

MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY
Sekcia geológie a prírodných zdrojov

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA
Bratislava



Zosuvy a iné svahové deformácie

Správa za rok 2016

Názov geologickej úlohy:	ČMS Geologické faktory Podsystem 01: Zosuvy a iné svahové deformácie
Číslo geologickej úlohy:	207
Zodpovedný riešiteľ geologickej úlohy:	RNDr. Pavel Liščák, CSc.
Dátum vyhotovenia správy:	november 2017
Autori správy:	Mgr. Peter Ondrejka, PhD. Ing. Ľubomír Petro, CSc. RNDr. Ľubica Iglárová Mgr. Róbert Jelínek, PhD. RNDr. Pavel Liščák, CSc.
Spolupracovali:	Mgr. Eduard Mašlár, Mgr. Ingrid Mašlárová, Mgr. Barbora Ondrášiková, Daniela Magalová, Juraj Melicherčík, Mgr. Andrej Žilka, Mgr. Dominik Balík, doc. RNDr. Peter Wagner, CSc.
Zástupca zhotoviteľa:	RNDr. Pavel Liščák, CSc.
Štatutárny zástupca:	Ing. Branislav Žec, CSc. generálny riaditeľ ŠGÚDŠ

Bratislava 2017

OBSAH

1. ZOSUVY a INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE	3
1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete	3
1.2. Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia	9
1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov	16
1.4. Výsledky monitorovania.....	18
1.4.1. Lokalita Nižná Myšľa.....	19
1.4.2. Lokalita Kapušany.....	47
1.4.3. Lokalita Veľká Čausa.....	59
1.4.4. Lokalita Prievidza-Hradec.....	79
1.4.5. Lokalita Prievidza-Veľká Lehôtka	92
1.4.6. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko	102
1.4.7. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta	118
1.4.8. Lokalita Handlová-zosuv z roku 1960	127
1.4.9. Lokalita Fintice	131
1.4.10. Lokalita Svätý Anton	142
1.4.11. Lokalita Hodruša-Hámre.....	146
1.4.12. Lokalita Slanec-TP.....	150
1.4.13. Lokalita Dolná Mičiná	157
1.4.14. Lokalita Prešov-Pod Wilec Hôrkou	161
1.4.15. Lokalita Okoličné.....	169
1.4.16. Lokalita Červený Kameň	179
1.4.17. Lokalita Ďačov	184
1.4.18. Lokalita Bardejovská Zábava.....	191
1.4.19. Lokalita Prešov-Horárska ul.....	198
1.4.20. Lokalita Čirč.....	206
1.4.21. Lokalita Žilina-Vranie.....	211
1.4.22. Lokalita Vyšná Hutka.....	214
1.4.23. Lokalita Varhaňovce	224
1.4.24. Lokalita Vyšný Čaj.....	230
1.4.25. Lokalita Nižná Hutka	237
1.4.26. Lokalita Ruská Nová Ves.....	235
1.4.27. Lokalita Košice-Krásna.....	250
1.4.28. Lokalita Šenkvice	253

1.4.29. Lokalita Petrovany	259
1.4.30. Lokalita Kral'ovany	264
1.4.31. Lokalita Veľká Izra	272
1.4.32. Lokalita Sokol	275
1.4.33. Lokalita Košický Klečenov	278
1.4.34. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou	282
1.4.35. Lokalita Banská Štiavnica	285
1.4.36. Lokalita Handlová-Baňa	289
1.4.37. Lokalita Demjata	291
1.4.38. Lokalita Starina	297
1.4.39. Lokalita Slovenský raj-Pod večným dažďom	300
1.4.40. Lokalita Jakub	304
1.4.41. Lokalita Bratislava-Železná studnička	307
1.4.42. Lokalita Pezinská Baba	310
1.4.43. Lokalita Stabilizačný násyp Handlová	313
2. ZÁVER.....	320
LITERATÚRA.....	329

1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE

V rámci subsystému 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie sú prezentované výsledky monitorovania reprezentatívnych lokalít za roky 2015 a 2016 a prehľadne sú spracované aj 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 2016 a analýza výsledkov meraní za dlhšie obdobie, v ktorej sa pozornosť sústreďuje predovšetkým na zaznamenané vývojové trendy zmien jednotlivých pozorovaných ukazovateľov.

1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete

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

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

V roku 2016 boli v súbore monitorovaných zosuvov prerušené merania na lokalitách: Lenartov, Lukov a Košice-Dargovských hrdinov. Ide o územia, na ktorých bol preukázaný buď priaznivý stabilitný stav, alebo, a to sa týka väčšiny uvedených lokalít, výsledky monitorovacích meraní nepodávali skutočný obraz o ich stabilitnom stave. Druhá spomenutá podmienka súvisí so stavom monitorovacej siete. Mnohé vrty boli vybudované v oblastiach, ktoré nie sú priamo ohrozené zosuvmi. Výsledky viacročného monitorovania poukázali, že tieto oblasti sú podmiennečne stabilné. Informáciu o stave stability telesa zosuvu však neprinášali. Na lokalitách Lenartov a Lukov bola naposledy stabilitná situácia overená v roku 2015. Z posledného merania, ale aj dlhodobých výsledkov vyplýva, že monitorované územie, nachádzajúce sa nad svahovou deformáciou, vzniknutou v roku 2010, je relatívne stabilné. Merania, ako sme už naznačili, nepodávali skutočný obraz o pohybovej aktivite monitorovaného zosuvného územia.

Na lokalite Košice-Dargovských hrdinov boli zabezpečované režimové a inklinometrické merania. Výsledky z jednotlivých monitorovacích metód charakterizovali pomery len vo veľmi malom území v rámci rozsiahlej svahovej deformácie. Navyše, získané výsledky nebolo možné jednoznačne interpretovať. Odvodňovacie subhorizontálne vrty boli prakticky počas všetkých meraní suché, podobne to bolo i s jedným z dvoch piezometrických vrto. Najhoršia situácia bola v prípade inklinometrických vrto, domnievame sa, že vysokým kritériám, ktoré si vyžaduje samotná monitorovacia metóda, nevyhovoval technický stav monitorovaných objektov.

Podrobnejšie informácie o zosuvných lokalitách, rozsahu a frekvencii monitorovacích aktivít, ako aj výsledkoch v období aktívneho monitorovania, sú súčasťou ročných správ z predchádzajúceho obdobia (napr. Ondrejka et al., 2015).

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

- typologickom – podmieňujúcim zastúpenie základných typov svahových pohybov (zosúvania, plazenia a prognózovania pohybov typu rútenia),

- regionálno-geologickom – z ktorého vyplýva situovanie reprezentatívnych lokalít do základných inžinierskogeologických regiónov Západných Karpát (Matula a Pašek, 1986),
- celospoločenskej významnosti – podmienujúcim 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 dochádza každoročne k zmenám v súbore monitorovaných lokalít. V tejto súvislosti sa významne prejavuje prevaha lokalít zo skupiny zosúvania nad ostatnými typmi svahových porúch. Pri preferovaní kritéria založeného na spoločenskom hľadisku nám od roku 2011 výrazne pribúdajú lokality v Košickom a Prešovskom kraji.

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 2016 mierne prevládali zosuvy, ktoré vznikli v horninovom prostredí flyšového charakteru.

Okrem takéhoto účelového zjednodušenia geologickej stavby je nevyhnutné pri výbere reprezentatívnych lokalít zohľadniť ich aktuálnu celospoločenskú dôležitosť, ako aj stav monitorovacej siete. Uvedené skutočnosti podmieniajú rozsah aplikovaných monitorovacích metód, ako aj frekvenciu meraní. 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 priradené do vyššej kategórie významnosti.

Zoradenie jednotlivých monitorovaných lokalít (stav z roku 2016) 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. Rôznosť charakteru svahových pohybov v rôznych geologických prostrediach podmieňuje druhú úroveň členenia súboru hodnotených lokalít. Konečným kritériom je rozdelenie lokalít podľa celospoločenskej dôležitosti. 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.

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 vysokých jadrových pohorí	- Kraľovany			
	Oblasť jadrových stredohorí			- Bratislava Železná Studnička - Jakub - Pezinská Baba - Slovenský raj (Pod večným dažďom)	
Región karpatského flyša	Oblasť flyšových hornatín		- Jaskyňa pod Spišskou		
	Oblasť flyšových vrchovín	- Bardejovská Zábava - Čirč - Ďačov - Fintice* - Prešov-Horárska ulica - Prešov-Pod Wilec Hôrkou* - Žilina-Vranie - Červený Kameň		- Demjata - Starina	

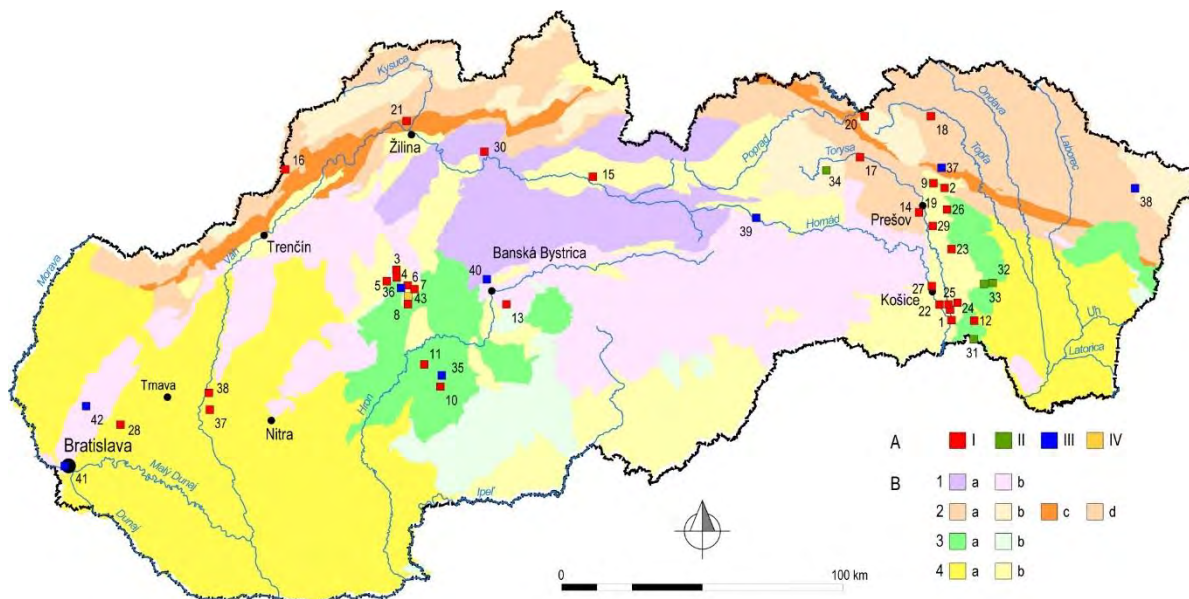
Pokračovanie tab. 1.1

Región neovulkanitov		Oblasť vulkanických hornatín	- Handlová (1960)* - Kapušany - Slanec – TP - Prievidza- Hradec - Prievidza- V. Lehôtka - Hodruša- Hámre	- Košický Klečenov - Sokol - Veľká Izra	- Banská Štiavnica - Handlová- Baňa	
		Oblasť vulkanických vrchovín	- Dolná Mičiná			
Región neogénnych tektonických vkleslín		Oblasť vnútrohorských kotlín	- Handlová (Kunešovská cesta) - Handlová- Morovnian- ske sídlisko - Košice- Krásna - Nižná Hutka - Nižná Myšľa - Okoličné - Petrovany - Ruská N. Ves* - Varhaňovce* - Veľká Čausa* - Vyšná Hutka - Vyšný Čaj			- Handlová (Stabili- začný násyp)
		Oblasť vnútrokarpatských nížin	- Šenkvice			

* Svahový pohyb sa nachádza na hraniciach inžinierskogeologických celkov

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

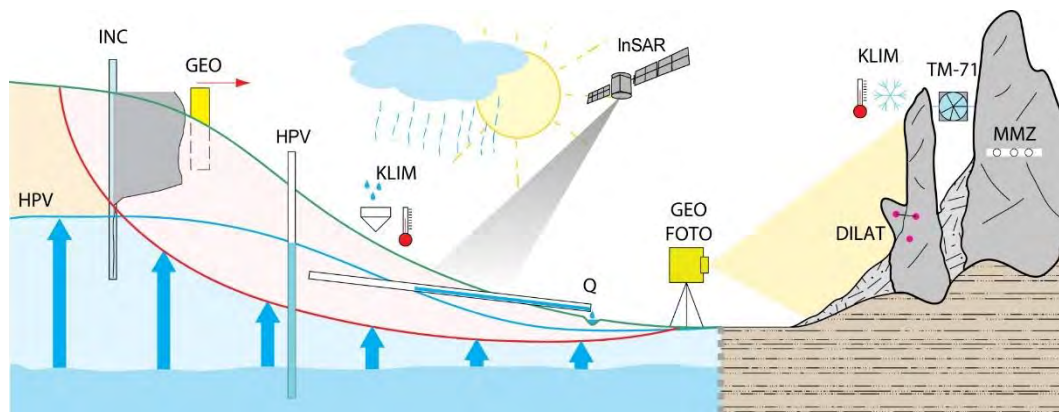
Typ svahového pohybu	Geologická stavba	Celospoločenská dôležitosť	Lokality
Zosúvanie	Neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentmi	Veľmi významná	1. Nižná Myšľa 2. Kapušany 3. Veľká Čausa 4. Prievidza-Hradec 5. Prievidza-V. Lehôtka 6. Handlová-Morovnianske sídliisko 7. Handlová- Kunešovská cesta 8. Handlová – 1960 9. Fintice 10. Svätý Anton 11. Hodruša-Hámre
		Významná	12. Slanec-TP 13. Dolná Mičiná
	Sedimenty flyšového charakteru	Veľmi významná	14. Prešov-Pod Wilec Hôrkou 15. Okoličné 16. Červený Kameň 17. Dačov 18. Bardejovská Zábava
		Významná	19. Prešov-Horárska ul. 20. Čirč 21. Žilina-Vranie
	Neogénne sedimenty	Veľmi významná	22. Vyšná Hutka 23. Varhaňovce 24. Vyšný Čaj 25. Nižná Hutka 26. Ruská Nová Ves 27. Košice-Krásna
		Významná	28. Šenkvice 29. Petrovany
	Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku	Veľmi významná	30. Kľačany
	Plazenie	Významná	31. Veľká Izra 32. Sokol 33. Košícký Klečenov
			34. Jaskyňa p. Spišskou
	Sedimenty flyš. char.	Významná	35. Banská Štiavnica
Rútenie	Neogénne vulkanity	Významná	36. Handlová-Baňa
		Menej významná	37. Demjata
	Sedimenty flyšového charakteru	Významná	38. Starina
		Menej významná	39. Slovenský raj-Pod večným dažďom
	Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku	Významná	40. Jakub
		Menej významná	41. Bratislava-Železná st. 42. Pezinská Baba
Iné: Stabilita vodohospodárskeho diela	Antropogénne sedimenty na kvartérnych a paleogén. horninách	Veľmi významná	43. Handlová-Stabilizačný násyp



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

1.2. Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia

Súborný prehľad používaných metód monitorovania svahových pohybov je uvedený v tab. 1.3 a na obr. 1.2. 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.



Obr. 1.2. Schematické znázornenie monitorovacích metód používaných v rámci pod systému „01 – zosuvy a iné svahové deformácie“. INC – presná inklinometria (prenosný a stacionárny inklinometer), GEO – geodetické metódy (terestrické, GNSS), HPV – merania hĺbky hladiny podzemnej vody, jej teploty (vykonávané pozorovateľmi, resp. automatickými hladinomeri) a pórového tlaku, Q – merania výdatnosti odvodňovacích zariadení, KLIM – merania zrážkových úhrnov a meranie teploty vzduchu (zabezpečené SHMÚ), InSAR – radarová interferometria, FOTO – fotogrametrické metódy (laserové skenovanie terestrické, letecká fotogrametria, optické skenovanie skalných masívov atď.), DILAT – dilatometrické merania tyčovým meradlom Somet a meradlom posunov, TM-71 – dilatometrické merania opticko-mechanickým dilatometrom TM-71, MMZ – merania mikromorfologických zmien povrchu horniny.

A. Zosúvanie

a/ Merania posunov

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

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

Pre získanie informácií z výrazne väčším počtom bodov, pri tvorbe ortofoto pohľadov atď., sú využívané *fotogrametrické metódy*. Viac informácií o tejto metodike uvádzame v časti venovanej rúteniu.

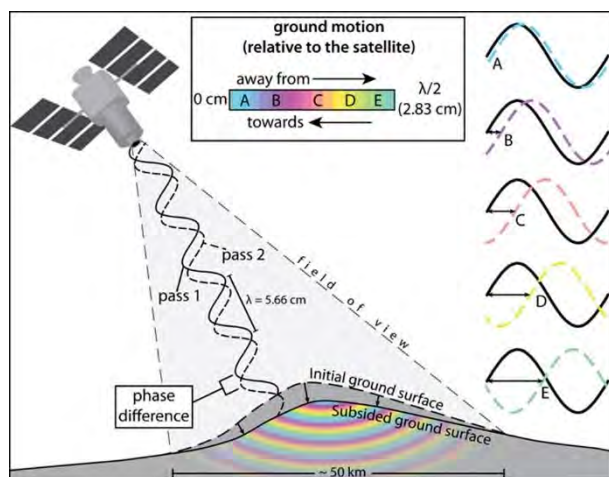
Terestrické metódy na určitých typoch lokalít sú v poslednom desaťročí v značnej miere nahrádzané *presnou družicovou technológiou GNSS (Globálne navigačné satelitné systémy)*, často nie celkom správne nazývanou ako meranie GPS, ktorá je významne využívaná v geodézii na veľmi presné meranie priestorovej 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.

V zosuvných územiach sme od roku 2015 začali s využívaním inovatívnej monitorovacej technológie InSAR – radarová interferometria (z angl. Interferometric Synthetic Aperture

Radar). Metódy tejto technológie patria v súčasnosti medzi najdynamickejšie sa rozvíjajúce oblasti diaľkového prieskumu Zeme; stali sa dôležitým nástrojom presného určovania a monitorovania deformácií zemského povrchu. Techniky radarovej interferometrie nachádzajú uplatnenie napríklad pri geodeticko-geologickom monitorovaní prírodných nebezpečenstiev (svahové pohyby, zemetrasenia, vulkanická činnosť), pozorovaní pretvorení veľkých, ale aj malých stavebných objektov (vodné diela, atómové elektrárne, priemyselné závody, mosty, výškové budovy), tvorbe digitálneho modelu reliéfu, klasifikácii druhov krajinej pokrývky a pri monitorovaní a prieskumoch životného prostredia. Hlavným dôvodom širokého uplatnenia tejto technológie je možnosť využívať družicové radarové merania nezávisle na počasi, dennej alebo nočnej dobe snímkovania s vysokým priestorovým rozlíšením a pokrytím veľkej oblasti jednou snímku. Dôležitým faktorom je tiež nižšie ekonomické zaťaženie pri zachovaní podobnej presnosti v porovnaní s tradičnými geodetickými metódami.

Družicová radarová interferometria využíva elektromagnetické žiarenie (EMŽ) s vlnovou dĺžkou od 3 cm do 25 cm (oblasť frekvenčných pásiem L, C a X). Vysielané je vo forme pulzov aktívnym radarovým systémom na družici smerom k Zemi a po interakcii so zemským povrchom následne prijaté späť. Zo signálu sa využíva amplitúda a fáza prijatého elektromagnetického vlnenia.

Pri interferometrickom spracovaní sa používa minimálne dvojica snímok, pričom sa primárne využíva fázová zložka. Ak chceme určiť deformácie zemského povrchu za určité obdobie, je nutné pracovať so snímkami, ktoré sú vyhotovené z rovnakého miesta na obežnej dráhe družice, ale v rôznych časových okamihoch. Princiipiálne ide o rozdiel fázovej zložky signálu medzi korešpondujúcimi obrazovými elementmi z prvého a druhého (n-tého) preletu družice nad daným územím (obr. 1.3; Ferreti et al., 2007). Rozdiel fáz sa následne opraví o účinok zakrivenia Zeme, topografie, vplyvu atmosféry, nepresnosti určenia dráhy družice a zobrazí sa na danom území vo forme interferenčných pásov. Takto získaný diferenčný interferogram je prvým ukazovateľom miery deformácie na danom území (Ondrejka et al., 2016).



Obr. 1.3. Princíp družicovej radarovej interferometrie (Global Volcanism Program, 2012).

Jednou z pokročilých metód družicovej radarovej interferometrie je metóda využívajúca prirodzené alebo umelo vytvorené odrážače so stabilnou elektromagnetickou odozvou PSInSAR. Technológia je založená na identifikácii bodov na snímke (odrážačov), ktoré vykazujú vysokú stabilitu fázy signálu počas celého obdobia sledovania územia. Ide hlavne o objekty vytvorené ľudskou činnosťou, napr. budovy, mosty, oporné múry, monumenty, veľké antény, stožiare, ktoré sa nachádzajú v záujmovej oblasti. Tieto body (odrážače) môžeme chápať ako „prirodzenú sieť bodov GNSS“, ktorá slúži na plošné sledovanie stability daného územia (Ferreti et al., 2001; Kampes, 2006).

b/ Merania deformácií

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

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

Z metód, ktoré sa v súčasnosti začínajú overovať a možno ich považovať za perspektívne pri ďalšom vývoji a skvalitňovaní monitorovania deformácií, treba uviesť *metódu stacionárnej inklinometrie*. Metóda umožňuje merať vývoj deformácií v určitej hĺbke, zvyčajne na úrovni šmykovej plochy. Merania stacionárnym inklinometrom majú podstatne vyššiu frekvenciu, ako merania prenosným inklinometrom, čo významne mení pohľad na vývoj deformácie v čase a umožňuje porovnávať výsledky s inými kontinuálnymi meraniami, a tak odvodiť prípadné závislosti medzi nimi (Ondrejka et al., 2011). Nevýhodou tohto spôsobu monitorovania deformácie je, že získať informácie z celého profilu vrtu je technicky, a teda aj ekonomicky, veľmi náročné. Pozornosť sa preto venuje vybraným zónam – šmykovým plochám, ktoré treba určiť s vysokou presnosťou ešte pred inštaláciou zariadenia. Úspešne bola táto metóda v rokoch 2009 – 2010 aplikovaná na lokalite Veľká Čausa (Ondrejka et al., 2011). V rokoch 2014 a 2015 boli stacionárnymi inklinometrickými sondami vybavené tri vrty na zosuvných lokalitách v Handlovej a Nižnej Myšli.

c/ Merania napätostného stavu

Ide o merania, ktoré majú oproti predchádzajúcim metódam nespornú výhodu v tom, že indikujú zmeny napätostného stavu prostredia pred vlastným zosuvným pohybom – v prípade dlhšieho časového radu meraní možno odvodiť trendy vývoja napätostného stavu svahu a do určitej miery prognózovať ďalší vývoj jeho stability.

I keď obe používané metódy – *povrchových reziduálnych napätí* (Fussgänger a Jadroň, 1977) a *poľa pulzných elektromagnetických emisií* (PEE – Vybíral a Wagner, 2002) – boli pri riešení úlohy ČMS – GF postupne nahradené (posledné meranie metódou PEE bolo v roku 2014 na lokalite Hlohovec-Posádka) inými progresívnejšími technológiami, v praxi sa naďalej využívajú. Počas ich dlhodobého používania sa zhromaždil pomerne rozsiahly súbor údajov z viacerých zosuvných území, v ktorých boli jednotlivé metódy aplikované. V súčasnom období poskytujú údaje podklad pre analýzy a porovnávanie s inými typmi meraní.

d/ 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).

V nedávnej minulosti, v prípadoch, v ktorých údaje o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody, vzhľadom na filtračné parametre monitorovaného prostredia, nepodávali relevantné informácie o režimových ukazovateľoch, boli do vrtov zabudované snímače pre priame meranie pórového tlaku.

Tab. 1.3. Prehľad metód monitorovania svahových pohybov

Typ svahového pohybu	Pozorované ukazovatele	Metódy monitorovania
Zosúvanie	a/ Posuny	– Geodetické – terestrické – Geodetické – GNSS – Fotogrametrické (laserové skenovanie terestrické, letecká a pozemná fotogrametria) – Radarová interferometria (InSAR)
	b/ Deformácie	– Presná inklinometria (prenosným a stacionárnym inklinometrom)
	c/ Napätostný stav	– Merania poľa pulzných elektromagnetických emisií (PEE; do roku 2014)
	d/ Zosuvotvorné faktory (režimové pozorovania)	– Merania hĺbky hladiny podzemnej vody a jej teploty (vykonávané pozorovateľmi, resp. automatickými hladinomerami) – Meranie pórových tlakov – Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení – Merania zrážkových úhrnov – Meranie teploty vzduchu
Rútenie	a/ Posuny	– Dilatometrické (tyčovým meradlom Somet a meradlom posunov) – Fotogrametrické (metóda stereofotogrametrie, metóda časovej základnice, konvergentná fotogrametria, terestrické laserové a optické skenovanie)
	b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu	– Merania zrážkových úhrnov – Záznam počtu mrazových dní
	c/ Zmeny morfológie skalnej steny	– Merania mikromorfologických zmien povrchu horniny
Plazenie	a/ Posuny	– Dilatometrické (opticko-mechanickým dilatometrom TM-71)
	b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu	– Merania zrážkových úhrnov

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 (ako napr. lokalita Veľká Čausa).

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 a metódy fotogrametrické (tab. 1.3). Možno konštatovať, že obidva tieto okruhy metód zostávajú stále aktuálne a dochádza iba k skvalitňovaniu postupu merania i vyhodnocovania výsledkov.

a/ Merania posunov

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

Veľká výhoda fotogrametrických meraní vo všeobecnosti spočíva v optickom bezkontaktnom meraní a vo fotografickom zázname reality s vysokým stupňom rozlíšenia. Takéto záznamy pokrývajú celú lokalitu a je možné sa k nim kedykoľvek vrátiť a domerať požadované parametre. Majú teda aj vysokú dokumentačnú a archivačnú hodnotu. V súčasnosti sa fotografické záznamy spracovávajú výlučne v digitálnej forme (digitálna fotogrametria), čím sa výrazne zvýšila efektívnosť a presnosť prác. Na pozorovaných lokalitách sa v súčasnosti alebo v nedávnej minulosti aplikujú a aplikovali nasledujúce fotogrametrické metódy:

- *Časová základnica*, predstavujúca dvojsnímkovú stereofotogrametrickú metódu, kedy sa ako ľavá snímka použije predošlá časová etapa a ako pravá snímka súčasná etapa. Zmena častí lokality v smere kolmom na os záberu (optickú os objektívu) sa prejaví ako horizontálna alebo vertikálna paralaxa. Výhodou metódy je jej jednoduchosť a presnosť, nevýhody spočívajú predovšetkým v zabezpečení rovnakej polohy a orientácie každej snímky v každej etape merania.
- *Stereofotogrametria* je tiež dvojsnímkovou metódou, ktorá však využíva princíp prirodzeného stereoskopického videnia. Hlavnou výhodou metódy je jej vysoká efektívnosť, keď na stereomodeli sa merajú priamo priestorové referenčné súradnice. Nevýhodou metódy je nižšia presnosť v smere kolmom na snímkovaciu základnicu.
- *Konvergentné snímkovanie* predstavuje viacsnímkovú metódu, pričom snímky sa vyhotovujú tak, aby ich osi záberu boli konvergentné. Metóda je menej efektívna ako stereofotogrametria, avšak vyznačuje sa vyššou a homogénnou presnosťou vo všetkých osiach súradnicového systému. Na menších objektoch tak možno dosahovať presnosť priestorového určenia bodu vyššiu ako 1 mm (Fraštia, 2009).
- *Terestrické laserové skenovanie* je metóda, ktorá môže doplniť spomenuté fotogrametrické merania a niektoré i nahradiť. Pulzné „time-of-flight“ skenery merajú čas letu svetelnej vlny od vyslania po prijatie a na základe známej rýchlosti šírenia vlnenia sa vypočíta meraná dĺžka. Pulzné skenery majú dosah merania až niekoľko sto metrov s nepatrným poklesom presnosti v závislosti od narastajúcej vzdialenosti. Presnosť určenia priestorovej polohy bodu sa pritom pohybuje od 5 do 30 mm pri rýchlosti merania viac ako $50\,000\text{ bodov}\cdot\text{s}^{-1}$. Presnosť modelovanej plochy sa pohybuje pri súčasných skeneroch od hodnoty 2 mm. Výsledkom laserového skenovania je tzv. mračno bodov, teda množina diskrétnych priestorových bodov definovaných súradnicami XYZ. Nespornou výhodou a perspektívou tejto technológie je možnosť

niektorých spracovateľských softvérov vytvárať rozdielové mapy takto meraných povrchov a určiť tak prípadné zmeny povrchu masívu (Fraštia, 2009).

- *Optické skenovanie (pozemná fotogrametria)* sa podobne ako laserové skenovanie uplatňuje pri automatizovanej tvorbe 3D modelov s hustým (bodovým) pokrytím povrchu. Metóda je využívaná predovšetkým na objekty s náhodne premenlivou textúrou a nie príliš členitou štruktúrou, aj keď posledné výsledky poukazujú na možnosti jej využitia aj pri objektoch doposiaľ rekonštruovaných výlučne metódou konvergentnej fotogrametrie (Fraštia, 2011). Princíp metódy je založený na korelácii (podobnosti) dvoch obrazov, ktoré sú vytvorené z rôznych pozícií, čím je potom možné rekonštruovať priestorové zväzky lúčov a z nich priestorovú polohu bodov, resp. prvkov zaznamenaných na digitálnych obrazoch (Fraštia, 2012).

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 *mikromorfológických 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 priečných 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. Tieto kritéria boli účelovo vytvorené pre podmienky lokalít, monitorovaných od deväťdesiatich rokov do súčasnosti. Tento pôvodný súbor monitorovaných lokalít sa postupne redukuje, respektíve dochádza k znižovaniu počtu funkčných monitorovacích objektov (inklinometrické vrty v aktívnych častiach zosuvov sa postupne stávajú nepriechodné). Zároveň pribúda množstvo nových zosuvných lokalít, teda i početná množina monitorovacích objektov, pre ktoré nie je možné na základe definovaných kritérií stanoviť referenčné hodnoty jednotlivých klasifikačných stupní. Problémy hodnotenia výsledkov meraní na aktuálnej monitorovacej sieti 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, ako to je v hodnotení používanom do roku 2014. 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 stupní.
- 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.

Aplikovanie zaužívaného semikvantitatívneho hodnotenia by vo viacerých prípadoch pôsobilo zavádzajúco, čo by v konečnej miere viedlo k strate vierohodnosti klasifikačného systému. Z uvedeného dôvodu, od roku 2015, nie sú výsledky meraní semikvantitatívne hodnotené. Zvýšená pozornosť je ale venovaná kvalitatívnej stránke monitorovacích objektov, teda i nameraným parametrom.

