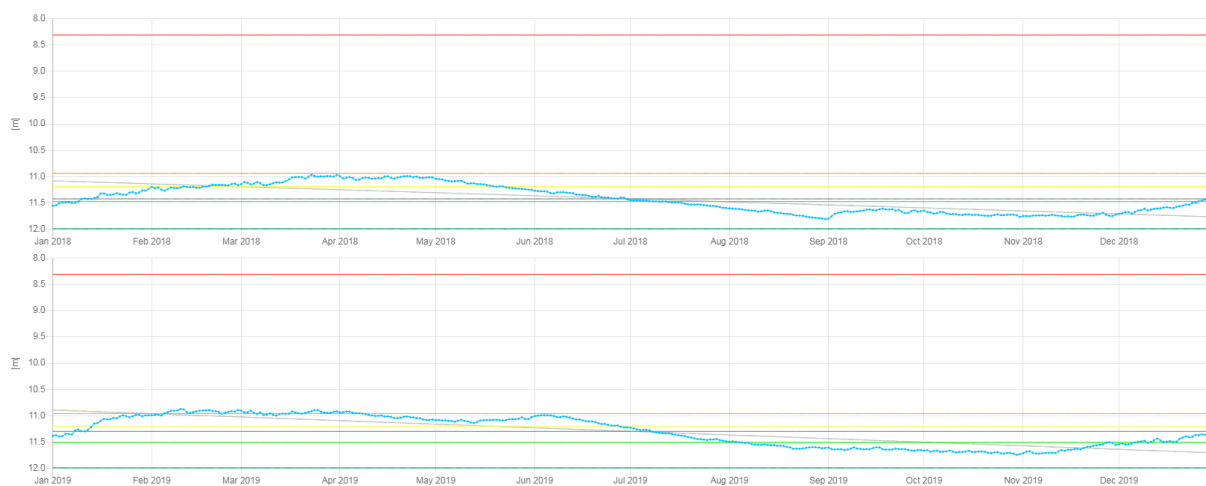
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PVZS-1	8760	10,96	154,19	23. 3. 2018	11,81	153,34	30. 8. 2018	11,42	153,73	0,85
PVZS-2	8760	6,35	147,05	23. 3. 2018	7,25	146,15	2. 9. 2018	6,83	146,57	0,90
PVZS-3	8760	7,37	145,39	23. 3. 2018	8,16	144,60	1. 9. 2018	7,80	144,96	0,79

V roku 2019 bola 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 obrázku 4.12.2 jednoznačne vyplýva, že väčšej časti roka sa hladina nachádzala pod úrovňou tretieho kvartilu, odvodeného z meraní v predchádzajúcom období. Zrážková činnosť sa na jej priebehu prejavovala už 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 vlaňajším rokom 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, podobne ako v predchádzajúcom období, má len veľmi malé zmeny. V roku 2019 sa nachádzala na úrovni 11,3 °C 1. januára.

Tab. 4.12.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami 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



Obr. 4.12.2. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2018 a 2019, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Šenkvice. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte PVZS-1. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od mája 2012 do decembra 2019: tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, zelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

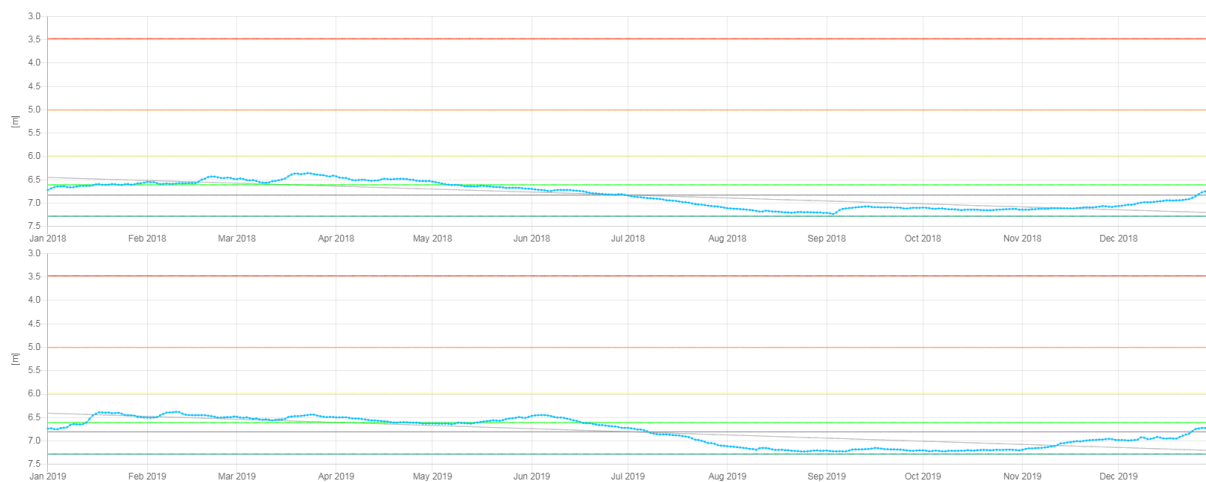
Vo vrte PVZS-2 bola v roku 2018 (tab.4.12.2, obr. 4.12.3) maximálna hladina podzemnej vody nameraná 23. marca (6,75 m pod terénom; 147,05 m n. m.). V porovnaní s rokom 2017 ide o nepatrný pokles (o 0,01 m). Po uvedenom termíne začala hladina mierne klesať. Tento trend pretrval do začiatku septembra. Minimálnu hodnotu s hĺbkou 7,25 m (146,15 m n. m.) dosiahla hladina 2. septembra. Oproti predchádzajúcemu roku 2017 je nameraná hodnota o 0,03 m vyššia. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla 6,83 m pod terénom (146,57 m n. m.), čo v porovnaní s rokom 2017 predstavuje vzostup 0,06 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,90 m. 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,1 m pod terénom, 2. kvartil 6,81 m pod terénom a 3. kvartil 6,58 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,3 °C 23. januára, naopak, najnižšia teplota (11,1 °C) bola zaznamenaná 17. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,2 °C.

V roku 2019 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná, podobne ako vo vrte PVZS-2, 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 nachádza 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.



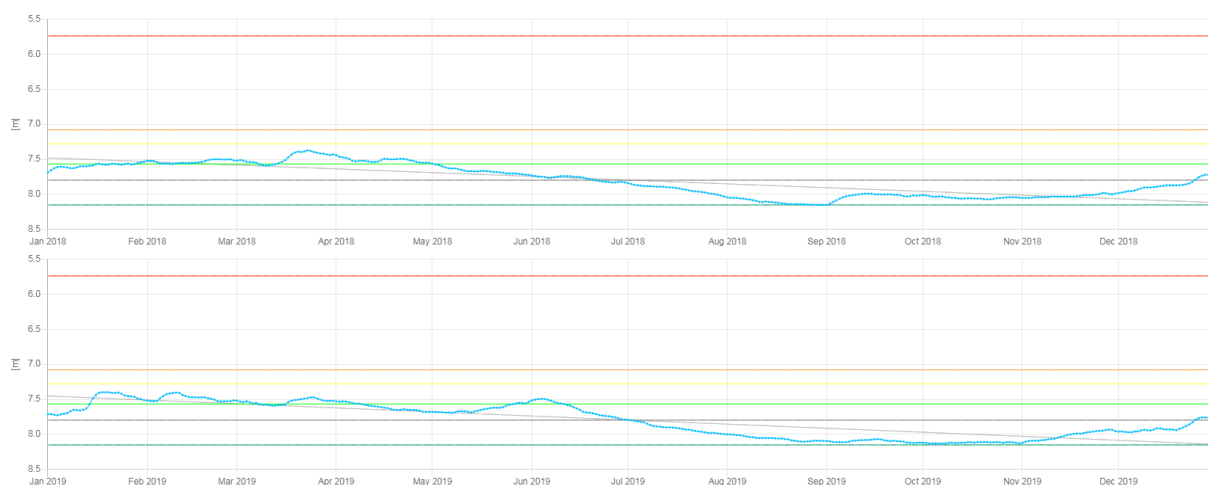
Obr. 4.12.3. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2018 a 2019, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Šenkvice. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte PVZS-2. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od mája 2011 do decembra 2019: tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, zelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.

Vo vrte PVZS-3 bola v roku 2018 (tab.4.12.2, obr. 4.12.4) najvyššia hladina podzemnej vody nameraná 23. marca (7,37 m pod terénom; 145,39 m n. m.). Po dosiahnutí maximálneho stavu začala hladina klesať a jej najnižšia úroveň s hĺbkou 8,16 m (144,62 m n. m.) bola dosiahnutá 1. septembra (oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,02 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2018 dosiahla 7,80 m pod terénom (144,96 m n. m.). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,79 m. Prvý kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 8,02 m pod terénom, 2. kvartil 7,82 m pod terénom a 3. kvartil 7,57 m pod terénom.

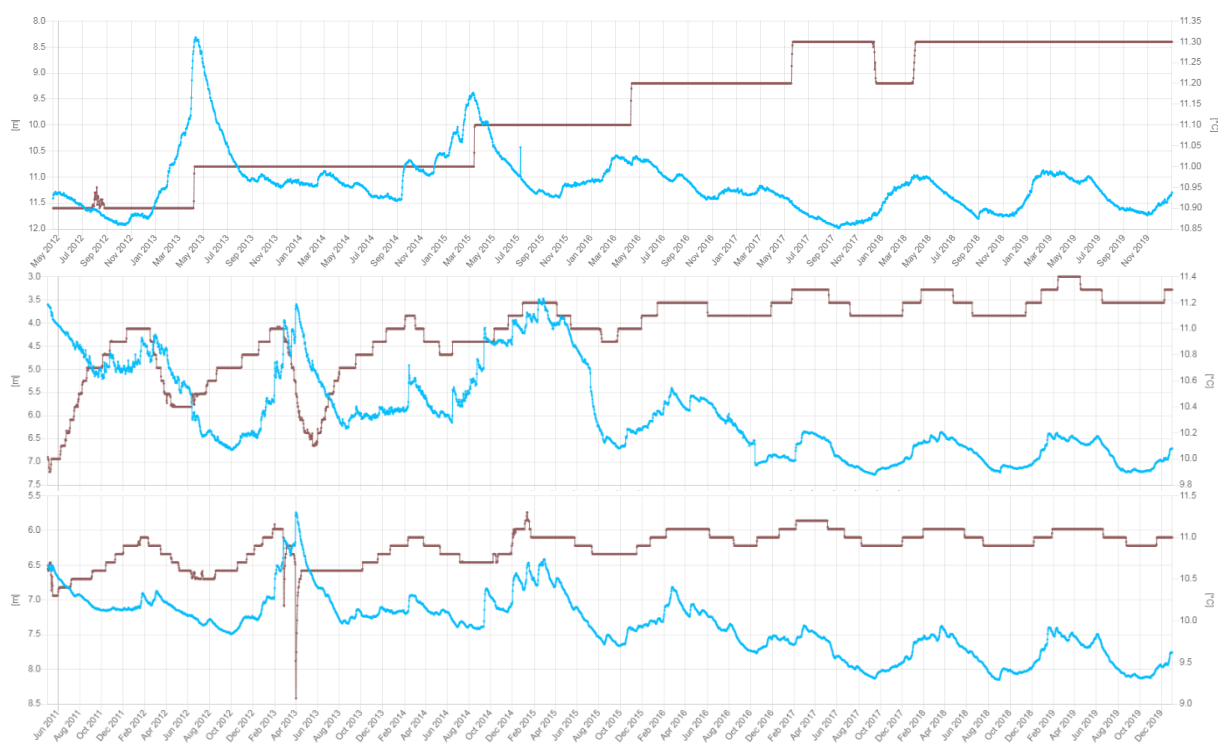
Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,10 °C 29. januára, naopak, najnižšia teplota (10,9 °C) bola zaznamenaná 16. júla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,0 °C.

V roku 2019 bola 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). Po dosiahnutí maximálneho stavu začala hladina mierne klesať. K výraznejšiemu poklesu došlo až v prvej polovici júna. 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.

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.



Obr. 4.12.4. Zmeny úrovne hladiny a teploty podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom v rokoch 2018 a 2019, spolu so štatistickými ukazovateľmi na lokalite Šenkvice. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte PVZS-3. Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody (HPV), štatistické ukazovatele, odvodené z údajov, ktoré boli zaznamenané počas referenčného obdobia – od mája 2011 do decembra 2019: tmavozelená línia – minimálna hĺbka HPV, zelená línia – 1. kvartil, žltá línia – 2. kvartil, oranžová línia – 3. kvartil, červená línia – maximálna HPV.



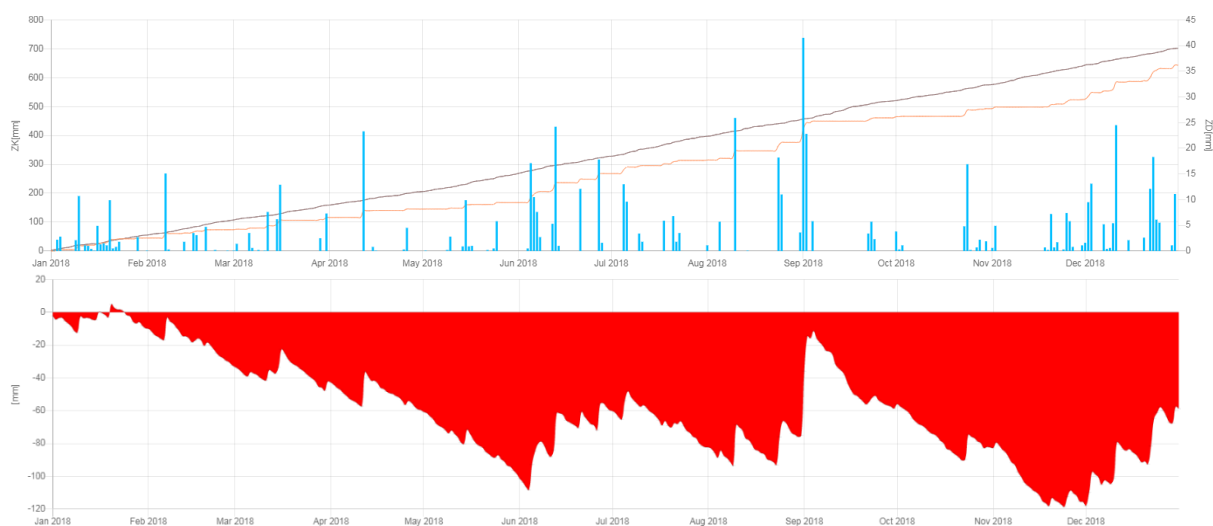
Obr. 4.12.5. Dlhodobé (2011 – 2019) zmeny úrovne hladiny (m) a teploty (°C) podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomerami na lokalite Šenkvice. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch PVZS-1, PVZS-2 a PVZS-3 (grafy sú zoradené zostupne). Modrá línia – hĺbka hladiny podzemnej vody; hnedá línia – teplota podzemnej vody.

Z dlhodobého hľadiska (obr. 4.12.5) je možné konštatovať, že na zmenách hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch sa výraznejšie prejavujú zimné a jarné zrážky (najmä v roku 2013). K výraznejším zmenám hladiny podzemnej vody dochádzalo do roku 2015.

Relatívne malé zmeny hĺbky sú pozorované v rokoch 2016 až 2019. Zároveň je vo všetkých vrtoch zreteľný zostupný trend hladiny podzemnej vody (od roku 2016). Pokles hladiny je spojený s realizáciou stabilizačno-drenážneho rebra v roku 2015. Vďaka vysokej efektívnosti sanačného opatrenia sú zaznamenané podstatne najnižšie hodnoty úrovne hladiny podzemnej vody ako pred jeho vybudovaním. Zásadne sa zmenil aj teplotný režim podzemnej vody. Pôvodná, pomerne výrazná amplitúda, sa v posledných rokoch mení len na mierne kolísanie, dosahujúce hodnoty niekoľkých desiatín stupňa. Znamená to, že na dopĺňaní hladiny podzemnej vody sa povrchové vody podieľajú len minimálne.

c/ Merania zrážkových úhrnov

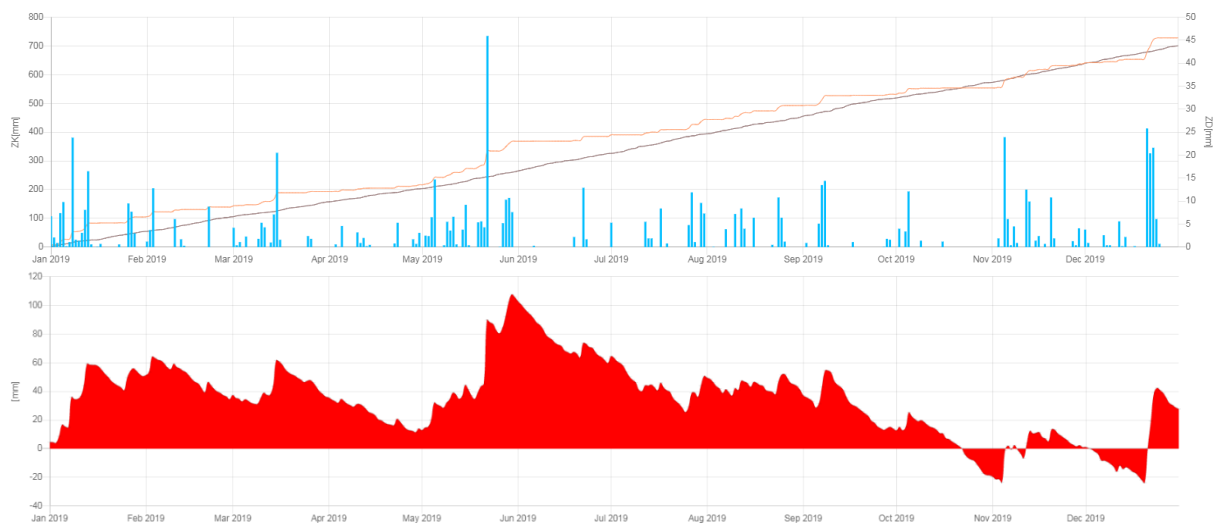
Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Modra s indikatívom 18060 (obr. 4.12.6 a 4.12.7). Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1990 do 31. decembra 2018 predstavuje 700,2 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 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.



Obr. 4.12.6. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Modra (indikatív 18060); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1990 – 2017 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2018 (ZK).

V roku 2018 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 643,4 mm, čo zodpovedá 91,83 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. V roku 2018 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas decembra (119,2 mm) a najvyšší denný úhrn 1. septembra (41,5 mm). Najsuchším mesiacom bol máj s 22,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 5. augusta do 4. septembra (128,9 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 12. apríla do 12. mája), sumárny zrážkový úhrn dosiahol 8,8 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.



Obr. 4.12.7. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Modra (indikatív 18060); modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZD), hnedá – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2019 (ZK), oranžová – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1990 – 2018 kumulatívne (ZK); červená – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2019 (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 2019 je možné konštatovať, že kolísanie hladiny podzemnej vody má rovnaký charakter ako v prípadoch predchádzajúcich troch rokov, čo poukazuje na efektívnosť vybudovanej drenáže (najmä stabilizačno-drenážneho rebra). Hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2019 dosahovala približne rovnaké hodnoty ako v rokoch 2017 a 2018. 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.