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 a ďalej až k zavádzaniu diaľkových systémov prenosu nameraných údajov do centier monitorovania, kde sa priebežne, zvyčajne automaticky, vyhodnocujú.

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 2016, zaužívala nasledujúca frekvencia zberu údajov z lokalít svahových pohybov:

a/ Merania na zosuvoch

- Geodetické terestrické merania sa vykonávajú na lokalitách Veľká Čausa a Kľačany. Merania sú vykonávané na konci jarného obdobia, prípadne na začiatku letného obdobia (apríl až júl);
- Geodetické (GNSS) merania sa v posledných rokoch vykonávali na lokalitách: Veľká Čausa a Fintice – 1-krát ročne;
- Radarová interferometria – InSAR. Táto metóda bola v rámci informačného podsystemu úspešne aplikovaná na zosuvných územiach Prievdz-Hradec a Nižná Myšľa. Konkrétne išlo o 52 snímok družice Sentinel-1A (29 z nich bolo zo vzostupnej obežnej dráhy č. 175 a 23 snímok zo zostupnej dráhy č. 51). Tieto snímky zachytávajú vývoj s priemernou opakovateľnosťou 12 až 15 dní.
- 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, maximálne 3-krát za rok. V poslednom období pribudli na lokalitách Nižná Myšľa, Handlová – zosuv z roku 1960 a Handlová-Morovnianske sídlisko po jednej stacionárnej inklinometrickej sonde. Prístroje zaznamenávajú deformácie s frekvenciou jeden deň.
- Režimové pozorovania (merania hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení) sa vykonávali v širokej škále frekvencií – od nepravidelných meraní (1 až 2-krát ročne), ktoré sú súčasťou obhliadok stavu monitorovacích zariadení, cez pravidelné merania s jedno alebo dvojtyždenným, resp. mesačným intervalom, vykonávané pozorovateľmi, až po kontinuálny (hodinový) zber údajov prostredníctvom automatických hladinomerov;
- Zrážkové úhrny – denné, resp. mesačné, sú preberané zo zrážkomerných staníc siete SHMÚ, ako aj z automatickej zrážkomernej stanice situovanej priamo na zosuvnej lokalite Veľká Čausa.

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 3 až 4-krát 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 2015 a 2016 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). 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 za obdobie roku 2016 a na porovnanie uvádzajú i výsledky meraní z roku 2015. Lokality na ktorých sa v roku 2016 nevykonávali žiadne monitorovacie merania, neboli zaradené do predloženej správy. Kompletne výsledky všetkých realizovaných meraní na týchto lokalitách sú súčasťou správy za rok 2015 (Ondrejka et al., 2016). Ide o lokality: Lenartov, Lukov a Košice-Dargovských hrdinov.

Štruktúra opisu jednotlivých monitorovaných lokalít je nasledujúca:

- Stručná charakteristika lokality (uvádza sa iba v prípade, že v aktuálne hodnotenom roku sa na lokalite začali vykonávať nejaké monitorovacie aktivity; na ostatných hodnotených lokalitách sa uvádzajú iba základné údaje o monitorovanej svahovej poruche; podrobnejšie charakteristiky sú uvedené v správach z predošlého riešenia úlohy – napr. Ondrejka et al., 2011, 2012, 2013, 2014 a 2015);
- Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016 zhrnutý v tabuľke;
- Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016. 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 2016, alebo – pri niektorých typoch meraní – do momentu posledného merania, uskutočneného v roku 2016;
- 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 Nižná Myšľa

Stručná charakteristika lokality

V intraviláne obce Nižná Myšľa sa v roku 2010 aktivizovala svahová deformácia, ktorá postihla značnú časť obce. Zosuvy sa aktivizovali v priestore starších potenciálnych zosuvov (Tometz et al., 2010) v dôsledku mimoriadne nepriaznivých klimatických pomerov.

Počas prieskumných a sanačných prác v rokoch 2010 až 2014 bola v zosuvnom území vybudovaná pomerne hustá sieť monitorovacích objektov (inklinometrické a piezometrické vrty). Zároveň v rámci realizácie okamžitých protihavarijných opatrení a sanačných opatrení bola na lokalite vybudovaná hustá sieť subhorizontálnych vrtov. Podrobný opis zosuvnej lokality je súčasťou správ z predchádzajúcich rokov (Ondrejka et al., 2012), ako aj správ z realizovaných prieskumov a sanácií (Tometz et al., 2010, Sláma et al., 2012, Grech et al., 2014 in Šimeková et al., 2014).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016 na lokalite Nižná Myšľa, sú zhrnuté v tab. 4.1.1.

Tab. 4.1.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Nižná Myšľa v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	21	INK-12, 14, 16, 17, 21, 22, 24A, 26, 32, 34, 42, 43, 44, 51, 52, 53, 55, 56, INM-2, 3A, 5	1 – 3 (28. apríl, 29. júl, 27. október, 10. december*)	1 – 3 (28. apríl, 19. júl, 10. november, 21. november,)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	68	J-1, JC-1 až 5, JJ-1, 2 a 4, JK-1, 3, 4 a 6, JS-1, 2, 2A, 3, 4 a 4A, JV-11, 12, 15, 16, 18, 22, 23, JV-23A, 25, 25A, 26, 27, 31, 33, 34, 35, 41, 42, 43, 44, 45, 51, 52, 53, 53A, 54A a 55, P-1, 3, až 6, PŠ-3, PZ-1, 1A, 2, 2A, 4, 5, 5A, 6 až 12, ŠS-1 a 2	3 až 44 (1x za týždeň)	34 až 44 (cca 1x za týždeň)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	37	HNM-1, až 3, SHV-11 až 15, SHV-21 až 23, SHV-31 až 34, SHV-51 až 53, SHV-61 až 64, SHV-71 až 73, SHV-81 a 82, SHV-91 až 93, SHV-101, SHV-111 a 112, ST-12	22 až 44 (1x za týždeň)	35 až 45 (cca 1x za týždeň)
Meranie zrážkových úhrnov	3	Stanice SHMÚ: Čaňa (indikatív 60140) Vyšný Čaj (indikatív 60100)	Denné úhrny zrážok	

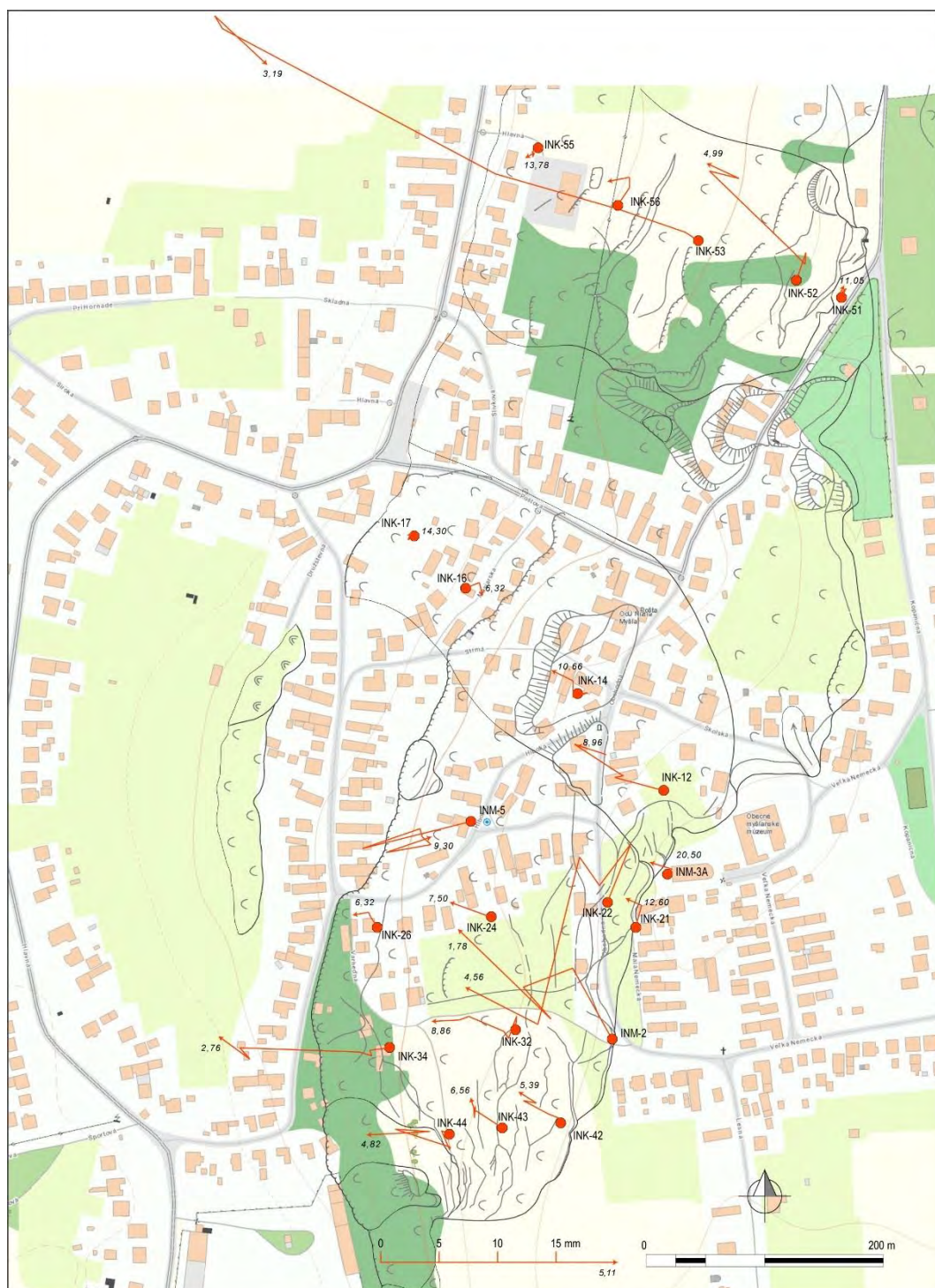
* – len vo vrte INK-56

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016

a/ Inklinometrické merania

V zosuvnom území sa nachádza 25 inklinometrických vrtov, z ktorých 4 pochádzajú z inžinierskogeologického prieskumu z roku 2010 (Tometz et al., 2010) a 21 z I. etapy sanácie, realizovanej v roku 2012 (Sláma et al., 2012; obr. 4.1.1). Inklinometrické merania sa začali

realizovať už v roku 2011 (nulté meranie) na sieti štyroch vrtoch, označených INM a neskôr v roku 2012 k nim pribudli vrty označené INK (obr. 4.1.1).

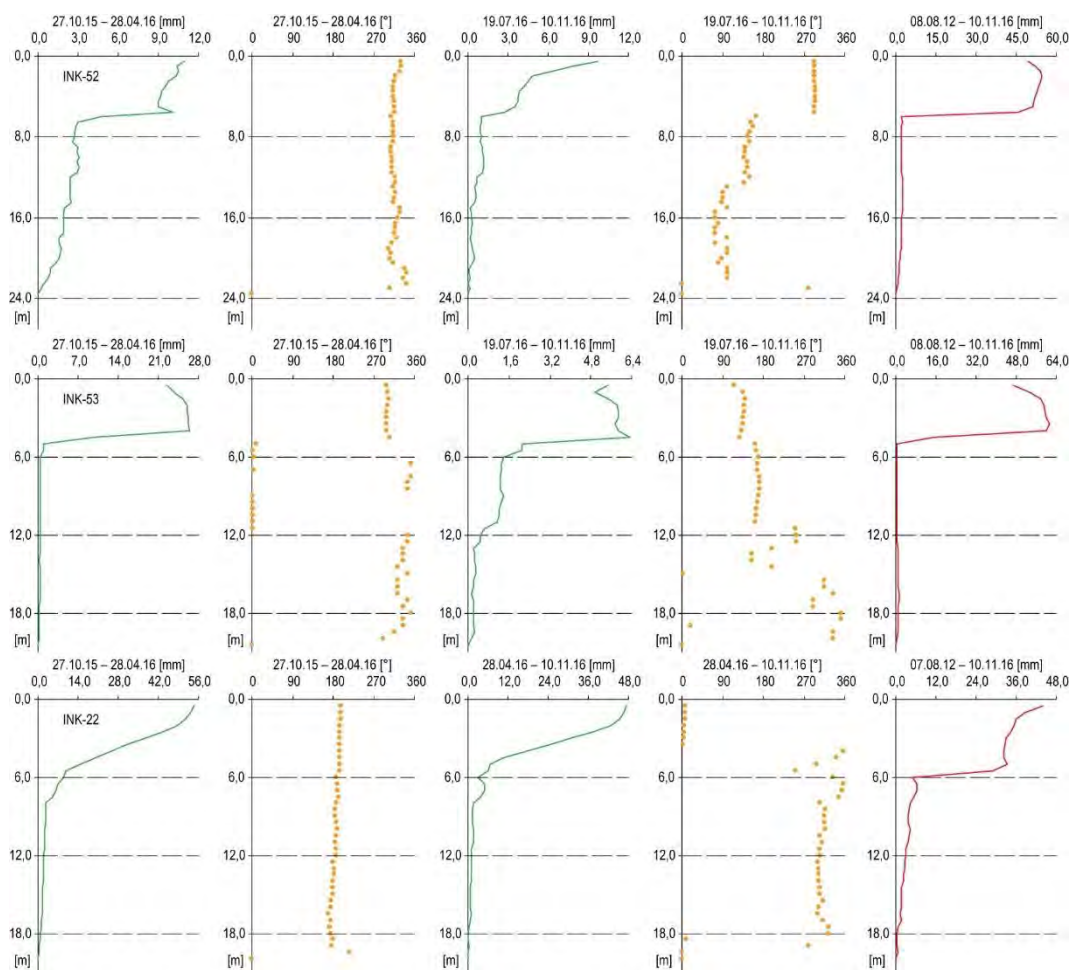


Obr. 4.1.1. Lokalita Nižná Myšľa – výsledky inklinometrických meraní – vektory deformácií namerané v rokoch 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.1.2 a 4.1.3; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Slámu et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2015 sa nadviazalo na merania z predchádzajúceho obdobia a zároveň bolo zabezpečené úvodné a kontrolné meranie v novovybudovanom vrte INK-56, ktorý slúži na

kontinuálne meranie deformácie (pomocou stacionárnej inklinometrickej sondy). Údaje, získané v hodnotených rokoch, sú spracované v tab. 4.1.2.

V roku 2015, počas prvej etapy, boli merania zabezpečené na 13 vrtoch (INK-12, 14, 22, 26, 32, 34, 42, 43, 44, 52, 53, 55 a INM-5). Najvyššia pohybová aktivita v sledovaných hĺbkových úrovniach (šmykových plochách) bola počas tejto etapy nameraná vo vrte INM-5. V hĺbke 9,5 m pod terénom bola nameraná deformácia 9,55 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu $13,83 \text{ mm.rok}^{-1}$. Nameraný vektor mal azimut 256° , teda západný, resp. juhozápadný smer. o niečo nižšie hodnoty pohybovej aktivity, v rozsahu 5,41 – 6,94 mm, boli namerané vo vrtoch INK-22 a INK-12. Nameraný vektor vo vrte INK-22 bol orientovaný na severo-severovýchod a vektor nameraný vo vrte INK-12 na západ. Zvýšená pohybová aktivita počas tejto etapy bola nameraná aj vo vrtoch INK-52, INK-43, INK-12 a INK-14. Etapové vektory v sledovaných hĺbkach dosahovali od 2,53 do 3,27 mm. Na ostatných meraných vrtoch v tejto etape boli prírastky deformácie menšie ako 1,36 mm.

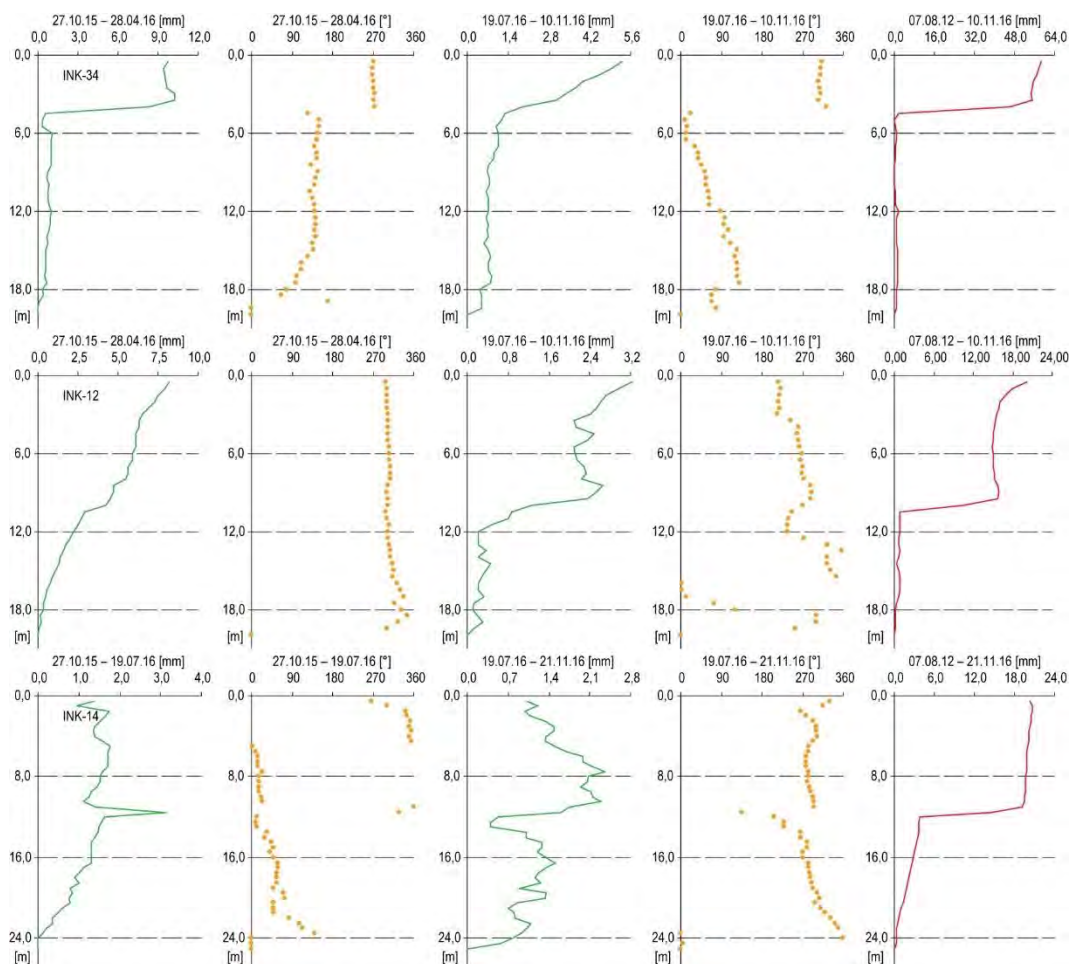


Obr. 4.1.2a. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtovej je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

V druhej etape boli merania realizované na všetkých vrtoch (okrem INK-56). Oproti predchádzajúcej etape došlo k poklesu hodnôt etapových deformácií. Vyššie hodnoty, v rozsahu 4,47 – 6,10 mm, boli namerané vo vrtoch INK-22, INM-5, INK-53. Vo vrtoch INK-22 a INM-5 došlo v porovnaní s predchádzajúcou etapou k výraznej zmene v azimute.

Počas poslednej októbrovej etapy boli merania zabezpečené na 13 vrtoch. Najväčšia etapová deformácia bola nameraná vo vrte INK-53. V hĺbke 3,19 m pod terénom bol nameraný

prírastok deformácie s hodnotou 10,92 mm, čo predstavuje 44,30 mm.rok⁻¹. Azimut deformácie sa oproti predchádzajúcemu meraniu prakticky nezmenil (orientácia na západ). Ak sledujeme priemerné rýchlosti deformácie za posledné 3 etapy, môžeme dospieť k záveru, že na šmykovej ploche došlo k veľmi výraznej akcelerácii pohybu. Celková deformácia inklinometrickej pažnice v tomto vrte za obdobie monitorovania (08.08.12 – 27.10.15) dosiahla 38,02 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 11,81 mm.rok⁻¹.

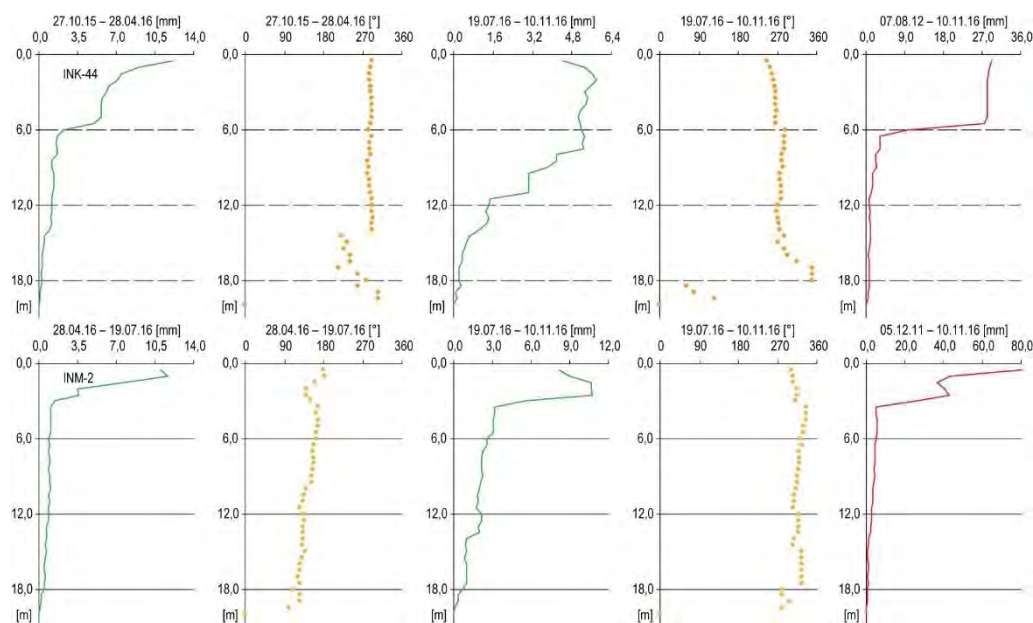


Obr. 4.1.2b. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

V roku 2016 pracovníci oddelenia inžinierskej geológie zabezpečovali merania v 22 inklinometrických vrtoch. Merania boli zabezpečené prevažne v troch etapách – jar (13 monitorovaných vrtov), leto (12 monitorovaných vrtov), jeseň (22 monitorovaných vrtov). Najvyššia pohybová aktivita, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, pretrvávala v oblasti nad školou. Vo vrte INK-53, ktorý leží na svahu za školou, bola počas jarného merania zaznamenaná deformácia 26,46 mm (v hĺbke 3,19 m pod terénom; obr. 4.1.2a), čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 52,49 mm.rok⁻¹ (dlhodobá priemerná rýchlosť [august 2012 – apríl 2016] predstavuje 17,29 mm.rok⁻¹). Počas jarnej etapy boli vysoké deformácie namerané aj vo vrtoch INK-52 a INK-22 (obr. 4.1.2a). Vo vrte INK-52 bola v hĺbke 4,99 m pod terénom nameraná deformácia 10,07 mm (19,97 mm.rok⁻¹). Tento vrt sa nachádza cca 100 m východným smerom od vrtu INK-53. Vo vrte INK-22, ktorý je situovaný v strednej časti obce, západne od kostola, došlo v hĺbke 4,56 m pod terénom k deformácii 14,74 mm (29,24 mm.rok⁻¹). Zaznamenaná deformácia je v danom vrte najvyššia za celé monitorované obdobie (od roku

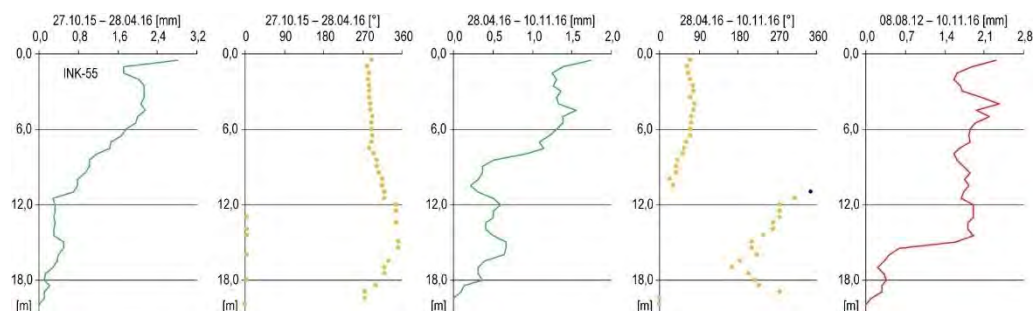
2012; dlhodobá deformácia, sledovaná od 7. augusta 2012 do 28. apríla 2016, dosiahla 27,61 mm s priemernou rýchlosťou 7,41 mm.rok⁻¹). Orientácia nameraných vektorov mala prevažne severozápadný až severný smer, avšak vo vrte INK-22 bol vektor orientovaný na juhozápad.

Prakticky rovnaký charakter pohybovej aktivity bol zaznamenaný aj vo vrte INK-34 (obr. 4.1.2b), ktorý je situovaný v južnej časti ulice Varhedná. V tomto vrte bola v hĺbke 2,76 m pod terénom nameraná deformácia 10,24 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 20,31 mm.rok⁻¹. Dlhodobá deformácia (7. august 2012 – 28. apríl 2016) v tomto vrte predstavuje 53,41 mm (14,33 mm.rok⁻¹).



Obr. 4.1.2c. Priebehy deformácie ink. pažníc vo vybraných vrtoch na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtovej je vľavo hore); zelená – etapová deformácia ink. pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia ink. pažnice.

Zvýšené hodnoty pohybovej aktivity, počas aprílového termínu merania, boli sledované i vo vrtoch INK-44 (4,96 mm; 9,85 mm.rok⁻¹; obr. 4.1.2c), INM-2 (4,53 mm; 6,03 mm.rok⁻¹) a INK-12 (4,50 mm; 8,94 mm.rok⁻¹; obr. 4.1.2b). Zaznamenané deformácie mali azimuty v rozsahu od juhozápadu po severozápad, teda v predpokladanom smere gravitačného pohybu telesa zosuvu. Za zmienku stojí i deformácia vo vrte INK-32 (3,27 mm; 6,49 mm.rok⁻¹; obr. 4.1.2f), nameraná v hĺbke 8,86 m pod terénom. Najmenšie vektory, v čase jarnej etapy, boli namerané vo vrtoch INK-55, INK-43, INM-5 a INK-42. Ani v jednom z uvedených príkladov nameraná deformácia nepresiahla 2,4 mm.



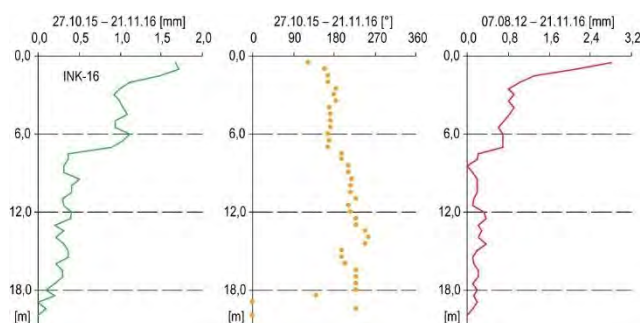
Obr. 4.1.2d. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtovej je vľavo hore); zelená – etapová deformácia ink. pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkach, červená – výsledná deformácia ink. pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

K opätovnému nárastu deformácie došlo až počas novembrovej etapy. Najväčšie deformácie sa prejavili vo vrte INM-2 (obr. 4.1.2b). V hĺbke 1,78 m pod terénom bol zaznamenaný vektor 10,79 mm (čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 34,55 mm.rok⁻¹). Dlhodobá deformácia (sledovaná od 5. decembra 2011 do 10. novembra 2016) dosiahla v sledovanej hĺbke 42,59 mm (priemerná rýchlosť 8,63 mm.rok⁻¹). Na rozdiel od predchádzajúcej etapy bol vektor orientovaný na severozápad. Vrt sa nachádza v južnej časti Obchodnej ul. Deformácie nad 5 mm boli pozorované vo vrtoch INK-53 a INK-44 a deformácie v rozmedzí 2 až 4 mm (priemerné rýchlosti 2,55 až 12,26 mm.rok⁻¹) boli namerané na šmykových plochách vo vrtoch INM-5, INK-24A, INK-34, INK-52, INK-12 a INK-32.