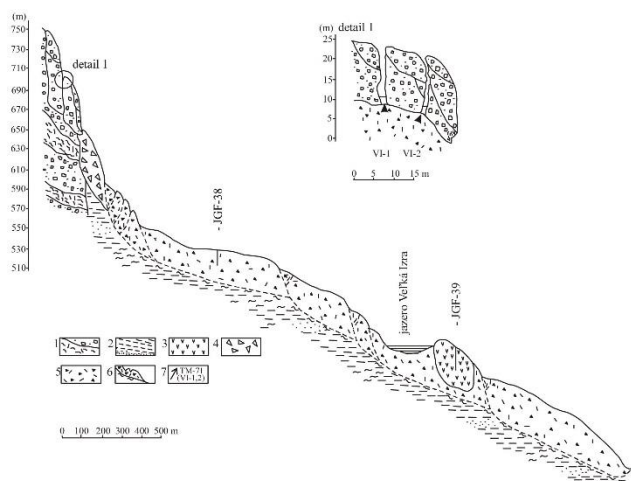
Žiaľ, ani v roku 2019 nebolo možné zabezpečiť merania výdatnosti zo spomenutých odvodňovacích zariadení. Bráni tomu skutočnosť, že na zosuvnej lokalite nie je dodnes definitívne vyriešené hospodárenie so splaškovými vodami. Tieto vody nelegálne vytekajú do vybudovaného drenážneho potrubia a sú odvádzané do povrchového recipienta. Na túto skutočnosť boli upozornení i zástupcovia miestnej samosprávy.

V roku 2020 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 – morfológicky nečlenené blokové pole, 5 – balvanité a úlomkovito-ílovité svahové sedimenty (sute), 6 – priebeh šmykovej plochy, 7 – lokalizácia dilatometrov TM-71 (VI-1 a VI-2)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2018 a 2019 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Veľká Izra sa v roku 2018 uskutočnili tri a v roku 2019 štyri odčítania hodnôt deformácií zaznamenaných prístrojmi TM-71 (tab. 4.13.1). Aj v roku 2019 pokračoval zber údajov o zrážkach zo stanice SHMÚ Slanská Huta.

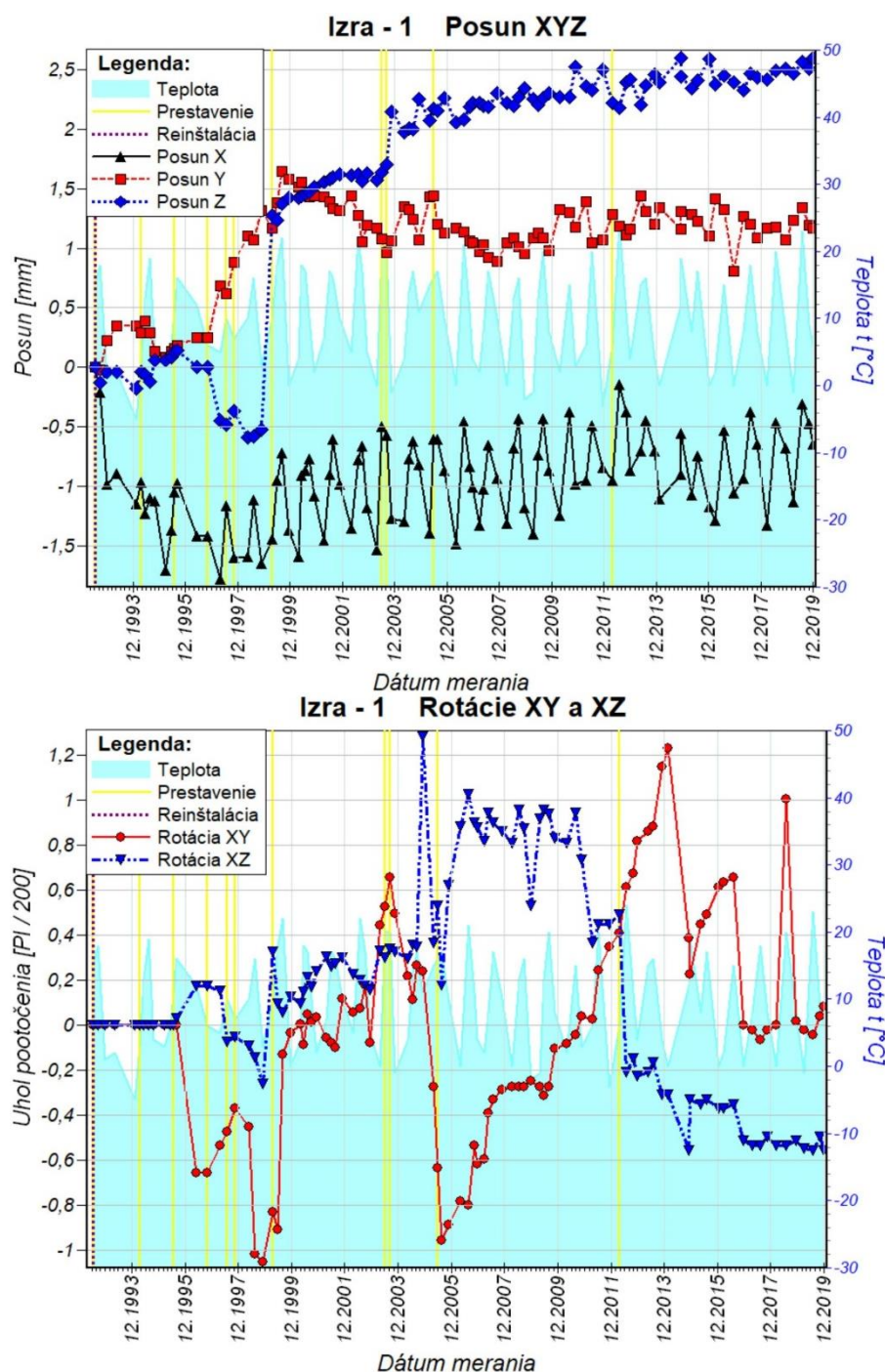
Tab. 4.13.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Izra v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	VI-1 (horný)	2018 – 3x (21. február, 4. júl, 13. november)
			2019 – 4x (26. február, 3. júl, 3. október, 26. november)

a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v roku 2018 (obr. 4.13.2) preukázali stagnáciu pohybu v smere osi X (rozširovanie trhliny) a Y (šmykový posun pozdĺž trhliny). Celkové hodnoty v oboch smeroch od roku 1992 dosiahli 0,650 mm a 1,172 mm. Poklesávanie bloku voči masívu (os Z) prebiehalo v rokoch 2018 aj 2019 len minimálne. V prvom roku narástlo o 0,073 mm v druhom o 0,089 mm. Celkový doterajší pokles dosiahol koncom roku 2019 hodnotu 2,597 mm. Priemerný ročný pokles bloku za monitorované obdobie (27,4 roka) dosiahol 0,095 mm.

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 2019 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. 2018 na stanici SHMÚ v Slanskej Hute (indikatív 51160) je 755,15 mm. V roku 2018 bol zrážkový úhrn 639,6 mm (čo predstavuje 84,7 % dlhodobého úhrnu a charakterizuje suchý rok). V roku 2019 ročný zrážkový úhrn 823,2 mm, čo predstavuje 109,0 % (normálny rok).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

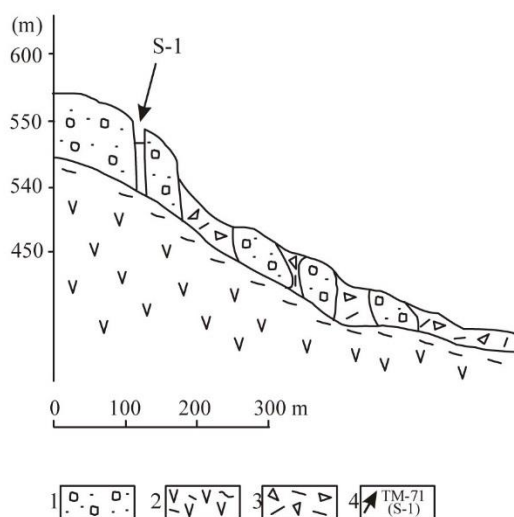
Výsledky doterajších meraní potvrdzujú pozvoľné poklesávanie vrchného monitorovaného bloku voči masívu (celkovo 2,597 mm), dlhodobú stagnáciu (od roku 2010) šmykového pohybu bloku pozdĺž trhliny a dlhodobú osciláciu pomalého otvárania a zatvárania trhliny v rozmedzí cca 0,4 – 1,4 mm.

Hlavným cieľom pokračujúcich meraní 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 2018 a 2019 a ich celkové zhodnotenie

Hodnoty posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 sa v roku 2018 odčítali trikrát (1x prestavenie), v roku 2019 štyrikrát (tab. 4.14.1). V oboch rokoch pokračoval aj zber údajov zo zrážkomernej stanice SHMÚ Dargov.

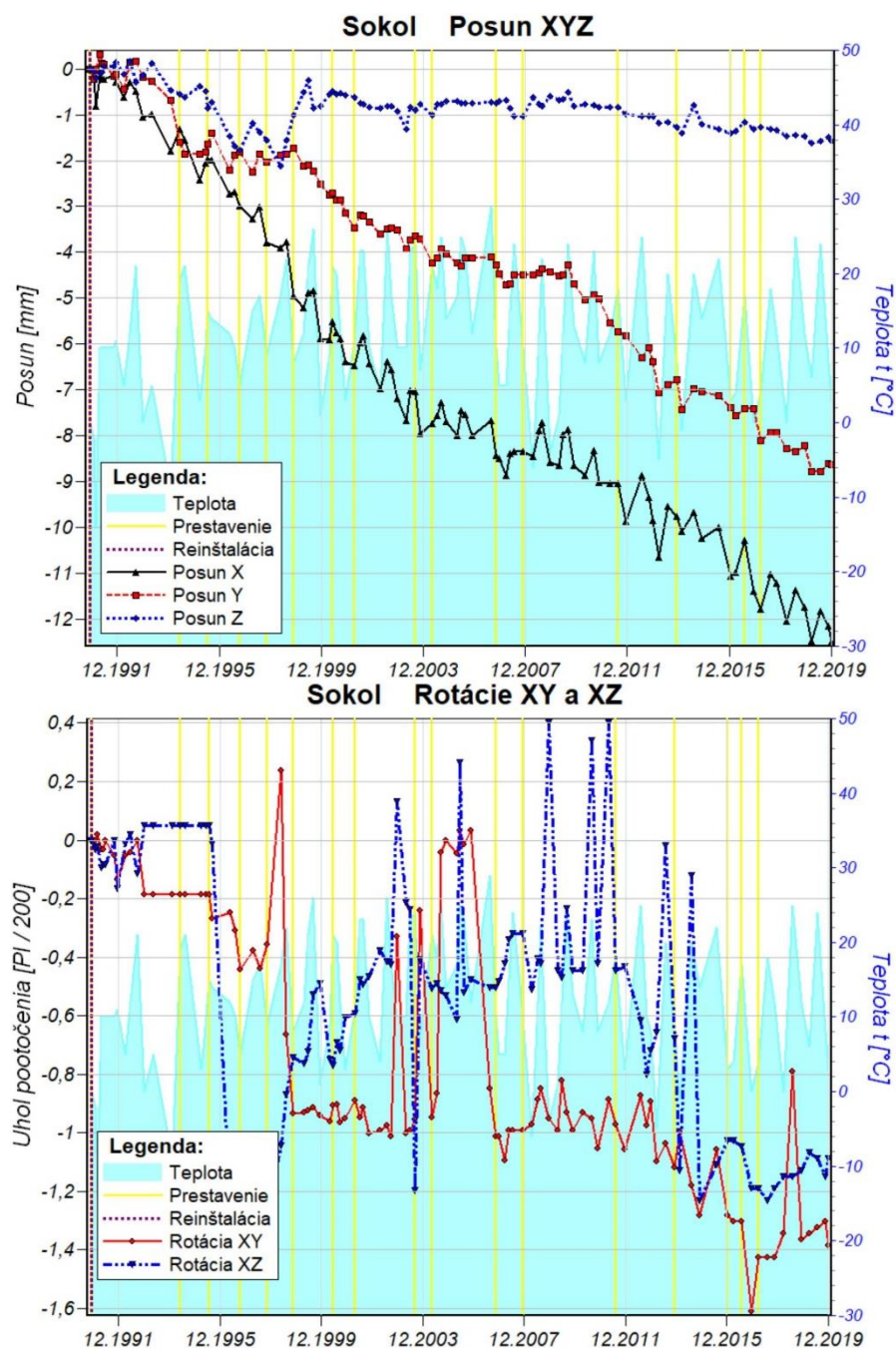
Tab. 4.14.1 Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Sokol v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	S-1	2018 – 3x (21. február, 4. júl, 13. november)
			2019 – 4x (26. február, 3. júl, 24. október, 26. november)

a/ Meranie deformácií dilatometrom

Trend narastania pohybu sa v rokoch 2018 a 2019 (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 2018 o 0,512 mm, v roku 2019 o 0,766 mm a celkovo (od roku 1990) dosiahlo 12,512 mm. Šmykový posun bloku pozdĺž trhliny (os Y) v roku 2018 narástol o 0,266 mm, v roku 2019 o 0,426 mm na celkových 8,636 mm. V smere osi Z bol zaznamenaný len veľmi pomalý pohyb. Kým pokles bloku v roku

2018 dosiahol 0,126 mm, roku 2019 len 0,110 mm. Celkový pokles za 29 rokov je 1,580 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 $\pi / 200$ gradov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Dargov v roku 2018 dosiahol 413,8 mm a v roku 2019 stúpil na úroveň 706 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V rokoch 2018 a 2019 pokračoval pomalý pokles bloku voči masívu, ktorý sa ustálil na hodnote 0,708 mm. V rokoch 2018 a 2019 pokračoval pokles bloku voči masívu, ktorý sa ustálil na hodnote 1,580 mm. Poklesávanie bloku je veľmi pomalé a v roku 2019 narástlo iba o 0,110 mm.

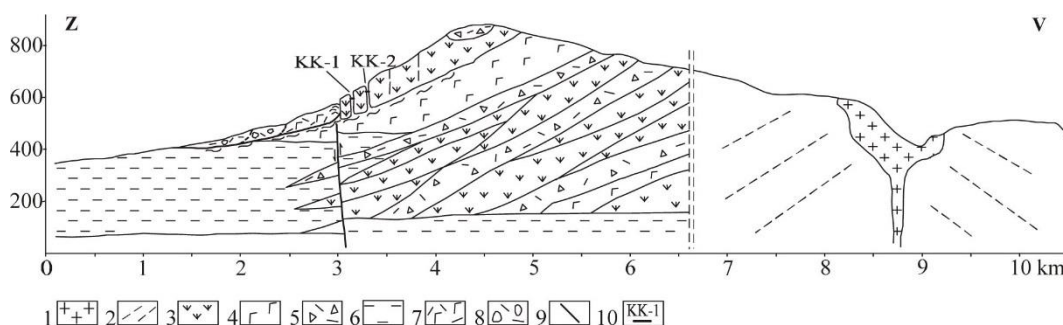
Dlhodobý trend šmykového posunu bloku pozdĺž trhliny, ako aj jej otváranie pokračovali v aj v rokoch 2018 a 2019. Celkový šmykový posun dosiahol ku koncu roka 2019 už 8,636 mm a celkové otvorenie trhliny 12,512 mm.

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 3 až 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 dilatometre 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 pyroklastik, 3 – andezitový lávový prúd, 4 – pyroklastiká (nečlenené), 5 – redeponované andezitové pyroklastiká, 6 – neogénne ily, 7 – redeponované andezitové tufy, 8 – ílovito-úlomkovitá suť, 9 – aktívny zlom, 10 – lokalizácia dilatometrov KK-1 a KK-2

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2018 a 2019 a ich celkové zhodnotenie

V uvedených rokoch sa na lokalite vykonalo po sedem odčítaní deformácií na oboch dilatometroch (KK-1 3-krát v roku 2018 a 4-krát v roku 2019 s jedným prestavením; KK-2 3-krát v roku 2018 s jedným prestavením a 4-krát v roku 2019 – tab. 4.15.1). V rokoch 2018 a 2019 pokračoval zber údajov zo zrážkomernej stanice Herľany.

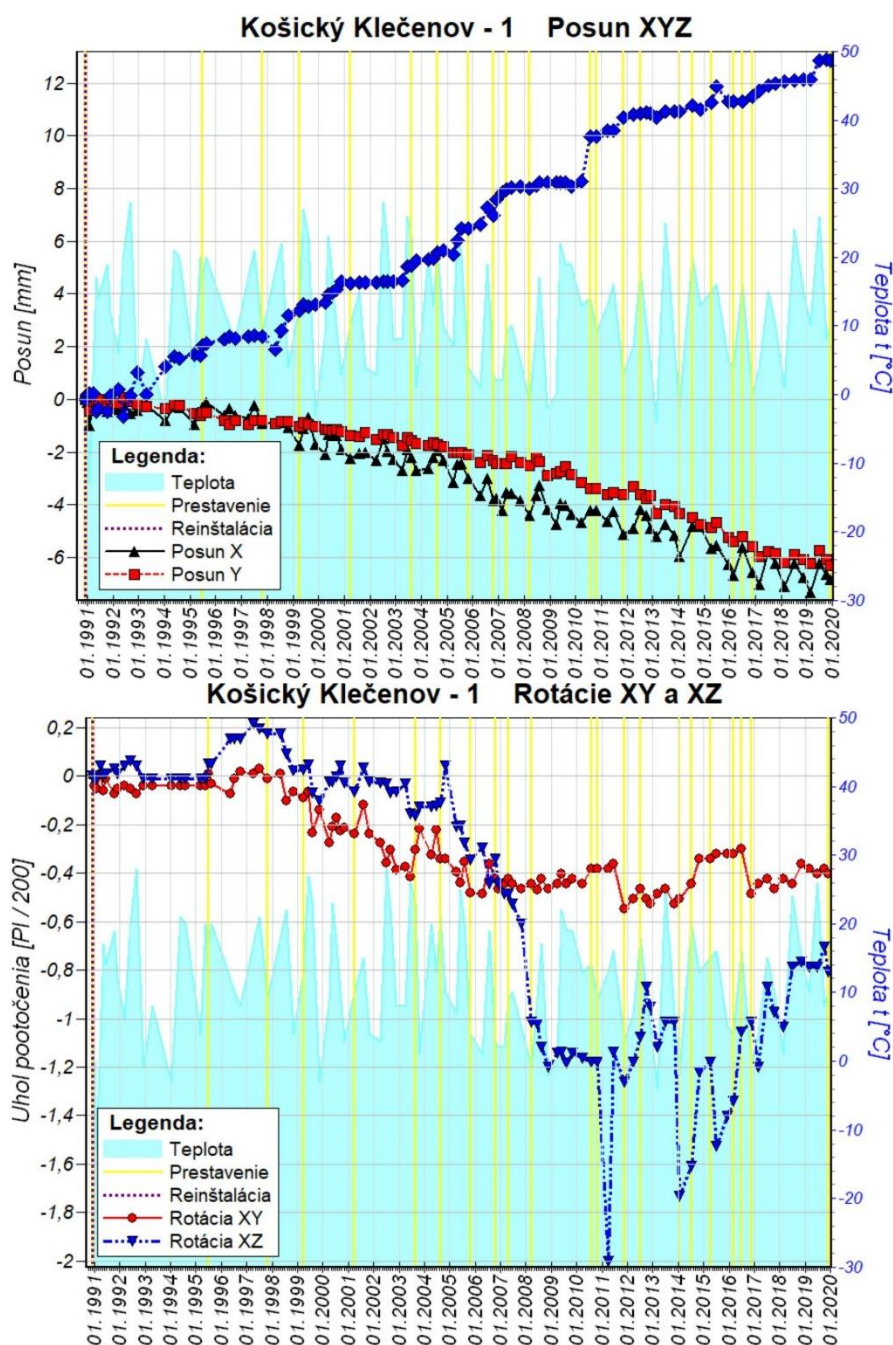
Tab. 4.15.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Košický Klečenov v rokoch 2017 a 2018

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (<i>dátum merania</i>)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	2	KK-1 (dolný)	2018 – 3x (<i>21. február, 4. júl, 13. november</i>)
			2019 – 4x (<i>26. február, 3. júl, 3. október, 26. november*</i>)
		KK-2 (horný)	2018 – 3x (<i>21. február, 4. júl, 13. november*</i>)
			2019 – 4x (<i>26. február, 3. júl, 3. október, 26. november</i>)

* – *prestavenie prístroja*

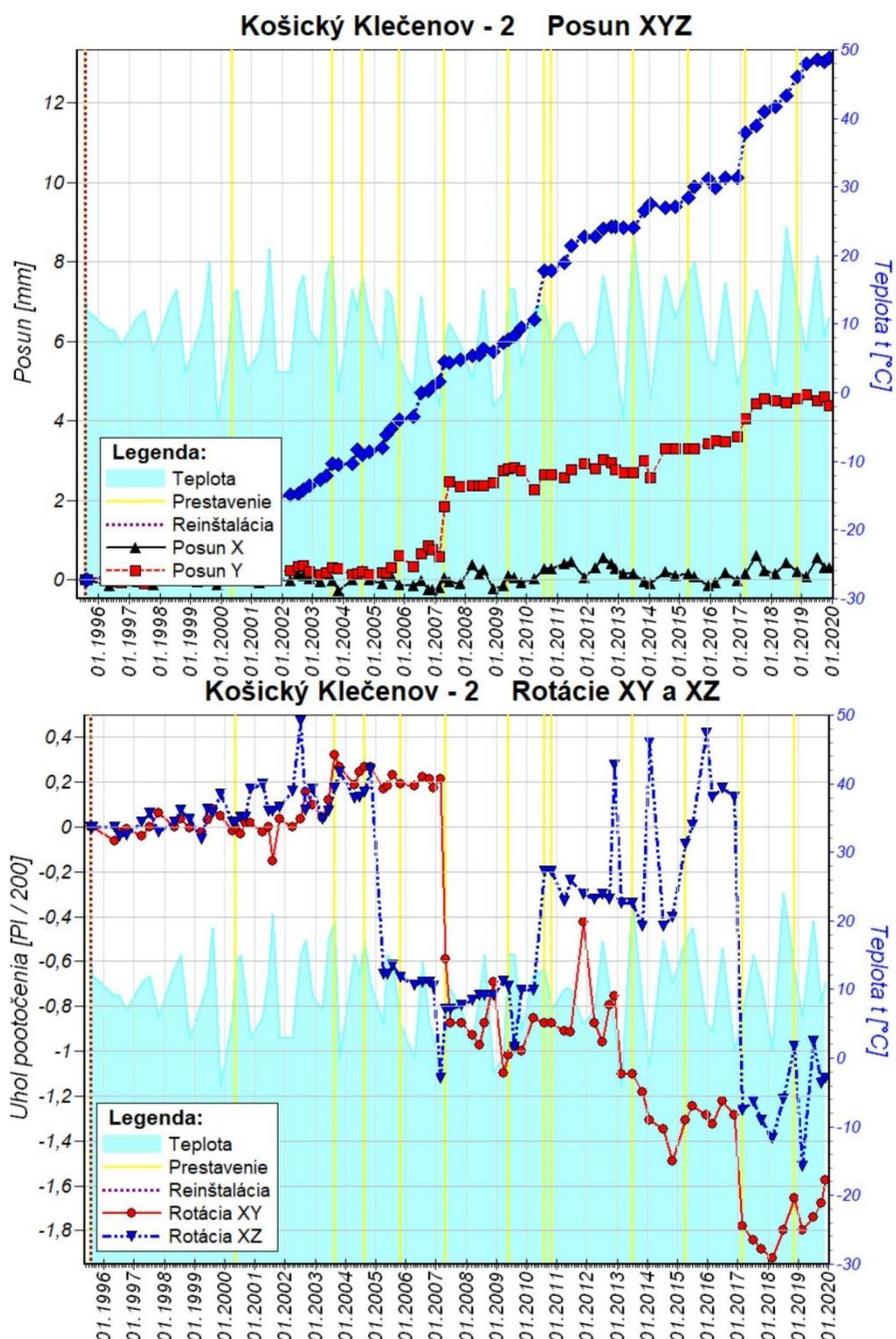
a/ Meranie deformácií dilatometrami

V rokoch 2018 a 2019 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 2018 bolo otváranie trhliny (os X), ktoré narástlo o 0,597 mm, v roku 2019 však len o 0,097 mm, celkovo 6,848 mm. Celkové otvorenie trhliny dosiahlo 6,848 mm. Šmykový pohyb pozdĺž trhliny (os Y) bol v posledných dvoch rokoch rovnomerný – narástol o 0,228 mm a celkovo dosiahol hodnotu 6,320 mm. Pokles bloku (os Z) dosiahol v roku 2018 0,147 mm, v roku 2019 až o 0,735 mm na celkových 12,876 mm.



Obr. 4.15.2. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Košícký 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.

Merania prístrojom KK-2 v roku 2018 preukázali stagnáciu pohybov v smere osi X (otváranie trhliny) a Y (šmykový posun pozdĺž trhliny). V roku 2019 otvorenie trhliny vzrástlo o 0,109 mm na celkových (od roku 1995) 0,308 mm. Šmykový posun stagnoval aj v roku 2019 okolo hodnoty cca 4,4 mm (celkový posun). Pokles horného bloku (os Z) je dlhodobo najrýchlejším pohybom a jeho priemerná rýchlosť je $0,540 \text{ mm.rok}^{-1}$. V roku 2018 dosiahol pokles 0,876 mm, v roku 2019 0,471 mm v tomto roku naproti tomu narástol o 0,876 mm na celkových 12,663 mm. Priemerná rýchlosť poklesu bloku od roku 1995 je $0,543 \text{ mm.rok}^{-1}$. Celková hodnota poklesu dosiahla 13,134 mm. V porovnaní so spodným blokom ($0,434 \text{ mm.rok}^{-1}$) je to o niečo rýchlejší pokles. Spodný blok klesá rýchlosťou $0,444 \text{ mm.rok}^{-1}$.



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

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 obidva 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.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Herľany v roku 2018 predstavoval hodnotu 483,3 mm a v roku 2019 stúpol na 850,9 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Celkový šmykový posun spodného bloku (KK-1) od roku 1990 narástol do konca roka 2019 na 6,320 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti $0,218 \text{ mm.rok}^{-1}$. Rozšírenie trhliny dosiahlo celkovo 6,848 mm. Aj v posledných dvoch (v smere osi Z) pokračoval pokles spodného bloku a na konci roku 2019 dosiahol 12,876 mm. Priemerná rýchlosť poklesu za 29 rokov je $0,444 \text{ mm.rok}^{-1}$.

Prístroj KK-2 monitoruje pohyb horného bloku voči horninovému masívu. V rámci jednotlivých smerov výrazne prevláda pokles, ktorý v roku 2018 narástol o 0,876 mm a v roku 2019 o 0,471 mm na celkových 13,134 mm. Blok klesá priemernou rýchlosťou $0,540 \text{ mm.rok}^{-1}$, 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 2018 stagnovalo, v roku 2019 narástlo o 0,109 mm na celkových 0,308 mm.

Rotácie oboch blokov neprekročili 2 gr. za celé obdobie monitorovania, t. j. za 29 (KK-1), resp. 24,3 rokov (KK-2). Spodný blok vykazuje veľmi slabú rotáciu vo vertikálnej rovine (v smere S-J), horný blok v horizontálnej rovine.

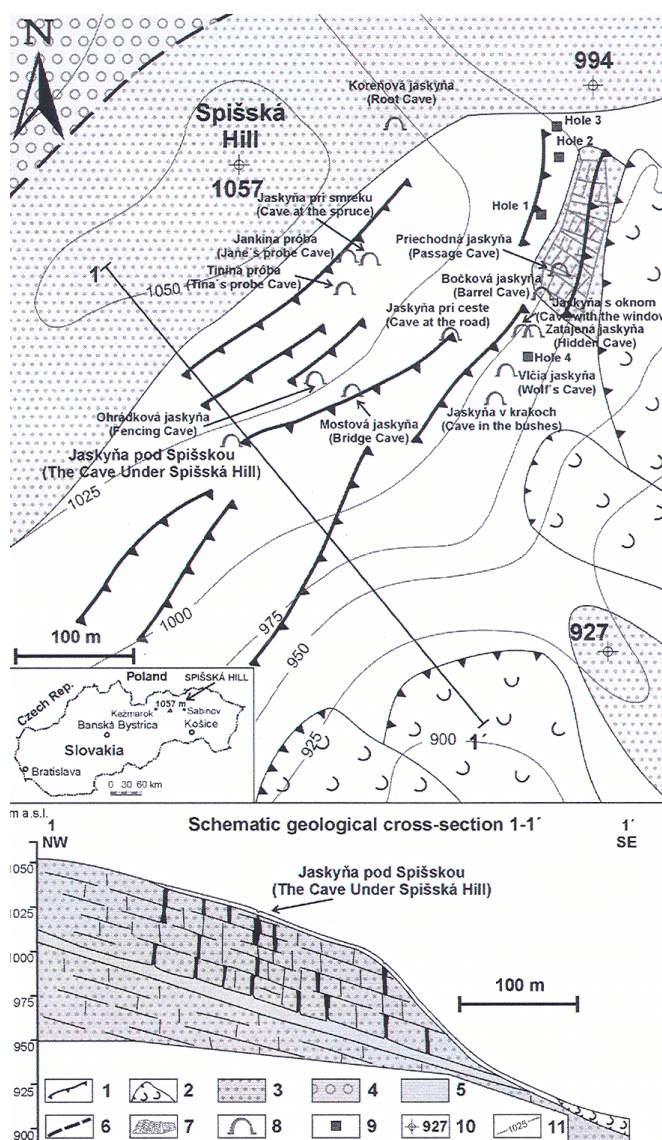
Najpravdepodobnejším vysvetlením recentnej aktivity oboch blokov je kombinovaný vplyv tektoniky (zdvih masívu pozdĺž S – J okrajového zlomu) a plazivého pohybu blokov, ktorý sa prejavuje ich nerovnomerným zabáraním, resp. vytláčaním. Merania v nasledujúcom období (vykonávané aspoň 4-krát ročne) môžu prispieť spolu s ďalšími poznatkami, získanými štúdiom neotektonickej aktivity širšieho okolia lokality a niektorými geodetickými meraniami k objasneniu recentného vývoja územia a dotvárania jeho reliéfu.

1.4.16. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou

Stručná charakteristika lokality

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

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



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

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

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2018 a 2019 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Jaskyňa pod Spišskou sa v roku 2018 uskutočnili tri a v roku 2019 štyri odčítania hodnôt posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 (tab. 4.16.1). V roku 2019 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. 2018 a 2019*

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	JS-1	2018 - 3x (17. máj, 18. september, 21. november*)
			2019 – 4x (28. marec, 27. jún, 11. september, 25. november)

* – prestavenie prístroja

a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v rokoch 2018 aj 2019 preukázali doterajší výrazný trend pohybu v smere osi X (otváranie trhliny) aj v smere osi Z (pokles bloku). Otvorenie v roku 2018 narástlo o 0,031 mm, v roku 2019 o 0,068 mm na celkových 0,872 mm. Trhlina sa rozširuje priemernou rýchlosťou 0,069 mm.rok⁻¹. Pokles sa v roku 2018 zvýšil o 0,116 mm, ale v roku 2019 stagnoval. Celkový pokles od roku 2007 dosiahol 0,727 mm. Priemerná rýchlosť poklesávania bloku je 0,058 mm.rok⁻¹. Doterajší šmykový pohyb (os Y) dlhodobo (od roku 2010) stagnoval do júla 2015 na úrovni od 0,01 do 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).

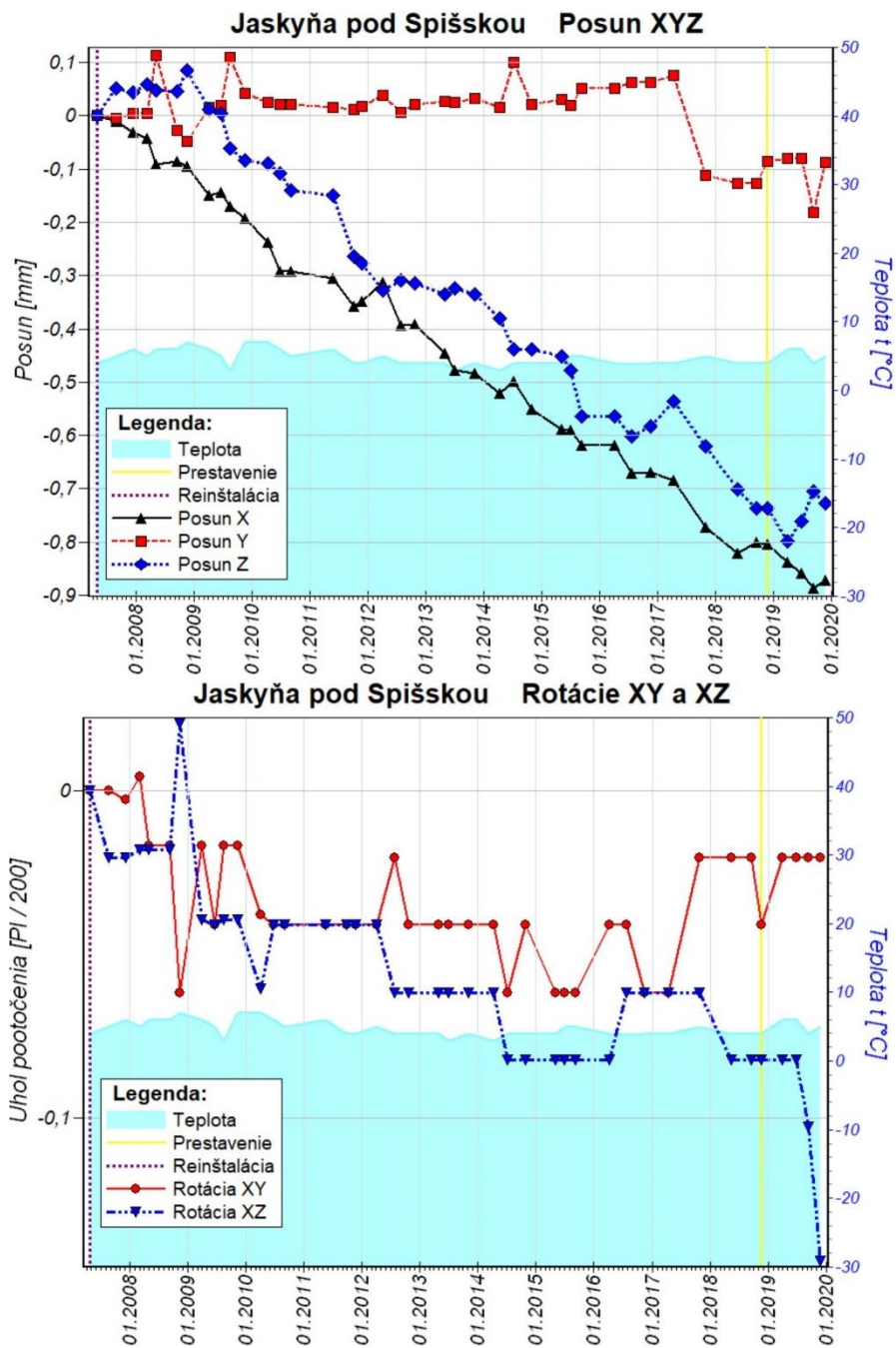
b/ Meranie zrážkových úhrnov

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Brezovica nad Torysou (indikatív 59040) dosiahol v roku 2018 hodnotu 593,9 mm, v roku 2019 stúpol na 746,2 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 takeého 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 $\pi/200$ grádov).

1.4.17. Lokalita Handlová-Baňa

Stručná charakteristika lokality

Celé údolie Handlovky na južnom okraji mesta je postihnuté svahovými pohybmi, ktoré sa iniciovali na obidvoch svahoch rieky. Vzhľadom na to, že jednou z príčin vzniku a aktivizácie pohybov je tlak nadložných vulkanických hornín, ku komplexnej informácii o stave prostredia patrí i poznanie vývoja zvetrávania a porušovania nadložných skalných a poloskalných hornín. Z uvedených dôvodov sa vybudovalo pozorovacie stanovište pre monitorovanie rýchlosti zvetrávania na 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 2018 a 2019

Posledné realizované meranie mikromorfologických zmien na lokalite bolo v roku 2019. Prehľad termínov meraní za posledné dva roky je v tab. 4.17.1.

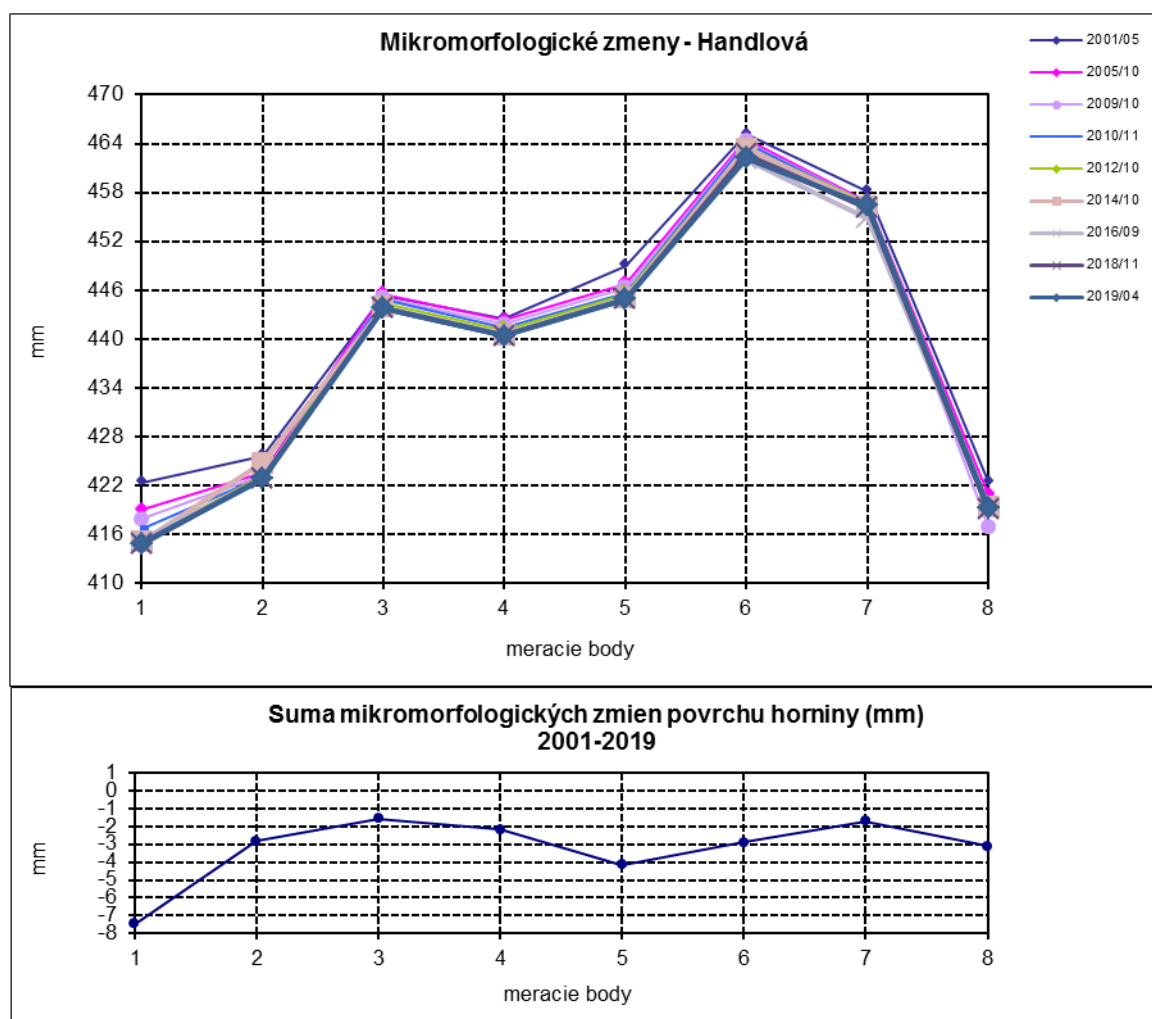
Tab. 4.17.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Baňa v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	8	1 Stanovište MZ	1 (21. november)	1 (11. apríl)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania boli v roku 2018 realizované 21. novembra a v roku 2019 11. apríla. Vo všetkých bodoch boli zaznamenané porovnateľné ročné zmeny v konfigurácii meraného profilu (číslovanie bodov je vždy zľava od 1 do 8 pri orientácii čelom k masívu) – priemerne -0,51 mm za rok a pol, s minimálnou hodnotou -2,64 mm a s maximálnou hodnotou -0,06 mm (obr. 4.17.2). Oproti predchádzajúcemu roku (odstup meraní 5 mesiacov) nedošlo k žiadnej zmene, a teda priemerný rozdiel je rovný 0! Priemerný úbytok za celé monitorované obdobie (18 rokov) predstavuje -3,24 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 -7,48 mm.