Tab. 4.1.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Nižná Myšľa v rokoch 2015 a 2016

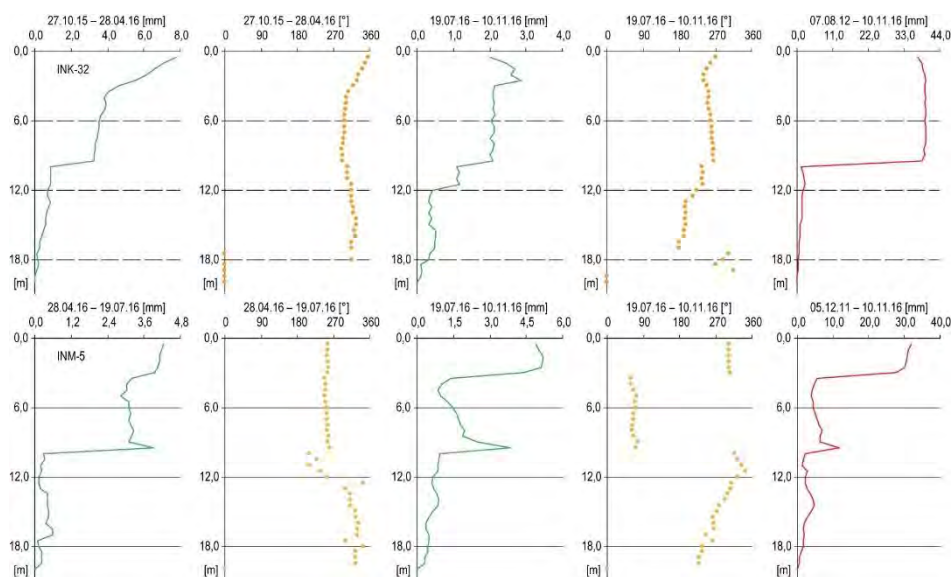
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	19.08.14 – 28.04.15			28.04.15 – 29.07.15			29.07.15 – 27.10.15		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-12	8,96	11,70	4,34	285	11,18	0,78	80	11,67	0,50	300
INK-12	13,96	1,50	4,56	225	0,86	0,89	57	0,76	0,20	300
INK-14	10,66	15,90	0,86	86				16,95	1,30 ¹	253 ¹
INK-16	6,32							0,41	1,26 ²	68 ²
INK-17	14,30							0,71	0,61 ²	239 ²
INK-21	12,60							0,78	1,96 ²	15 ²
INK-21	15,10							0,50	0,63 ²	72 ²
INK-22	4,56	22,24	5,41	22	23,18	4,47	217	25,64	2,97	325
INK-26	6,32	7,41	1,08	328	7,50	0,41	336			
INK-26	16,32	0,54	3,28	248	0,32	0,85	59			
INK-32	8,86	31,98	1,20	5	32,01	2,02	200	32,57	0,72	326
INK-32	16,36	2,50	1,36	343	0,50	2,12	172	1,17	0,80	0
INK-34	2,76	42,31	1,70	263	42,08	0,51	159	43,18	1,12	287
INK-42	5,39	15,78	0,32	288	15,76	0,36	34	16,82	1,08	292
INK-42	8,39	4,20	0,32	288	4,10	0,32	18	4,21	0,51	191
INK-42	13,39	0,50	0,41	284	0,41	0,20	270	0,70	0,32	198
INK-43	6,56	15,37	2,60	303	15,57	0,20	280	15,63	0,40	10
INK-44	4,82	21,35	0,72	294	20,49	1,75	157	20,45	0,22	17
INK-44	12,82	0,50	1,46	96	1,30	1,61	163	0,78	0,71	358
INK-51	11,05				0,82	0,89 ³	27 ³	0,82	0,85	225
INK-52	4,99	34,81	2,53	19	34,31	1,00	184	35,64	1,36	316
INK-52	19,49	1,53	0,58	69	1,71	0,54	122	1,82	0,14	145
INK-53	3,19	21,10	1,33	303	27,17	6,10	289	38,02	10,92	286
INK-53	10,19	1,42	0,94	348	0,58	0,89	47	0,57	0,14	155
INK-55	3,78	2,09	0,95	113	1,60	0,64	44	1,36	0,42	140
INK-55	13,78	1,65	0,64	236	1,43	0,22	122	1,50	0,32	203
INK-56								1,80 ⁴	1,80 ⁴	34 ⁴
INK-56								0,64 ⁴	0,64 ⁴	51 ⁴
INM-2	1,78				32,50	6,97 ⁵	331 ⁵			
INM-3A	20,50							0,67	0,58 ²	41 ²
INM-5	9,30	6,63	9,55	256	11,41	5,17	71	11,18	0,71	165

CD – celková deformácia (nulté merania: 05.12.11 – vrty: INM-2, 3, 5, 6; 07.08.12 – vrty: INK-12, 14, 16, 17, 21, 22, 24, 26, 32, 34, 42, 43, 44, 51; 08.08.12 – vrty: INK-52, 53, 55; 06.05.14 – vrt INM-3a; 28.04.15 – vrt INK-56); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora; ¹ – nameraná etapová deformácia a azimut za obdobie: 28.04.15 – 27.10.15; ² – nameraná etapová deformácia a azimut za obdobie: 19.08.14 – 27.10.15; ³ – nameraná etapová deformácia a azimut za obdobie: 18.08.14 – 29.07.15; ⁴ – nameraná deformácia a azimut za obdobie: 28.04.15 – 10.12.15; ⁵ – nameraná etapová deformácia a azimut za obdobie: 19.08.14 – 29.07.15.



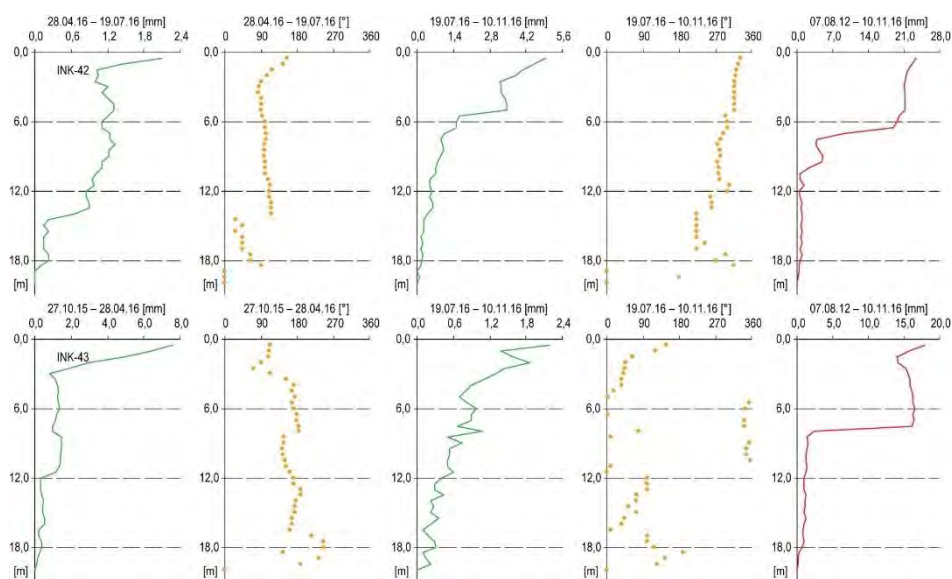
Obr. 4.1.2e. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Pomerne stabilne sa prejavovali územia v oblasti vrtov INK-55 (severozápadný okraj areálu školy; obr. 4.1.2d), INK-16 (obr. 4.1.2e) a INK-17 (územie ohraničené ulicami: z juhu Strmá ul., zo západu Družstevná ul., zo severu Poštová ul. a východu Mäsiarska ul.).

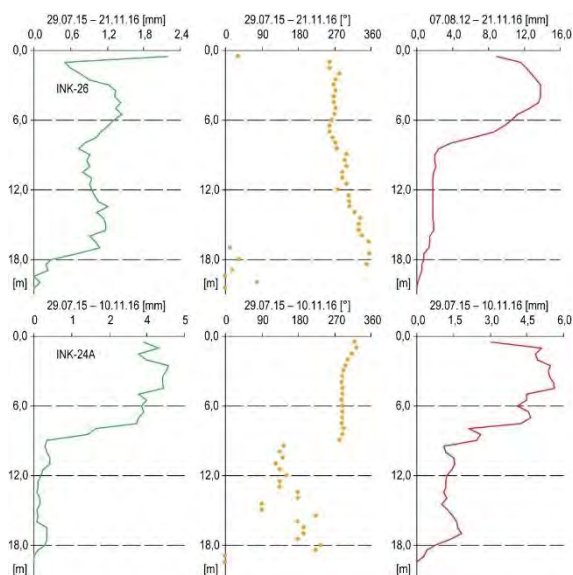


Obr. 4.1.2f. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia ink. pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkach, červená – výsledná deformácia ink. pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Určitým paradoxom je vrt INK-43 (obr. 4.1.2g), ktorý sa nachádza v južnej časti obce, mimo zastavaného územia. Namerané vektory v tomto vrte poukazujú na pomerne priaznivý stabilitný vývoj v okolí monitorovaného vrtu, pričom v západne ležiacom vrte INK-44 je dlhodobo sledovaná relatívne vysoká pohybová aktivita. Mierne zvýšené hodnoty deformácie boli pozorované i vo vrte INK-42, ktorý sa nachádza cca 70 m východným smerom od vrtu INK-43. Počas jednotlivých etáp boli namerané deformácie v rozsahu od 1,12 mm (jesenná etapa; 4,98 mm.rok⁻¹; obr. 4.1.2g) do 2,37 mm (jarná etapa; 4,70 mm.rok⁻¹).



Obr. 4.1.2g. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia ink. pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkach, červená – výsledná deformácia ink. pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.



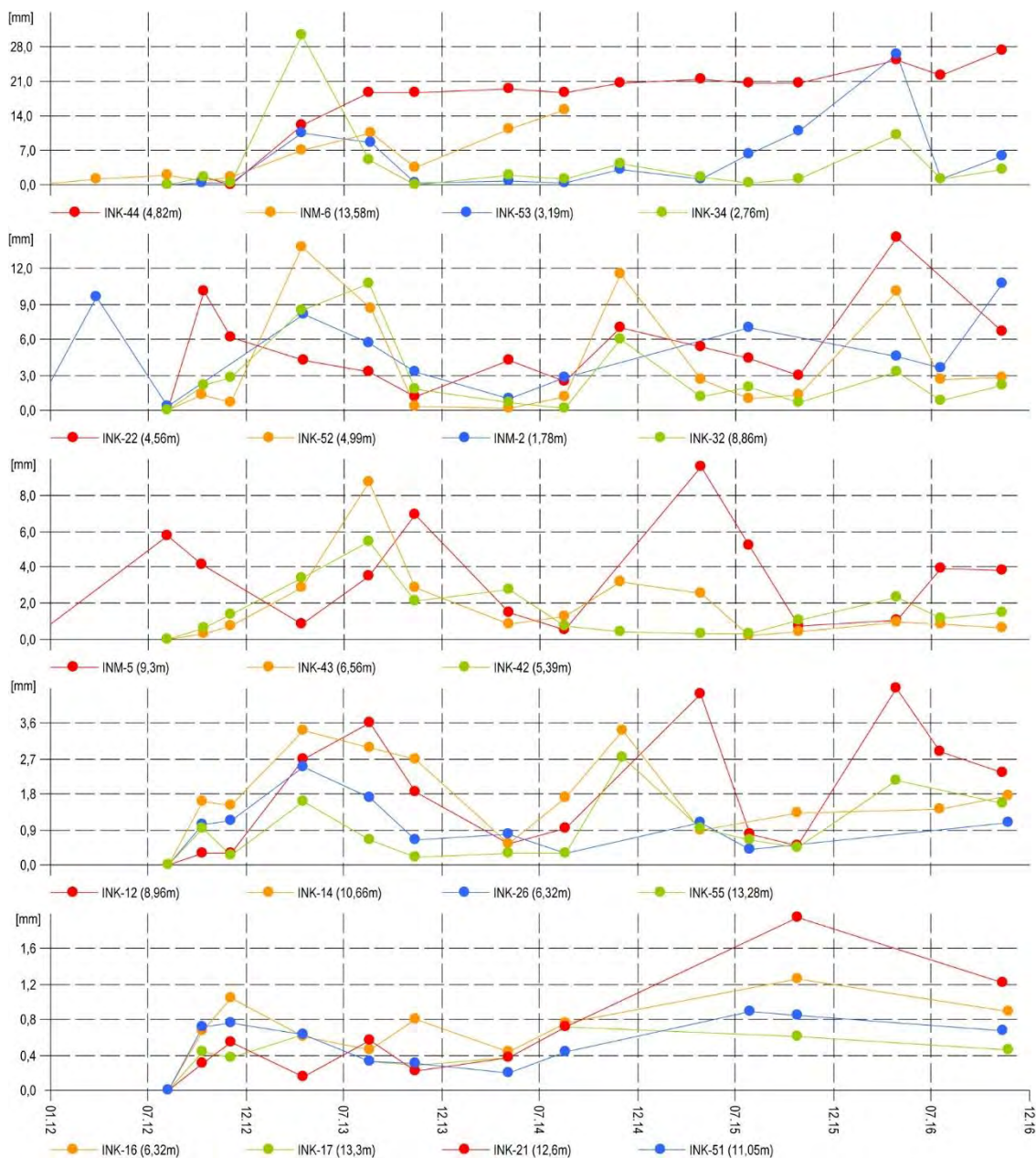
Obr. 4.1.2h. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Myšľa (označenie vrty je vľavo hore); zelená – etapová deformácia ink. pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkach, červená – výsledná deformácia ink. pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Pokračovanie Tab. 4.1.2

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	27.10.15 – 28.04.16			28.04.16 – 19.07.16			19.07.16 – 10.11.16			19.07.16 – 21.11.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-12	8,96	16,15	4,50	303	13,49	2,86	108	15,67	2,35	288			
INK-12	13,96	1,08	1,33	313	0,36	1,43	95	0,41	0,45	327			
INK-14	10,66				17,45	1,42 ⁶	359 ⁶				19,19	1,75 ⁷	296 ⁷
INK-16	6,32										0,70	0,89 ⁸	167 ⁸
INK-17	14,30										1,14	0,45 ⁸	23 ⁸
INK-21	12,60							1,60	1,21 ⁹	294 ⁹			
INK-21	15,10							0,95	1,20 ⁹	312 ⁹			
INK-22	4,56	27,61	14,74	194				33,25	6,71 ¹⁰	297 ¹⁰			
INK-24A	7,50							4,25	3,29 ¹¹	290 ¹¹			
INK-24A	17,00							1,84	0,41 ¹¹	194 ¹¹			
INK-26	6,32										8,60	1,10 ¹²	260 ¹²
INK-26	16,32										1,30	1,08 ¹²	12 ¹²
INK-32	8,86	35,83	3,27	293	36,49	0,85	249	38,47	2,10	267			
INK-32	16,36	1,43	0,28	315	1,06	0,51	191	0,76	0,50	180			
INK-34	2,76	53,41	10,24	272	52,46	1,30	138	55,04	3,04	306			
INK-42	5,39	19,19	2,37	298	18,15	1,12	100	19,67	1,53	302			
INK-42	8,39	5,40	1,30	293	4,20	1,22	99	5,10	0,92	283			
INK-42	13,39	0,91	1,08	304	0,50	0,67	117	0,92	0,42	225			
INK-43	6,56	15,39	1,00	184	15,70	0,82	356	16,10	0,67	343			
INK-44	4,82	25,31	4,96	288	22,33	2,98	94	27,39	5,14	267			
INK-44	12,82	0,41	1,17	291	2,02	2,42	110	0,89	1,33	273			
INK-51	11,05							0,94	0,67 ⁹	27 ⁹			
INK-52	4,99	45,57	10,07	314	43,16	2,61	104	45,88	2,79	295			
INK-52	19,49	1,56	1,57	307	1,65	1,58	118	1,75	0,51	89			
INK-53	3,19	64,39	26,46	298	65,45	1,28	329	59,90	5,87	133			
INK-53	10,19	0,51	0,32	2	1,50	1,36	3	0,36	1,14	162			
INK-55	3,78	3,40	2,16	288				1,96	1,55 ¹⁰	80 ¹⁰			
INK-55	13,78	1,53	0,30	5				1,90	0,50 ¹⁰	238 ¹⁰			
INK-56					2,60	0,90 ¹³	0 ¹³	2,18	1,63	259			
INK-56					0,42	0,22 ¹³	243 ¹³	1,10	1,43	258			
INM-2	1,78	36,30	4,53 ¹⁴	249 ¹⁴	33,57	3,62	139	42,59	10,79	314			
INM-3A	20,50							1,61	1,71 ⁹	287 ⁹			
INM-5	9,30	11,51	1,02	131	7,88	3,91	260	11,60	3,83	71			

CD – Celková def. od nultého merania (05.12.11 – vrty: INM-2, 3, 5, 6; 07.08.12 – vrty: INK-12, 14, 16, 17, 21, 22, 24, 26, 32, 34, 42, 43, 44, 51; 08.08.12 – vrty: INK-52, 53, 55; 06.05.14 – vrt INM-3a; 28.04.15 – vrt INK-56); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora; ⁶ – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 27.10.15 – 19.07.16; ⁷ – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 19.07.16 – 21.11.16; ⁸ – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 27.10.15 – 21.11.16; ⁹ – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 27.10.15 – 10.11.16; ¹⁰ – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 28.04.16 – 10.11.16; ¹¹ – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 29.07.15 – 10.11.16; ¹² – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 29.07.15 – 21.11.16; ¹³ – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 10.12.15 – 19.07.16; ¹⁴ – nameraná etapová def. a azimut je za obdobie: 29.07.15 – 28.04.16.

Z hľadiska hodnotenia výslednej deformácie za celé monitorované obdobie je možné konštatovať, že jej najväčšie hodnoty boli dosiahnuté vo vrte INK-53. V hĺbke 3,19 m pod terénom bola nameraná deformácia 59,9 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $14,06 \text{ mm.rok}^{-1}$. Zároveň treba poznamenať, že zaznamenaná deformácia v jarnom období roku 2016 vysoko presahuje všetky doteraz namerané hodnoty. Táto skutočnosť je vzhľadom na situovanie monitorovacieho objektu alarmujúca. Približne rovnako vysoká hodnota výslednej deformácie inklinometrickej pažnice je pozorovaná aj vo vrte INK-34. V období od augusta 2012 do júla 2016 došlo na šmykovej ploche k 55,04 mm posunu ($12,91 \text{ mm.rok}^{-1}$).



Obr. 4.1.3. Dlhodobé (2012 – 2016) prírastky deformácie na lokalite Nižná Myšľa, sledované na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie.

Tento vrt bol mimoriadne aktívny na jar roku 2013 (etapová deformácia dosiahla 30,40 mm), čo súviselo s nepriaznivými klimatickými pomermi. Po pomerne stabilnom období (november 2013 – október 2015), kedy sa priemerná deformácia pohybovala na úrovni 1,55 mm, došlo v jarných mesiacoch roku 2016 v oblasti tohto vrtu k opätovnej aktivizácii. Vrt sa nachádza

v južnej časti Varhednej ul. o niečo nižšie hodnoty výslednej deformácie boli pozorované i vo vrte INK-52. Dlhodobá deformácia (8. august 2012 – 10. november 2016) dosiahla v sledovanej hĺbke 45,88 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie $10,77 \text{ mm.rok}^{-1}$. Na základe údajov získaných počas obdobia monitorovania je možné dospieť k poznatku, že hodnoty so zvýšenou pohybovou aktivitou sa v jednotlivých častiach zosuvného územia vyskytujú v rôznych obdobiach. Ukazuje sa, že hlavným determinujúcim faktorom je ich umiestnenie v rámci zosuvného územia (obr. 4.1.3).

b/ Radarová interferometria

Na lokalite Nižná Myšľa bola ako ďalšia monitorovacia metóda (na určenie pohybovej aktivity) aplikovaná radarová interferometria (InSAR; prezentované výsledky analýzy sú podrobne spracované v samostatnej správe Papčo a Bakoň, 2017). Pred samotným spracovaním bol vykonaný prieskum dostupnosti radarových snímok z radarovej družicovej misie Sentinel-1. Spracované boli snímkové sady z družice Sentinel-1A/B, vzostupná dráha č. 102 a zostupná dráha č. 153. Pri analýze boli výlučne využívané stabilné odrazové prvky na zemskom povrchu (PS InSAR, z angl. Persistent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar). Na obr. 4.1.4 je znázornená celková odrazivosť objektov na snímkach z družice Sentinel-1. Z obidvoch snímok je evidentné stredné priestorové rozlíšenie snímacieho IWS módu družice Sentinel-1 (približne 20 m v smere dráhy letu družice).



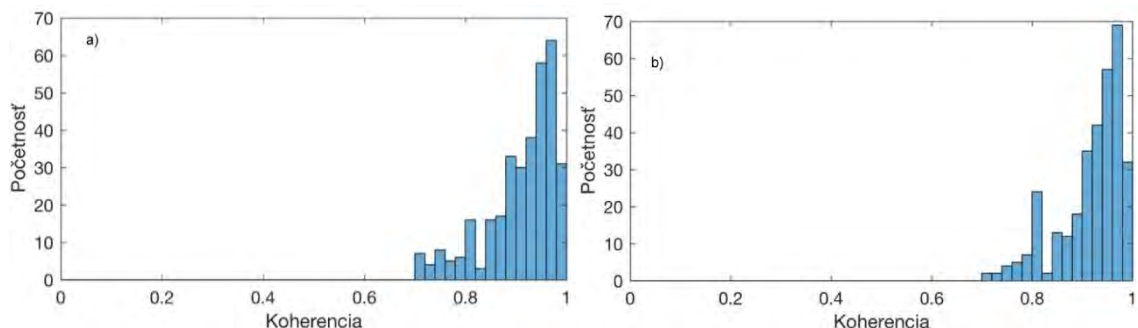
Obr. 4.1.4 Celková odrazivosť (reflektivita) monitorovaného územia; a – vzostupná dráha č. 102, b – zostupná dráha č. 153.

Spracovanie bolo uskutočnené pre obidve snímkové sady. Do spracovania vzostupnej dráhy č. 102 nám vstupovalo celkovo 25 snímok za obdobie od januára 2016 do konca roku 2016. Za hlavnú snímku, voči ktorej boli následne spracovávané ostatné snímky metódou STAR GRAPH-u, bola zvolená vzhľadom na svoje najmenšie zašumenie snímka zo dňa 2. augusta 2016. Do spracovania zostupnej dráhy č. 153 nám vstupovalo celkovo 27 snímok za rovnaké obdobie, pričom za hlavnú snímku, voči ktorej boli následne spracovávané ostatné snímky metódou STAR GRAPH-u, bola zvolená snímka zo dňa 27. marca 2016. Pri spracovaní bol ako referenčný bod zvolený rodinný dom vo východnej časti obce, ktorú považujeme za stabilné územie. Stabilita referenčného bodu bola overená nezávislým spracovaním.

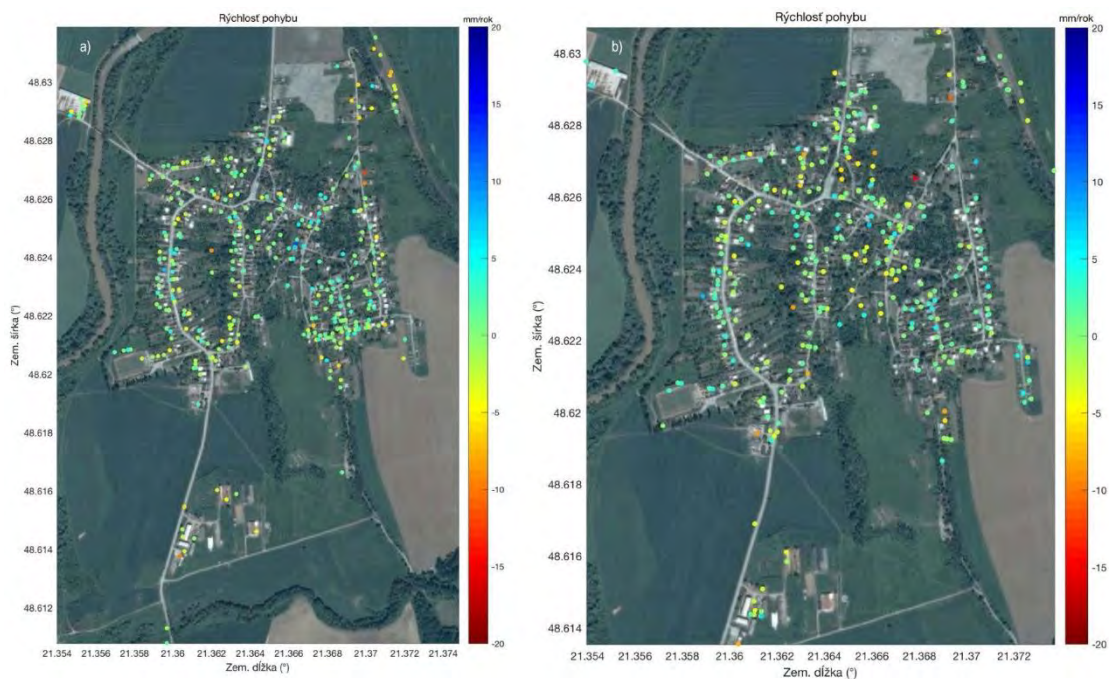
Na vymedzenie vhodných prirodzených odrážačov boli stanovené nasledovné kritériá:

- rýchlosť pohybu bodov v rozsahu $\pm 30 \text{ mm.rok}^{-1}$;
- koherencia v rozsahu 0,7 – 1,0 (obr. 4.1.5);
- rozdiel odhadnutej výšky bodu voči referenčnému DMR v rozsahu $\pm 15 \text{ m}$.

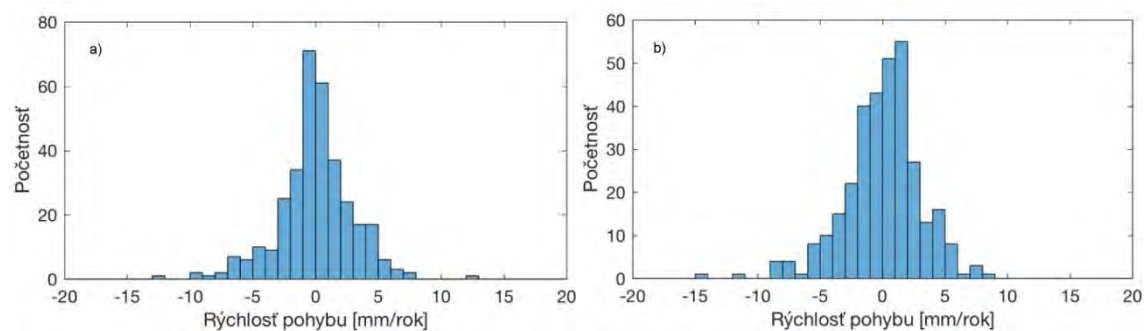
Celkovo bolo v riešenej oblasti detegovaných 374 (vzostupná dráha), resp. 356 (zostupná dráha) vhodných prirodzených odrazáčov (obr. 4.1.6).



Obr. 4.1.5. Histogramy početnosti koherencie odrazových bodov; a – vzostupná dráha č. 102; b – zostupná dráha č. 153



Obr. 4.1.6. Rýchlosť pohybu sledovaných stabilných odrazových bodov v smere dráhy lúča; a – vzostupná dráha č. 102; b – zostupná dráha č. 153.



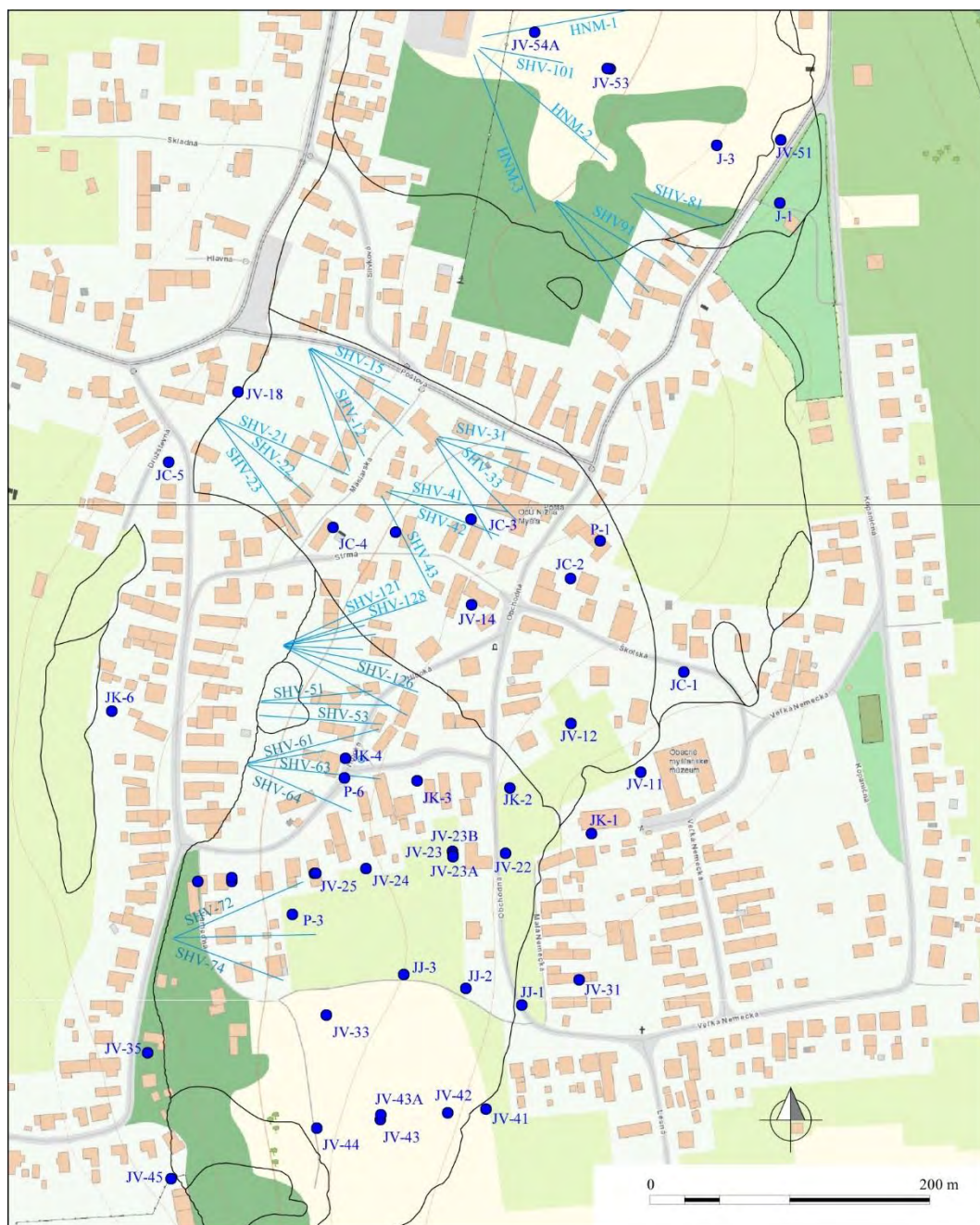
Obr. 4.1.7. Histogramy početnosti rýchlosti odrazových bodov; a – vzostupná dráha č. 102; b – zostupná dráha č. 153.

Z analýzy metódou stabilných odrazových prvkov (PSInSAR), vyplýva, že väčšina územia obce je stabilizovaná, avšak s výskytom bodov dosahujúcich výraznejšie hodnoty rýchlosti (obr. 4.1.6 a 4.1.7), ktoré môžu indikovať lokálne deformácie, zmeny na zemskom povrchu alebo môžu byť dôsledkom vyššieho šumu v interferometrickej fáze. V niekoľkých prípadoch je pozorovaný poklesávajúci trend vývoja deformácie (vzostupná dráha č. 102: ulica Kompaničná, hostinec na rohu ulíc Školská a Staničná, zostupná dráha č. 153 – okolie ulíc Slivková, Skladná a Hlavná), ktorý sa strieda s výzdvihovým charakterom pohybu polohovo blízkych odrážačov (vzostupná dráha č. 102 a okolie ulice Strmá pri hostinci s poklesovým charakterom). Príčinou môže byť iná geometria snímania pri zostupnej a vzostupnej obežnej dráhe, ale tiež zameranie spracovania na odhad pohybovej tendencie v rámci 1 roka. Využitie kompletnej sady snímok (od roku 2014) a tým väčšieho počtu vstupných dát by potenciálne mohlo poukázať na dlhodobý vývoj deformácie v sledovaných bodoch, ktorý sa môže líšiť od ročných lineárnych trendov. Prevažná väčšina bodov s identifikovanou pohybovou tendenciou prislúcha budovám, ktoré podliehajú zastaraniu, respektíve potenciálne indikujú prítomnosť svahových pohybů. Odporúčané je preto individuálne hodnotenie jednotlivých bodov, resp. skupiny bodov v príslušnej časti záujmovej lokality. Rovnako vhodné je dopĺňať spracovanie o radarové snímky s vyšším priestorovým rozlíšením (TerraSAR-X, Cosmo-SkyMed, ALOS-2), vykonať dôkladnú inšpekciu s porovnaním s pozemnými meraniami a zakomponovaním hodnotiteľa so znalosťou lokálnych špecifik a tiež možného deformačného charakteru daného sledovaného územia. Sieť bodov pri monitorovaní technológiou InSAR zároveň pozostáva len z tzv. „prirodzených“ odrazových prvků terénu. Ide v prevažnej miere o skaly, plochy s jemným trávnatým porastom a objekty vybudované ľudskou činnosťou (cesty, mosty, stožiare, strechy budov, rozmerné antény, priemyselné objekty atď.). V prípade nedostatku prirodzených odrazových prvků, najmä v oblastiach so silným vegetačným pokrytom, sú „umelé“ odrážače na detailnú analýzu pohybových tendencií oveľa vhodnejšie. Aktívne, resp. pasívne umelé odrážače sa plošne umiestňujú na najkritickejšie miesta sledovaného územia, resp. ako referenčné body do stabilného okolia mimo hlavnú zosuvnú oblasť.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

c1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Nižná Myšľa sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 68 vrtoch (tab. 4.1.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.1.3 a 4.1.4). V roku 2015 bolo zabezpečených 44 (ojedinele však i menej) kontrolných meraní, vykonávaných od 16. januára do 28. decembra. Najbližšie k povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody vo vrte PZ-1 (0,70 m pod terénom – 201,55 m n. m. – 28. november). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody vyskytovali v období do 29. januára do 14. decembra, teda prakticky počas celého roka, najčastejšie však na konci februára. Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte JS-2 (19,51 m; 177,62 m n. m. – 28. december). Vo všeobecnosti sa minimálne úrovne hladiny podzemnej vody vyskytovali od 15. apríla do 28. decembra, teda počas značnej časti monitorovaného obdobia, najčastejšie ale 29. septembra. V 9 vrtoch bol počas roka minimálne jedenkrát nameraný stav bez hladiny podzemnej vody, teda vrt bol suchý. Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 2,28 (PZ-1) až 18,97 m pod terénom (JS-2). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte P-4 (7,34 m). V roku 2015 priemerná hladina podzemnej vody na lokalite Nižná Myšľa dosiahla hĺbku 8,31 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

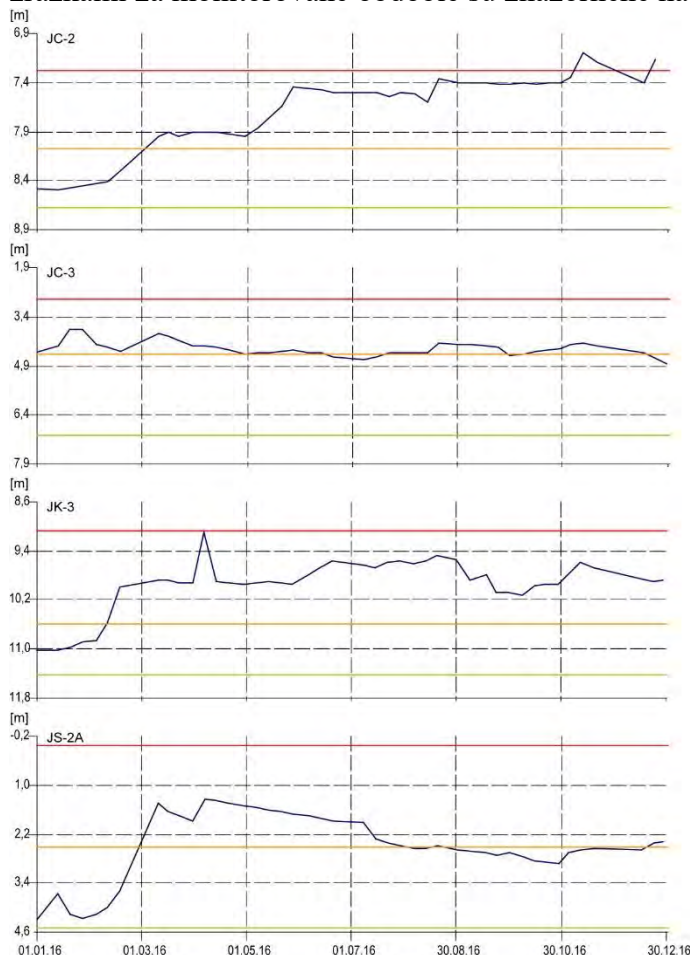


Obr. 4.1.8. Lokalita Nižná Myšľa – situácia monitorovaných objektov (ohraničenie zosuvu: Sláma et al., 2012, mapový podklad: ZBGIS®).

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach na 62 vrtoch (pozorovania prebiehali vo viacerých vrtoch, ale vzhľadom na skutočnosť, že časť vrtov je dlhodobu suchá, štatistické spracovanie údajov prebehlo len na 62 vrtoch) a zabezpečených bolo 43 kontrolných meraní (13. január – 29. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte PZ-7 (0,13 m pod terénom; 198,21 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 11. marca. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,13 až 17,76 m pod terénom (JV-31). Vyskytovali sa od 13. januára (napr. vrt JS-3) do 11. novembra (napr. vrt PZ-5A). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte JS-2 (min. hladina podzemnej vody 19,60 m pod terénom bola nameraná dňa 4. februára). Minimálne hladiny podzemnej vody sa vyskytovali najčastejšie na konci decembra. Až v 6 prípadoch podzemné vody klesli pod úroveň dna vrtu, teda boli suché.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 8,11 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,20 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,75 (vrt PZ-1) do 18,68 m pod terénom (vrt JS-2). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JV-53A (7,07 m).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2016 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.1.9a a 4.1.9b. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody so sumárnou výdatnosťou a kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.1.10.



Obr. 4.1.9a. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Nižná Myšľa (porovnané so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania). červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016.

Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2011 do 2015) vyplýva, že dlhodobé maximá boli prekročené minimálne v 8 prípadoch, a to napr. vo vrtoch JC-2 (vzostup o 1,95 m; obr. 4.1.9a), JJ-4 (vzostup o 4,65 m), JS-2 (vzostup o 0,67 m), JS-4A (vzostup o 0,4 m) a JV-15 (vzostup o 0,14 m; obr. 4.1.9b). Tiež boli prekonané aj minimálne stavy, a to minimálne v 13 vrtoch – napr. JC-1 (pokles o 5,42 m), JJ-1 (pokles o 13,73 m), JS-2A (pokles o 0,23 m), JS-3 (pokles o 1,4 m) a JS-4 (pokles o 0,26 m).

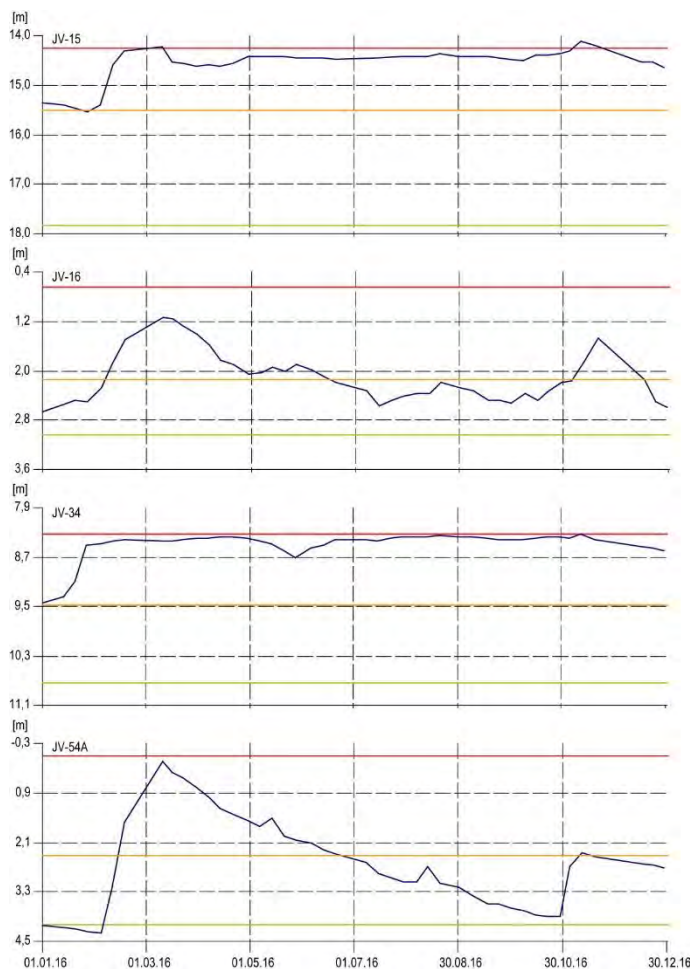
Tab. 4.1.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Myšľa v roku 2015

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-1	29	10,94	208,19	29.01.15	suchý			13,92	205,21	5,71
JC-1	44	9,30	214,94	28.02.15	10,39	213,85	16.10.15	9,85	214,39	1,09
JC-2	44	7,85	205,52	28.02.15	8,68	204,69	16.10.15	8,34	205,03	0,83
JC-3	44	3,85	203,46	29.01.15	5,50	201,81	12.09.15	4,62	202,69	1,65
JC-5	44	2,39	177,97	05.03.15	2,74	177,62	19.09.15	2,56	177,80	0,35
JJ-1	44	13,64	210,63	16.10.15	15,49	208,78	06.05.15	14,78	209,49	1,85
JJ-4	15	3,15	198,30	12.06.15	suchý			4,03	197,42	1,73
JK-1	44	15,43	217,11	28.11.15	16,05	216,49	16.10.15	15,71	216,83	0,62
JK-3	44	10,46	204,10	28.04.15	11,42	203,14	29.09.15	10,95	203,61	0,96
JK-4	44	15,75	189,70	28.02.15	16,20	189,25	29.09.15	16,00	189,45	0,45
JK-6	44	11,48	178,78	28.11.15	11,56	178,70	27.05.15	11,53	178,73	0,08
JS-1	44	16,09	193,58	16.07.15	16,27	193,40	29.09.15	16,21	193,46	0,18
JS-2	44	17,93	183,05	19.03.15	suchý			18,97	182,01	1,58
JS-2A	44	1,55	200,31	28.02.15	4,51	197,35	28.12.15	2,83	199,03	2,96
JS-3	44	5,94	190,57	26.06.15	7,39	189,12	28.12.15	6,60	189,91	1,45
JS-4	44	7,44	180,89	08.04.15	7,59	180,74	12.09.15	7,53	180,80	0,15
JS-4A	44	11,79	175,78	28.02.15	11,97	175,60	21.12.15	11,88	175,69	0,18
JV-11	44	8,29	224,87	28.11.15	9,51	223,65	15.04.15	8,98	224,18	1,22
JV-12	44	9,43	214,73	28.02.15	10,58	213,58	16.10.15	10,07	214,09	1,15
JV-15	44	14,24	186,69	04.02.15	17,84	183,09	12.09.15	15,27	185,66	3,60
JV-16	44	1,33	190,24	28.02.15	3,03	188,54	29.09.15	2,32	189,25	1,70
JV-18	44	1,98	179,63	05.06.15	2,86	178,75	29.09.15	2,32	179,29	0,88
JV-22	44	7,09	213,10	28.02.15	7,53	212,66	16.10.15	7,30	212,89	0,44
JV-23	44	4,50	211,45	28.02.15	5,00	210,95	30.10.15	4,73	211,22	0,50
JV-23A	44	4,43	211,50	28.02.15	5,04	210,89	30.10.15	4,77	211,16	0,61
JV-25	44	2,12	201,35	28.02.15	4,00	199,47	28.12.15	3,10	200,37	1,88
JV-25A	44	1,72	201,75	28.02.15	9,06	194,41	28.12.15	8,72	194,75	7,34
JV-26	44	1,73	195,47	06.05.15	suchý			2,76	194,44	1,52
JV-26A	44	2,92	194,34	05.09.15	suchý			3,04	194,22	0,30
JV-27	44	5,52	186,79	28.02.15	6,28	186,03	12.09.15	5,93	186,38	0,76
JV-31	44	17,37	211,11	09.07.15	18,10	210,38	30.10.15	17,98	210,50	0,73
JV-33	33	2,33	203,32	28.02.15	8,94	196,71	16.07.15	3,53	202,12	6,61
JV-34	44	8,33	192,38	12.06.15	suchý			8,65	192,06	1,20
JV-35	44	4,62	176,32	28.02.15	4,95	175,99	29.09.15	4,79	176,15	0,33
JV-41	44	10,61	209,78	27.03.15	10,75	209,64	08.10.15	10,67	209,72	0,14
JV-42	44	6,99	208,93	05.03.15	7,35	208,57	14.12.15	7,09	208,83	0,36
JV-43	44	5,09	205,83	08.04.15	5,31	205,61	13.11.15	5,22	205,70	0,22
JV-44	44	3,75	203,13	28.02.15	4,53	202,35	16.10.15	4,15	202,73	0,78
JV-45	44	3,38	173,30	08.04.15	3,79	172,89	29.09.15	3,59	173,09	0,41
JV-51	44	6,45	210,66	12.03.15	7,85	209,26	29.09.15	7,05	210,06	1,40
JV-52	40	7,87	203,80	28.02.15	9,13	202,54	19.09.15	8,60	203,07	1,26
JV-53	44	17,99	181,73	20.05.15	18,33	181,39	21.12.15	18,13	181,59	0,34
JV-53A	44	2,79	196,85	13.11.15	suchý			5,29	194,35	4,00
JV-54A	44	0,72	191,82	13.02.15	4,11	188,43	28.12.15	2,40	190,14	3,39
JV-55	44	5,79	178,12	28.02.15	6,19	177,72	29.09.15	6,00	177,91	0,40
P-1	44	6,54	204,25	05.03.15	7,26	203,53	14.12.15	6,89	203,90	0,72
P-3	44	13,99	187,49	28.04.15	14,64	186,84	29.09.15	14,32	187,16	0,65
P-4	44	14,17	187,01	28.02.15	14,31	186,87	06.11.15	14,27	186,91	0,14
PŠ-4	28	8,10		27.08.15	8,12		21.12.15	8,11		0,02
PŠ-5	28	8,20		27.08.15	8,25		21.12.15	8,22		0,05
PZ-1	44	0,70	201,55	28.11.15	3,84	198,41	29.09.15	2,28	199,97	3,14
PZ-10	29	9,15		28.11.15	9,64		16.10.15	9,49		0,49
PZ-11	29	8,30		28.11.15	8,73		29.09.15	8,65		0,43
PZ-12	29	5,35		28.11.15	5,80		27.08.15	5,66		0,45
PZ-1A	44	15,83	186,45	14.12.15	16,02	186,26	23.10.15	15,97	186,31	0,19
PZ-2	30	16,42	181,72	27.05.15	16,71	181,43	28.11.15	16,56	181,58	0,29
PZ-2A	30	6,60	191,41	14.12.15	7,16	190,85	23.10.15	6,93	191,08	0,56
PZ-4	29	3,97	174,68	27.05.15	4,81	173,84	27.08.15	4,48	174,17	0,84
PZ-5	29	12,54	203,55	20.05.15	13,04	203,05	29.09.15	12,82	203,27	0,50
PZ-5A	29	2,79	209,54	28.11.15	5,24	207,09	16.10.15	3,85	208,48	2,45
PZ-6	29	6,77	210,35	13.05.15	7,25	209,87	16.10.15	6,99	210,13	0,48
PZ-7	26	3,78	194,56	14.12.15	4,05	194,29	13.11.15	3,99	194,35	0,27
PZ-8	44	5,35	191,92	28.02.15	suchý			6,16	191,11	1,66
PZ-9	29	3,41	173,82	27.05.15	3,82	173,41	28.12.15	3,63	173,60	0,41
ŠS-1	43	3,38	193,01	06.11.15	suchý			6,10	190,29	4,35

Vrty JK-2, JV-23B, JV-23B, JV-26A a P-6, ŠS-1 boli počas všetkých meraní suché

Tab. 4.1.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Myšľa v roku 2016

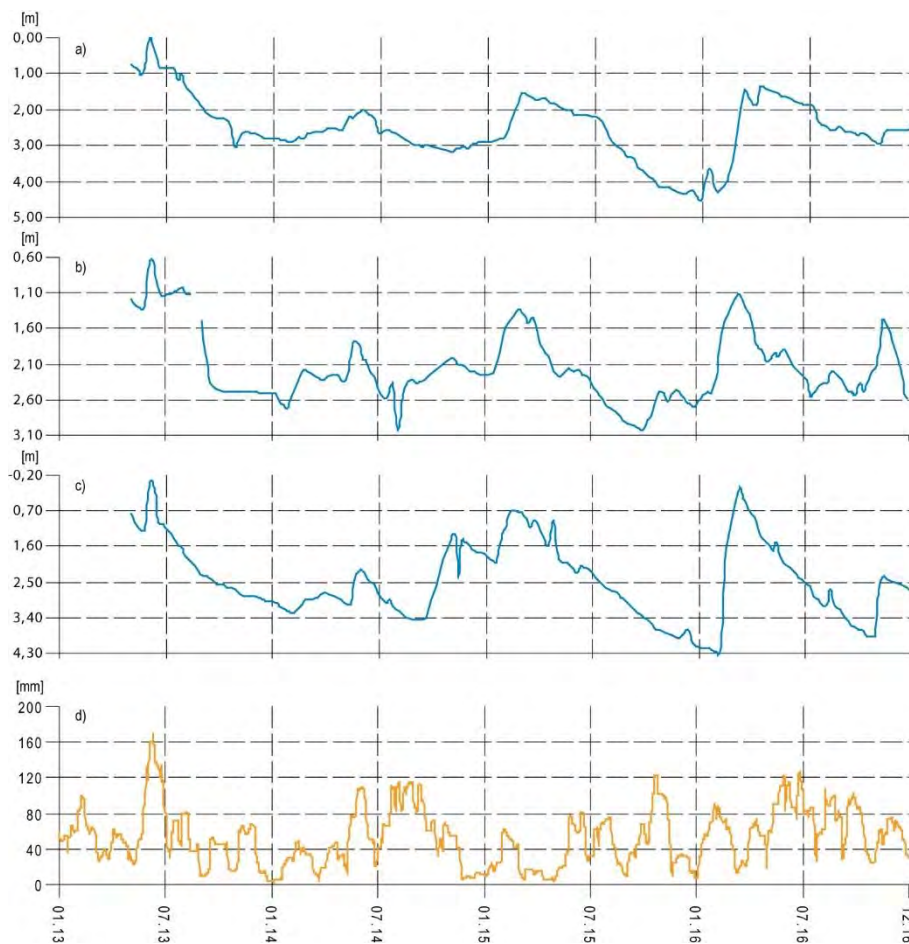
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-1	43	14,20	219,13	11.11.16	15,81	203,32	29.12.16	15,26	211,68	1,61
JC-2	43	7,10	206,27	11.11.16	8,50	204,87	13.01.16	7,61	205,76	1,40
JC-3	43	3,78	203,53	27.01.16	4,83	202,48	29.12.16	4,38	202,93	1,05
JC-4	43	1,90	191,30	14.04.16	2,95	190,25	17.09.16	2,66	190,54	1,05
JC-5	43	2,04	178,32	17.03.16	2,69	177,67	13.01.16	2,41	177,95	0,65
JJ-1	43	13,57	210,70	11.11.16	16,99	207,28	30.04.16	14,38	209,89	3,42
JJ-2	43	7,80	208,78	11.11.16	8,22	208,36	13.01.16	8,00	208,58	0,42
JJ-4	34	1,43	201,45	31.03.16	suchý			2,75	198,86	2,52
JK-1	43	14,90	217,64	11.11.16	15,63	216,91	18.02.16	15,28	217,26	0,73
JK-3	43	9,10	205,46	07.04.16	11,01	203,55	13.01.16	9,92	204,64	1,91
JK-4	43	15,64	189,81	20.08.16	16,10	189,35	22.07.16	15,85	189,60	0,46
JK-6	43	11,45	178,81	20.08.16	11,56	178,70	30.09.16	11,52	178,74	0,11
JS-1	42	15,69	193,98	14.04.16	16,35	193,32	29.12.16	16,14	193,53	0,66
JS-2	43	16,85	184,13	14.04.16	19,60	181,38	04.02.16	18,68	182,30	2,75
JS-2A	43	1,35	200,51	07.04.16	4,28	197,58	27.01.16	2,44	199,42	2,93
JS-3	43	7,37	189,14	13.01.16	8,79	187,72	31.08.16	7,85	188,66	1,42
JS-4	43	7,05	181,28	13.01.16	7,85	180,48	29.12.16	7,58	180,75	0,80
JS-4A	43	11,55	176,02	11.03.16	12,03	175,54	27.01.16	11,76	175,81	0,48
JV-11	43	7,76	225,40	11.11.16	8,78	224,38	18.02.16	8,17	224,99	1,02
JV-12	43	9,01	215,15	11.11.16	11,45	212,71	30.04.16	9,76	214,40	2,44
JV-15	43	14,10	186,83	11.11.16	15,54	185,39	27.01.16	14,53	186,40	1,44
JV-16	43	1,13	190,44	11.03.16	2,59	188,98	29.12.16	2,11	189,46	1,46
JV-18	43	1,88	179,73	23.03.16	2,41	179,20	17.09.16	2,18	179,43	0,53
JV-22	43	6,97	213,22	11.11.16	7,53	212,66	13.01.16	7,17	213,02	0,56
JV-23	43	4,00	211,95	11.03.16	5,41	210,54	29.12.16	4,41	211,54	1,41
JV-23A	43	4,05	211,88	11.03.16	5,46	210,47	29.12.16	4,46	211,47	1,41
JV-25	43	1,63	201,84	11.03.16	3,98	199,49	13.01.16	2,78	200,69	2,35
JV-25A	43	8,88	194,59	13.06.16	9,11	194,36	29.12.16	8,96	194,51	0,23
JV-26	43	1,25	195,95	11.03.16	3,07	194,13	13.01.16	2,23	194,97	1,82
JV-27	43	5,06	187,25	11.03.16	6,27	186,04	29.12.16	5,79	186,52	1,21
JV-31	43	17,76	210,72	11.03.16	18,17	210,31	11.02.16	18,01	210,47	0,41
JV-33	43	1,97	203,68	11.03.16	3,03	202,62	13.01.16	2,59	203,06	1,06
JV-34	43	8,33	192,38	11.11.16	9,35	191,36	13.01.16	8,47	192,24	1,02
JV-35	43	4,59	176,35	31.03.16	5,08	175,86	29.12.16	4,80	176,14	0,49
JV-41	43	10,57	209,82	20.08.16	11,60	208,79	30.04.16	10,75	209,64	1,03
JV-42	43	6,97	208,95	20.06.16	7,28	208,64	04.02.16	7,08	208,84	0,31
JV-43	43	4,96	205,96	14.05.16	5,39	205,53	23.12.16	5,15	205,77	0,43
JV-44	43	3,52	203,36	11.03.16	4,49	202,39	13.01.16	3,96	202,92	0,97
JV-45	43	3,21	173,47	11.03.16	3,77	172,91	29.12.16	3,52	173,16	0,56
JV-51	43	6,30	210,81	31.03.16	7,40	209,71	20.01.16	6,62	210,49	1,10
JV-52	43	7,63	204,04	11.03.16	8,87	202,80	13.08.16	8,43	203,24	1,24
JV-53	43	17,49	182,23	08.07.16	suchý			18,17	181,55	0,87
JV-53A	44	0,17	199,64	11.03.16	suchý			4,29	195,74	7,07
JV-54A	43	0,14	192,40	11.03.16	4,30	188,24	04.02.16	2,59	189,95	4,16
JV-55	43	5,71	183,91	11.03.16	suchý			6,01	182,23	0,46
P-1	43	6,65	204,14	28.05.16	7,15	203,64	11.02.16	6,87	203,92	0,50
P-3	43	14,51	186,97	27.01.16	14,84	186,64	16.12.16	14,69	186,80	0,33
P-4	43	14,27	186,91	27.01.16	14,52	186,66	29.12.16	14,33	186,85	0,25
P-5	43	7,45	212,95	11.11.16	9,68	210,72	31.03.16	8,01	212,39	2,23
PZ-1	43	0,65	201,60	11.03.16	3,47	198,78	30.09.16	1,75	200,50	2,82
PZ-1A	43	15,98	186,30	07.04.16	16,19	186,09	29.12.16	16,01	186,27	0,21
PZ-2	44	16,48	181,66	14.04.16	16,81	181,33	23.12.16	16,62	181,52	0,33
PZ-2A	43	5,18	192,83	11.03.16	6,96	191,05	15.10.16	6,47	191,54	1,78
PZ-4	43	3,29	175,36	11.03.16	4,32	174,33	27.01.16	4,03	174,62	1,03
PZ-5	43	12,39	203,70	23.03.16	13,25	202,84	29.12.16	12,72	203,37	0,86
PZ-5A	43	2,04	210,29	19.11.16	4,68	207,65	13.08.16	3,33	209,00	2,64
PZ-6	43	5,18	211,94	11.03.16	7,07	210,05	13.01.16	6,50	210,62	1,89
PZ-7	43	0,13	198,21	11.03.16	4,19	194,15	29.12.16	3,22	195,12	4,06
PZ-8	43	3,98	193,29	11.03.16	8,05	189,22	31.08.16	6,17	191,10	4,07
PZ-9	43	3,28	173,95	11.03.16	3,83	173,40	04.02.16	3,49	173,74	0,55
ŠS-1	41	2,30	196,39	11.03.16	suchý			5,51	192,22	5,36
ŠS-2	40	5,50	197,35	11.03.16	suchý			7,12	194,50	2,69



Obr. 4.1.9b. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Nižná Myšľa (porovnané so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania). červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016.

Typické pre hladiny podzemnej vody, sledované na lokalite Nižná Myšľa, sú jej minimálne zmeny. V roku 2016 až v 47 vrtoch boli zmeny hladiny podzemnej vody menšie ako 1 m (vrátane suchých vrtoch). V 17 vrtoch sa ročná amplitúda pohybovala v rozsahu od 1,02 do 1,46 m. Výraznejšie zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody (viac ako 5 m) sa v roku 2016 prejavovali len v 2 vrtoch (JV53A a ŠS-1).

Ak by sme chceli charakterizovať vrty, v ktorých boli zaznamenané minimálne zmeny hladiny podzemnej vody, musíme konštatovať, že ide o vrty s pomerne širokým diapazónom úrovni zvodnených horizontov (od cca 2 do 18 m), rozptýlených v rámci celej lokality. Namerané kolísanie hladiny v týchto vrtoch má len minimálny korelačný vzťah s okolitými piezometrickými vrtnami. Zrážkové úhrny sa na kolísaní hladiny podzemnej vody v týchto vrtoch prejavujú len minimálne, prípadne vôbec.



Obr. 4.1.10. Výsledky spracovania režimových pozorovaní (2013 – 2016) z vybraných vrtov na lokalite Nižná Myšľa. Priebehy hladiny podzemnej vody sú z vrtov: a – JS-2A, b – JV-16, c – JV-54A; d – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Čaňa – indikatív 60140).

b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Na lokalite Nižná Myšľa sú automatickými hladinomerami zabezpečované merania v 4 vrtov (JV-14, JV-17, JV-22 a JV-54 – obr. 4.1.11). Počas hodnotených rokov 2015 a 2016 boli tri zariadenia v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale (rok 2015: 8760 záznamov; rok 2016: 8784 záznamov, tab. 4.1.5 a 4.1.6). Výnimku predstavuje len hladinomer umiestnený vo vrte JV-14. Merania tu boli prerušené 21. novembra a obnovené boli 9. decembra. Dôvodom boli technické práce na zabudovaní nadzemnej časti vrtu.

Vo vrte JV-14 bola v roku 2015 nameraná maximálna hladina podzemnej vody (6,65 m pod terénom; 205,32 m n. m.) 16. júna. Naopak, najhlbšie klesla hladina podzemnej vody (do hĺbky 6,96 m pod terénom; 205,01 m n. m.) počas 24. septembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 6,80 m pod terénom (205,17 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody je veľmi malá a v hodnotenom období predstavovala len 0,31 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla 0,02 m (6,45 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe zmien hladiny podzemnej vody v roku 2015, dosiahla 0,01 m.deň⁻¹. Znamená to, že hladina podzemnej vody má pomerne statický charakter. Z grafu (obr. 4.1.12) je vidieť, že zmeny hĺbky, najmä vzostupného charakteru, pomerne dobre korelujú so zrážkovými úhrnmi. Pokles hladiny, predovšetkým počas letných mesiacov, bol doprevádzaný poklesom teploty podzemnej vody. Predstavu o vývoji zmien hladiny podzemnej vody počas hodnoteného roka dokresľujú štatistické ukazovatele 1., 2. (medián) a 3. kvartil. Zo

súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 6,72 m pod terénom, 2. kvartil 6,79 m pod terénom a 3. kvartil 6,87 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody bola meraná na úrovni 12,3 °C 22. decembra a naopak, najnižšia teplota (11,8 °C) 1. augusta. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota hodnotu 12,0 °C a celková amplitúda zmien dosiahla 0,50 °C.

V roku 2016 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 6,44 m pod terénom (205,53 m n. m.; 7. november), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,21 m. Z grafu na obr. 4.1.11 je možné sledovať určitú paralelu medzi kolísaním podzemnej vody v predchádzajúcom roku. Podobný vývoj bol pozorovaný i v prípade teploty podzemnej vody. V čase minimálnych stavov, v letnom období, došlo k jej poklesu na minimálnu hodnotu a naopak, v období vzostupu hladiny podzemnej vody rástla i teplota. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 6,91 m (205,06 m n. m.), bola dosiahnutá 6. februára, čo je približne rovnaká úroveň ako v roku 2015. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 6,63 m pod terénom (205,34 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 0,17 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,47 m, teda v porovnaní s predchádzajúcim rokom bol zachovaný charakter kolísania. Priemerné denné kolísanie dosiahlo i v tomto roku pomerne nízku hodnotu 0,01 m za deň. Zhodne i maximálna nameraná hodinová zmena predstavovala rovnakú hodnotu ako v roku 2015 (0,02 m – 4,26 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 6,57 m pod terénom, 2. kvartil 6,62 m pod terénom a 3. kvartil 6,68 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 12,4 °C počas 26. januára, naopak, najnižšia teplota (11,8 °C) bola zaznamenaná 7. júla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 12,1 °C.

Tab. 4.1.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Nižná Myšľa v roku 2015

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.]	
JV-14*	5939	6,65	205,32	16.06.15	6,96	205,01	24.09.15	6,80	205,17	0,31
JV-17	8760	6,75	181,60	08.02.15	7,69	180,73	12.10.15	7,26	181,18	0,94
JV-22	8760	7,07	213,12	10.01.15	7,54	212,65	18.10.15	7,30	212,88	0,47
JV-54	8760	10,81	181,73	30.03.15	11,14	181,40	29.12.15	10,95	181,59	0,33

Vo vrte JV-17 bola v roku 2015 maximálna hladina podzemnej vody (6,75 m pod terénom; 181,60 m n. m.) nameraná 8. februára. Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody klesla (do hĺbky 7,69 m pod terénom; 180,66 m n. m.) počas 12. októbra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 7,26 m pod terénom (181,09 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 0,94 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla v roku 2015 0,01 m (čo činí 1,06 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe zmien hladiny podzemnej vody počas roku 2015, dosiahla 0,01 m.deň⁻¹. Znamená to, že hladina podzemnej vody sledovaná v tomto období, má vyrovnaný režim s minimálnymi zmenami. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 7,11 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 7,25 m pod terénom a 3. kvartil 7,46 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody bola meraná v rovnakých intervaloch ako jej hĺbka. Jej maximálna hodnota 11,1 °C bola nameraná 25. mája. Najnižšia teplota s hodnotou 11,0 °C bola zaznamenaná 1. januára. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota hodnotu 11,1 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas hodnoteného roka dosiahla 0,10 °C.