Obr. 4.17.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2001 – 2019) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Handlová-Baňa (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 2001 – 2019).

b/ Merania zrážkových úhrnov

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

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

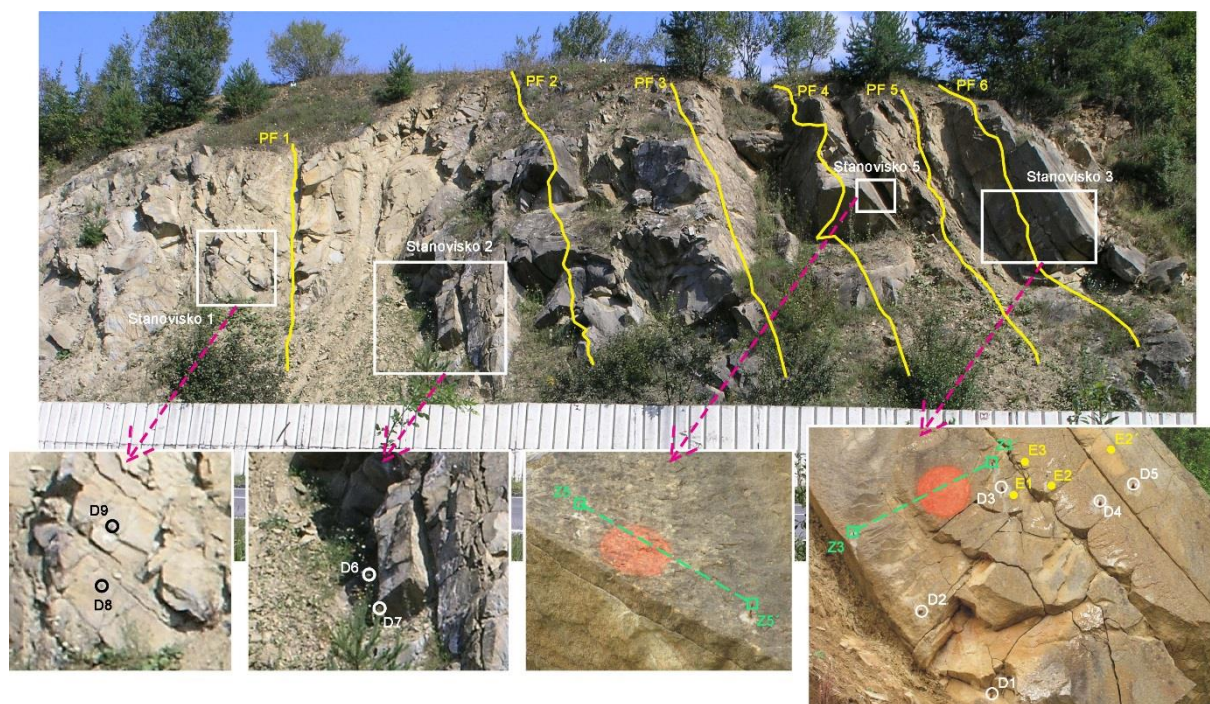
Úbytok materiálu v roku 2019 v porovnaní s rokom 2018 bol relatívne rovnomerný, pričom priemerný ročný úbytok dosiahol hodnotu 0,0 mm! Aj keď uvedený odkryv bezprostredne neohrozuje žiadny objekt infraštruktúry, odporúčame pokračovať v hodnotení zvetrávania a rozvoľňovania, keďže ide o jedinú lokalitu tufov, pozorovanú v rámci monitoringu. Najbližšie meranie mikromorfologických zmien, na základe ktorého bude možné posúdiť ďalší vývoj procesu zvetrávania, bude realizované v roku 2020.

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 2018 a 2019

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2018 a 2019, sú zhrnuté v tab. 4.18.1.

Tab. 4.18.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Demjata v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
Dilatometrické merania:				
– Dilatometer Somet	6	E1, E2, E3, E2', E4, E5	1 (13.december)	1 (12.december)
– Meradlo posuvov	7	D1, D2, D3, D4, D5, D8, D9a	1 (13.december)	1 (12.december)
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	16	2 stanovištia MZ	1 (13.december)	1 (12.december)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Kapušany (59220)	Mesačné úhrny zrážok	
Meranie počtu mrazových dní	2	Stanice SHMÚ Bardejov (11962), Prešov-vojsko (11955)	Počet dní s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

V roku 2019 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

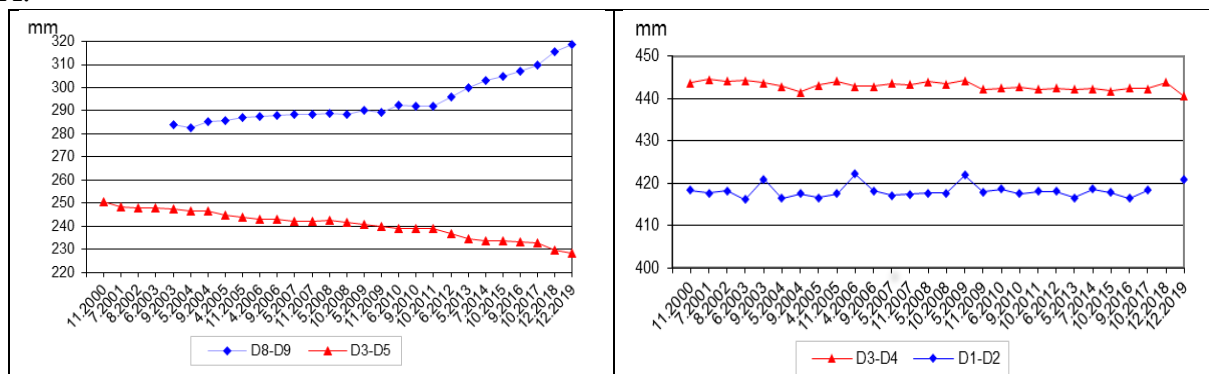
a1/ Dilatometer Somet

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.

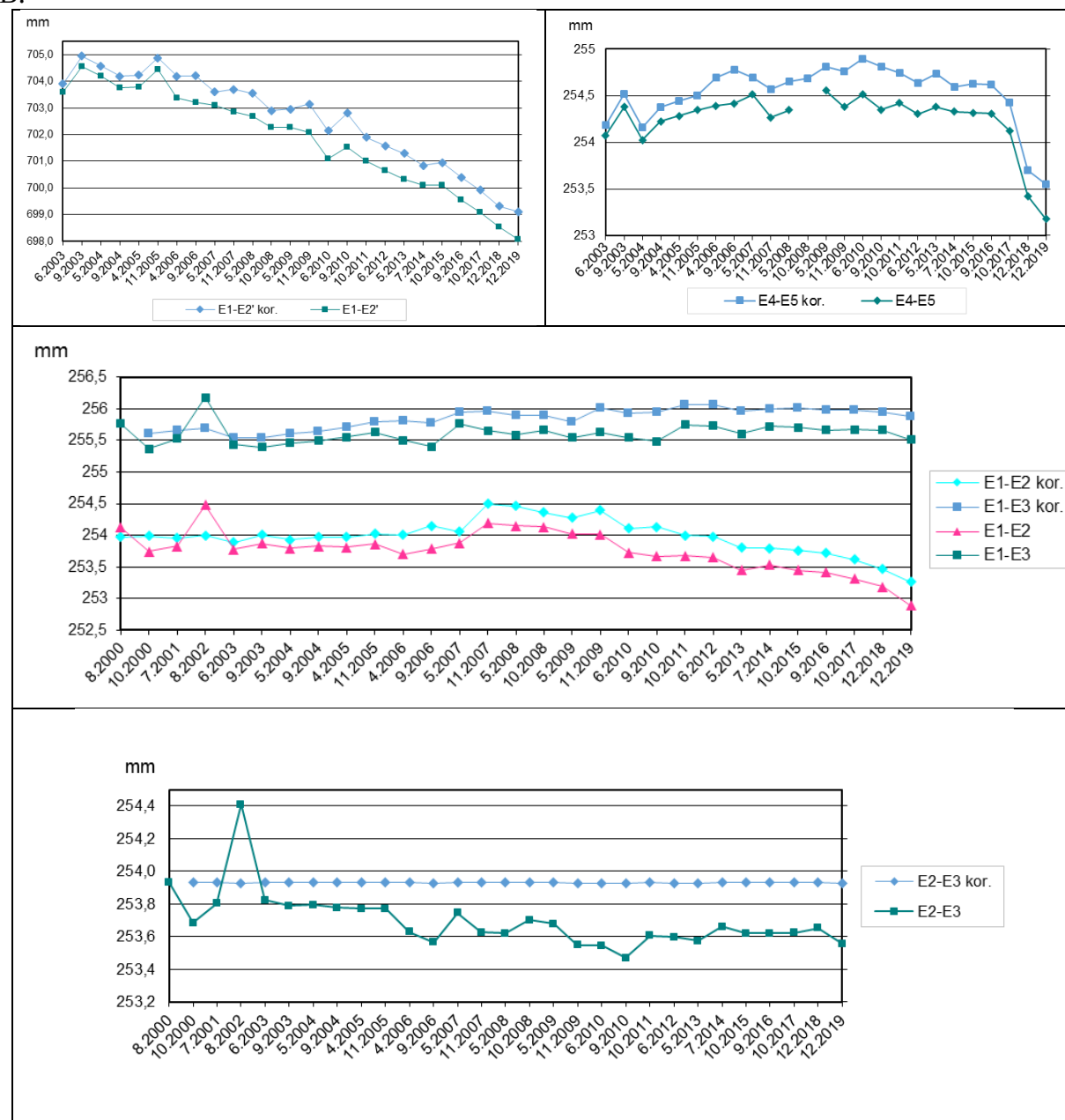
Na stanovišti č. 3 pokračoval v roku 2019 pohyb dvoch na sebe uložených skalných lavíc v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu. V monitorovacom cykle 2019 bol pozorovaný posun okrajovej lavice (profil E1 – E2') o 0,472 mm. V porovnaní s predchádzajúcimi ročnými monitorovacími cyklami sú posuny tejto lavice takmer kontinuálne (v roku 2018 o 0,524 mm). Pohyb uvoľneného horninového bloku v podloží okrajovej lavice bol v roku 2019 zaznamenaný na profile E1 – E2 o veľkosti 0,297 mm, na profile E1 – E3 o 0,154 mm. Oproti meraniam v predchádzajúcich výročných meraniach podložná lavica vykazuje mierne zvyšovanie dynamiky posunov. Na profile E1 – E2 bol zaznamenaný posuv v roku 2018 o 0,124 mm.

Merania realizované na protiľahlej strane zárezu na profile E4 – E5 (stanovište č. 4) v roku 2019 zaznamenali zmenu šírky diskontinuity o 0,25 mm, intenzívnejšie rozvoľnenie nastalo v predchádzajúcom roku 2018 o 0,70 mm (obr. 4.18.2).

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.

V roku 2019 boli na stanovišti č. 3 dokumentované merania, ktoré je možné považovať za hodnoty poznačené systémovými chybami. Vzhľadom na menšiu presnosť tejto metódy budú od nasledujúceho monitorovacieho cyklu pre vyhodnotenie pohybovej aktivity na stanovišti č. 3 využívané merania získané v profiloch monitorovaných dilatometrom Somet. Meradlo posuvov je vhodné používať predovšetkým v prostredí intenzívnejšieho rozvoľňovania skalných blokov (ako je napr. profil na stanovišti č. 1). V roku 2019 bolo zaznamenané medzi bodmi D3 – D5, ktoré kontrolujú posuv okrajovej lavice stanovišťa 3, rozvoľnenie diskontinuity o 1,72 mm. V roku 2018 bol na tomto mieste zaznamenaný posuv o 3,04 mm. Pri meraní profilu medzi bodmi D3 – D4, ktorý zaznamenáva pohyb horninového bloku v podloží okrajovej lavice, bol v ročnom monitorovacom cykle 2019 zaznamenaný pohyb blokov opačného charakteru o -3,21 mm, čo naznačuje meranie zaťažené subjektívnou chybou merača. V roku 2018 bol v profile D3 – D4 zistený posuv o 1,48 mm. Profilom medzi bodmi D1 – D2 je monitorovaná stabilita masívu v podloží oboch diskontinuitami oddelených okrajových lavíc.

Na stanovišti č. 1 pretrváva nezvratný trend uvoľňovania skalného bloku, ohrozenie cestnej premávky však nepredpokladáme. Rozvoľňovanie diskontinuity medzi bodmi D8 – D9 pokračovalo v roku 2019, zaznamenané bolo rozšírenie diskontinuity o 2,78 mm, v predchádzajúcom roku sa puklina rozšírila o 5,74 mm a v roku 2017 o 3,02 mm (obr. 4.18.2). Trend mierne zvýšenej intenzity pohybov je v tomto profile zaznamenávaný od roku 2012.

c/ 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 12 rokov monitoringu) v masíve +0,08 mm a v profile 5 +0,054 mm (obr. 4.18.3a,b). V porovnaní s meraním 2018 bolo v profile 3 zaznamenané priemerné ubúdanie materiálu - 0,2 mm a v profile 5 ubúdanie materiálu - 0,065 mm. V bodoch 6 a 7 profilu 3, kde dochádza k „pribúdaniu“ materiálu (teda k vydúvaniu masívu), očakávame v blízkom období odlúpnutie väčšej šupiny. Najbližšie meranie je plánované na rok 2020.

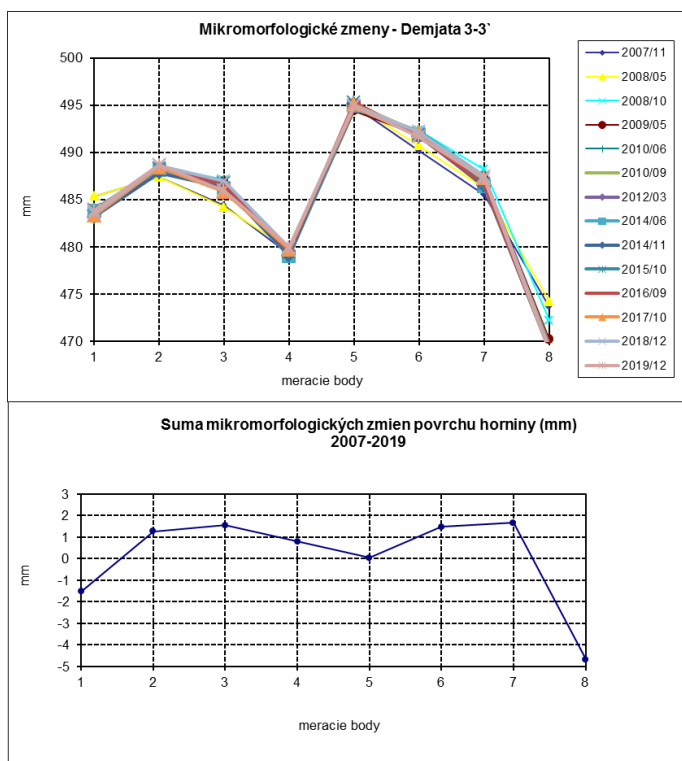
d/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Kapušany (indikatív 59220) v roku 2018 dosiahol hodnotu 497,0 mm. V roku 2019 úhrn zrážok stúpol na 809,7 mm.

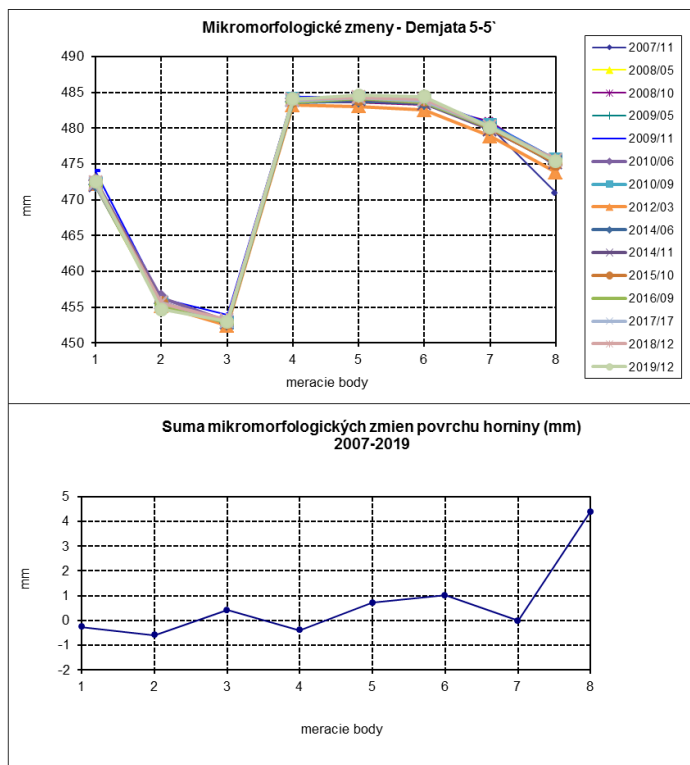
Priemerný počet mrazových dní za zimné obdobia rokov 2000/2001 až 2007/2008 je na stanici Bardejov (indikatív 11962) 113,5 a na stanici Prešov-vojsko (indikatív 11955) za rovnaké obdobie 120,13.

V zimnom období 2017/2018 bol počet mrazových dní 102 t. j. 89,87 % dlhodobého priemeru (stanica Bardejov) a počet mrazových dní na stanici Prešov-vojsko bol 104, t. j. 86,57 % dlhodobého priemeru. V zime 2018/2019 bol počet mrazových dní na stanici Bardejov 108 (95,15 % dlhodobého priemeru) a na stanici Prešov-vojsko 109 dní (90,74 % dlhodobého

priemeru). Na obidvoch staniaciach bol teda počet mrazových dní vyšší v porovnaní s rokom 2018, avšak len mierne vzdialený od hodnoty dlhodobého priemeru.



Obr. 4.18.3a. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 – 2019) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Demjata.



Obr. 4.18.3b. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 – 2019) 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.

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 2020 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 2018 a 2019

Mikromorfologické merania sa realizovali raz ročne. V rokoch 2018 a 2019 bol zabezpečený zber klimatických ukazovateľov (tab. 4.19.1).

Tab. 4.19.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Starina v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 (13. december)	1 (12. december)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Starina (indikatív 43320)	Denné úhrny zrážok	
Meranie počtu mrazových dní	1	Stanica SHMÚ Kamenica nad Cirochou (indikatív 11993)	Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2018 a 2019 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 signalizuje vypadnutie veľkého úlomku z pieskovcovej lavice, a teda pokračujúcu deštrukciu pozorovanú už v roku 2018. V ílovcových polohách bol zaznamenaný výrazný prírastok masívu v bode 2 +0,88 mm, úbytok v bode 3 -8,34 a v bode 7 -12,14 mm. Priemerný úbytok za celé sledované obdobie (24 rokov) dosiahol -44,98 mm, pričom najväčšia hodnota úbytku bola pozorovaná v ílovцovej polohe v bode 7, t. j. -111,10 mm, v bode 6, t. j. -90,28 mm, v bode 3 -70,94 mm (obr. 4.19.2.). Táto skutočnosť indikuje akcelerované zvetrávanie cestného zárezu v ílovcových členoch. Pieskovcové polohy vykazujú za sledované obdobie 23 rokov úbytok materiálu približne -1,5 mm až -6,24 mm, pravda s výnimkou bodu 8 (-72,06 mm).