V roku 2016 sa pokračovalo v rovnakom režime ako v roku 2015. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 6,43 m pod terénom (181,92 m n. m.; 11. marec), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,32 m. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 7,31 m (181,04 m n. m.), bola dosiahnutá 20. augusta (oproti roku 2016 ide o vzostup o 0,38 m). Počas nasledujúcich mesiacov hladina podzemnej vody začala mierne stúpať, dá sa predpokladať, že v súvislosti so zrážkovou činnosťou v predchádzajúcom období. Vďaka tomuto vzostupnému trendu boli prekované všetky maximálne mesačné stavy predchádzajúceho obdobia (obr. 4.1.11). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v aktuálne hodnotenom roku dosiahla 6,97 m pod terénom (181,38 m n. m.), čo je o 0,29 m vyššia hladina ako vlani. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,88 m. V porovnaní s predchádzajúcim rokom bol teda zachovaný podobný charakter jej kolísania. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,01 m. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody, rovnako ako v predchádzajúcom roku, predstavovala len 0,01 m (čo je 1,14 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hladín podzemnej vody predstavoval hĺbku 6,78 m pod terénom, 2. kvartil 7,02 m pod terénom a 3. kvartil 7,16 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,2 °C počas 26. júla, naopak, najnižšia teplota (11,1 °C) bola zaznamenaná 1. januára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,1 °C.

Tab. 4.1.6. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomeri na lokalite Nižná Myšľa v roku 2016

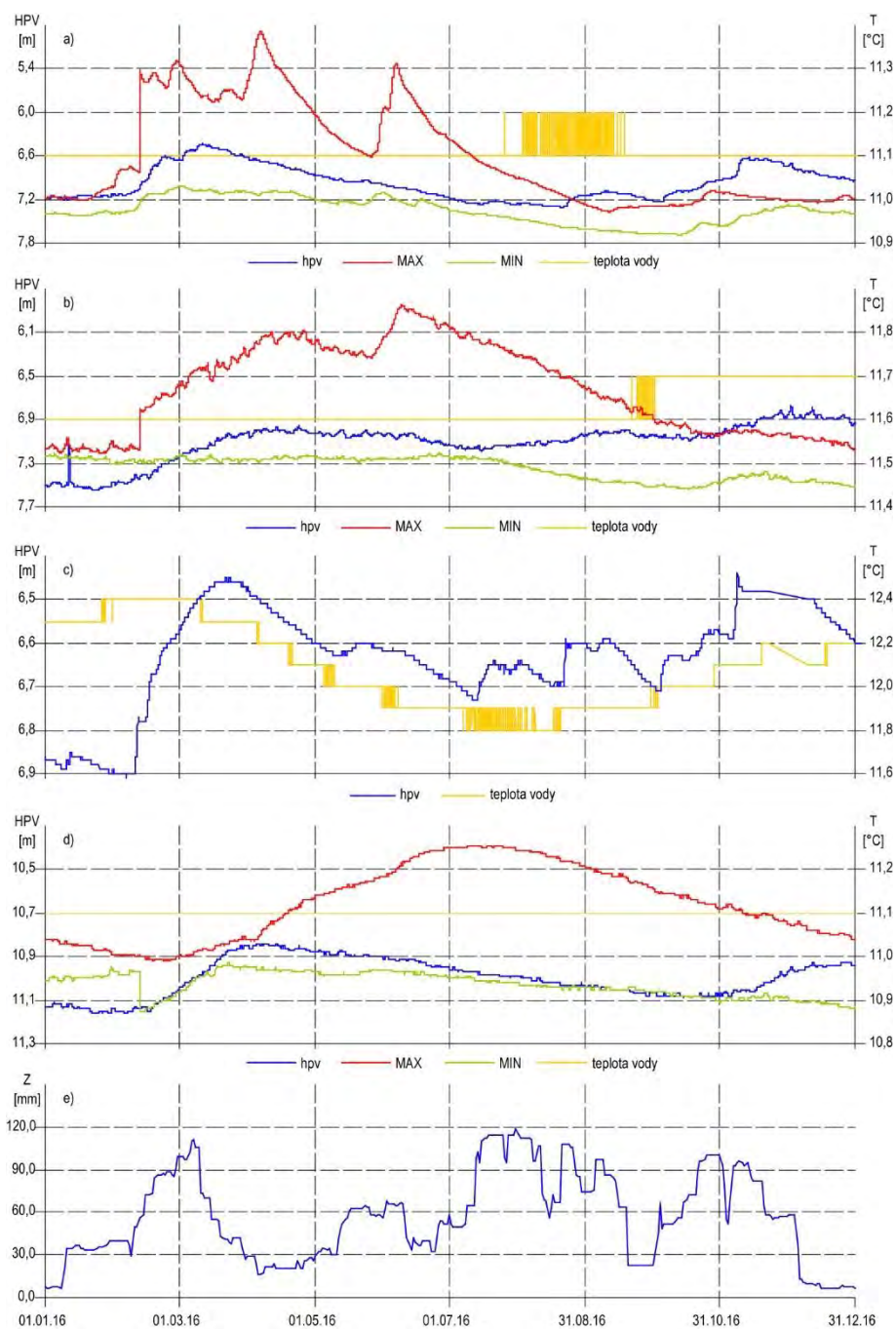
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JV-14*	8359	6,44	205,53	07.11.16	6,91	205,06	06.02.16	6,63	205,34	0,47
JV-17	8784	6,43	181,92	11.03.16	7,31	181,04	20.08.16	6,97	181,38	0,88
JV-22	8784	6,77	213,42	02.12.16	7,55	212,64	21.01.16	7,10	213,08	0,78
JV-54	8784	10,84	181,62	04.04.16	11,16	181,30	22.01.16	11,00	181,46	0,32

* – meranie bolo ukončené 21. novembra a obnovené 9. decembra

Vo vrte JV-22 bola počas roka 2015 maximálna hladina podzemnej vody (7,07 m pod terénom; 213,12 m n. m.) nameraná 10. januára. a naopak, najhlbšie klesla počas 18. októbra (do hĺbky 7,54 m pod terénom; 212,65 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 7,30 m pod terénom (212,88 m n. m.). Amplitúda ročných zmien predstavovala 0,47 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla v predošlom roku 0,03 m (čo tvorí 6,38 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe kolísania hladiny podzemnej vody v roku 2015, dosiahla 0,02 m.deň⁻¹. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 7,18 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 7,26 m pod terénom a 3. kvartil 7,45 m pod terénom.

Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota podzemnej vody hodnotu 11,6 °C a jej celková amplitúda predstavovala len 0,10 °C.

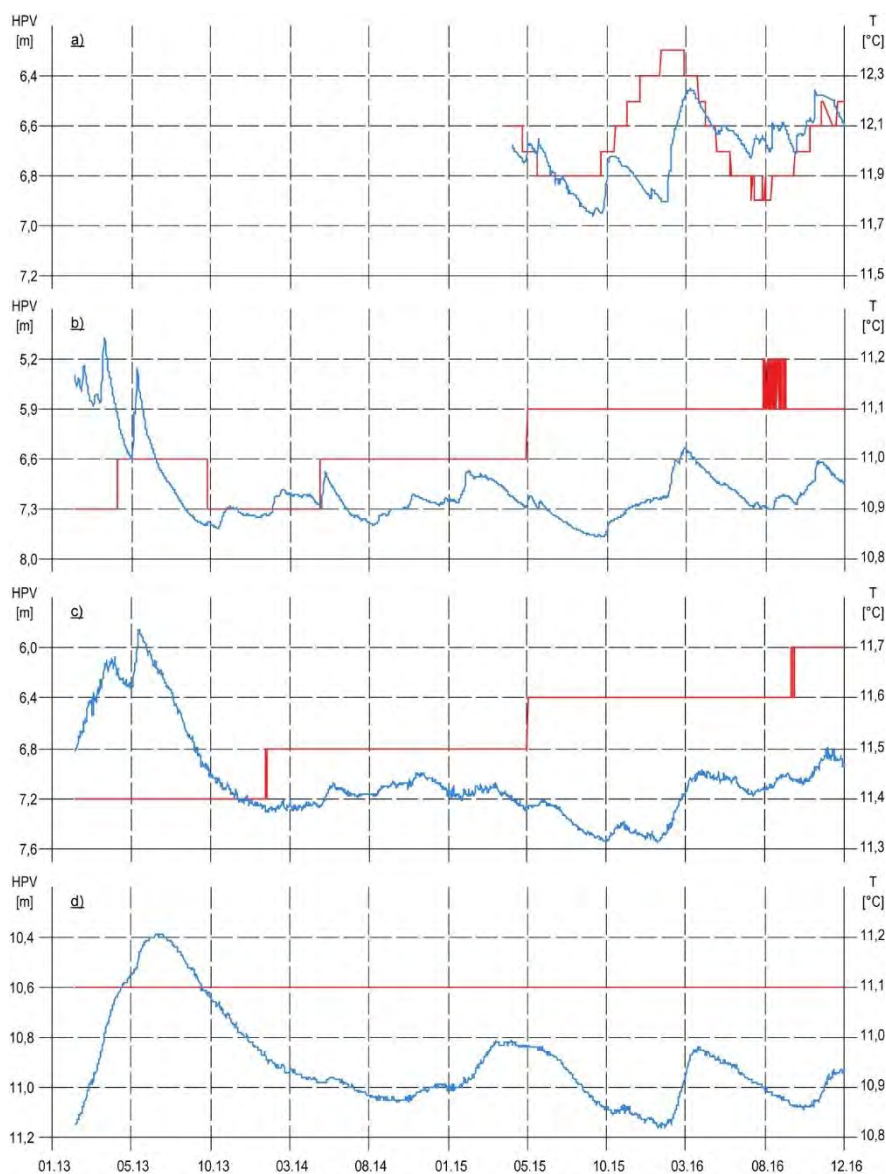
V roku 2016 bola minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 7,55 m (212,64 m n. m.), dosiahnutá 21. januára (oproti predchádzajúcemu roku ide len o nepatrný pokles). Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná na začiatku decembra v hĺbke 6,77 m pod terénom (213,42 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,3 m. Z uvedených údajov, ale predovšetkým priebehu hladiny na obr. 4.1.11 je vidieť, že hladina podzemnej vody mala počas celého hodnoteného obdobia rastúci trend. Priemerná hĺbka hladiny



Obr. 4.1.11. Pribeh zmien úrovně hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T), v roku 2016 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomerami na lokalite Nižná Myšľa. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – JV-17, b – JV-22, c – JV-14; d – JV-54 (červená – dlhodobé maximálne stavy hladiny podzemnej vody; zelená – dlhodobé minimálne stavy hladiny podzemnej vody; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016; žltá – teplota podzemnej vody v roku 2016); e – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Čaňa (indikatív 60140).

podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 7,10 m pod terénom (213,08 m n. m.), čo je oproti predchádzajúcemu rokom nárast o 0,20 m. Amplitúda zmien v hodnotenom roku dosiahla 0,78 m. V porovnaní s vlaňajším rokom došlo k miernemu nárastu kolísania. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,03 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,22 m (čo je 28,21 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). V porovnaní s ostatnými hladinomerami umiestnenými v prostredí zosuvného územia Nižná Myšľa je to pomerne vysoká hodnota (išlo o krátkodobý vzostup hladiny podzemnej vody na začiatku roka). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa

nachádza na úrovni 7,01 m pod terénom, 2. kvartil 7,05 m pod terénom a 3. kvartil 7,14 m pod terénom.



Obr. 4.1.12. Dlhodobé (2013 – 2016) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi na lokalite Nižná Myšľa. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – JV-14, b – JV-17, c – JV-22, d – JV-54.

Teplota podzemnej vody sa v roku 2016 pohybovala na rovnakej úrovni ako v roku 2015 (priemerná teplota 11,6 °C a amplitúda 0,1 °C). Vo vrte JV-54 sa v roku 2015 maximálna hladina podzemnej vody nachádzala v hĺbke 10,81 m pod terénom (181,65 m n. m.), a to 30. marca. Najhlbšie hladina podzemnej vody klesla 29. decembra (do hĺbky 11,14 m pod terénom; 181,32 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 10,95 m pod terénom (181,51 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 0,33 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla 0,01 m (3,03 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe rozdielov hĺbky hladiny podzemnej vody, sledovanej počas roku 2015, dosiahla 0,01 m.deň⁻¹. Zo súboru nameraných hodnôt bol 1. kvartil odvodený v hĺbke 10,85 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 10,95 m pod terénom a 3. kvartil 11,06 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody sa počas celého hodnoteného obdobia nachádzala na úrovni 11,1 °C.

V roku 2016 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 10,84 m pod terénom (181,62 m n. m.; 4. apríl), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom zanedbateľná zmena (pokles o 0,03 m). Podobne, aj v prípade minimálnej hladiny podzemnej vody bola nameraná podobná hodnota ako v predchádzajúcom roku (11,16 m; 181,30 m n. m.; 22. januára). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 11,00 m pod terénom (181,46 m n. m.), čo je v porovnaní s vlnajším rokom nepatrný pokles (0,04 m). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,32 m. Kolísanie malo sinusoidálny charakter. Počas roka sa striedali vzostupné a zostupné trendy (obr. 4.1.11). Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,01 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,01 m (čo tvorí 3,13 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 10,92 m pod terénom, 2. kvartil 11 m pod terénom a 3. kvartil 11,07 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody podobne ako v roku 2015 bola počas celého hodnoteného obdobia na úrovni 11,1 °C.

Z dlhodobého hľadiska, na základe doposiaľ získaných údajov o zmenách hladín podzemnej vody, možno konštatovať, že kolísanie v jednotlivých vrtoch s inštalovaným hladinomerom je pomerne pravidelné. Vzostupy hladiny súvisia predovšetkým s jarným obdobím, naopak, minimálne stavy s jesenným a zimným obdobím. Kým vo vrtoch JV-17, 22 a 54 s dlhším obdobím monitorovania je pozorovaný zostupný trend hĺbky hladiny podzemnej vody, v prípade vrtu JV-14, kde sú merania vykonávané kratšiu dobu, je možné pozorovať trend mierneho nárastu. Pre všetky prípady je však typické, že ročné zmeny hladiny podzemnej vody sú veľmi malé. Len vzácné dosahujú jeden meter. Analogický vývoj je pozorovateľný aj v prípade zmien teploty. Výnimkou je opäť vrt JV-14, kde zmeny teploty odrážajú, resp. priam kopírujú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody. Maximálne teploty súvisia s maximálnymi hladinami a opačne. V tomto prípade predpokladáme približne polročné obdobie retardácie. Vody, infiltrujúce počas teplejšej časti roka, dosahujú hladinu podzemnej vody v zimnom období.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Nižná Myšľa bolo v rokoch 2015 a 2016 pozorovaných 36 až 37 odvodňovacích zariadení, ktoré sú sústredené do 7 šácht. Okrem toho sa pokračovalo s monitorovaním ďalších troch vrtoz označených „HNM“ (tab. 4.1.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.1.7 a 4.1.8).

Počas roka 2015 bolo zabezpečených 44 kontrolných meraní (15. január – 29. december). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 30. novembra na odvodňovacom vrte SHV-15 (5,45 l.min⁻¹). V ostatných vrtoch však prevládal termín 15. január (napr. vrt HNM-2). Naopak, najnižšia výdatnosť bola nameraná vo vrte HNM-1 (0,00 l.min⁻¹ – 13. marec). Celkovo bolo suchých až 30 vrtoz (nulová výdatnosť minimálne počas jedného termínu merania). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu len 7,76 l.min⁻¹. Znamená to, že priemerne z každého odvodňovacieho zariadenia dotekalo len 0,22 m.min⁻¹. Najvyššia priemerná výdatnosť bola zaznamenaná na odvodňovacom objekte SHV-15 (3,06 l.min⁻¹) a najväčšie kolísanie bolo zaznamenané v tom istom vrte (4,67 l.min⁻¹).

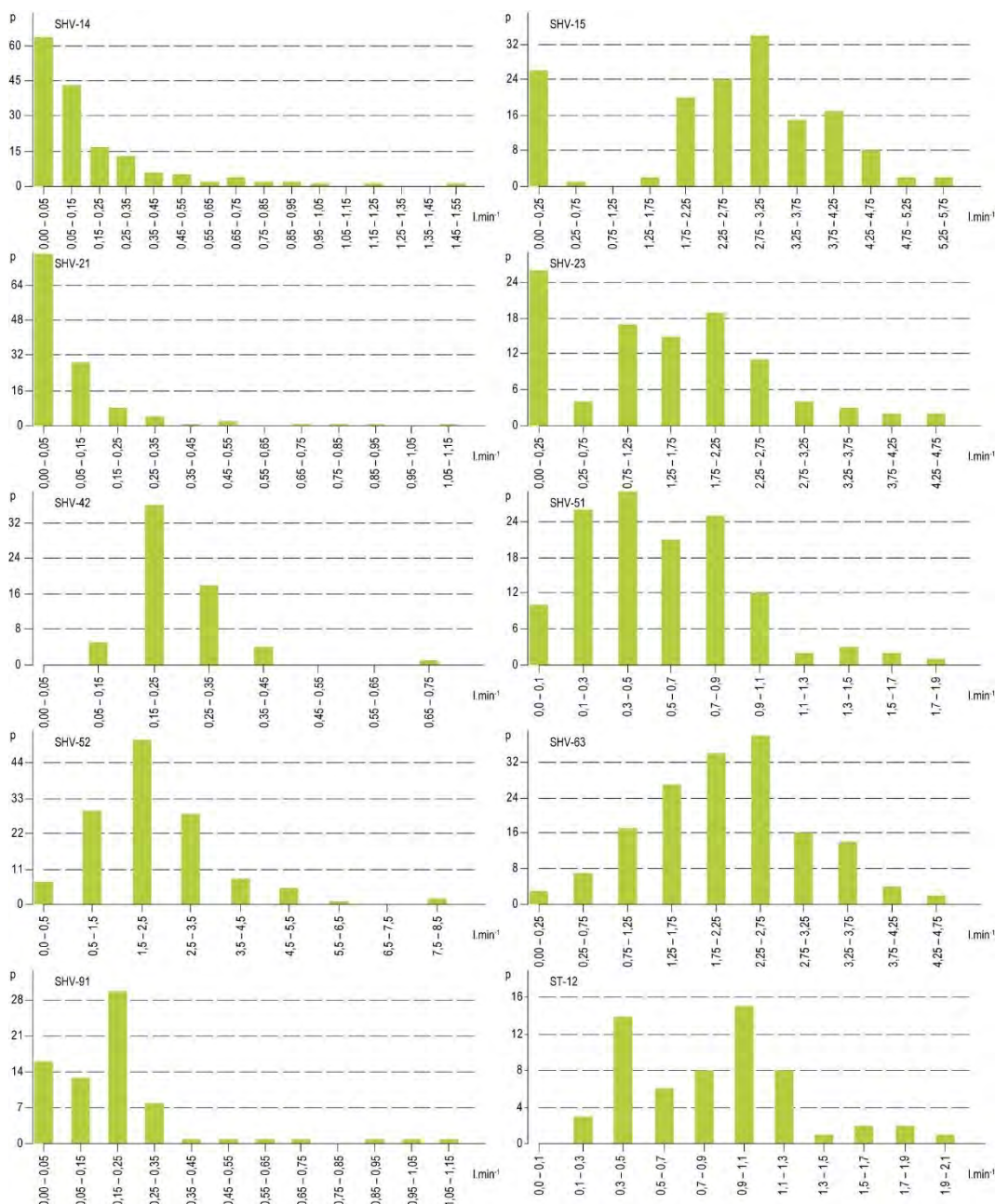
Tab. 4.1.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Myšľa v roku 2015

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		
HNM-1	44	0,06	13.03.15	0,00	14.08.15	0,01	0,06
HNM-2	44	suché					
HNM-3	44						
SHV-101	22						
SHV-11	44						
SHV111	29						
SHV112	29	0,25	14.11.15	0,00	14.05.15	0,02	0,25
SHV-12	44	0,17	03.02.15	0,00	15.01.15	0,02	0,17
SHV-13	44	0,08	28.03.15	0,00	15.01.15	0,01	0,08
SHV-14	44	1,50	30.11.15	0,00	24.07.15	0,21	1,50
SHV-15	44	5,45	27.02.15	1,71	30.11.15	3,06	3,74
SHV-21	31	0,67	15.12.15	0,00	11.09.15	0,06	0,66
SHV-22	31	0,24	03.02.15	0,00	15.01.15	0,02	0,24
SHV-23	31	2,00	12.02.15	0,00	25.06.15	0,45	2,00
SHV-31	44	suché					
SHV-32	44						
SHV-33	44						
SHV-34	44						
SHV-41	1						
SHV-42	1	0,33	03.02.15	0,33	03.02.15	0,33	0,00
SHV-51	38	1,00	13.03.15	0,10	04.06.15	0,39	0,90
SHV-52	38	5,00	12.02.15	0,33	24.07.15	1,37	4,67
SHV-53	38	0,15	28.03.15	0,00	15.01.15	0,02	0,15
SHV-61	44	0,09	28.08.15	0,00	15.01.15	0,01	0,09
SHV-62	44	suchý					
SHV-63	44	1,67	28.01.15	0,00	07.11.15	0,99	1,66
SHV-64	44	0,10	07.05.15	0,00	15.01.15	0,02	0,10
SHV-71	44	suché					
SHV-72	44						
SHV-73	44						
SHV-81	29	2,73	31.07.15	0,00	14.05.15	0,10	2,73
SHV-82	29	suchý					
SHV-91	29	0,25	29.10.15	0,01	28.08.15	0,15	0,24
SHV-92	29	suché					
SHV-93	29						
ST-12	25	1,76	28.05.15	0,24	07.10.15	0,54	1,52

V roku 2016 bolo zabezpečených 45 kontrolných meraní, čo je o 1 viac ako v roku 2015. Merania sa realizovali v období od 14. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 10. marca na odvodňovacom vrte SHV-15 (4,00 l.min⁻¹). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť nameraná 30. augusta s hodnotou 0,0035 l.min⁻¹ (voda len kvapkala, avšak ani počas jedného merania nebol suchý) a priemerná výdatnosť dosiahla 1,16 l.min⁻¹. V ostatných vrtoch boli maximálne výdatnosti namerané najmä počas 14. januára (napr. vrt SHV-101). Počas hodnotného roku bolo 28 vrtov suchých (minimálne počas jedného merania), resp. ojedinele z nich kvapkala voda. Najnižšie namerané výdatnosti (vrty neboli suché, voda z vrtov minimálne kvapkala) boli zaznamenané vo vrtoch SHV-14, SHV-15, SHV-91 (od 0,0012 do 0,0035 l.min⁻¹; 17. február až 10. marec). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 9,11 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 1,35 l.min⁻¹. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte SHV-15 (4,00 l.min⁻¹).

Dosiahnuté maximálne výdatnosti v roku 2016 prekročili dlhodobé maximá v 10 prípadoch. Ide napr. o vrty ST-12 (pôvodná maximálna výdatnosť 1,76 l.min⁻¹ bola nameraná 28. mája 2015), SHV-12 (pôvodná max. Q 1,20 l.min⁻¹; 12. júna 2013), SHV-22 (pôvodná max. Q 0,94 l.min⁻¹; 23. máj 2014), SHV-21 (pôvodná max. Q 0,67 l.min⁻¹; 15. december 2015) a SHV-112 (pôvodná max. Q 0,25 l.min⁻¹; 14. november 2015). Podobne, prekročené boli i doteraz namerané minimálne výdatnosti, a to v 3 prípadoch. Pri hodnotení minimálnych ročných výdatností treba v prvom rade upozorniť na skutočnosť, že väčšina vrtov je permanentne suchá, resp. na vrtoch bolo pozorované len kvapkanie. Do skupiny s veľmi nízkou

výdatnosťou patrí až 28 odvodňovacích vrtov. V roku 2016 bola na tejto skupine vrtov nameraná najvyššia výdatnosť 3,33 l.min⁻¹, avšak priemerná hodnota dosiahla len 0,07 l.min⁻¹.

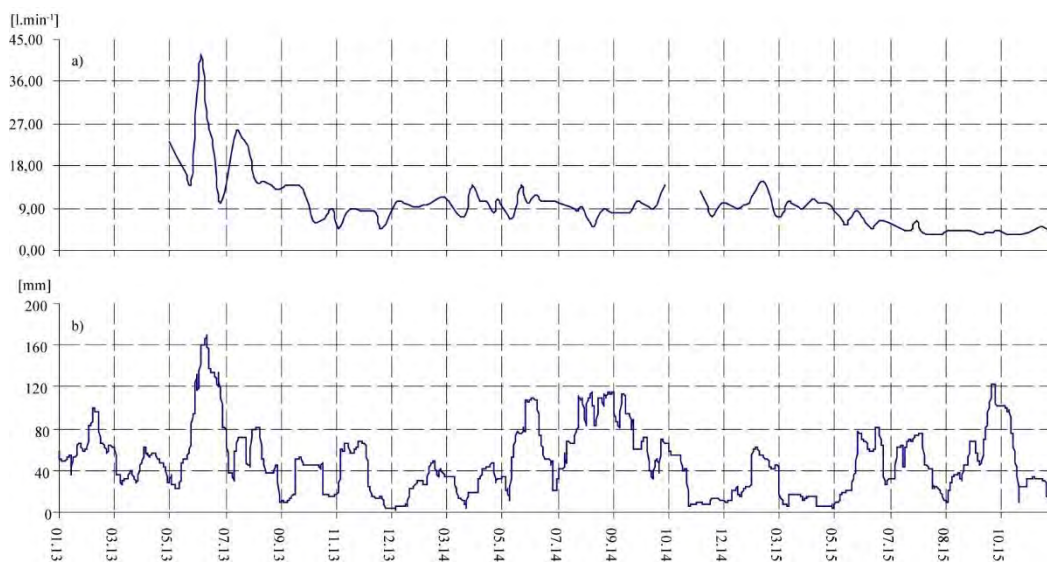


Obr. 4.1.13. Štatistické zhodnotenie výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Myšľa. Analyzované obdobia: 14. máj 2015 – 28. december 2016 (SHV-91, ST-12), 2. máj 2013 – 10. november 2016 (SHV-21), 2. máj 2013 – 16. september 2016 (SHV-23), 2. máj 2013 – 24. november 2016 (SHV-51, SHV-52), 2. máj 2013 – 28. december 2016 (SHV-14, SHV-63), 2. máj 2013 – 3. február 2015 (SHV-42), 5. august 2013 – 28. december 2016 (SHV-15).

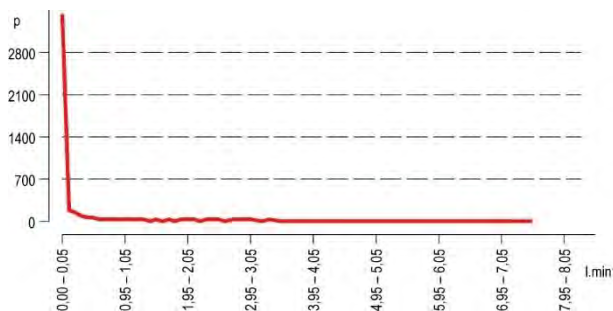
Štatistické zhodnotenie výdatnosti z vybraných odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.1.13. Množstvo odvádzanej vody z vybraných odvodňovacích zariadení spolu s kumulatívnymi zrážkami je znázornené na obr. 4.1.14 a štatistické zhodnotenie nameraných výdatností na celej lokalite je na obr. 4.1.15. Z analýzy vyplýva, že počas monitorovaného obdobia výrazne prevládajú hodnoty blízke nule. Výdatnosti nad 1 l.min⁻¹ sa vyskytujú len vzácnne.

Tab. 4.1.8. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Myšľa v roku 2016

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		
HNM-1	45	0,10	10.03.16	0,00	14.01.16	0,00	0,10
HNM-2	45	0,00	10.03.16	0,00	14.01.16	0,00	0,00
HNM-3	45	0,01	16.03.16	0,00	14.01.16	0,00	0,01
SHV-101	45	suché					
SHV-11	45						
SHV-111	45	3,00	10.03.16	0,00	14.01.16	0,13	3,00
SHV-112	45	3,33	10.03.16	0,00	14.01.16	0,35	3,33
SHV-12	45	3,33	10.11.16	0,00	07.09.16	0,69	3,33
SHV-13	45	0,40	17.02.16	0,00	28.01.16	0,02	0,40
SHV-14	45	1,00	17.02.16	0,00	21.06.16	0,14	1,00
SHV-15	45	4,00	10.03.16	0,00	30.08.16	1,16	4,00
SHV-21	45	1,09	17.02.16	0,00	07.07.16	0,15	1,09
SHV-22	45	1,00	17.02.16	0,00	14.01.16	0,07	1,00
SHV-23	45	0,00	14.01.16	0,00	14.01.16	0,00	0,00
SHV-31	45	suché					
SHV-32	45						
SHV-33	45						
SHV-34	45						
SHV-51	45	0,92	16.03.16	0,00	07.09.16	0,29	0,92
SHV-52	45	3,33	16.03.16	0,67	28.01.16	2,03	2,67
SHV-53	45	0,21	16.03.16	0,00	14.01.16	0,03	0,21
SHV-61	45	suché					
SHV-62	45						
SHV-63	45	3,53	24.11.16	1,33	21.01.16	2,41	2,20
SHV-64	45	0,20	18.11.16	0,00	14.01.16	0,04	0,20
SHV-71	45	suché					
SHV-72	45						
SHV-73	45						
SHV-81	45						
SHV-82	45	1,50	17.02.16	0,00	14.01.16	0,29	1,50
SHV-91	45	1,09	10.03.16	0,00	12.08.16	0,23	1,09
SHV-92	45	suché					
SHV-93	45						
ST-12	45	2,00	10.03.16	0,50	14.01.16	1,07	1,50



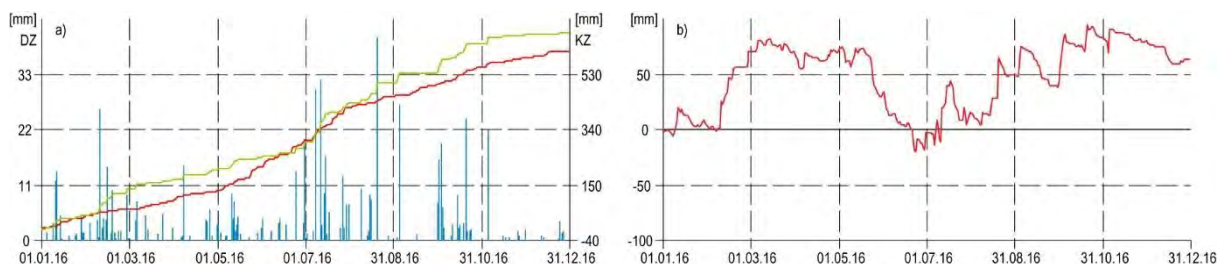
Obr. 4.1.14. Výsledky spracovania režimových pozorovaní (2013 – 2016) z vybraných odvodňovacích vrtov na lokalite Nižná Myšľa; a – spoločná výdatnosť všetkých odvodňovacích zariadení na lokalite, b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Čaňa – indikatív 60140).