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

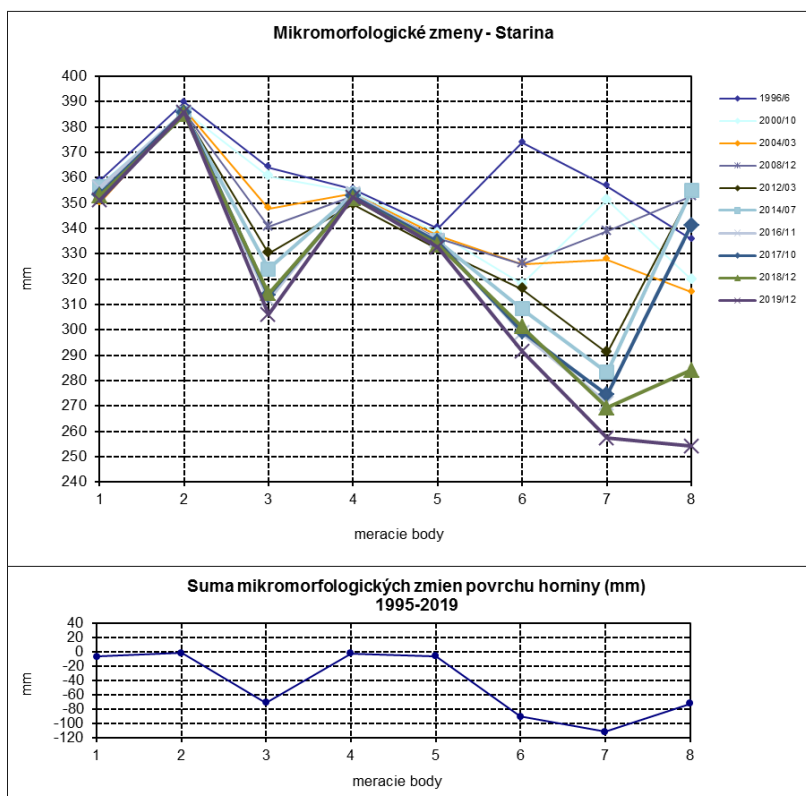
Podľa meraní na stanici SHMÚ Starina (indikatív 43320) zrážkový úhrn za rok 2018 predstavoval 567,6 mm a v roku 2019 hodnota zrážkového úhrnu stúpila na 758,1 mm.

Merania počtu mrazových dní (s minimálnou teplotou nižšou ako 0 °C) na stanici Kamenica nad Cirochou (indikatív 11993) v zime 2017/2018 dosiahli hodnotu 95 mrazových dní. V zime 2018/2019 bolo zaregistrovaných celkovo 103 mrazových dní.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

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.

Najbližšie meranie, ktorým bude možné overiť úbytok materiálu na skalnej stene, je plánované na rok 2020.



Obr. 4.19.2. Výsledky dlhodobého merania (1995 – 2019) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Starina (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 1995 – 2019). Body 1,2,4,5,8 predstavujú pieskovec, body 3,6,7 predstavujú ílovec.

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 2018 a 2019

V roku 2018 sme realizovali jedno meranie, v roku 2019 tiež jedno meranie. Pokračoval zber údajov o zrážkových úhrnoch a teplote vzduchu – počet mrazových dní. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite v rokoch 2018 a 2019 je zhrnutý v tab. 4.20.1.

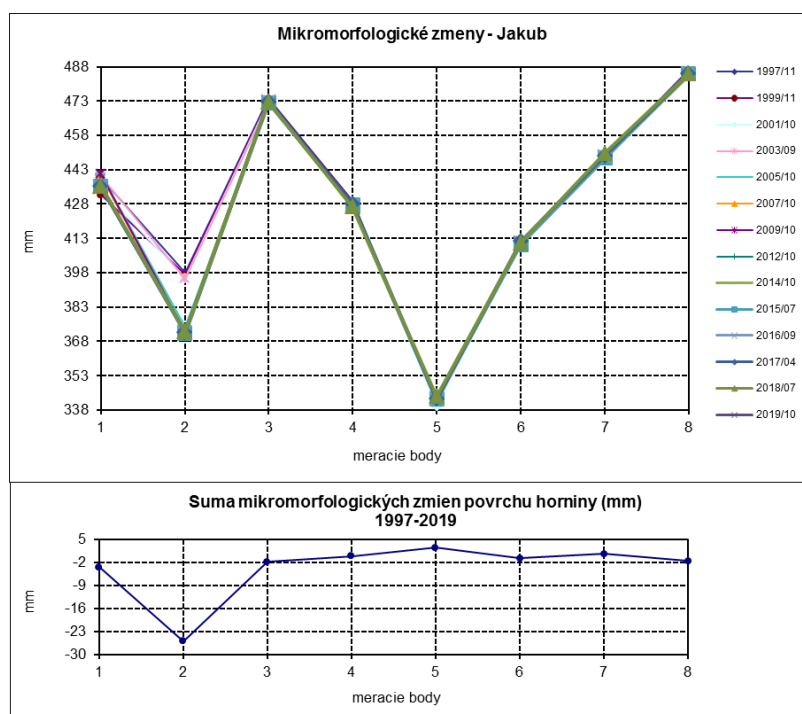
Tab. 4.20.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Jakub v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 (26. júla)	1 (21. október)
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 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania v roku 2018 boli uskutočnené 26. júla a v roku 2019 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 (obr. 4.20.2.). Tento výsledok je výrazne ovplyvnený úbytkom materiálu v bode 2 (-25,92 mm), keď v roku 2005 vypadol zo steny väčší fragment.



Obr. 4.20.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1997 – 2019) mikromorfologických zmien povrchu zárezu železnice na lokalite Jakub (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 1997 – 2019).

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300) v roku 2018 dosiahol hodnotu 697,2 mm (81,07 %, – suchý rok). V roku 2019 zrážkový úhrn na tejto stanici dosiahol 946,9 mm (111,22 % dlhodobého priemeru – vlhký rok).

Počet mrazových dní na stanici SHMÚ v Banskej Bystrici na Zelenej ul. (indikatív 11898) v zime 2017/2018 bol 101 dní, čo pri dlhodobom priemere 105 dní (priemer odvodený z obdobia rokov 2000/2001 až 2007/2008) predstavuje 96,19 % a v zime 2018/2019 ich počet klesol na 93, čo predstavuje 88,57 % z dlhodobého priemeru.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite sa z dlhodobého hľadiska prejavuje relatívne rovnomerné zvetrávanie horninového masívu (priemerný ročný úbytok -0,028 mm), až na vypadnutie fragmentu v bode 2 (rok 2005). Vzhľadom na bezprostredný kontakt skalnej steny s trasou železnice je potrebné v roku 2020 pokračovať v meraniach so zameraním sa na prognózu možných uvoľnení nestabilných úlomkov a blokov horniny.

1.4.21. Lokalita Bratislava-Železná studnička

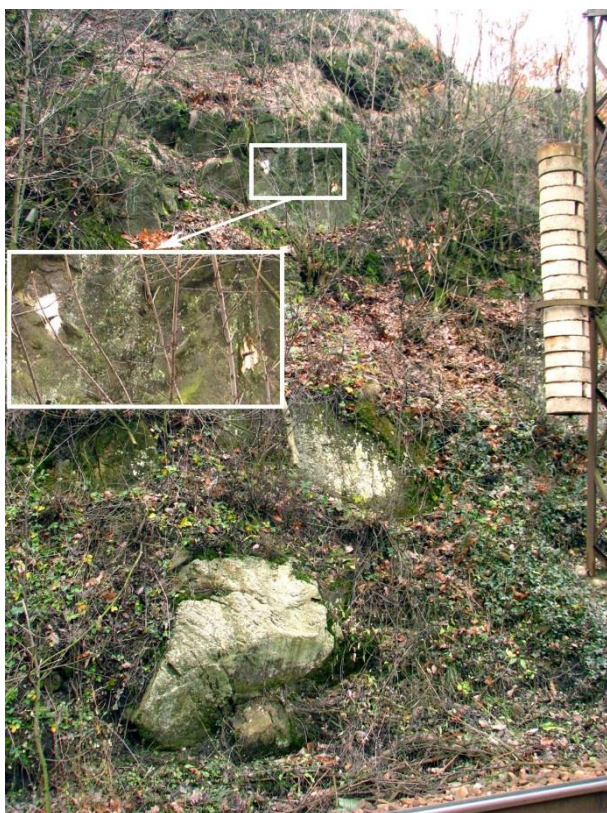
Stručná charakteristika lokality

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 2018 a 2019

V roku 2019 bol zabezpečený zber klimatologických faktorov – zrážkové úhrny, teploty vzduchu, a najmä počty mrazových dní. Monitorovacie aktivity, realizované na lokalite v rokoch 2018 a 2019 sú zhrnuté v tab. 4.21.1.

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

V roku 2019 sa uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu granitoidov so severnou orientáciou pomocou meradla mikromorfologických zmien. Celkový priemerný úbytok za 21 rokov sledovania dosiahol -0,042 mm; priemerný ročný úbytok za sledované obdobie je -0,042 mm (obr. 4.21.2.), pričom výraznejší úbytok, presahujúci -1,26 mm, je charakteristický pre body 5 až 8.

Tab. 4.21.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bratislava-Železná studnička v rokoch 2018 až 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
Mikromorfológické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 (16. august)	1 (29. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080)	Denné úhrny zrážok (aj za rok 2017)	
Meranie Počtu mrazových dní	2	Stanice SHMÚ: Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) Bratislava-Koliba (indikatív 11813)	Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C (aj za rok 2017)	

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

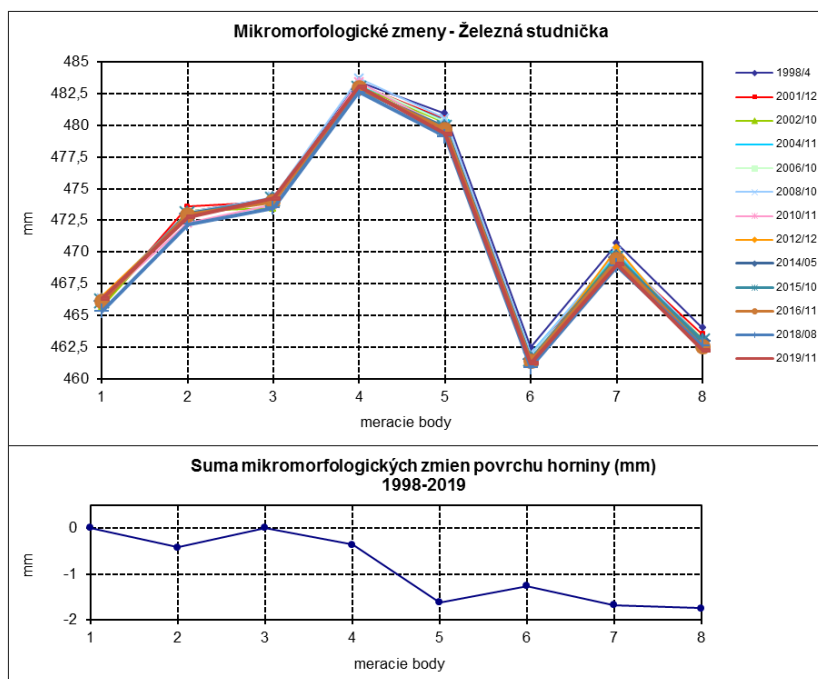
Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080) v roku 2018 dosiahol 654,9 mm a v roku 2019 ich úhrn dosiahol 649,8 mm.

Počet mrazových dní zaznamenaných na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) v zime 2017/2018 bol 75 a v zime 2018/2019 klesol na 61.

Na stanici SHMÚ Bratislava – Koliba (indikatív 11813) bolo počas zimy 2017/2018 zaznamenaných 75 mrazových dní a počas zimy 2018/2019 ich počet klesol na 65 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 2020 budeme pokračovať v sledovaní rozvoja procesu zvetrávania s rovnakou frekvenciou.



Obr. 4.21.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1998 – 2019) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Bratislava-Železná studnička (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 1998 – 2019).

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 2018 a 2019

Podobne ako i v prípade ostatných lokalít, na ktorých sú monitorovacie aktivity zamerané predovšetkým na merania mikromorfologických zmien, boli posledné merania realizované v roku 2018, ako aj v roku 2019 (1 termín merania v roku 2018 a 1 termín merania v roku 2019). V oboch rokoch bola pozornosť venovaná zberu a analýze klimatologických ukazovateľov. Súhrnný prehľad monitorovacích aktivít, realizovaných v rokoch 2018 a 2019, je zhrnutý v tab. 4.22.1.

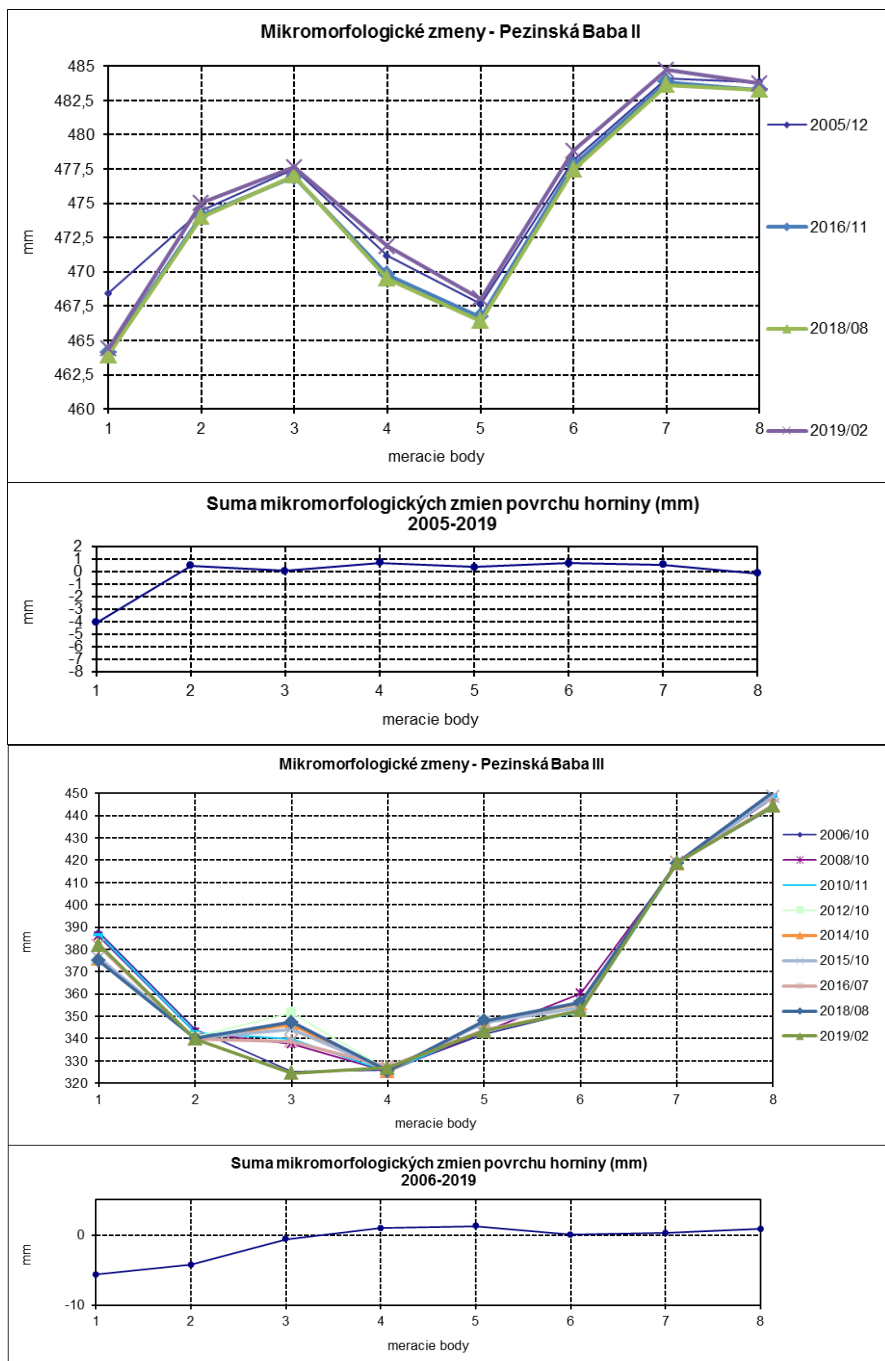
Tab. 4.22.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Pezinská Baba v rokoch 2018 a 2019

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2018	Rok 2019
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	16	2 stanovišťa MZ	1 (16. augusta)	1 (20. február)
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 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

V rokoch 2018 a 2019 sa uskutočnil vždy 1 cyklus meraní zmien povrchu skalnej steny pomocou meradla mikromorfologických zmien na profiloch II a III.



Obr. 4.22.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2005/2006 – 2019) 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 – 2019).

Na profile II (obr. 4.22.2.) bol v roku 2019 v porovnaní s rokom 2018 zaznamenaný úbytok horninového masívu ($-0,075$ mm; $x_{\min} = -0,28$ mm, $x_{\max} = +0,48$ mm). Tento vývoj signalizuje odlúpenie pozdĺž plôch bridličnatosti. Priemerná hodnota ročného úbytku za celé sledované obdobie (14 rokov) predstavuje $-0,01$ mm. Celkový priemerný úbytok na profile II je $-0,145$ mm.

V porovnaní s rokom 2018 bola zaznamenaná výraznejšia zmena v konfigurácii profilu III. V bode 3 toho profilu došlo v roku 2018 k výraznému prírastku $+13,32$ mm; v roku 2019 sme tu už konštatovali výrazný úbytok $-22,48$ mm, čo sme už signalizovali v správe za rok 2018. Podobná situácia bola tiež v bode – v roku 2018 $+6,84$ mm, v roku 2019 $-6,08$ mm. V rámci celého profilu III tak priemerná hodnota prírastku masívu v perióde 2017-2018 dosiahla $+2,81$ mm, v perióde 2018-2019 sme zaregistrovali pomerne výrazný priemerný ústup masívu $-3,54$ mm, t.j. odlúpnutie veľkej šupiny bridlice. Ročný priemerný ústup masívu na tomto stanovišti tak predstavuje hodnotu $-0,068$ mm a priemerný ústup za celé monitorované obdobie (13 rokov) hodnotu $-0,885$ mm (obr. 4.22.2.), teda jasnú zmenu oproti predchádzajúcemu roku (prírastok $+2,65$ mm).

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050) v roku 2018 dosiahol $760,7$ mm. V roku 2019 stúpol zrážkový úhrn na uvedenej stanici na $962,7$ mm.

Počet mrazových dní v zime 2017/2018 bol 93 (stanica Modra-Piesok, indikatív 11833), v zimnom období 2018/2019 ich počet klesol na 76.