Obr. 4.1.15. Štatistické zhodnotenie výdatnosti zo všetkých odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Myšľa. Analyzované obdobie: 28. marec 2011 – 28. december 2016 (37 odvodňovacích vrtov; termíny meraní sa v jednotlivých vrtach nemusia zhodovať); p – početnosť nameraných výdatností v odvodňovacích vrtach.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Čaňa s indikativom 60140 a Vyšný Čaj s indikativom 60100 (obr. 4.1.16 a 4.1.17). Dlhodobý ročný zrážkový priemer na stanici Čaňa, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2015, predstavuje 574,90 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 651,3 mm (rok 2012); priemerný mesačný úhrn 47,91 mm a maximálny mesačný úhrn 181,1 mm (júl 2012). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 29. júna 2012 do 29. júla 2012) dosiahol 181,1 mm.

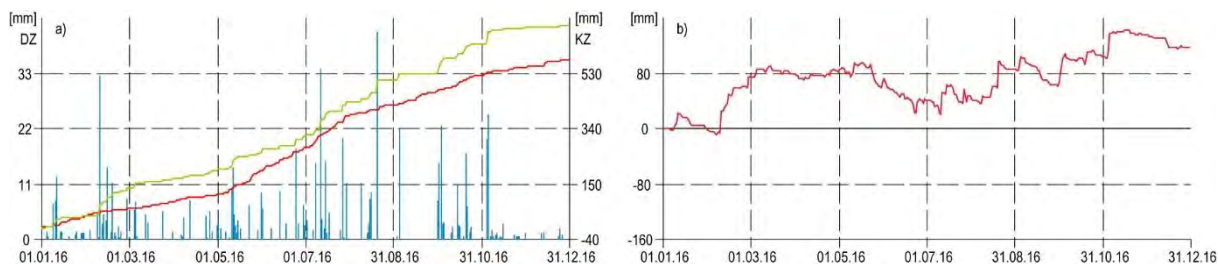


Obr. 4.1.16. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Vyšný Čaj (indikativ 60100); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2016 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.

Na stanici Vyšný Čaj, dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2015, dosiahol 610,18 mm; maximálny ročný 691,3 mm (rok 2012); priemerný mesačný úhrn 50,85 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.

Na stanici Čaňa bol v roku 2016 zaznamenaný zrážkový úhrn 691,9 mm, čo zodpovedá 120,4 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (126,1 mm – najvyšší júlový úhrn od roku 2011) a najvyšší denný úhrn 21. augusta (41,2 mm). Najsuchším mesiacom bol december s 7,8 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 1. júla do 31. júla (119,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, sumárny zrážkový úhrn dosiahol 6,3 mm.

Na stanici Vyšný Čaj bol v roku 2016 nameraný zrážkový úhrn 673,4 mm, čo predstavuje 110,4 % dlhodobého priemeru a je ho možné charakterizovať ako normálny rok. Najvyšší mesačný úhrn, zaznamenaný počas júla, dosiahol 149,4 mm (najvyšší júlový úhrn od roku 2011) a najvyšší denný úhrn bol nameraný 21. augusta s hodnotou 40,2 mm. Najsuchším mesiacom bol december, kedy spadlo len 11,0 mm zrážok. Najvyššia tridsaťdňová hodnota kumulatívnych zrážok bola dosiahnutá v období od 1. júla do 31. júla (146,0 mm). Počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia bol nameraný sumárny zrážkový úhrn 6,3 mm.



Obr. 4.1.17. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Čaňa (indikatív 60140); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2016 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2016 sa pokračovalo v monitorovacích aktivitách z prechádzajúceho obdobia a súčasne sa aplikovala nová monitorovacia metóda InSAR. Najvýznamnejšie výsledky priniesli merania metódou presnej inklinometrie. Najvyššie deformácie boli opätovne namerané v oblasti nad školou vo vrte INK-53. Počas jarného merania bola v tomto vrte nameraná deformácia 26,46 mm ($52,49 \text{ mm.rok}^{-1}$). Deformácie nad 10 mm boli počas jarnej etapy namerané aj vo vrte INK-52, ktorý sa východne do vrtu INK-53 vyššie vo svahu. Podobné deformácie boli zaznamenané i v strednej časti obce pod kostolom vo vrte INK-22. V hĺbke šmykovej plochy (4,65 m pod terénom) bola v období od októbra 2015 do apríla 2016 nameraná deformácia takmer 15 mm. K upokojeniu pohybovej aktivity došlo počas nasledujúceho obdobia, a to prakticky v celom zosuvnom priestore. V období roku 2016 bol do vrtu INK-14 inštalovaný stacionárny inklinometer. Merania pokrývajú len záver roka 2016, vyhodnotenie pohybovej aktivity bude možné až po dlhšom období prevádzky zariadenia.

Režimové merania boli v roku 2016 zabezpečené na 68 piezometrických vrtoch, sledovaných pozorovateľom a ďalších 4 monitorovaných kontinuálne, automatickými hladinomerami a 37 subhorizontálnych odvodňovacích vrtoch. Hladiny podzemnej vody mali v roku 2016, podobne ako v predchádzajúcom roku, pomerne ustálený priebeh. Len vzácné boli zaznamenané zmeny väčšie ako 3 m. Podstatnejšou skutočnosťou je, že až v 8 prípadoch došlo k prekročeniu maximálnych stavov, zaznamenaných v predchádzajúcom období. Súvisí to s aktuálnymi zrážkovým úhrnmi, ktoré boli vyššie ako v predchádzajúcom období. V prípade vrtov s inštalovanými automatickými hladinomerami, kde máme najlepší obraz o správaní hladiny podzemnej vody, sme pozorovali najväčšie kolísanie v JV-17. Hladina v tomto vrte zaznamenala vzostup počas zimného, ale i jesenného obdobia. Úrovně hladiny podzemnej vody z jesenného obdobia prekračovali najvyššie namerané hodnoty, zaznamenané v tomto období v predchádzajúcich rokoch monitorovania. Podobná situácia bola pozorovaná aj vo vrte JV-22. Opačne, prekročené boli i najnižšie doteraz namerané stavy, a to vo vrtoch JV-22 a 54.

Pri hodnotení odvodňovacích zariadení je možné konštatovať veľmi nízku účinnosť. Značná časť vrtov bola suchá počas všetkých meraní. V zosuvnom území sa nenachádza vrt, ktorý by efektívne odvádzal podzemnú vodu počas dlhšieho obdobia.

Monitorované územie v súčasnosti predstavuje oblasť, v ktorej zosuv ohrozuje veľké množstvo rôznych objektov technosféry, ale najmä značnú časť obyvateľov obce Nižná Myšľa. Z tohto dôvodu plánujeme v roku 2017 pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2016. V tejto súvislosti sa budeme usilovať o pokračovanie v spolupráci s miestnym zastupiteľstvom obce pri zabezpečovaní monitorovania režimových ukazovateľov.

1.4.2. Lokalita Kapušany

Stručná charakteristika lokality

Zosuv v obci Kapušany postihuje JV svah pod Kapušianskym hradom. Pri aktivizácii tohto zosuvu došlo k porušeniu niekoľkých rodinných domov, z ktorých viaceré museli byť asanované.

Zosuvné územie sa monitoruje od roku 2012. Podrobný opis zosuvnej lokality je súčasťou správ z predchádzajúcich rokov (Liščák et al., 2012 a 2013), ako aj správ z realizovaných prieskumov (Laffers et al., 2012) a sanácií (Fekeč et al., 2014c in Šimeková et al., 2014).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Na lokalite Kapušany boli v rokoch 2015 a 2016 monitorovacie aktivity zamerané najmä na inklinometrické merania a režimové pozorovania. Termíny realizácie meraní sú zhrnuté v tab. 4.2.1.

Tab. 4.2.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Kapušany v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	10	INK-1, INK-2, INK-3, INK-4, INK-5, INK-7, INK-8, INK-9, INK-10, INK-12	2 (29. apríl, 28. október,)	2 (27. apríl, 9. november,)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	7	V-POZ-1 až 5, 7, 10	6 (25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 24. september, 21. október)	10 (2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	7	ST-1/1, ST-1/2, ST-1/3, ST-2/1, ST-2/2, ST-2/3, ST-3	6 (25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 24. september, 21. október)	10 (2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Kapušany (indikatív 59220)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016

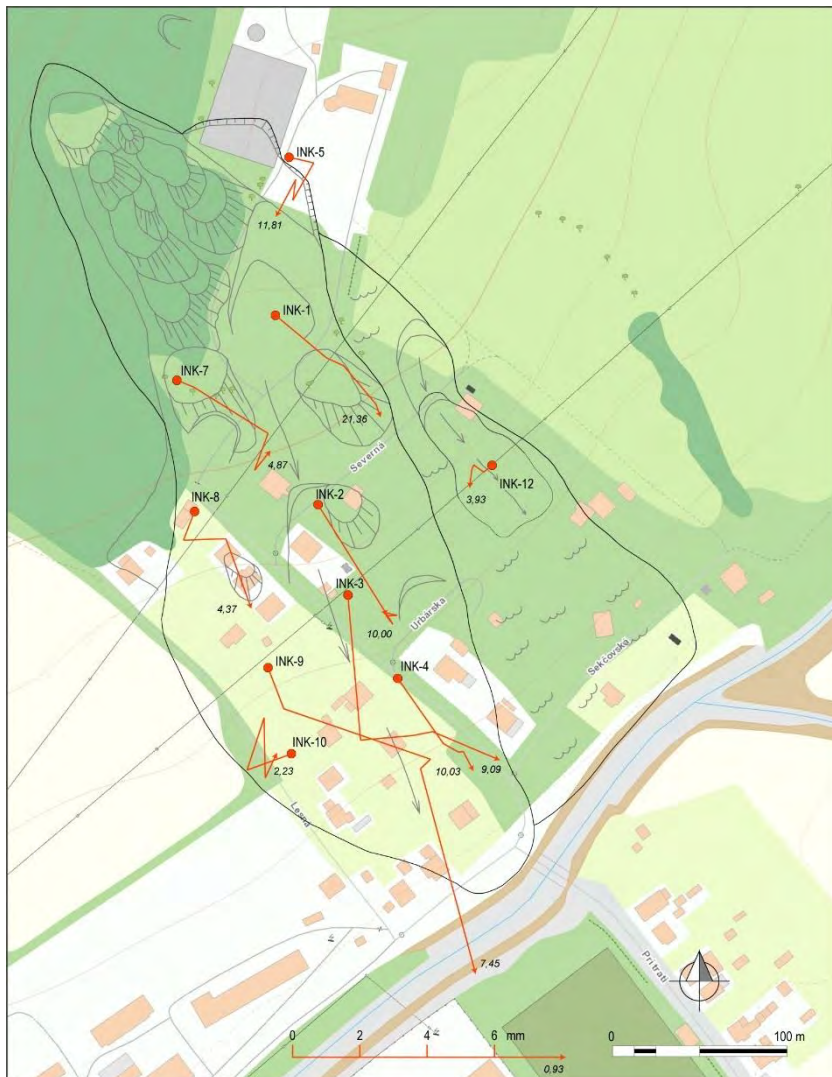
a/ Inklinometrické merania

Na lokalite Kapušany sa inklinometrické merania vykonávajú v 10 vrtoch. V rokoch 2015 a 2016 boli zabezpečené zhodne dve kontrolné etapy meraní (jar a jeseň). Výsledky meraní sú prezentované na obrázkoch (obr. 4.2.1, 4.2.2 a 4.2.3) a v tabuľke 4.2.2.

V roku 2015 sa vyššie prírastky deformácie prejavili počas jarného obdobia (od decembra 2012 do apríla 2015). Najväčšia deformácia (4,2 mm; 10,49 mm.rok⁻¹) bola nameraná vo vrte INK-2 v hĺbke 10,0 m pod terénom, pričom orientácia vektora mala juho-juhovýchodný smer. Podobne vysoká hodnota etapovej deformácie bola počas aprílového merania zaznamenaná aj vo vrte INK-3 v hĺbke 9,09 m pod terénom (4,14 mm; 10,36 mm.rok⁻¹). V ostatných vrtoch boli v hĺbkach predpokladaných šmykových plôch

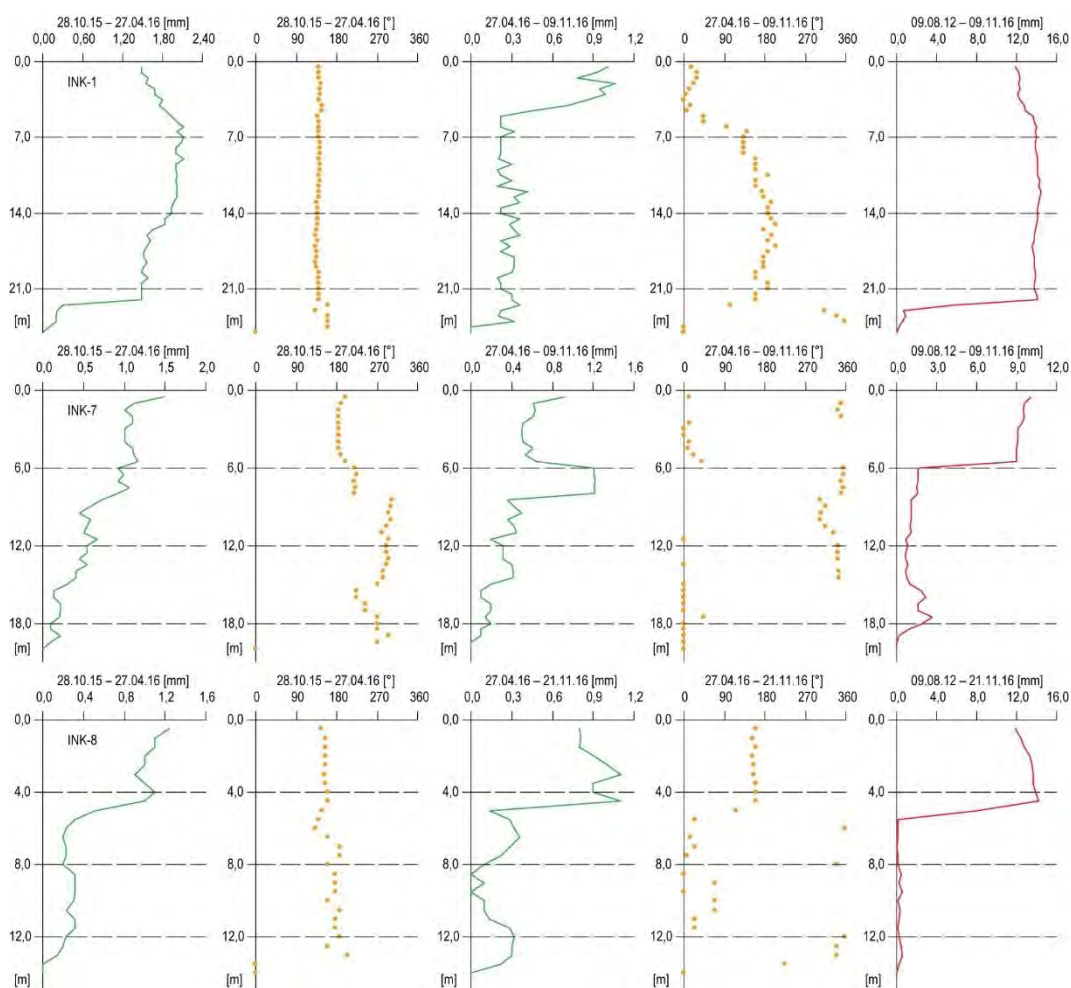
namerané prírastky deformácie v rozsahu 0,42 – 2,38 mm. Prevládajúci azimut nameraných vektorov mal juhovýchodný smer.

V jesennej etape došlo k poklesu pohybovej aktivity. Maximálna hodnota etapového prírastku bola nameraná v INK-7 v hĺbke 4,87 m pod terénom (2,61 mm; 5,23 mm.rok⁻¹) s azimutom 122°. V ostatných vrtoch boli namerané etapové vektory v rozsahu od 0,22 (INK-3) do 1,64 mm (INK-10).



Obr. 4.2.1. Lokalita Kapušany – výsledky inklinometrických meraní – vektory deformácií namerané v rokoch 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.2.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu: Laffèrs et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2016 sa v monitorovaní pokračovalo aprílovou etapou, ktorá poukázala na pomerne priaznivý stabilný vývoj. Najvyššia deformácia bola nameraná vo vrte INK-10 v hĺbke 2,23 m pod terénom (1,80 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 3,62 mm.rok⁻¹). Nad jeden milimeter sa dostali deformácie na predpokladaných šmykových plochách ešte vo vrtoch INK-1 (v hĺbke 21,36 m pod terénom bola nameraná deformácia 1,49 mm; 2,98 mm.rok⁻¹), INK-7 (v hĺbke 4,87 m pod terénom bola nameraná deformácia 1,17 mm; 2,35 mm.rok⁻¹), INK-8 (v hĺbke 4,37 m pod terénom bola nameraná deformácia 1,00 mm; 2,01 mm.rok⁻¹). V ostatných vrtoch sa namerané deformácie pohybovali v rozsahu 0,1 až 0,64 mm. Celkove, na základe získaných výsledkov počas aprílovej etapy, možno zosuvné územie v období od konca októbra 2015 do konca apríla 2016 považovať za relatívne stabilné.



Obr. 4.2.2a. Priebiehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Kapušany (príslušnosť predložených kriviek k jednotlivým vrtom je uvádzaná v prvom grafe vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

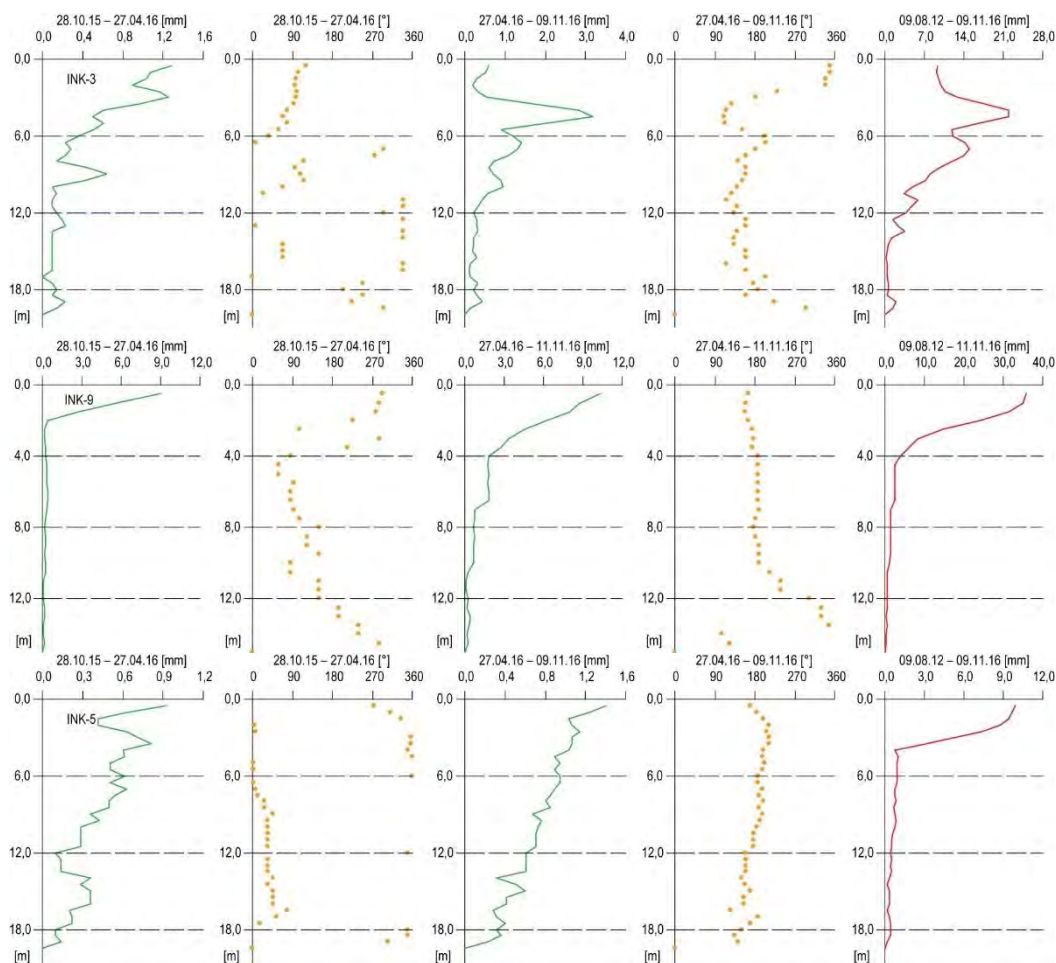
V nasledujúcom období, ktoré dokumentuje novembrové meranie, bol podobný stav zachovaný vo väčšej časti územia. Výnimku predstavujú len oblasti v blízkosti vrtov INK-9 a INK-3. Vo vrte INK-9 bola plytko pod terénom v hĺbke 1,45 m nameraná deformácia 6,21 mm, ktorá predstavuje priemernú rýchlosť $11,45 \text{ mm.rok}^{-1}$. Smer deformácie bol blízky azimutu svahu. Dlhodobá deformácia v sledovanom horizonte (od 9. augusta 2012 do 11. novembra 2016) dosiahla 24,10 mm. Priemerná rýchlosť deformácie teda dosiahla $5,66 \text{ mm.rok}^{-1}$. Počas poslednej etapy merania bola v hĺbke 5,95 detegovaná ďalšia šmyková plocha s deformáciou 1,86 mm.

Vo vrte INK-3, ktorý sa nachádza v strednej časti zosuvu, bola v hĺbke 4,59 m pod terénom nameraná deformácia 2,05 mm ($3,82 \text{ mm.rok}^{-1}$). Vektor je však orientovaný na východ. Podobne i v predchádzajúcich meraniach azimuty v uvedenej hĺbke nekorešpondujú so spádniciou svahu.

Deformácie v rozsahu 1,1 až 1,14 mm boli namerané vo vrtoch INK-5 a 8. V ostatných vrtoch boli na sledovaných šmykových plochách namerané deformácie v rozsahu 0,1 až 0,71 mm.

Pri hodnotení celého obdobia monitorovania možno konštatovať, že v roku 2014 došlo k nárastu pohybovej aktivity na sledovaných šmykových plochách (obr. 4.2.3). Vo viacerých vrtoch boli na šmykových plochách namerané najvyššie prírastky deformácie za celé sledované

obdobie (od roku 2012). Pomerne vysoké hodnoty pohybovej aktivity boli namerané i počas prvých dvoch etáp v roku 2013, ale tiež i počas novembrovej v roku 2016.

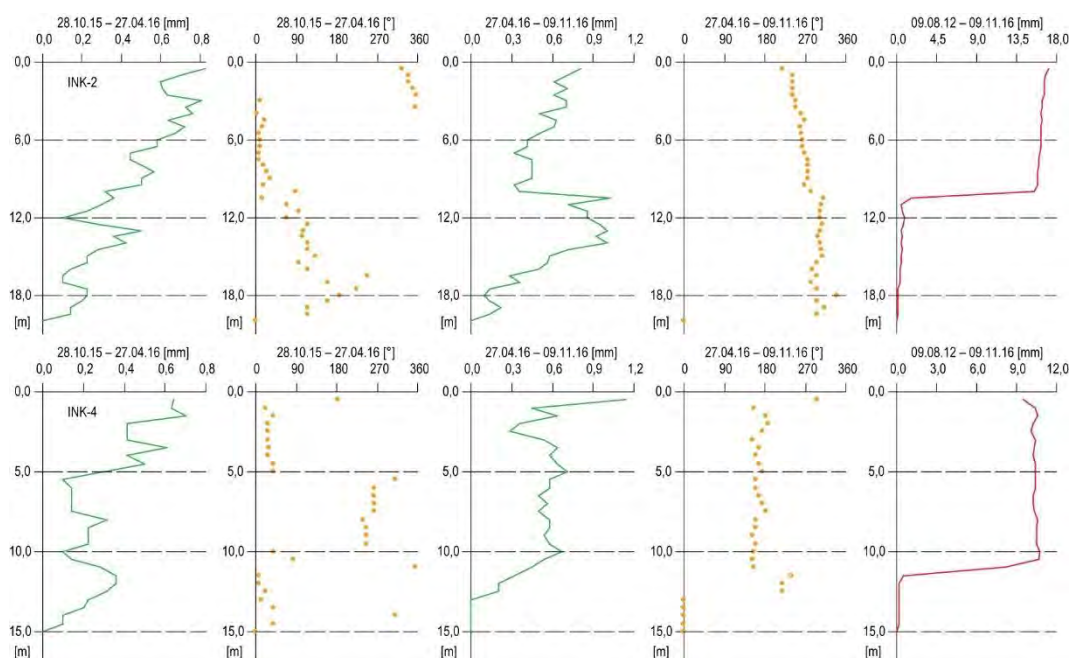


Obr. 4.2.2b. Priebiehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Kapušany (príslušnosť predložených kriviek k jednotlivým vrtom je uvádzaná v prvom grafe vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

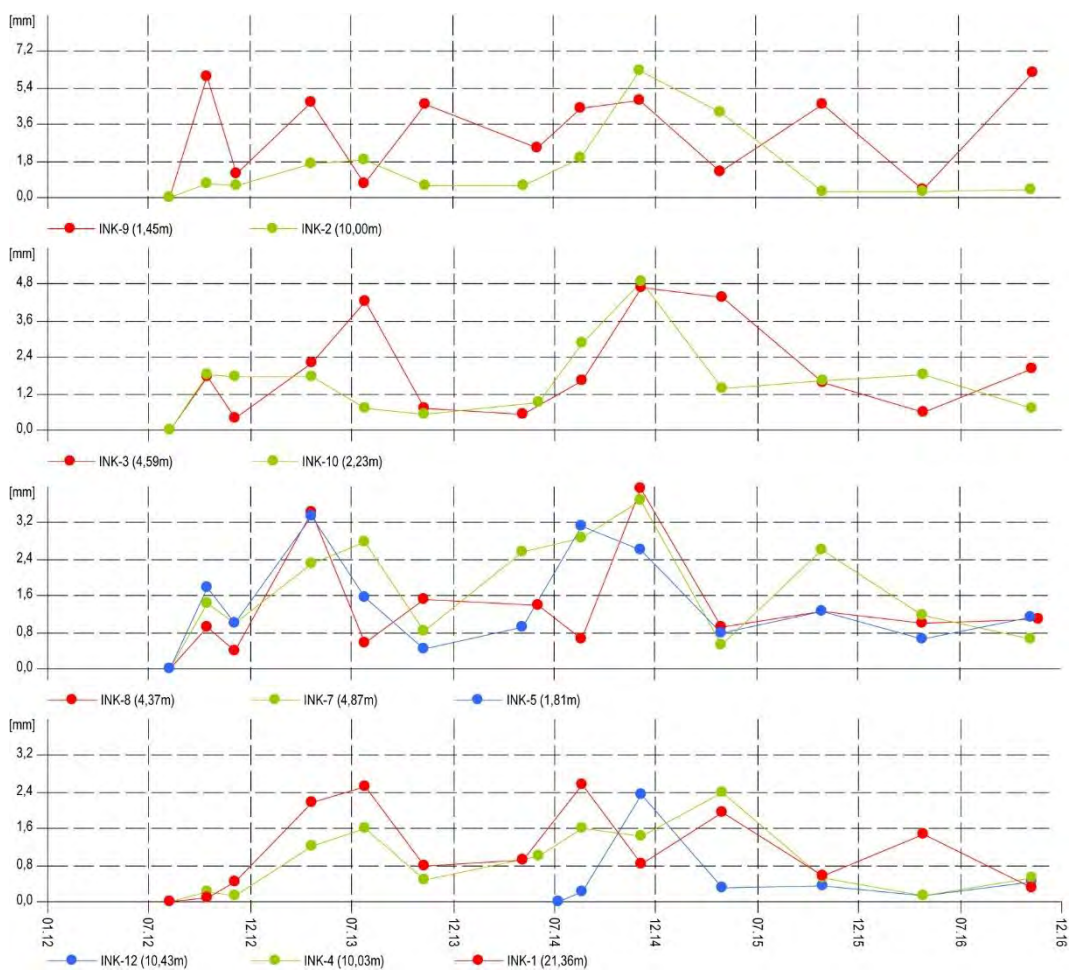
Tab. 4.2.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Kapušany v rokoch 2015 a 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	04.12.14 – 29.04.15			29.04.15 – 28.10.15			28.10.15 – 27.04.16			27.04.16 – 09.11.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-1	21,36	11,86	1,97	130	12,37	0,57	115	13,86	1,49	140	14,14	0,30	160
INK-2	10,00	15,86	4,20	148	15,55	0,32	322	15,72	0,32	88	15,45	0,36	284
INK-3	4,59	13,70	4,34	175	14,58	1,55	85	14,91	0,61	79	16,82	2,05	113
INK-3	8,59	7,40	4,33	167	6,80	0,60	340	7,22	0,64	109	7,92	0,70	160
INK-3	13,09	3,83	1,08	182	3,52	0,50	250	3,61	0,10	340	3,42	0,32	142
INK-4	10,03	9,58	2,38	145	10,06	0,51	119	10,15	0,14	85	10,67	0,54	152
INK-5	1,81	7,55	0,76	103	7,51	1,28	209	7,28	0,63	8	7,36	1,14	208
INK-7	4,87	6,01	0,54	112	8,56	2,61	122	9,08	1,17	200	8,98	0,64	39
INK-7	16,87	2,83	0,28	45	2,83	0,00	0	2,66	0,20	270	2,69	0,14	45
INK-8	4,37	12,14	0,92	201	12,20	1,26	88	13,18	1,00	160	14,26*	1,10*	160*
INK-9	1,45	14,88	1,32	159	17,83	4,61	109	17,96	0,41	226	24,10*	6,21*	165*
INK-10	2,23	4,21	1,40	250	3,55	1,64	18	4,72	1,80	179	4,48	0,71	25
INK-10	6,73	0,50	0,54	318	0,64	0,14	115	1,36	0,72	104	1,28	0,10	250
INK-12a	10,43	1,94	0,32	232	1,70	0,36	306	1,61	0,14	205	1,52	0,45	187

CD – celková deformácia od nultého merania (09.08.12 – vrty: INK-1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12; 10.07.14 – vrt INK-12a); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora; * – etapové meranie bolo realizované 21.11.16



Obr. 4.2.2c. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Kapušany (príslušnosť predložených kriviek k jednotlivým vrtom je uvádzaná v prvom grafe vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.