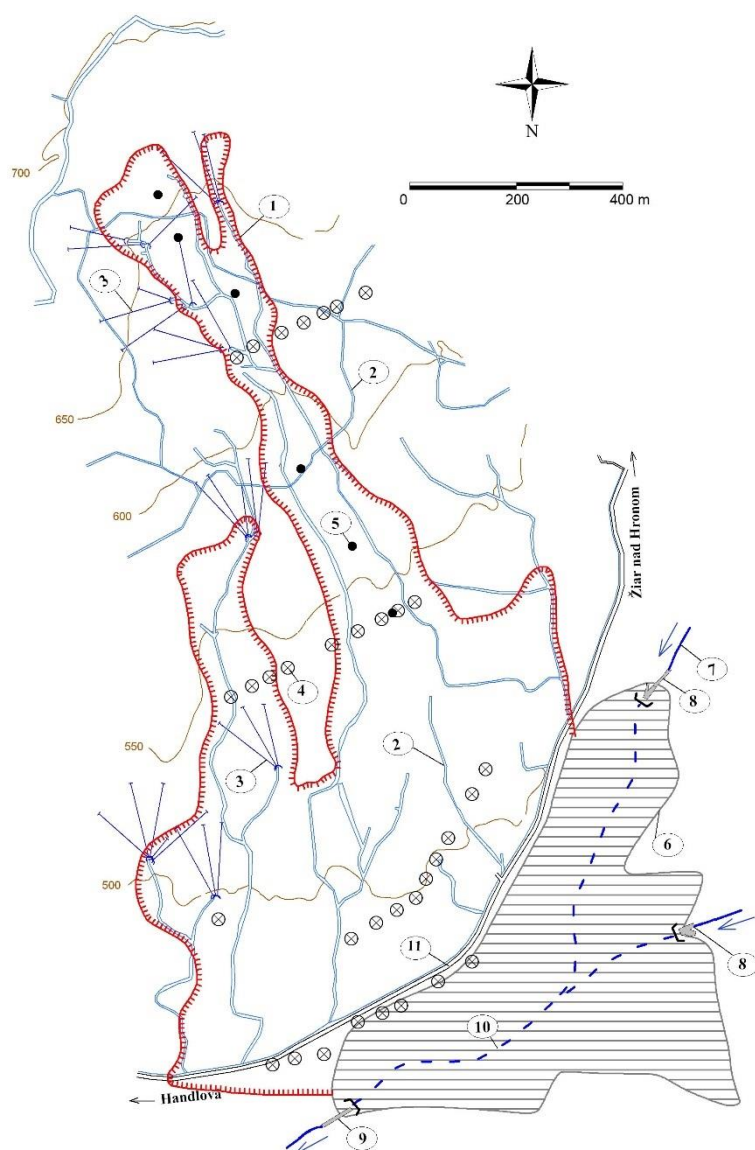
Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Vzhľadom na priamy kontakt skalnej steny odrezu s frekventovanou cestnou komunikáciou, ktorá je na viacerých úsekoch postihnutá aj zosúvaním, považujeme za potrebné v roku 2020 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

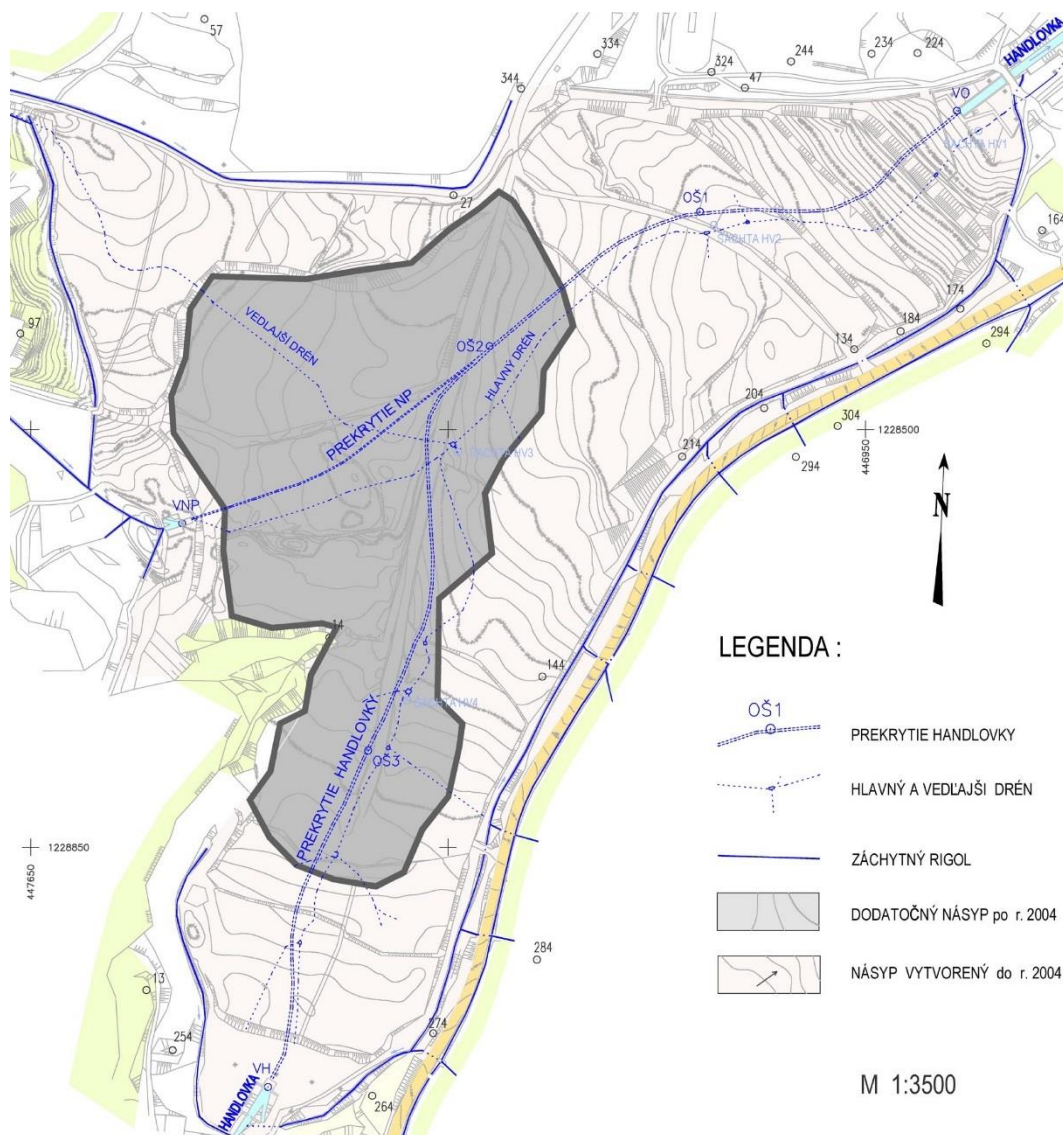
Stručná charakteristika lokality

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 navádzať 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 pieskovcov a zlepcov. Hrúbka navážok závisí od konfigurácie telesa násypu; maximálna je v mieste pôvodného koryta Handlovky a vzhľadom na pokračujúce ukladanie materiálu sa postupne zväčšuje (obr. 4.23.2). 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). Kvarterné 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 2018 a 2019

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2018 a 2019 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	2018	2019
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	25	M-1, M-2, M-3, N-1, N-2, N-3, N-4, NV-105 ¹ , NV-8 ¹ , PV-107, PV-4, H-1, H-2, H-3, H-4 ¹ , H-5, H-6 ¹ , H-7, IN-1, IN-2 ¹ , IN-3A, IN-4, INV-4, MP-1 ¹ , NV-109 ¹ , NV-110, NV-111, NV-112, NV-14 ¹ , PV-109, PV-110 ² , PV-111, PV-112, PV-14, PV-19A ¹ , PV-19B ¹	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 2018 a 2019 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

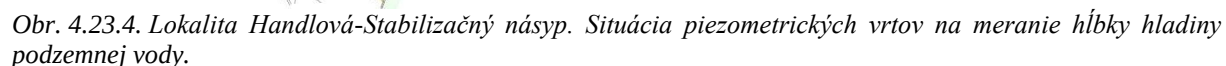
Na lokalite je na sledovanie režimových ukazovateľov v súčasnosti využívaných 25 monitorovacích objektov (v roku 2017 sa na základe analýzy vhodnosti pre ďalšie vykonávanie režimových pozorovaní dočasne prerušilo monitorovanie objektov H-4, H-6, IN-2, MP-1, NV-105, NV-109, V-14, NV-7, NV-8, PV-19A, PV-19B;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

vyraďený 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 2018

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	9,83	461,29	6. 1. 18	10,22	460,90	22. 12. 18	10,01	461,11	0,39
NV-111	52	8,71	461,67	13. 1. 18	9,13	461,25	3. 11. 18	9,02	461,36	0,42
PV-109	52	8,34	468,70	13. 1. 18	8,88	468,16	18. 8. 18	8,71	468,33	0,54
IN-3A	52	8,09	452,51	3. 2. 18	8,76	451,84	20. 10. 18	8,49	452,11	0,67
H-2	52	9,06	452,41	3. 2. 18	9,78	451,69	10. 11. 18	9,50	451,97	0,72
PV-111	52	7,96	462,01	13. 1. 18	8,79	461,18	8. 12. 18	8,45	461,52	0,83
INV-4	52	12,11	465,00	6. 1. 18	13,12	463,99	22. 12. 18	12,60	464,51	1,01
PV-14	52	3,39	458,42	31. 3. 18	5,24	456,57	8. 12. 18	4,35	457,46	1,85
H-7	52	2,06	451,92	17. 3. 18	4,05	449,93	29. 12. 18	3,67	450,31	1,99
N-1	52	-0,47	489,72	31. 3. 18	1,73	487,52	20. 10. 18	0,53	488,72	2,20
N-2	52	0,71	494,84	31. 3. 18	2,91	492,64	20. 10. 18	1,93	493,62	2,20
PV-107	52	15,12	467,23	6. 1. 18	17,33	465,02	29. 12. 18	16,21	466,14	2,21
PV-4	52	7,39	483,59	6. 1. 18	9,64	481,34	3. 11. 18	9,36	481,62	2,25
IN-1	52	4,97	458,09	3. 2. 18	7,24	455,82	15. 12. 18	6,47	456,59	2,27
N-3	52	0,18	498,58	31. 3. 18	2,66	496,10	20. 10. 18	1,63	497,13	2,48
H-1	52	2,32	452,57	31. 3. 18	4,82	450,07	10. 3. 18	4,33	450,56	2,50
PV-112	52	9,23	461,04	24. 3. 18	12,68	457,59	10. 11. 18	11,49	458,78	3,45
M-2	52	-0,26	540,11	31. 3. 18	3,38	536,47	22. 12. 18	1,71	538,14	3,64
M-3	52	0,71	507,18	31. 3. 18	4,38	503,51	22. 12. 18	2,65	505,25	3,67
H-3	52	5,89	463,91	6. 1. 18	9,89	459,91	22. 12. 18	7,78	462,02	4,00
N-4	52	0,17	506,99	31. 3. 18	5,53	501,63	22. 9. 18	2,84	504,32	5,36
M-1	52	0,07	516,66	31. 3. 18	5,61	511,12	20. 10. 18	4,33	512,40	5,54
H-5	52	2,56	458,28	3. 2. 18	8,14	452,70	17. 11. 18	6,62	454,22	5,58
IN-4	52	12,23	464,85	6. 1. 18	17,83	459,25	29. 12. 18	14,43	462,65	5,60
NV-110	52	6,20	470,87	10. 2. 18	13,25	463,82	29. 12. 18	10,65	466,43	7,05

V roku 2018 boli vykonané merania v 25 vrtoch, a to v období od 6. januára do 29. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne, tak ako v predchádzajúcich rokoch, vo vrte N-1 (0,47 m nad terénom – 489,72 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 31. marca. Aj vo vrte M-2 bol dosiahnutý stav hladiny nad terénom (0,26 m nad terénom – 540,11 m n. m.; tiež 31. marca). Maximálne stavy hladiny podzemnej vody vo všetkých vrtoch sa nachádzali v intervale -0,47 (vrt N-1) až 15,12 m pod terénom (vrt PV-107). Vyskytovali sa prevažne v zimných mesiacoch, ale tiež počas jari, výrazne v termíne 31. marca. Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte IN-4 (min. hladina podzemnej vody 17,83 m pod terénom bola nameraná dňa 29. decembra). Minimálne hladiny podzemnej vody boli v jednotlivých vrtoch zaznamenávané v zimných mesiacoch (najmä v decembri), ale aj v októbri a novembri 2018. Vo vrtoch, v ktorých sa hladiny podzemnej vody počas minimálnych stavov nachádzajú vo väčších hĺbkach (viac ako 10 m), boli minimálne hladiny podzemnej vody namerané tieto minimálne stavy v sledovanom roku 2018 v decembri (na rozdiel od roku 2017 – počas januára a februára 2017). Vo vrtoch NV-110 a PV-109 bolo v roku 2018 zaznamenané, že podzemné vody klesli pod úroveň dna vrtu – vrty boli suché počas jedného týždenného merania.



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 pozorovaná 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 vrtov), ale prevažne najmä septembri a októbri (14 vrtov). 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.

152

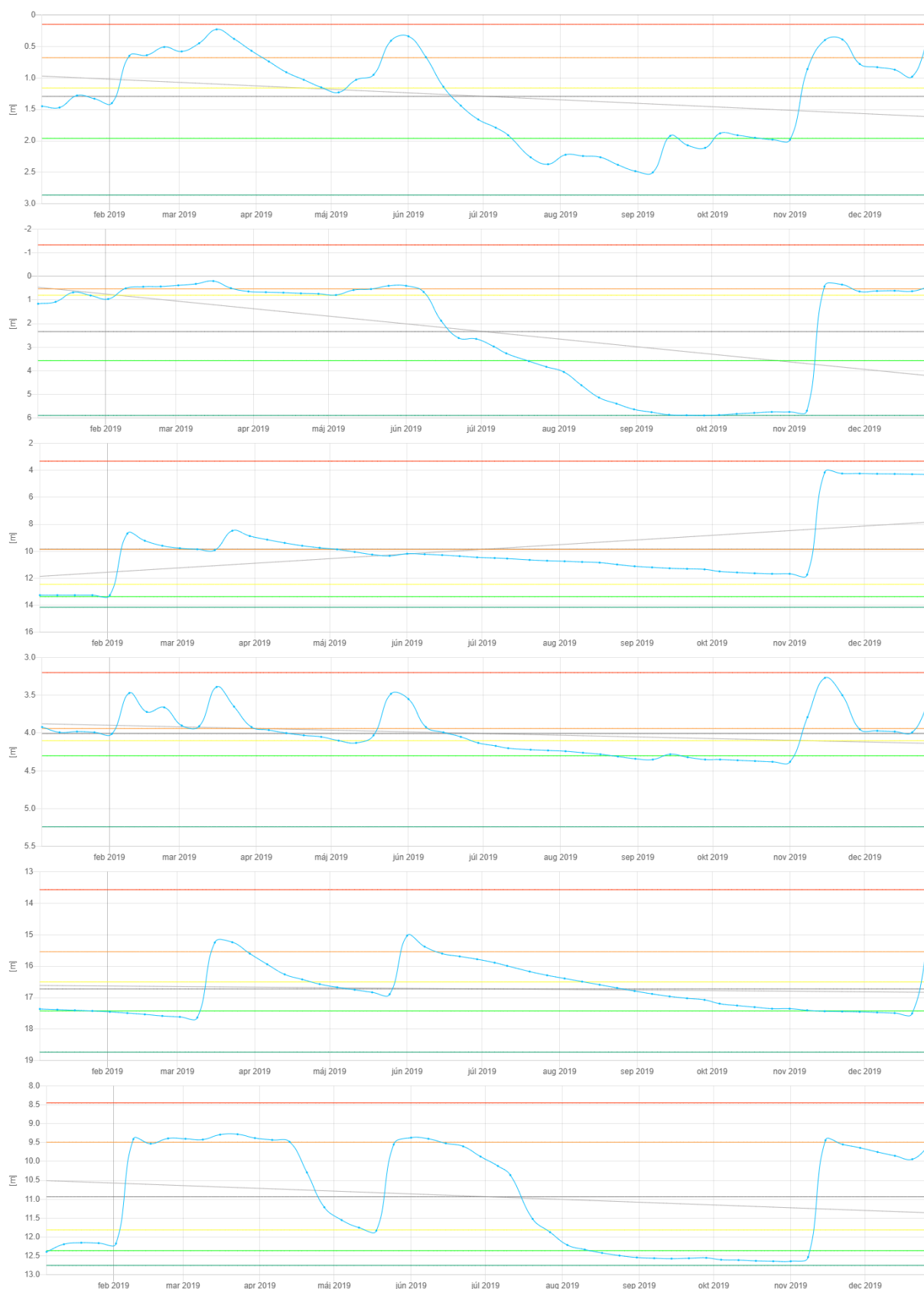
Tab. 4.23.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2019

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

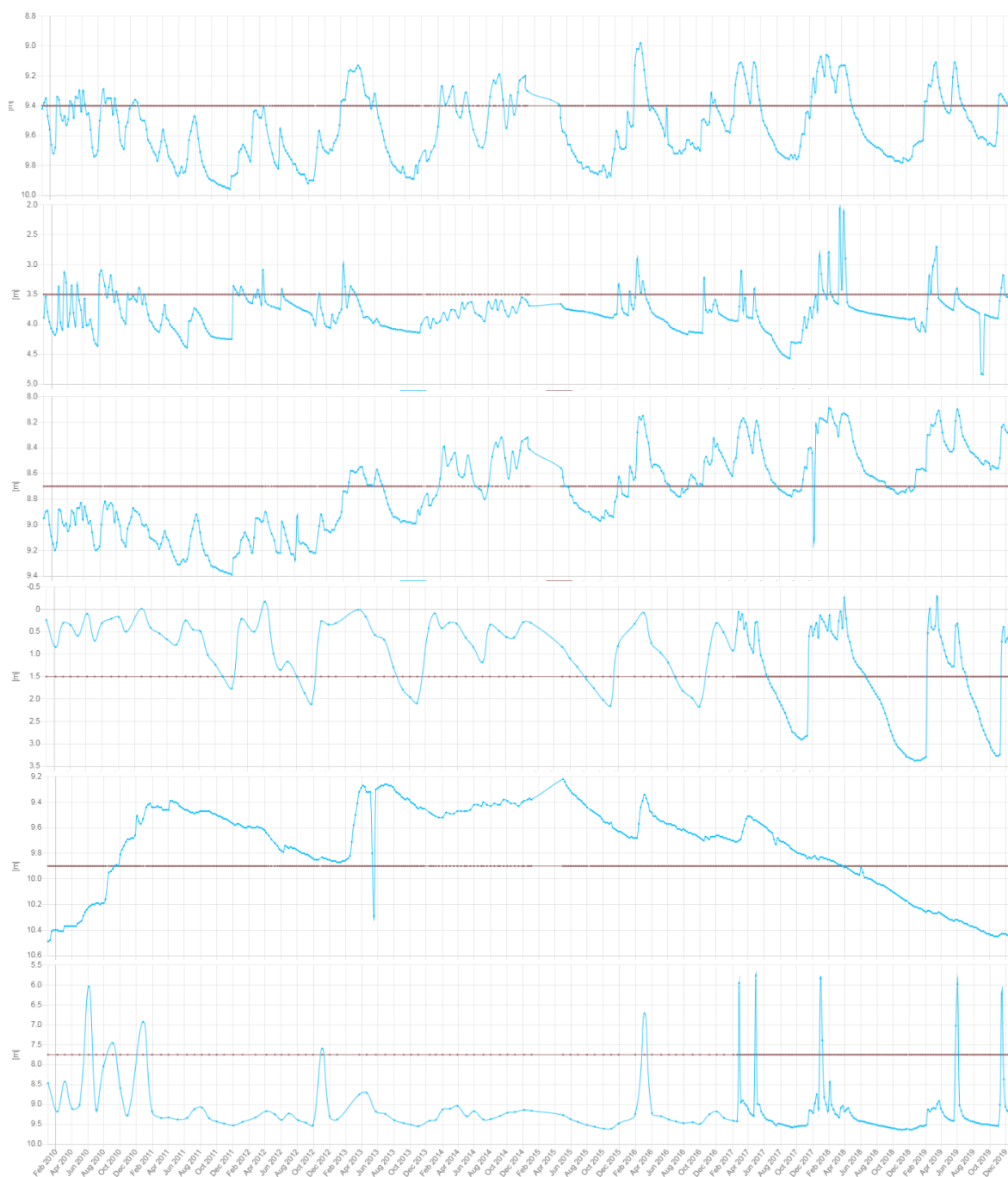
Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2019 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2003 do 2018) vyplýva, že v 4 vrtoch boli prekročené doposiaľ namerané maximálne stavy hladiny podzemnej vody. Vo vrte M-1 bol nameraný maximálny stav 0,15 m nad terénom, vo vrte M-2 0,29 m nad terénom, vo vrte M-3 0,51 m pod terénom (všetky dňa 16. marca) a vo vrte IN-3A 8,00 m pod terénom (27. decembra). V dvoch vrtoch boli prekročené doposiaľ namerané minimálne úrovne hladiny podzemnej vody, a to vo vrte H-7 (4,84 m pod terénom dňa 7. septembra) a vo vrte N-4 (5,89 m pod terénom dňa 28. septembra). Priebehy hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch počas roku 2019 sú prezentované na obr. 4.23.5a a 4.23.5b. Dlhodobý vývoj hladiny vo vrtoch v období od 2003 do 2019 je prezentovaný na obr. 4.23.6.