Obr. 4.2.3. Dlhodobé (2012 – 2016) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Kapušany.

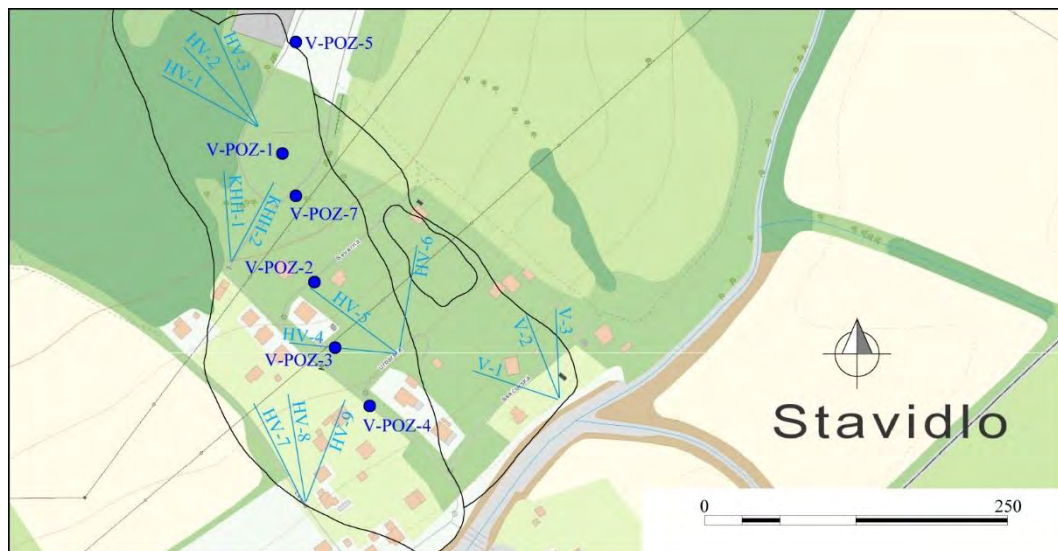
b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Kapušany začal systematický monitoring zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 v 7 pozorovacích vrtoch (tab. 4.2.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.2.3 a 4.2.4; situovanie monitorovaných piezometrických vrtov je na obr. 4.2.4). V roku 2015 bolo zabezpečených 5 (resp. 6) kontrolných meraní, vykonávaných od 25. mája do 21. októbra. Najbližšie k povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody vo vrte V-POZ-10 (1,16 m pod terénom – 274,21 m n. m. – 30. jún). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody vyskytovali v období do 25. mája do 28. augusta. Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte V-POZ-2 (10,70 m – 272,97 m n. m. – 24. september). Vo všeobecnosti sa minimálne úrovne hladiny podzemnej vody vyskytovali od 30. júna do 24. septembra, najčastejšie však 24. septembra. Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu od 1,46 (V-POZ-10) až do 10,41 m pod terénom (V-POZ-2). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte V-POZ-10 (1,24 m). V roku 2015 priemerná hladina podzemnej vody na lokalite Kapušany dosiahla hĺbku 6,49 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

Tab. 4.2.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Kapušany v roku 2015

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.]	
V-POZ-1	5	3,36	302,08	30.06.15	3,36	302,08	30.06.15	3,36	302,08	0,00
V-POZ-10	5	1,16	274,21	30.06.15	2,40	272,97	24.09.15	1,46	273,91	1,24
V-POZ-2	5	9,65	284,56	23.07.15	10,70	283,51	24.09.15	10,41	283,80	1,05
V-POZ-3	6	9,64	274,07	28.08.15	10,02	273,69	24.09.15	9,93	273,78	0,38
V-POZ-4	6	7,50	268,89	25.05.15	8,01	268,38	24.09.15	7,74	268,65	0,51
V-POZ-5	5	2,87	315,07	30.06.15	3,70	314,24	24.09.15	3,43	314,51	0,83
V-POZ-7	6	9,03	302,44	25.05.15	9,15	302,32	24.09.15	9,08	302,39	0,12



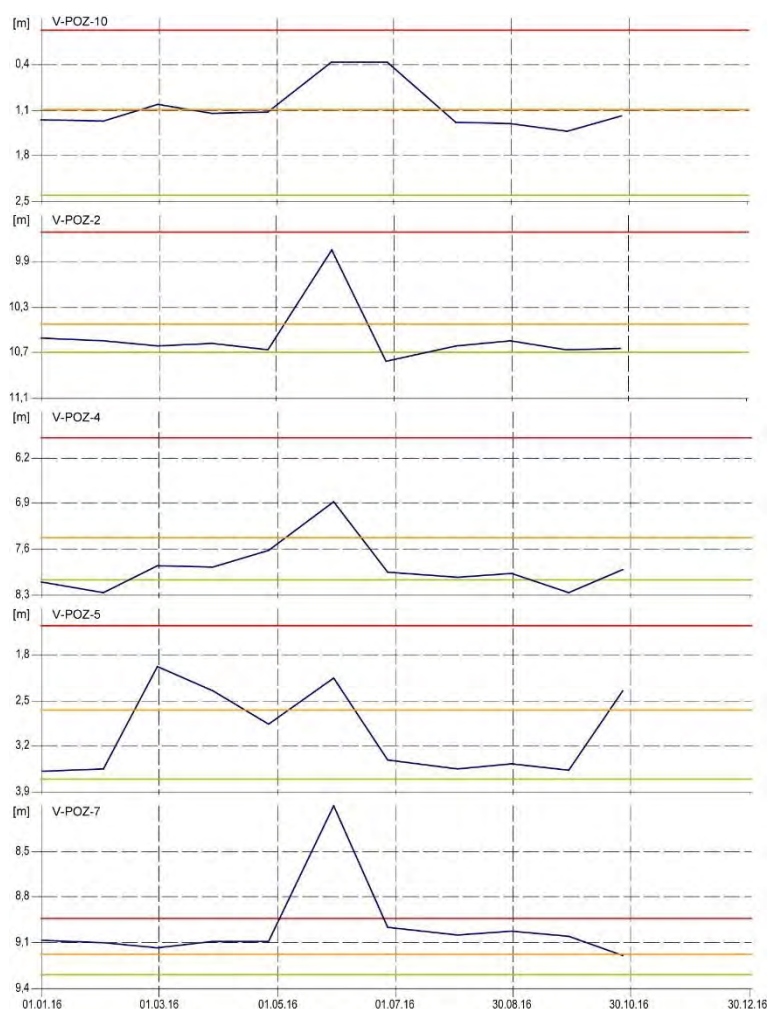
Obr. 4.2.4. Lokalita Kapušany – situácia sanačných a monitorovacích objektov. V-POZ-1 – vrt s automatickým hladinomerom; ohraňenie zosuvu: Laffèrs et al. (2012); mapový podklad: ZBGIS®.

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach v 6 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte V-POZ-10 (0,36 m pod terénom – 275,01 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 27. júna.

Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,36 až 9,80 m pod terénom (V-POZ-2). Vyskytovali sa od 1. marca (napr. vrt V-POZ-5) do 27. júna (napr. vrt V-POZ-10). Naopak, najhlbšie pod terénom, rovnako ako v roku 2015, sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte V-POZ-2 (min. hladina podzemnej vody 10,77 m pod terénom bola nameraná dňa 27. júna). Minimálne hladiny podzemnej vody sa najčastejšie vyskytovali 28. septembra.

Tab. 4.2.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Kapušany v roku 2016

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.]	
V-POZ-10	10	0,36	275,01	27.06.16	1,43	273,94	28.09.16	1,05	274,32	1,07
V-POZ-2	10	9,80	284,41	30.05.16	10,77	283,44	27.06.16	10,57	283,64	0,97
V-POZ-3	10	7,86	275,85	30.05.16	10,07	273,64	02.02.16	8,97	274,74	2,21
V-POZ-4	10	6,88	269,51	30.05.16	8,27	268,12	28.09.16	7,86	268,53	1,39
V-POZ-5	10	1,98	315,96	01.03.16	3,57	314,37	28.09.16	2,93	315,02	1,59
V-POZ-7	10	8,20	303,27	30.05.16	9,18	302,29	26.10.16	8,99	302,48	0,98

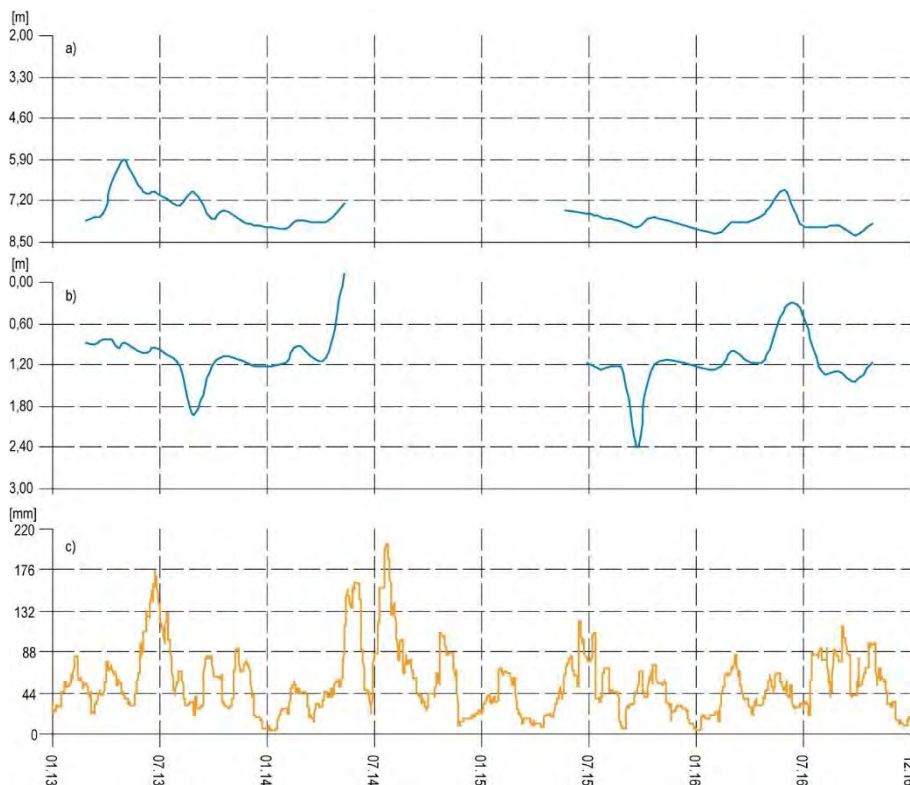


Obr. 4.2.5. Zmeny úrovně hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Kapušany (porovnané so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania). červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 6,73 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,28 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 1,05 (vrt V-POZ-10) do 10,57 m pod terénom (vrt V-POZ-2). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte V-POZ-3 (2,21 m). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2016 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.2.5. Priebehy hĺbky hladiny

podzemnej vody spolu s kumulatívnymi zrážkami za celé monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.2.6.

Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi z predchádzajúceho obdobia (od 2013 do 2015) vyplýva, že dlhodobé maximá boli prekročené v 1 prípade, a to vo vrtoch V-POZ-7 (vzostup o 0,74 m). Taktiež boli prekročené aj minimálne stavy, a to až v 3 vrtoch – V-POZ-2 (pokles o 0,07 m), V-POZ-3 (pokles o 0,05 m) a V-POZ-4 (pokles o 0,21 m).



Obr. 4.2.6. Výsledky spracovania režimových pozorovaní (2013 – 2016) z vybraných vrtov na lokalite Kapušany. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – V-POZ-4, b – V-PRIES-1, c – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Kapušany).

b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

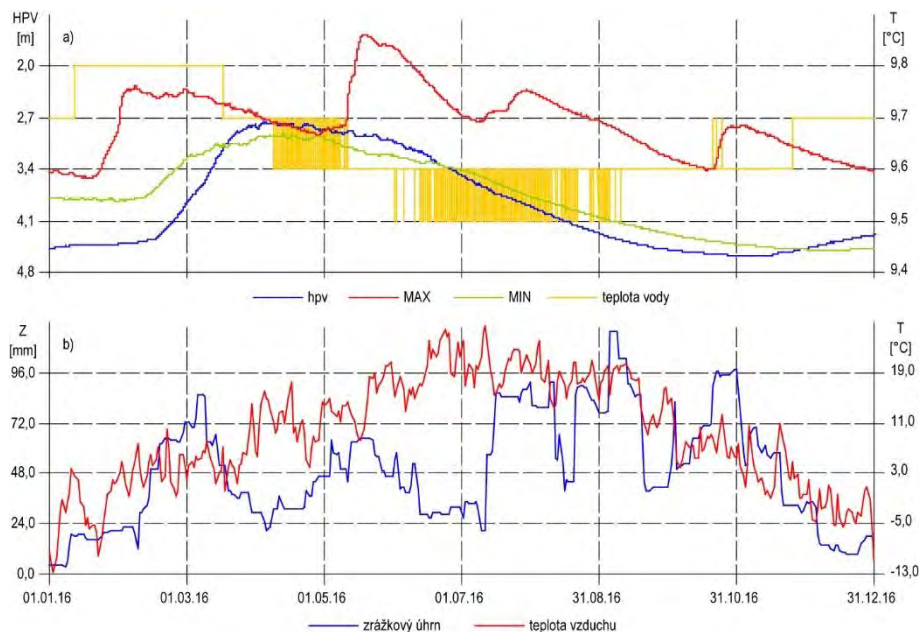
Na lokalite Kapušany je automatickým hladinomerom zabezpečované meranie vo vrte V-POZ-1 (od 30. septembra 2013). Počas hodnotených rokov 2015 a 2016 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale (rok 2015: 8760 záznamov; rok 2016: 8784 záznamov).

V roku 2015 bola maximálna hladina podzemnej vody (2,25 m pod terénom; 303,19 m n. m.; tab. 2.4.5) nameraná 8. februára. Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody klesla (do hĺbky 4,50 m pod terénom; 300,94 m n. m.) počas 2. decembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 3,54 m pod terénom (301,90 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 2,25 m. Maximálne namerané zmeny hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosahovali len 0,02 m (čo činí 0,89 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe zmien hladiny podzemnej vody, sledovanej počas roku 2015, dosiahla 0,02 m.deň⁻¹. Znamená to, že hladina podzemnej vody má mimoriadne vyrovnaný režim. Predstavu o vývoji zmien hladiny podzemnej vody počas hodnoteného roka dokresľujú štatistické ukazovatele 1., 2. a 3. kvartilu. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 2,95 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 3,5 m pod terénom a 3. kvartil 4,28 m pod terénom.

Tab. 4.2.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kapušany v roku 2015

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.]	
V-POZ-1	8760	2,25	303,19	08.02.15	4,50	300,94	02.12.15	3,54	301,90	2,25

Teplota podzemnej vody bola meraná v rovnakých intervaloch ako jej hĺbka. Jej maximálna hodnota 9,8 °C bola nameraná 1. februára. Najnižšia teplota s hodnotou 9,5 °C bola zaznamenaná 22. mája. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota hodnotu 9,6 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas hodnoteného roka dosiahla 0,30 °C.



Obr. 4.2.7. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T), zaznamenaný v roku 2016 automatickým hladinomerom na lokalite Kapušany; a – automatický hladinomer umiestnený vo vrte V-POZ-1, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu, na zrážkomernej stanici SHMÚ Kapušany.

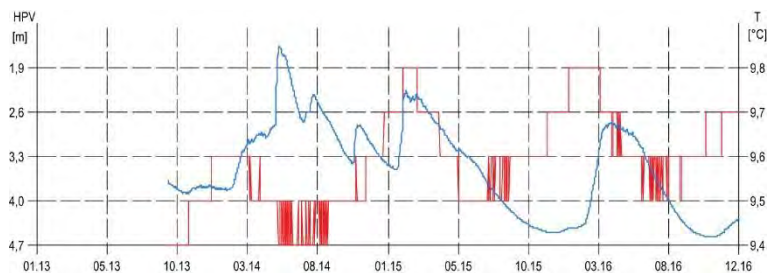
V roku 2016 sa pokračovalo v rovnakom režime meraní. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 2,75 m pod terénom (302,69 m n. m.; 9. apríl), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,5 m. Následne začala hladina klesať a minimum s hĺbkou 4,57 m (300,87 m n. m.) dosiahla 27. októbra (oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,07 m). Z obr.4.2.7 vyplýva, že na priebeh hladiny podzemnej vody mali vplyv prevažne jarné zrážky. Výrazné letné a jesenné zrážkové úhrny sa na vzostupe hladiny prejavili len nepatrne, a to miernym vzostupom na konci jesenného obdobia. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 3,88 m pod terénom (301,56 m n. m.), čo je v porovnaní s rokom 2015 pokles o 0,34 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,82 m. V porovnaní s vlaňajším rokom došlo k ustáleniu jej kolísania. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,02 m za deň, čím bola opätovne potvrdená nízka dynamika zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v sledovanom vrte. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,01 m (čo je len 0,55 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 3,21 m pod terénom, 2. kvartil 4,19 m pod terénom a 3. kvartil 4,44 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,8 °C 12. januára, naopak, najnižšia teplota (9,5 °C) bola zaznamenaná 2. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,7 °C.

Tab. 4.2.6. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kapušany v 2016

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.]	
V-POZ-1	8784	2,75	302,69	09.04.16	4,57	300,87	27.10.16	3,88	301,56	1,82

Pri pohľade na dlhšie časové obdobie (obr. 4.2.8) je vidieť trend postupného poklesu hladiny podzemnej vody. Maximálne stavy boli namerané na prelome mesiacov máj a jún v roku 2014 a minimálne v aktuálne hodnotenom roku (tab. 4.2.6).



Obr. 4.2.8. Dlhodobé (2013 – 2016) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom, umiestneným vo vrte V-POZ-1 na lokalite Kapušany.

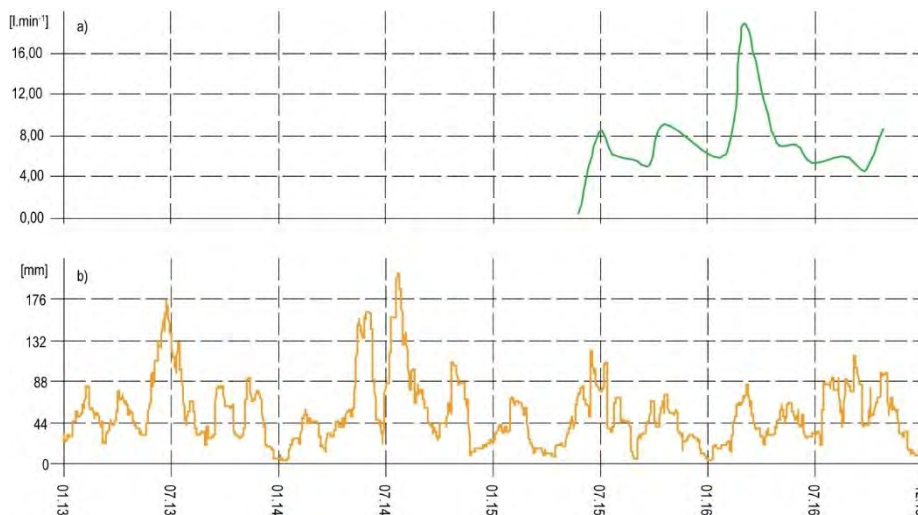
c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Kapušany je pozorovaných 7 odvodňovacích zariadení. Tieto merania sa podarilo obnoviť v roku 2015 (tab. 4.2.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.2.7 a 4.2.8). Počas roka 2015 bolo zabezpečených 5 (v niektorých prípadoch i 6) kontrolných meraní. Merania sa realizovali od 25. mája do 21. októbra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 24. septembra na odvodňovacom vrte ST-3 ($6,90 \text{ l.min}^{-1}$). Naopak, najnižšia výdatnosť bola nameraná vo vrte ST-1/1 ($0,00 \text{ l.min}^{-1}$ – na úrovni kvapkania) a vrt ST-1/2 bol počas celého hodnoteného obdobia suchý. Prevažnú časť hodnoteného obdobia bol suchý i vrt ST-1/3. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu $6,97 \text{ l.min}^{-1}$. Najvyššia priemerná výdatnosť bola zaznamenaná na odvodňovacom objekte ST-3 ($5,75 \text{ l.min}^{-1}$) a najväčšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte ST-3 ($2,55 \text{ l.min}^{-1}$).

Tab. 4.2.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Kapušany v roku 2015

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
ST-1/1	6	0,10	21.10.15	0,00	25.05.15	0,06	0,10
ST-1/2	6	suchý					
ST-1/3	6	0,44	23.07.15	0,00	25.05.15	0,11	0,44
ST-2/1	5	2,60	24.09.15	0,05	21.10.15	0,67	2,55
ST-2/2	5	0,71	24.09.15	0,02	30.06.15	0,31	0,69
ST-2/3	5	0,13	24.09.15	0,05	30.06.15	0,07	0,08
ST-3	5	6,90	24.09.15	4,92	30.06.15	5,75	1,98

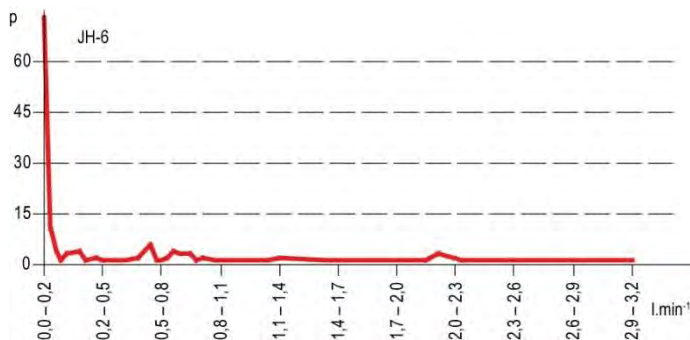
V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, čo je o 5 viac ako vlani. Merania sa realizovali v období od 2. februára do 26. októbra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 1. marca na odvodňovacom vrte ST-3 ($16,50 \text{ l.min}^{-1}$); naopak, najnižšia výdatnosť v tomto vrte bola zaznamenaná 28. septembra s hodnotou $4,72 \text{ l.min}^{-1}$ a priemerná výdatnosť dosiahla $7,56 \text{ l.min}^{-1}$. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná rovnako ako vlani vo vrte ST-1/1 ($0,00 \text{ l.min}^{-1}$ – na úrovni kvapkania; 2. február). Počas hodnoteného roku boli skoro všetky vrty minimálne jedenkrát suché, resp. voda z nich kvapkala. Vrt ST-1/2 bol suchý počas všetkých meraní. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu $8,32 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o $1,35 \text{ l.min}^{-1}$. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte ST-3 ($11,78 \text{ l.min}^{-1}$).



Obr. 4.2.9. Výsledky spracovania výdatnosti odvodňovacích vrtov na lokalite Kapušany; a – spoločná výdatnosť všetkých pozorovaných odvodňovacích zariadení, b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Kapušany).

Tab. 4.2.8. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Kapušany v roku 2016

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
ST-1/1	10	0,10	27.04.16	0,00	02.02.16	0,02	0,10
ST-1/2	10	suchý					
ST-1/3	10	0,08	30.08.16	0,00	02.02.16	0,02	0,08
ST-2/1	10	1,20	26.10.16	0,00	27.06.16	0,33	1,20
ST-2/2	10	1,20	01.03.16	0,00	02.02.16	0,38	1,20
ST-2/3	10	suchý; kvapkanie					
ST-3	10	16,50	01.03.16	4,72	28.09.16	7,56	11,78



Obr. 4.2.10. Štatistické zhodnotenie výdatnosti zo všetkých odvodňovacích zariadení na lokalite Kapušany. Analyzované obdobie: február 2013 – október 2016; p – početnosť nameraných výdatností v odvodňovacích vrtoch.

Dosiahnuté maximálne výdatnosti v roku 2016 prekročili dlhodobé maximá v 2 prípadoch. Ide o vrty ST-3 (pôvodná maximálna výdatnosť 6,90 l.min⁻¹ nameraná 30. júna 2015) a ST-2/2 (pôvodná maximálna výdatnosť 0,71 l.min⁻¹ nameraná 30. júna 2015). Podobne, prekročené boli i doteraz namerané minimálne výdatnosti, a to napr. vo vrte ST-3 (pôvodná minimálna výdatnosť 4,92 l.min⁻¹ nameraná 24. septembra 2015).

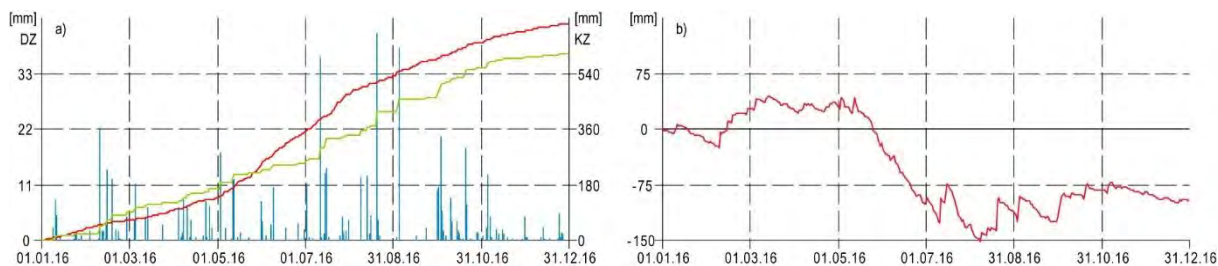
Priebehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení za dlhšie obdobie sú znázornené na obr. 4.2.9 a štatistické spracovanie nameraných hodnôt výdatnosti je na obr. 4.2.10. Z hľadiska štatistického spracovania jednoznačne dominujú najnižšie hodnoty výdatnosti. V súbore nameraných údajov sa len vzácne vyskytujú vyššie hodnoty výdatnosti.

e/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Kapušany s indikatívom 59220. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný

v období od 1. januára 2006 do 31. decembra 2015 predstavuje 701,49 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 995,3 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 58,46 mm a maximálny mesačný úhrn 237,6 mm (júl 2008). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 5. mája 2010 do 4. júna 2010) dosiahol 291,4 mm.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 587,6 mm, čo zodpovedá 83,8 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas októbra (97,7 mm) a najvyšší denný úhrn 21. augusta (40,9 mm). Najsuchším mesiacom bol január s 20,7 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 6. augusta do 5. septembra (115,5 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, sumárny zrážkový úhrn dosiahol 3,8 mm.



Obr. 4.2.11. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Kapušany (indikatív 59220); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2016 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Kapušany boli v roku 2016 zabezpečené merania pohybovej aktivity a režimové pozorovania. Výsledky metódy presnej inklinometrie poukazujú na pomerne priaznivé stabilné pomery. Zvýšená pohybová aktivita bola pozorovaná plytko pod terénom vo vrte INK-9. Zvýšené hodnoty boli namerané ešte i vo vrtoch INK-3, INK-10 a INK-1. V ostatných vrtoch sa deformácie pohybovali prevažne do 1 mm.

Režimové ukazovatele hĺbky hladiny podzemnej vody poukazujú na relatívne ustálený režim. Zmeny hĺbky len ojedinele presahujú 2 m. Treba však poznamenať, že v roku 2016 došlo k zväčšeniu kolísania v porovnaní s predchádzajúcim rokom. Taktiež stúpila i priemerná hladina podzemnej vody.

Vo vrte s automatickým hladinomerom hladina podzemnej vody viac-menej kopírovala dlhodobé minimálne úrovne. Dá sa konštatovať, že väčšiu časť hodnoteného roka sa nachádzala pod odvodeným dlhodobým minimom. Stúpanie hladiny súviselo najmä s jarnými zrážkami, ktoré boli doprevádzané topením snehovej pokrývky vo vyšších častiach masívu.

Výdatnosti odvodňovacích zariadení sa dlhodobo pohybujú na nízkej úrovni. Výrazne prevládajú hodnoty blízke 0. Viacero vrtoch je buď suchých, resp. na úrovni kvapkania. Najspoľahlivejšie je odvádzaná voda z vrtoch ST-3. V čase minimálnych prietokov odvádzali vrty viac ako 4 l.min⁻¹.

V roku 2017 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v predchádzajúcom roku. Režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích vrtoch budú vykonávané v mesačnom intervale (cca 10 meraní do roka). Vo vrte s inštalovaným hladinomerom bude zachovaný zber s hodinovou frekvenciou. Zároveň plánujeme pokračovať v inklinometrických meraniach.

1.4.3. Lokalita Veľká Čausa

Stručná charakteristika lokality

Zosuvný svah sa nachádza v južnej časti intravilánu obce Veľká Čausa (okres Prievidza). Zosuvný pohyb sa v území prejavil počas rokov 1969, 1974 až 1975, 1985 a naposledy na jar roku 1995.

Monitorovacia sieť pozostáva z viacerých typov objektov (geodetické body, inklinometrické a piezometrické vrty, subhorizontálne odvodňovacie vrty). Systematické merania sa na lokalite vykonávajú od deväťdesiatych rokov.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, realizovaných v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.3.1.