Obr. 4.23.5a. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2019 a 2018 na vybraných vrtoch Stabilizačného násypu Handlová, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO – od januára, resp. februára 2003 do decembra 2019); grafy sú zoradené v poradí: H-1, H-2, H-5, M1, M-2, M-3, červená – maximálna, zelená – minimálna HPV nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV nameranej počas RO, šedá – priemerná hodnota HPV nameraná počas RO.



Obr. 4.23.5b. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2019 a 2018 na vybraných vrtoch Stabilizačného násypu Handlová, vo vzťahu k základným štatistickým ukazovateľom, odvodeným z údajov, nameraných v predchádzajúcich obdobiach monitorovania (referenčné obdobie – RO – od januára, resp. februára 2003 do decembra 2019); grafy sú zoradené v poradi: N-3, N-4, NV-110, PV-14, PV-107, PV-112, červená – maximálna, zelená – minimálna HPV nameraná počas RO, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil HPV nameranej počas RO, šedá – priemerná hodnota HPV nameraná počas RO.



Obr. 4.23.6. Dlhodobé (2003 – 2019) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch Stabilizačného násypu Handlová (grafy sú zoradené v poradí: H-2, H-7, IN-3A, M-2, NV-112, PV-4).

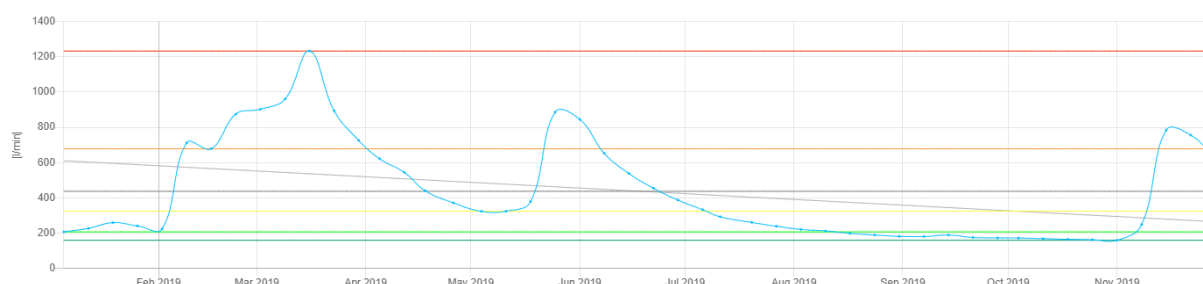
e/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Výdatnosti na Hlavnom odvodňovacom dréne sa v roku 2018 merali s týždennou frekvenciou a teda v danom období bolo realizovaných 52 meraní (tab. 4.23.4). Najnižšia hodnota $121,20 \text{ l.min}^{-1}$ bola nameraná 20. októbra (čo je zároveň aj najnižšia hodnota za celé monitorované obdobie) a najvyššia hodnota $1062,00 \text{ l.min}^{-1}$ bola nameraná 13. januára (obr. 4.23.7). Uvedené hodnoty korešpondujú s meraniami z roku 2017. Výraznejší rozdiel pri porovnaní rokov 2017 a 2018 bol však zistený v priemernej hodnote výdatnosti za sledované obdobie – v roku 2017 dosiahla priemerná výdatnosť $419,48 \text{ l.min}^{-1}$, v roku 2018 $352,55 \text{ l.min}^{-1}$. Tento vývoj pravdepodobne súvisí s nízkym zrážkovým úhrnom v roku 2018.

V roku 2019 sa pokračovalo v meraní výdatnosti na Hlavnom odvodňovacom dréne s týždennou frekvenciou a bolo vykonaných 52 meraní (tab. 4.23.5). Najvyššia výdatnosť bola nadmeraná 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⁻¹ (absolútne najvyššia výdatnosť bola nameraná dňa 9. januára 2010 – 2142,00 l.min⁻¹). Najnižšia výdatnosť bola nameraná 1. novembra – 160,20 l.min⁻¹ po sezónnom klesaní hladiny podzemnej vody vo vrtoch (viď obr. 4.23.5a a 4.23.5b). Priemerná výdatnosť za rok 2019 bola 454,33 l.min⁻¹, čo predstavuje vyššiu hodnotu priemernej výdatnosti v porovnaní s rokmi 2017 a 2018.

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

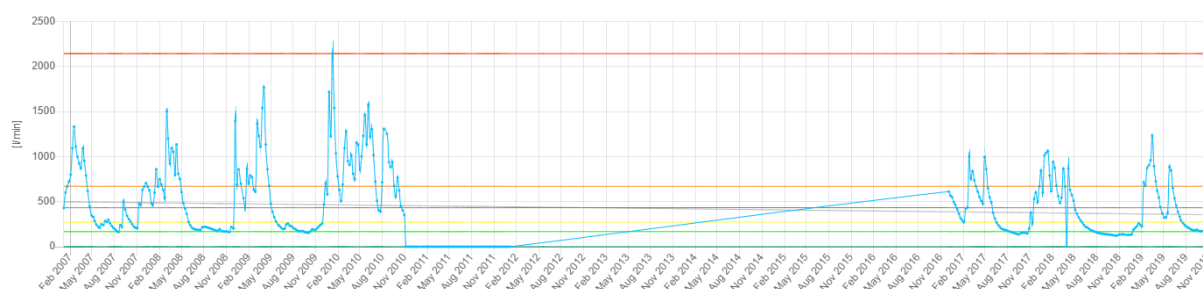
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
Hlavný drén	52	1062,00	13.1.18	121,20	20.10.18	352,55	940,80



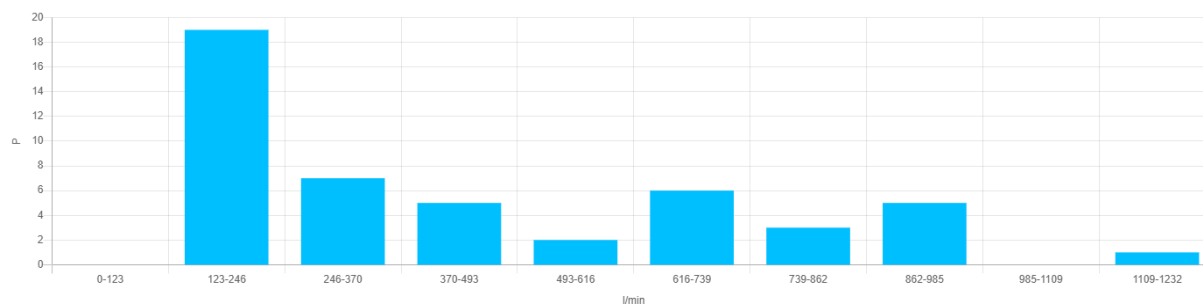
Obr. 4.23.7. Zmeny výdatnosti a základné štatistické ukazovatele zaznamenané v roku 2019 na Hlavnom dréne na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp (modrá – nameraná výdatnosť, tmavozelená – minimálna výdatnosť, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas roka 2019).

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

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



Obr. 4.23.8. Dlhodobé (2007 – 2019) zmeny výdatnosti Hlavného drénu na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp (modrá – nameraná výdatnosť, tmavozelená – minimálna výdatnosť, bledozelená – 1. kvartil, žltá – 2. kvartil, oranžová – 3. kvartil odvodený z údajov, nameraných počas obdobia 2007 – 2019).



Obr. 4.23.9. Početnosť výskytu jednotlivých hodnôt výdatnosti Hlavného drénu na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp počas obdobia 2007 – 2019.

e/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080; obr. 4.1.15 a 4.1.16). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou lokality Handlová-Morovnianske sídlisko.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2015, vzhľadom na faktor rizika, ktorý vyplýva z existencie vodnej stavby, bol monitorovaný objekt z pôvodnej tretej kategórie preradený do vyššej – druhej kategórie. Z preradenia monitorovaného objektu Stabilizačného násypu do kategórie 2 vyplývajú vyššie nároky na zabezpečovanie monitorovacích prác. Z uvedených dôvodov boli monitorovacie práce upravené podľa aktuálnej kategórie monitorovaného objektu a s tým súvisiacich požiadaviek na odbornú spôsobilosť osôb vykonávajúcich špecifické monitorovacie merania a v neposlednom rade i požiadaviek vlastníka objektu – MŽP SR. 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 2019. Hodnota priemernej výdatnosti bola o niečo nižšia ako je dlhodobý priemer, ale voči rokom 2017 a 2018 predstavovala mierne stúpnutie.

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

- Ukladanie nevhodných odpadových materiálov na SN (na základe upozornení bočné prístupové cesty k násypu opätovne zatarasené, dokonca aj pomocou vyhlbenej priekopy).
- Na povrchových odvodňovacích rigoloch Handlovského zosuvu bolo zistené ich zahádzanie, zasutenie a znečistenie rôznorodým, materiálom (konáre, lístie a iné), znečistené sú aj šachty týchto rigolov.
- Na povrchových odvodňovacích rigoloch Handlovského zosuvu dochádza často k nežiaducej infiltrácii vody do telesa zosuvu. Šachty, v ktorých sú vyústené subhorizontálne vrty sú v zlom stave, vrty odvádzajú iba malé množstvá vody, alebo sú suché.

Pri hodnotení hladín podzemnej vody sledovaných v piezometrických vrtoch došlo v roku 2019 k nepatrnému stúpnutiu (o 0,14 m), ale počas roka (najmä 16. marca) boli v štyroch vrtoch preknané dlhodobé maximálne stavy. Na tento stav reagovali aj odvodňovacie zariadenia a v termíne 16. marca bola ich efektivita najvýraznejšia. Z výsledkov meraní za dlhšie časové obdobie vyplýva, že hĺbky hladiny podzemnej vody v monitorovacích objektoch kolíšu len minimálne, čo signalizuje ich starnutie – zanášanie, ale aj 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.

Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2019 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2003 do 2018) vyplýva, že v 4 vrtoch boli prekročené doposiaľ namerané maximálne stavy hladiny podzemnej vody. Vo vrte M-1 bol nameraný maximálny stav 0,15 m nad terénom, vo vrte M-2 0,29 m nad terénom, vo vrte M-3 0,51 m pod terénom (všetky dňa 16. marca) a vo vrte IN-3A 8,00 m pod terénom (27. decembra). V dvoch vrtoch boli preknané doposiaľ namerané minimálne úrovne hladiny podzemnej vody, a to vo vrte H-7 (4,84 m pod terénom dňa 7. septembra) a vo vrte N-4 (5,89 m pod terénom dňa 28. septembra). Priebehy hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch počas roku 2019 sú prezentované na obr. 4.23.5a a 4.23.5b. Dlhodobý vývoj hladiny vo vrtoch v období od 2003 do 2019 je prezentovaný na obr. 4.23.6.

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

2. ZÁVER

V rámci pod systému „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2018 vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – zosúvania (30 pozorovaných lokalít), plazenia (4 lokality) a náznakov aktivizácie rútvých pohybov (8 lokalít). Samostatnú skupinu špecifických prípadov hodnotenia stability prostredia tvorí lokalita Stabilizačného násypu v Handlovej.

Celkovo sa teda v rámci pod systému 01 v roku 2018 monitorovalo 39 lokalít. V roku 2018 boli monitorovacie aktivity zabezpečované na rovnakom súbore lokalít ako v predchádzajúcom roku 2017 (rozdiel oproti roku 2017 je, že na lokalitách Žilina-Vranie, Košice-Krásna, Banská Štiavnica a Slovenský raj-Pod večným dažďom boli spracované a prezentované údaje o klimatických faktoroch za rok 2017). 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 2018

Lokality zo skupiny zosúvania sa monitorovali súborom metód zaznamenávajúcich posuny alebo deformácie meraných objektov (inklinometrické merania a súbor geodetických metód: terestrické a GNSS merania, fotogrametria a DPZ – InSAR) a stav najdôležitejších zosuvotvorných faktorov (režimové pozorovania hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení; zároveň bol zabezpečený zber, archivácia a analýza klimatologických ukazovateľov). Žiaľ, v roku 2018 klesol počet piezometrických vrtov zo zabudovaných automatickými hladinomerami z pôvodných 25 na 21. Dôvodom sú prevažne technické problémy (lokalita Nižná Myšľa). Mimo prevádzky sú i automatické hladinomery so zabudovaným systémom včasného varovania (lokality Okoličné a Veľká Čausa).

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 a zabezpečovaných monitorovacích meraní bola v roku 2018 zabezpečená analýza klimatologických údajov (zo siete staníc SHMÚ) vo vzťahu k stabilite zosuvných území. Analyzovaný bol najmä ich vplyv na zmeny hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení.

Svahové pohyby charakteru zosúvania

Lokality zo skupiny zosúvania sa v roku 2019 monitorovali súborom metód zaznamenávajúcich posuny alebo deformácie meraných objektov (geodetické merania a inklinometrické merania) a stav najdôležitejších zosuvotvorných faktorov (režimové pozorovania hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení; zároveň bol zabezpečený zber, archivácia a analýza klimatologických ukazovateľov).

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 a zabezpečovaných monitorovacích meraní bola v roku 2019 zabezpečená analýza klimatologických údajov (zo siete staníc SHMÚ) vo vzťahu k stabilite zosuvných území. Analyzovaný bol najmä ich vplyv na zmeny hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení.

Na základe hodnotenia výsledkov pohybovej aktivity (prevažne z inklinometrických meraní – 6 lokalít: Handlová-Morovnianske sídlisko, Svätý Anton, Hodruša-Hámre, Ďačov, Bardejovská Zábava a Vyšný Čaj), možno konštatovať, že najaktívnejšia je zosuvná lokalita Ďačov.

Na lokalite **Ďačov** bol vo vrte DA-1 v hĺbke 2,47 m pod terénom, na hlavnej šmykovej ploche, v období od 18. októbra do 12. decembra nameraný prírastok deformácie s hodnotou 9,67 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $4,5 \text{ mm.rok}^{-1}$ (s azimutom 322°). V oblasti parciálneho zosuvu vo vrte DA-7 v severovýchodnej časti obce bola počas kontrolného merania v druhej polovici apríla zaznamenaná deformácia 2,31 mm ($5,89 \text{ mm.rok}^{-1}$; azimut 52°). Deformácia nad 1 mm bola nameraná aj vo vrte DA-9 na šmykovej ploche v hĺbke 3,37 m pod terénom (1,6 mm; $4,09 \text{ mm.rok}^{-1}$). Azimuty nameraných vektorov sa však nezhodujú so smerom spádnice svahu, teda predpokladaným smerom pohybu zosuvného telesa.

Mierne zvýšená pohybová aktivita bola nameraná na lokalitách **Handlová-Morovnianske sídlisko, Hodruša Hámre a Bardejovská Zábava**.

V **Handlovej**, v širšej oblasti **Morovnianskeho sídliska** je sledovaných viacero samostatne sa vyvíjajúcich svahových deformácií. V juhozápadnej časti územia vo vrte AH-3 bola v období od 11. apríla 2019 do 6. decembra 2019 nameraná etapová deformácia s hodnotou 2,44 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $3,72 \text{ mm.rok}^{-1}$ (v hĺbke 6,57 m pod terénom; s azimutom 101°). Celková deformácia na sledovanej šmykovej ploche v tomto vrte, v období od nultého merania (4. marec 2015), dosiahla 31,74 mm, čo v prepočte na priemernú rýchlosť predstavuje $6,66 \text{ mm.rok}^{-1}$. Orientácie nameraných vektorov sú prevažne v súlade so spádniciou svahu. Priamo nad sídliskom vo vrte AH-2 bola v rovnakom období nameraná podobná hodnota etapovej deformácie. V hĺbke 3,78 m pod terénom, na predpokladanej šmykovej ploche bol nameraný vektor 4,51 mm ($6,89 \text{ mm.rok}^{-1}$; 217°). Celková deformácia na uvedenej šmykovej ploche, nameraná v období od nultého (4. marec 2015) po posledné meranie, dosiahla 8,07 mm ($1,69 \text{ mm.rok}^{-1}$).

Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú na lokalite sledované v 44 piezometrických vrtoch. Najlepší obraz o jej vývoji poskytujú záznamy z automatických hladinomerov, ktoré sú umiestnené vo vrtoch P-17 a P-19. V zimných mesiacoch (január, február, resp. november) bol v oboch vrtoch nameraný najväčší pokles hladiny pod terénom za celé monitorované obdobie. Obe vrty zároveň vykazujú vysoký rozsah kolísania úrovne hladiny podzemnej vody a vysokú závislosť na zrážkach, resp. na topení snehovej pokrývky, v týchto prípadoch vystupuje hladina podzemnej vody do blízkosti terénu, resp. až na úroveň terénu.

Na lokalite **Hodruša-Hámre** boli počas roka 2019 namerané zvýšené hodnoty deformácie v oblasti vrtu IP-2. V hĺbke 3,08 m pod terénom, na sledovanej šmykovej ploche, bol v období od 5. apríla do 6. decembra nameraný prírastok deformácie s hodnotou 2,02 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $3,01 \text{ mm.rok}^{-1}$ (azimut 341°). Celková deformácia v období od nultého (15. december 2015) po posledné kontrolné meranie (6. december 2019) dosiahla 5,41 mm ($1,36 \text{ mm.rok}^{-1}$). Vo vrte PS-Z1 etapové vektory len vzácné presahovali hodnotu 0,5 mm. V piezometrickom vrte PS-H1, v ktorom je umiestnený automatický hladinomer, bol sledovaný pokles úrovne hladiny podzemnej vody. Najvyššie stavy hladiny počas roka boli namerané v máji a decembri a najnižšia hladina bola vo februári. Uvedený pokles hladiny podzemnej vody do určitej miery súvisí s vypúšťaním Dolnohodruškého tajchu.

Na lokalite **Bardejovská Zábava** je pohybová aktivita sledovaná vo vrte BIJ-1. Počas roka 2019 boli na lokalite zabezpečené dve kontrolné etapy. Zvýšená pohybová aktivita bola pozorovaná počas oboch etáp. Na plytšej šmykovej ploche, v hĺbke 2,11 m pod terénom, bol v období od 5. decembra 2018 do 25. apríla 2019 zaznamenaný vektor s hodnotou 2,31 mm (priemerná rýchlosť – $5,98 \text{ mm.rok}^{-1}$; azimut 45°). Následne, v rovnakej hĺbke v období od druhej polovice apríla do prvej polovice decembra, bol nameraný vektor s hodnotou 2,5 mm ($3,95 \text{ mm.rok}^{-1}$; azimut 230°). Celková deformácia na hlavnej šmykovej ploche v hĺbke 5,61 m

pod terénom dosiahla 5,51 mm (v období od 3. decembra 2014 do 12. decembra 2019), čo v prepočte na priemernú rýchlosť predstavuje $1,1 \text{ mm.rok}^{-1}$. Hladina podzemnej vody je na lokalite sledovaná v dvoch piezometrických vrtoch.

Na lokalitách **Vyšný Čaj** a **Svätý Anton** boli v roku 2019 namerané relatívne priaznivé stabilné výsledky. Na lokalite **Vyšný Čaj** sú merania pohybovej aktivity zabezpečované v dvoch vrtoch, ktoré sú situované v západnej časti obce. V roku 2019 bola najvyššia aktivita nameraná vo vrte VČI-2. V hĺbke 5,16 m pod terénom, na hlavnej šmykovej ploche, bol v období od začiatku októbra 2018 do konca mája 2019 nameraný vektor $0,81 \text{ mm}$ ($1,24 \text{ mm.rok}^{-1}$; azimut 250°). Celková deformácia v tomto horizonte, v období od nultého (8. október 2014) po posledné kontrolné meranie, dosiahla $3,31 \text{ mm}$.

I napriek uspokojivej stabilite 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.

Na lokalite **Svätý Anton** dochádza k postupnému poklesu pohybovej aktivity. Počas hodnoteného roka boli zabezpečené dve kontrolné etapy; vyššie hodnoty deformácie boli zaznamenané počas druhej (decembrovej) etapy. V hĺbke $8,2 \text{ m}$ pod terénom, na hlavnej šmykovej ploche, bol v období od apríla do decembra nameraný vektor $0,85 \text{ mm}$ ($1,26 \text{ mm.rok}^{-1}$) s orientáciou na severovýchod. Vďaka čomu celková deformácia na hlavnej šmykovej ploche dosiahla $4,58 \text{ mm}$ ($0,99 \text{ mm.rok}^{-1}$; v období od apríla 2015 do decembra 2019). Na lokalite **Svätý Anton** sú režimové pozorovania zabezpečované automatickým hladinomerom, ktorý je situovaný vo vrte JSA-2. Počas roka bol pozorovaný pokles priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. Hladina podzemnej vody počas roka kolísala od $6,45$ do $9,92 \text{ m}$ pod terénom, pričom najnižšia úroveň hladiny bola nameraná v druhej polovici mesiaca december. Vzhľadom na uvedenú skutočnosť je možné predpokladať, že k zhoršeniu stabilných pomerov dôjde v zimnom alebo jarnom období roku 2020.

Pomerne priaznivá stabilná situácia bola geodetickými meraniami overená v zosuvnom území **Okoličné**. Posuny nad 10 mm boli namerané len na bodoch P24 ($14,9 \text{ mm}$), P22 ($14,2 \text{ mm}$) a P14 ($11,2 \text{ mm}$). Namerané hodnoty dokumentujú pohybovú aktivitu zosuvného územia v období od júna 2017 do júna 2019. Hladina podzemnej vody je sledovaná automatickým hladinomerom, umiestneným v čele prúdového zosuvu vo vrte J-1. V roku 2019 bol v tomto vrte nameraný najnižší stav priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody za celé obdobie monitorovania (priemerná hodnota $7,29 \text{ m}$ pod terénom).

Na lokalite **Šenkvice** sú monitorovacie aktivity sústredené na sledovanie hlavného zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Merania sa vykonávajú v troch vrtoch, a to pomocou automatických hladinomerov. V poslednom období, od roku 2015 do roku 2018 mala hladina podzemnej vody výrazne klesajúci trend, čo súviselo s vybudovaným stabilizačno-drenážnym rebrom. V roku 2019 došlo určitému k ustáleniu hladiny podzemnej vody, resp. miernemu vzostupu (vo vrte PVZS-1). Predpokladáme, že príčinou uvedeného stavu je znefunkčnenie (upchatie) potrubia, ktoré odvádza podzemné vody zachytené drenážnymi zariadeniami mimo zosuvné územie – do povrchového recipientu. Na odvodňovacie potrubie je nelegálne pripojené kanalizačné potrubie so splaškovými vodami z príľahlého rodinného domu. Na tento stav boli písomne upozornení predstavitelia samosprávy.

V **Dolnej Mičinej**, podobne ako na predchádzajúcej zosuvnej lokalite, je pozornosť sústredená na sledovanie hladiny podzemnej vody vo vrte JM-6. Na monitorovanie zmien jej hĺbky je využívaný automatický hladinomer. V roku 2019 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody $15,57 \text{ m}$ pod terénom a počas roka sa prejavovala len minimálnym kolísaním. Ani počas jarného obdobia nebol badateľný výraznejší vzostup hladiny, ako v predchádzajúcich rokoch. Úroveň hladiny sa počas letných a jesenných mesiacov prejavovala postupným

poklesom a v decembri dosiahla jednu z najnižších úrovní za monitorované obdobie (16,06 m pod terénom). Úroveň hladiny podzemnej vody v takejto hĺbke pod terénom bola naposledy nameraná na prelome rokov 2012/2013.

Na lokalitách Slanec-TP, Čirč je hlavná pozornosť venovaná sledovaniu efektívnosti odvodňovacích zariadení. V prípade zosuvného územia **Slanec-TP** je dlhodobým problémom skutočnosť, že viaceré vrty sú počas roka zaplavované vodou vytekajúcou z drenážnych zariadení. V dôsledku toho nie je možné sledovať objem odtekajúcej vody zo zosuvného územia a navyše, dochádza k znižovaniu účinnosti hĺbkového odvodnenia.

Na lokalite **Čirč** je možné odvodňovací systém hodnotiť ako relatívne efektívny. V roku 2019 priemerná výdatnosť z výtokového objektu dosahovala $5,8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Najvyššia výdatnosť bola zaznamenaná na konci mája, v období najvyššieho stavu hladiny podzemnej vody vo vrte Č-1 (4,37 m pod terénom).

Na lokalite **Handlová-Kunešovská cesta** sa stav hladiny podzemnej vody monitoruje v pravidelnej dvojtýždňovej frekvencii na sieti 9 piezometrických vrtov. Z výsledkov vyplýva, že na konci mája 2019 došlo vo vrte JK-2 k pomerne výraznému vzostupu hladiny podzemnej vody (najvyššia úroveň za celé monitorované obdobie). Najvyššie výdatnosti boli, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, namerané na odvodňovacích vrtov HV-1 a HV-3.

Svahové pohyby charakteru plazenia

Aj v roku 2019 pokračovali monitorovacie práce s využitím 5 mechanicko-optických dilatometrov TM-71 na štyroch lokalitách: Veľká Izra, Košický Klečenov (2 prístroje), Sokol a Jaskyňa pod Spišskou. Na lokalite Veľká Izra potvrdzujú doterajšie výsledky pozvoľné poklesávanie vrchného bloku voči masívu (celkovo 2,597 mm), dlhodobú stagnáciu (od roku 2010) šmykového pohybu bloku pozdĺž trhliny a dlhodobú osciláciu pomalého otvárania a zatvárania trhliny. V roku 2019 v lokalite Sokol pokračoval pomalý pokles bloku voči masívu (celkovo 0,708 mm) a trend šmykového pohybu pozdĺž trhliny (celkovo 8,210 mm) a otvárania trhliny (celkovo 11,870 mm). Aj v roku 2019 pokračoval na lokalite Košický Klečenov pohyb spodného bloku (KK1) vo všetkých troch smeroch (osiach). Šmykový posun narástol o 0,228 mm, otvorenie trhliny o 0,097 mm a pokles o 0,735 mm. Prístroj KK2 preukázal predovšetkým pokles horného bloku o 0,471 mm (celkovo 12,876 mm), stagnáciu šmykového posunu pozdĺž trhliny a nárast otvorenia trhliny o 0,109 mm (celkovo 0,308 mm). V Jaskyni pod Spišskou v roku 2019 poklesávanie bloku aj šmykový posun stagnovali, naproti tomu trhlina sa rozšírila o 0,068 mm (celkovo 0,872 mm).

Náznamy aktivizácie rúťových pohybů a zvetrávania

V roku 2019 boli monitorovacie aktivity realizované na šiestich lokalitách. Pri meraniach boli aplikované metódy dilatometrického a mikromorfologického merania. V rámci pozorovaných lokalít sa spracovávali aj informácie o významných zosuvotvorných faktoroch (zrážky, počet mrazových dní).

Na lokalite Demjata v roku 2019 pokračoval trend pomalého rozvoľňovania oddelených skalných lavíc v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu na cestnej komunikácii z Demjaty do Raslávíc. Posun vrchnej okrajovej lavice pokračoval s rovnakou intenzitou ako v predchádzajúcom ročnom monitorovacom cykle; v roku 2019 dosiahol 0,472 mm. Pohyb uvoľneného horninového bloku v jej podloží sa od roku 2018 mierne zintenzívil a to o 0,297 mm. Posuvy iných pozorovaných horninových blokov menších rozmerov, vykonávaných dilatometrickými prístrojmi (Somet a Meradlo posuvov), boli v roku 2019 v rozsahu 0,25 mm – 2,78 mm, nepredstavujú však bezpečnostné riziko.

Na šiestich lokalitách, 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. Dlhodobé pozorovania 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 cestu E572 a zabezpečuje stabilitu obytnej zástavby v južnej časti mesta.

Na Stabilizačnom násype bol v roku 2019 v rámci riešenia úlohy ČMS – GF zabezpečený súbor režimových meraní v piezometrických vrtoch a výdatnosti Hlavného drénu. V priebehu roka 2019 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 2019, ktorá vychádza z informácie o stave hladiny podzemnej vody v 25 vrtoch, je možné konštatovať, že v priestore Stabilizačného násypu dosiahla jej priemerná hodnota 6,99 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny nárast, a to o 0,12 m. Najvyššie stavy hladiny podzemnej vody (nad úrovňou terénu) boli zaznamenané vo vrtoch M-1, M-2, N-1 (v intervale od 0,01 do 0,42 m nad terénom). Do blízkosti terénu sa dostali hladiny podzemnej vody i vo vrtoch M-3, N-3 a N-4 (ich maximálne hodnoty sa nachádzali v intervale 0,01 – 0,99 m pod terénom). Výskyt najvyšších úrovní hladiny podzemnej vody bol spojený prevažne so zimným obdobím (január až marec, hlavne však mesiac marec, ale aj jesenným obdobím november a december). Najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody boli pozorované prakticky počas celého roka, častejšie však v prvej polovici januára a v októbri. Na základe výsledkov merania výdatnosti Hlavného drénu možno konštatovať, že maximálne prietoky boli zaznamenané prevažne v prvej polovici roka a najnižšie počas jesenných mesiacov (august až november; min. 1. november – $160,2 \text{ l.min}^{-1}$). Priemerná hodnota výdatnosti drenážneho objektu v období roka 2019 dosiahla $454,33 \text{ l.min}^{-1}$, po je v porovnaní s rokom 2018 výrazný vzostup.

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)

- Bakon, M., Oliveira, I., Perissin, D., Sousa, J. J., Papco, J., 2017: "A Data Mining Approach for Multivariate Outlier Detection in Postprocessing of Multitemporal InSAR Results," in IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 10, no. 6, pp. 2791-2798, June 2017. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7895168&isnumber=7984929>
- Bergman, R., 2011: Fintice – meranie posunov, 15. etapa. Geotop, Košice, 5 s. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Faško, P., Šťastný, P., 2002: Priemerné ročné úhrny zrážok. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. MŽP SR, Bratislava, SAŽP, Banská Bystrica, s. 95
- Fekeč, P., Bednarik, M., Mareta, P., 2014a: Realizácia 2. etapy sanácie havarijného zosuvu v obci Šenkvice. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, INGENEO, 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.
- Fekeč, P. a Ilkanič, D., 2014b: Realizácia protihavarijných opatrení vo Veľkej Lehôtke, v Hradci a Kraľovanoch (celku č. 6 časti II). Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, KOSPER, a.s., Spišská Nová Ves. 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.
- Fekeč, P., Laffers, F., Jasovský, Z., Škarba, R., 2014c: Realizácia 2. etapy sanácie havarijného zosuvu v obci Kapušany. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, KOSPER, a.s. 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.
- Fekeč, P., Piovarči, I., Komoň, J., Vrabel, B., Karchňák, D., 2014d: Realizácia 2. etapy sanácie havarijného zosuvu v obci Vyšná Hutka. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, KOSPER, a.s., Spišská Nová Ves. 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.
- Fekeč, P., Piovarči, I., Komoň, J., Vrabel, B., Karchňák, D., 2014e: Realizácia inžinierskogeologického prieskumu a sanácie havarijných zosuvov v meste Košice. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, KOSPER, a.s., Spišská Nová Ves. 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.
- Fekeč, P., Sluka, V., Pálení, M., 2014f: Realizácia inžinierskogeologického prieskumu havarijného zosuvu a realizácia protihavarijných opatrení v obci Červený Kameň (Projekt č. 7 časti II). Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, INGENEO, 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.
- Fekeč, P., Varga, M., Petercová, A., 2014g: Realizácia 2. etapy sanácie havarijného zosuvu v obci Nižná Hutka. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, KOSPER, a.s., Spišská Nová Ves. 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.
- Ferreti, A., Monti-Guarnieri, A., Prati, C., Rocca, F., and Massonet, D., 2007: InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation. ESA Publications.

- Ferreti, A., Prati, C., and Rocca, F., 2001: Permanent scatterers in SAR interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39 (1), s. 8 – 20.
- Frašťia, M., 2009: Meranie geometrických vlastností horninového prostredia geodetickými a fotogrametrickými metódami. In: Kohút, M., Šimon, L. (ed.): Spoločný geologický kongres Českej a Slovenskej geologickej spoločnosti. Zborník abstraktov a exkurzný sprievodca, Bratislava, s. 62 – 63
- 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: Veľká Čausa 2012. Geodetická dokumentácia. Katedra geodézie SvF STU Bratislava, 13 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Frašťia, M., 2012: Meranie stability skalných zárezov. Demjata 2012, geodetický elaborát. Katedra geodézie SvF STU Bratislava, 11 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Frašťia, M., 2012: Laserové verzus optické skenovanie skalných masívov. *Mineralia Slovaca*, 44, s. 177 – 184. ISSN 0369-2068
- Frašťia, M., 2017: Veľká Čausa 2017. Geodetická dokumentácia. Katedra geodézie SvF STU Bratislava, 13 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Frašťia, M., 2017: Zosuv Kraľovany. Geodetická dokumentácia. Ing. Marek Frašťia, Bratislava, 32 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Frašťia, M., 2018: Zosuv Kraľovany. Geodetická dokumentácia. Ing. Marek Frašťia, Bratislava, 32 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Frašťia, M., 2018: Zosuv Kraľovany. Geodetická dokumentácia. Ing. Marek Frašťia, Bratislava, 32 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- 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
- Grech, J., 2012: Sanácia havarijného zosuvu v obci Ruská Nová Ves, 1.etapa – geologická a technická časť. Obecný úrad, Ruská Nová Ves, Geotrans Prešov, s.r.o., Prešov. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, archív. č. 92020, 22 s.
- Grech, J., Sláma, M., Laurenčík, J., Gomolčák, M., Mišove, P., 2014: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, Časť I. Sanácia havarijného zosuvu v obci Nižná Myšľa – 2.etapa. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro, E., 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.
- 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.
- Ilkanič, A., Tupý, P., Jasovský, Z., 2014: Sanácia havarijných zosuvov v meste Handlová. Skupina dodávateľov „Sanácia Prievidza“, 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.
- Jadroň, D., Mokrá, M., 1999: Handlová – Kunešovská cesta, havarijný zosuv. Záverečná správa. INGEO, a.s. Manuskript, 31 s., Žilina
- Jadroň, D., Mokrá, M., 2001: Monitoring sanovaného zosuvu na štátnej ceste Bojnice – Opatovce/Nitrou. In zborník referátov z 5. Slovenskej geotechnickej konferencie „Optimalizácia geotechnických štruktúr“. Stav. fakulta STU, s. 61 – 68, Bratislava
- Jadroň, D., Mokrá, M., Wagner, P., Fussgänger, E., 2001: Sanácia aktívneho zosuvu vo Veľkej Čausi. In *Geológia a životné prostredie*. Zborník referátov z 2. konferencie. Ed. A. Klukanová, P. Wagner. Bratislava: Vyd. D. Štúra, s. 29 – 33.
- 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>
- Kampes, B. M., 2006: Radar Interferometry: Persistent Scatterer Technique. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Laffers, F., Ilkanič, A., Jasovská, A., Antolová, D., Kopecký, M., Ondrášik, M., 2012: Kapušany – sanácia havarijného zosuvu v obci – I. etapa, sanácia geologického prostredia. ENVIGEO, Banská Bystrica. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, archív. č. 91881, 40 s.
- Lenková, M., 2011: Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory – 01 Zosuvy a iné svahové deformácie. Čiastková záverečná správa. INGEO-ighp, spol. s r. o., Žilina, 15 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- 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.
- Liščák, P., Ondrejka, P., Šimeková, J., Žilka, A., Pauditš, P., Kováčik, M., Balík, D., Fraštia, M., Kopecký, M., 2013: Monitoring pohybovej aktivity havarijného skalného zosuvu v obci Kraľovany, orientačný inžinierskogeologický prieskum. ZS, ŠGÚDŠ Bratislava, archív č. 93030.
- 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
- Mokrá, M., Jadroň, D., Beracko, I., Zuberec, M., 2004: Handlová – pozorovací systém na stabilizačnom násype v údolí Handlovky. Záverečná správa. Archív INGEO – ighp, spol. s r.o. Manuskript, 92 s. a prílohy, Žilina
- Nemčok, A., 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. Veda, Vyd. Slovenskej akadémie vied, 319 s., Bratislava
- Ondrejka, P., 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., Kúdeľ, 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.
- Papčo, J., Bakoň, M., 2018: Monitoring svahových pohybov v lokalite Prievidza-Hradec technológiou radarovej interferometrie z družíc (InSAR). Bratislava, InSAR, 27 s. a prílohy.
- Papčo, J., Bakoň, M., 2019: Monitoring svahových pohybov v lokalite Prievidza-Hradec technológiou radarovej interferometrie z družíc (InSAR). Bratislava, InSAR, 27 s. a prílohy.
- Papčo, J., Bakoň, M., 2018: Monitoring svahových pohybov v lokalite Nižná Myšľa technológiou radarovej interferometrie z družíc (InSAR). Bratislava, InSAR, 23 s. a prílohy.
- Papčo, J., Bakoň, M., 2019: Monitoring svahových pohybov v lokalite Nižná Myšľa technológiou radarovej interferometrie z družíc (InSAR). Bratislava, InSAR, 23 s. a prílohy.
- 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, L., Boorová, D., Zlinská, A., †Siránová, Z., Žecová K., 2012: Vysvetlivky ku geologickej mape regiónu Malé Karpaty 1 : 50 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 7-287
- Sláma, M., Gomolčák, M., Komoň, J., Turovský, F., Tunega, O., Mišove, P., Bačo, J., Vrábl'ová, K., Pastierik, S., 2012: Nižná Myšľa – sanácia havarijného zosuvu – I. etapa, sanácia geologického prostredia, odborný geologický dohľad. Geokontakt, Košice. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, archív. č. 94530, 57 s.
- Šimeková, J., Martinčeková, T. (Eds.), Abrahám, P., Baliak, F., Caudt, L., Gejdoš, T., Grenčíková, A., Grman, D., Hrašna, M., Jadroň, D., Kopecký, M., Kotrčová, E., Liščák, P., Malgot, J., Masný, M., Mokrá, M., Petro, L., Polaščinová, E., Rusnák, M., Sluka, V., Solčiansky, R., Wanicková, 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
- Tometz, L., Blišťan, P., Harabinová, S., Leššo, J., Nyárhidy, J., Turovský, F., 2010: Nižná Myšľa – havarijný zosuv, inžinierskogeologický prieskum. Manuskript Geofond, Bratislava, 59 s.
- 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.
- Vybíral, V., Wagner, P., 2002: Interpretácia výsledkov meraní poľa PEE pri monitorovaní svahových deformácií. In: Klukanová, A., Hrašna, M. (ed.): Geológia a životné prostredie. Zbor. referátov z 3. konferencie. ŠGÚDŠ, Vyd. Dionýza Štúra, Bratislava, 31 – 34
- Vybíral, V., 2011: Meranie poľa PEE podpovrchovou metódou vo vrtoch. Sensor, spol. s r. o., Bratislava, 10 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Vybíral, V., 2012: Meranie poľa PEE podpovrchovou metódou vo vrtoch. Sensor, spol. s r. o., Bratislava, 10 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Wagner, P., Iglárová, L., Petro, L., Scherer, S., 2002: Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií. Geol. práce, Spr., 106, 21 – 42
- Wagner, P., Ondrejka, P., Iglárová, L., 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., Záthurecký, A., Žilka, A., Kotrčová, E., Lenková, M., Méry, V., Frličková, M., Kováčik, J., 2010:
Inžinierskogeologický prieskum vybraných havarijných zosuvov Slovenska, časť č. 6. MŽP SR,
Bratislava, INGEO-ighp, s.r.o., Žilina. Manuscript – Geofond, Bratislava, 38 s.