Tab. 4.3.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Čausa v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Geodetické (terestrické)	18 pozorovaných 3 vzťažné	P2, 3, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29 F1, 2, 3	1 (1. jún)	1 (30. jún)
Geodetické (GNSS)	5 pozorovaných 1 vzťažný	P13, 14, 17, 18, 19, 24***, 28**** F3	2 (29. máj, 9. december)	1 (7. júl)
Inklinometrické	9	VČ-1, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, VE-4	1 (29. máj, 9. december*)	1 – 2 (24. máj, 2. november, 16. december *****)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	15	J-107, M-4, 8, 14, PO-1, 2, SŠ-1, 2, VČ-4 – 7, 11, 13, VE-4	51 (1x za týždeň)	13 – 52 (1x za týždeň)
	2	VČ-2, AH-1 – automatické hladinomery	Kontinuálne (každú hodinu)	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	7	VV-102, 103, 104, 107, 108, 109, 110	51 (1x za týždeň)	49 – 52 (1x za týždeň)
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Ráztočno (indikatív 30100) Prievidza (indikatív 30120)	Denné úhrny zrážok	

* – len vo vrte VČ-1, ** – do 13. marca 2015, *** – v roku 2016, **** – v roku 2015, ***** – vo vrte VČ-9

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Geodetické merania

a1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní terestrickou metódou

Tab. 4.3.2. Výsledky geodetických (terestrických) meraní na lokalite Veľká Čausa v rokoch 2015 a 2016

Bod	23.04.14 – 01.06.15			01.06.15 – 30.06.16		
	Premiestnenie [mm]			Premiestnenie [mm]		
	polohové	polohové	polohové	polohové	výškové	priestorové
P2	82,15	82,15	82,15	33,62	-16,00	37,23
P3	4,24	4,24	4,24	4,47	-19,00	19,52
P11	2,24	2,24	2,24	1,00	-3,00	3,16
P12	3,16	3,16	3,16	2,83	-14,00	14,28
P13	2,00	2,00	2,00	1,00	3,00	3,16
P14	2,00	2,00	2,00	4,47	1,00	4,58
P16	16,16	16,16	16,16	5,00	-12,00	13,00
P17	8,00	8,00	8,00	11,18	-1,00	11,22
P18	2,24	2,24	2,24	5,39	1,00	5,48
P19	4,47	4,47	4,47	10,30	-11,00	15,07
P20	6,71	6,71	6,71			
P21	10,20	10,20	10,20	8,06	-8,00	11,36
P22	4,24	4,24	4,24	1,41	1,00	1,73
P23	4,12	4,12	4,12	4,24	-2,00	4,69
P24	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00	3,16
P26	1,00	1,00	1,00	13,93	-5,00	14,80
				2,24	-2,00	3,00
P28	3,61	3,61	3,61	1,00	7,00	7,07
P29	2,83	2,83	2,83	2,24	-5,00	5,48

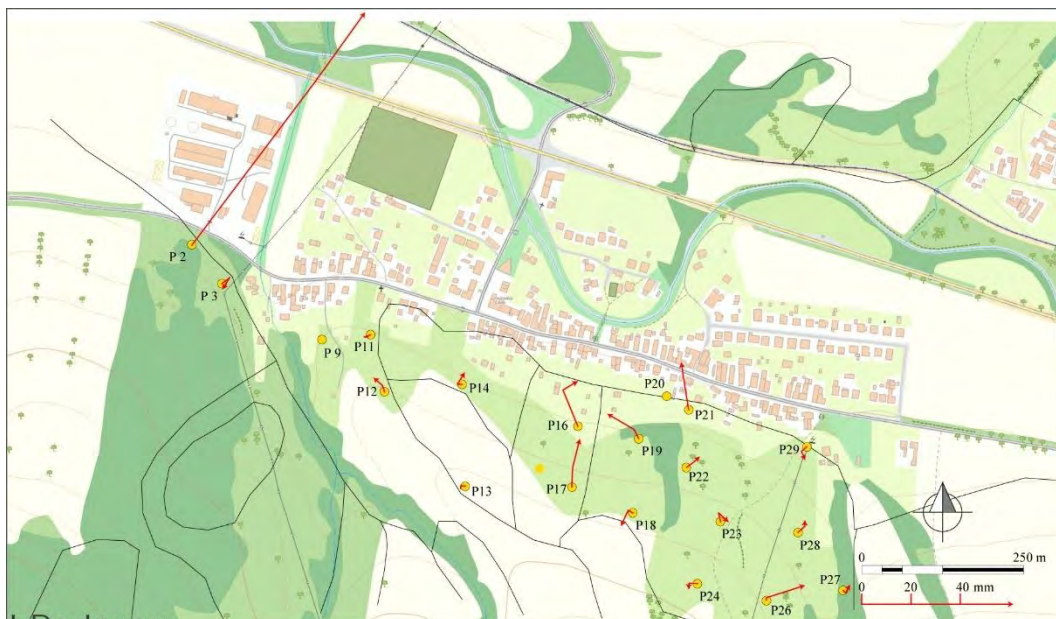
V roku 2015 sa pokračovalo ďalšou etapou geodetických meraní, ktoré sú na lokalite vykonávané už od roku 1975. Počas etapy, ktorá trvala od apríla 2014 do júna 2015, bola najväčšia pohybová aktivita nameraná v bode P2 (82,15 mm v polohovom smere – Fraštia, 2015). Bod P2 sa nachádza v oblasti nad poľnohospodárskym družstvom a ohrozuje cestnú komunikáciu. Pohybová aktivita tejto oblasti začala akcelerovať krátko po lesnej ťažbe v oblasti nad dotknutým územím. V tejto súvislosti vidíme možné prepojenie medzi odlesnením väčšej plochy územia a aktivizáciou zosuvného pohybu. Odlesnením územia došlo k strate evapotranspiračného potenciálu, ktorý existujúci les predstavoval. Na túto skutočnosť sme upozornili listom samosprávu obce.

Na ostatných bodoch boli v roku 2015 namerané podstatne nižšie hodnoty posunov. Prevládali posuny do 5 mm, len v bode P16 bol nameraný polohový vektor 16,16 mm a na bodoch P20, P17 a P21 boli polohové zmeny v intervale od 6,71 do 10,2 mm.

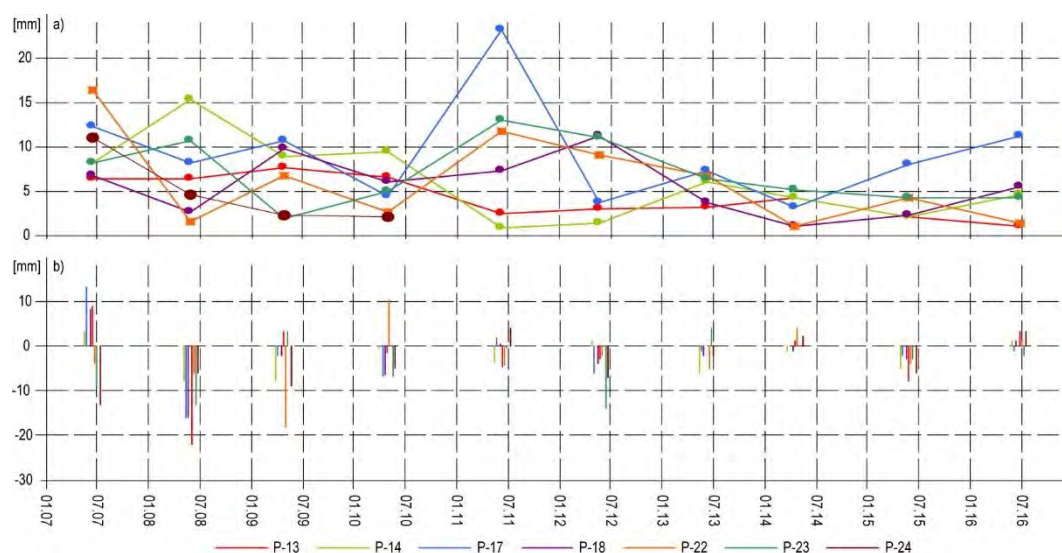
Vo vertikálnom smere bol na bodoch P13, P24, P28, P14, P11, P22, P18, P23, P17, P29 nameraný klesajúci pohyb v rozsahu od -1 do -8 mm a naopak, na bodoch P26, P21, P19, P2, P3, P20, P12 a P16 boli namerané vzostupné pohyby v rozsahu do 2 do 12 mm.

Aj v roku 2016 si pohybová aktivita zachovala charakter z predchádzajúcej etapy. Najvýraznejší pohyb opäť nastal v oblasti nad poľnohospodárskym družstvom v bode P2 (33,62 mm; 31,06 mm.rok⁻¹); posuny v rozsahu 10,3 až 13,93 mm (9,51 – 12,87 mm.rok⁻¹) boli namerané v bodoch P19, P17 a P26. Opäť i v tomto roku prevládali posuny od 1 do 5 mm (P16, P14, P3, P23, P12, P27, P29, P22, P24, P11, P13 a P28). Posuny nad 5 mm boli ešte namerané v bodoch P18 a P21 (od 5,39 do 80,6 mm; do 4,98 – 7,45 mm.rok⁻¹).

Na základe nameraných výsledkov možno konštatovať, že v období medzi jednotlivými termínmi meraní v rokoch 2015 a 2016 sa zosuvný svah nachádzal v relatívne stabilnom stave. Výnimku tvorí len najzápadnejšia časť zosuvného územia a čiastočne centrálna časť zosuvu. Hodnoty nameraných vektorov sú zhrnuté v tab. 4.3.2 a graficky vyjadrené na obr. 4.3.1.



Obr. 4.3.1. Lokalita Velká Čausa – výsledky geodetických (terestrických) meraní za roky 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.3.2); obrysy zosuvov podľa Šimekovej a Martinčekovej et al. (2006), mapový podklad: ZBGIS®.



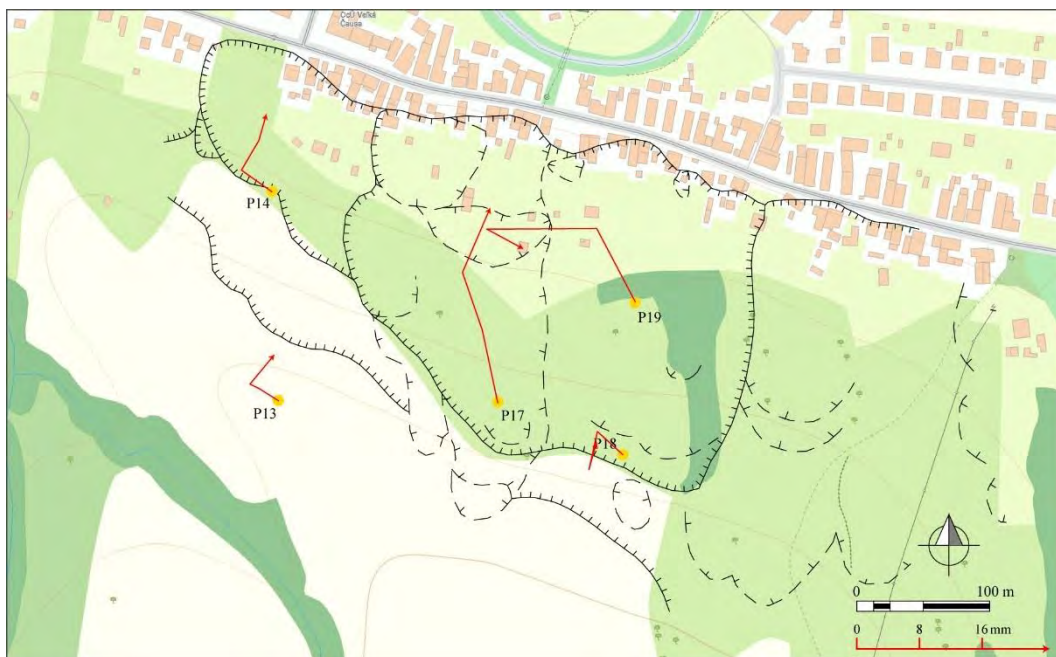
Obr. 4.3.2. Dlhodobé (2007 – 2016) zmeny polohy a výšky pozorovaných bodov, zistené metódou terestrickej geodézie na lokalite Velká Čausa; a – polohové zmeny geodetického bodu, b – vertikálne zmeny geodetického bodu.

Na základe analýzy údajov, nameraných v centrálnej časti zosuvného územia, počas obdobia rokov 2007 až 2016 je možné konštatovať, že po veľmi výrazných pohyboch, ktoré v predchádzajúcich desaťročiach v extrémnych prípadoch dosahovali sumárnu hodnotu viac ako 2 m (body P16 a P17), nastal v ostatných rokoch útlm pohybovej aktivity. Pohybová aktivita vybraných bodov geodetickej siete je vyjadrená na obr. 4.3.2. Počas prezentovaného obdobia boli najväčšie polohové zmeny pozorované na bode P17 (v roku 2011 – 23,16 mm). Tento bod sa nachádza v centrálnej časti aktívneho zosuvu. V poslednej dekáde je možné na monitorovaných bodoch pozorovať mierne klesajúci trend pohybovej aktivity. Zvýšená hodnota polohového premiestnenia geodetických bodov súvisí prakticky len s rokom 2010 (meranie vykonané v roku 2011).

Pri hodnotení vertikálnej zložky pohybu možno konštatovať, že na väčšine bodov prevládajú zostupné zmeny. Maximálne etapové rozdiely výšok boli zaznamenané na bode P13 (v roku 2008 – 22,0 mm).

a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní metódou GNSS

Na lokalite sa v roku 2015 pokračovalo v meraniach metódou GNSS, ktoré sa tu vykonávajú od roku 2008. Počas rokov 2015 a 2016 boli celkovo vykonané 3 etapové merania (dve v roku 2015 a jedna v roku 2016; tab. 4.3.3).



Obr. 4.3.3. Lokalita Veľká Čausa – výsledky geodetických meraní (GNSS) za obdobie rokov 2015 a 2016. Obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.3.3; mapový podklad: ZBGIS®.

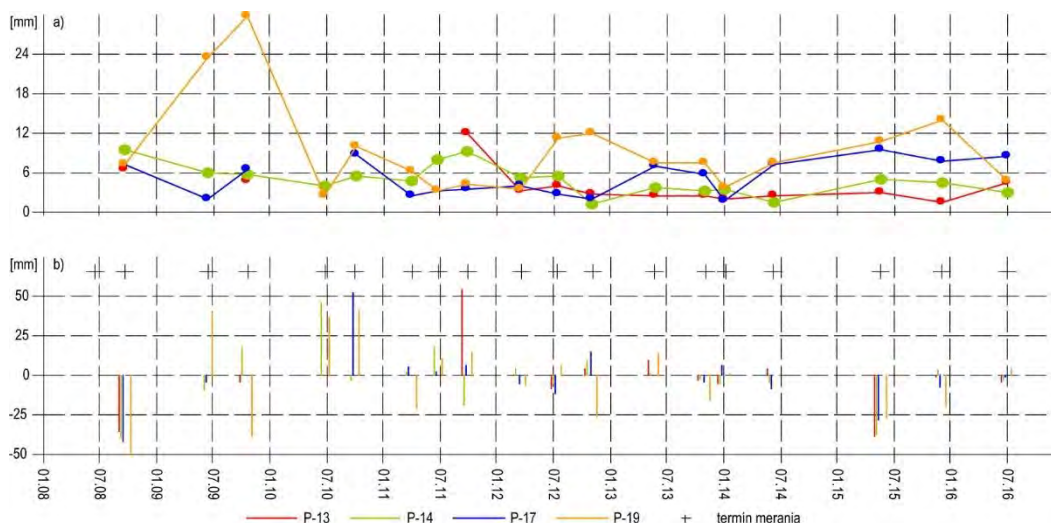
Tab. 4.3.3. Výsledky geodetických (GNSS) meraní na lokalite Veľká Čausa v rokoch 2015 a 2016

Bod	18.09.14 – 29.05.15			29.05.15 – 09.12.15			09.12.15 – 07.07.16		
	Premiestnenie [mm]			Premiestnenie [mm]			Premiestnenie [mm]		
	polohové	polohové	polohové	výškové	polohové	výškové	polohové	výškové	priestorové
P13	2,82	-38,90	39,00	1,30	-1,70	2,14	4,30	-4,20	6,01
P14	4,75	-37,90	38,20	4,47	2,90	5,33	2,96	-3,70	4,74
P17	9,37	-28,70	30,19	7,75	-7,50	10,78	8,48	-1,80	8,66
P18	4,28	-36,60	36,85	4,85	4,40	6,55	3,06	-12,20	12,58
P19	10,55	-27,50	29,45	13,84	-20,30	24,57	4,74	3,90	6,14

V roku 2015, v rámci siete geodetických bodov pretrvala zvýšená pohybová aktivita v bode P19. V polohovom smere bol na geodetickom bode počas prvej etapy nameraný posun 10,55 mm a počas druhej etapy 13,84 mm. Zároveň boli na bode namerané aj pomerne vysoké posuny vo vertikálnom smere. V oboch prípadoch bol nameraný pokles bodu. Na ostatných bodoch etapové posuny v polohovom smere nepresiahli 10 mm. Vo vertikálnom smere boli vysoké hodnoty namerané počas májového merania (od -27,5 do -38,9 mm). V decembrovej etape bola výraznejšia vertikálna zmena nameraná len v bode P19 (obr. 4.3.4).

V aktuálne hodnotenom roku, kedy bolo vykonané len jedno meranie, bolo najväčšie polohové premiestnenie zaznamenané v bode P17 (8,48 mm; 8,66 mm.rok⁻¹). Azimut nameraného vektora je relatívne paralelný s predchádzajúcimi, zaznamenanými v roku 2015. Celkový posun od nultého merania (jún 2008) dosiahol v tomto bode 49,34 mm (6,12 mm.rok⁻¹) s celkovým poklesom -33,60 mm (celkový priestorový pohyb v období monitorovania dosiahol 59,69 mm). V ostatných bodoch bol pozorovaný priaznivý stabilný vývoj. Hodnoty

posunov nepresiahli ani v jednom prípade 5 mm. Najväčšia vertikálna zmena bola nameraná v bode P18 (-12,2 mm).



Obr. 4.3.4. Dlhodobé (2008 – 2016) zmeny polohy a výšky pozorovaných bodov, zistené metódou GNSS na lokalite Veľká Čausa.

Pri hodnotení dlhšieho obdobia je možné pozorovať výraznejšie prejavy pohybovej aktivity v bode P19. Zmeny v tomto bode sa prejavujú ako v polohovom, tak i vo vertikálnom smere. Celkový útlm pohybovej aktivity nastal v roku 2012 (obr. 4.3.4). Táto zmena však môže súvisieť i so zmenou dĺžky observácie (z cca 0,5 hod na cca 5 až 6 hod), vďaka ktorej bola dosiahnutá vyššia presnosť určenia polohy bodu. Počas obdobia monitorovania (jún 2008 až júl 2016) došlo k najväčšiemu polohovému premiestneniu v bode P19 s hodnotou 32,7 mm, čo predstavuje posun s priemernou rýchlosťou $5,9 \text{ mm.rok}^{-1}$. Najstabilnejším bodom, teda bodom s najmenšími nameranými zmenami počas monitorovaného obdobia, je P13 (obr. 4.3.4).

b/ Inklinometrické merania

V roku 2015 došlo prakticky vo všetkých vrtoch (v sledovaných hĺbkových úrovniach) k nárastu pohybovej aktivity. Prírastky deformácií sa pohybovali v intervale od 3,71 (vo vrte VČ-9) do 11,65 mm (VE-4). Etapové vektory boli orientované prevažne na severo-severovýchod (VČ-6, VČ-5, VČ-13) až severovýchod (VČ-10, VČ-1), resp. severozápad (VČ-7, VE-4). Len vo vrte VČ-9 bol v sledovanom horizonte nameraný etapový prírastok deformácie s orientáciou na juhozápad.

V roku 2016 bolo na väčšine vrtoch zabezpečené jedno meranie, len výnimočne, a to v prípade vrtu VČ-1, boli zabezpečené merania dve. Z meraní vykonaných v jednotlivých objektoch vyplýva, že najvyššie deformácie postihujú oblasť v okolí vrtoch VČ-1, VE-4 a VČ-1 (dĺžky meracích etáp sa v uvedených vrtoch odlišujú). Z dôvodu vysokých deformácií v predchádzajúcom období sa vo vrte VČ-1 zabezpečili dva termíny meraní (jar a koniec jesene). V oboch prípadoch boli namerané pomerne vysoké hodnoty. V máji bola nameraná deformácia 6,67 mm (v hĺbke 4,91 m pod terénom), čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu $14,58 \text{ mm.rok}^{-1}$ a následne 2. novembra, v rovnakej hĺbke, bola nameraná deformácia 7,30 mm ($16,45 \text{ mm.rok}^{-1}$). V prípade objektu VE-4 dosiahla deformácia na šmykovej ploche v hĺbke 4,0 m pod terénom 8,76 mm ($6,12 \text{ mm.rok}^{-1}$) a nakoniec, vo vrte VČ-9 bola nameraná deformácia 10,7 mm (v hĺbke 1,98 m pod terénom; priemerná rýchlosť $6,89 \text{ mm.rok}^{-1}$), charakterizujúca obdobie od konca mája 2015 do polovice decembra 2016. Výsledné deformácie za dlhšie obdobie monitorovania (od konca novembra 2011 do decembra 2016)

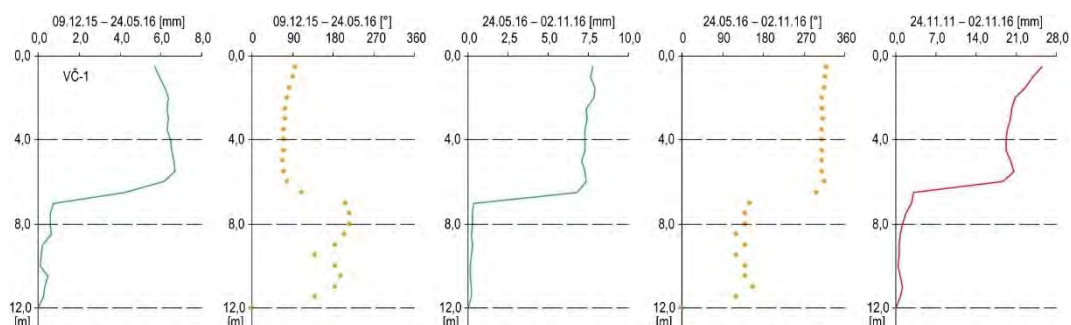
v uvedených vrtoch dosiahli cez 20 mm, v prípade vrtu VČ-9 je to však skoro 30 mm. Azimuty nameraných vektorov počas poslednej etapy mali orientáciu prevažne sever až severozápad.



Obr. 4.3.5. Lokalita Velká Čausa – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.3.5; čísla zobrazené pri jednotlivých vektorech označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Jadroňa a Mokrej (1999), mapový podklad: ZBGIS®.

Mimo uvedenej trojice vrtov bola zvýšená hodnota deformácie nameraná i vo vrte VČ-12. V hĺbke 4,22 m pod terénom vznikla deformácia 5,28 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $3,68 \text{ mm.rok}^{-1}$. Dlhodobá deformácia v tomto vrte dosiahla 7,81 mm (za obdobie november 2011 – november 2016; $1,58 \text{ mm.rok}^{-1}$). Hodnotu 2,47 mm dosiahla etapová deformácia vo vrte VČ-5 a o niečo nižšiu 1,4 mm vo vrte VČ-13.

Na ostatných sledovaných šmykových plochách, vo vrtoch VČ-6, VČ-7, VČ-10, sa dosiahnuté hodnoty deformácie pohybovali pod 1 mm.

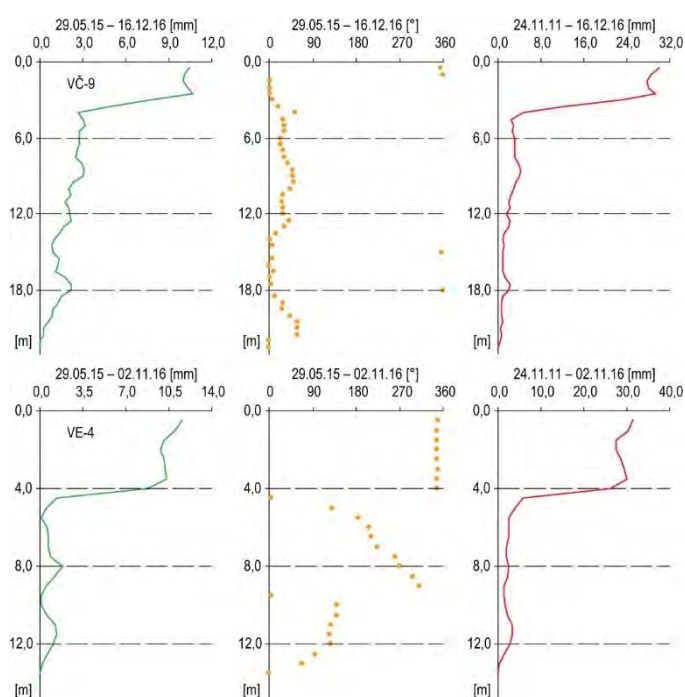


Obr. 4.3.6a. Priebiehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach na lokalite Velká Čausa (názov vrtu je uvádzaný v prvom grafe vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Tab. 4.3.4. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Veľká Čausa v rokoch 2015 a 2016

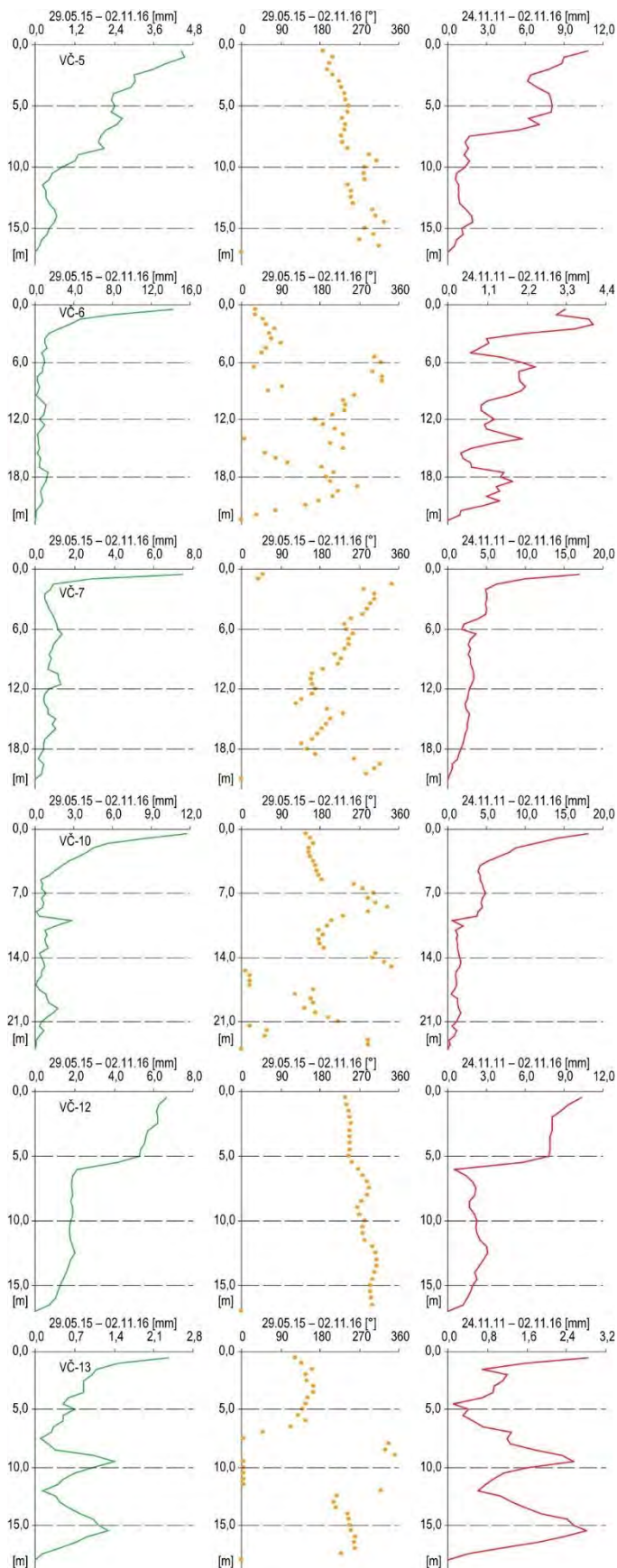
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	17.06.14 – 29.05.15			16.10.14 – 09.12.15			09.12.15 – 24.05.16			29.05.15 – 16.12.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
VČ-1	4,91				13,97	11,05	32	19,42	6,67	71	20,63	7,30 ¹	311 ¹
VČ-5	6,20	8,93	8,77	27							7,10	2,47	238
VČ-6	13,35	1,77	2,30	46							2,05	0,32	8
VČ-7	3,91	4,69	3,01	20							4,88	0,89	278
VČ-9	1,98	18,56	2,56 ²	36 ²							29,24	10,70 ³	1 ³
VČ-10	8,87	4,00	6,16	33							3,70	0,36	234
VČ-12	4,22	2,70	0,36	186							7,81	5,28	247
VČ-13	8,93	1,42	2,92	147							2,55	1,40	5
VČ-13	14,93	1,53	5,07	73							2,82	1,30	252
VE-4	4,00	17,46	11,54	337							26,18	8,76	348

CD – celková deformácia od nultého merania (24.11.11); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora; ¹ – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 24.05.16 – 02.11.16; ² – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 14.08.14 – 29.05.15; ³ – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 29.05.15 – 16.12.16.

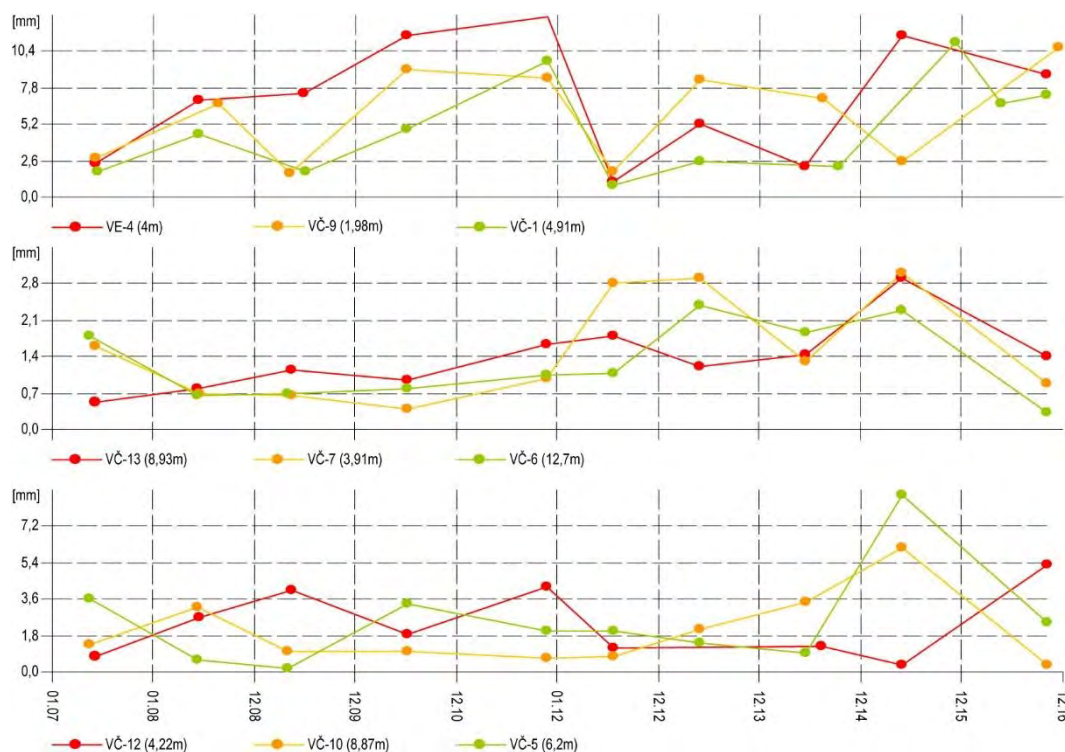


Obr. 4.3.6b. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Veľká Čausa (názov vrtu je uvádzaný v prvom grafe vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Z dlhodobého hľadiska bolo možné do roku 2011 pozorovať nárast pohybovej aktivity (obr. 4.3.7). V roku 2012 sa táto situácia zmenila (v súvislosti so stabilizáciou priaznivými pomermi – nízke zrážkové úhrny v roku 2011 – došlo k poklesu pohybovej aktivity na šmykových plochách). Opätovný nárast pohybovej aktivity (prakticky na všetkých sledovaných šmykových plochách) bol pozorovaný postupne v rokoch 2013 a 2014, ale k jeho akcelerácii došlo najmä v roku 2015 (tab. 4.3.4). Tento rok je možné v hodnotenej dekáde označiť ako pohybovo najaktívnejší.



Obr. 4.3.6c. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Veľká Čausa (názov vrtu je uvádzaný v prvom grafe vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

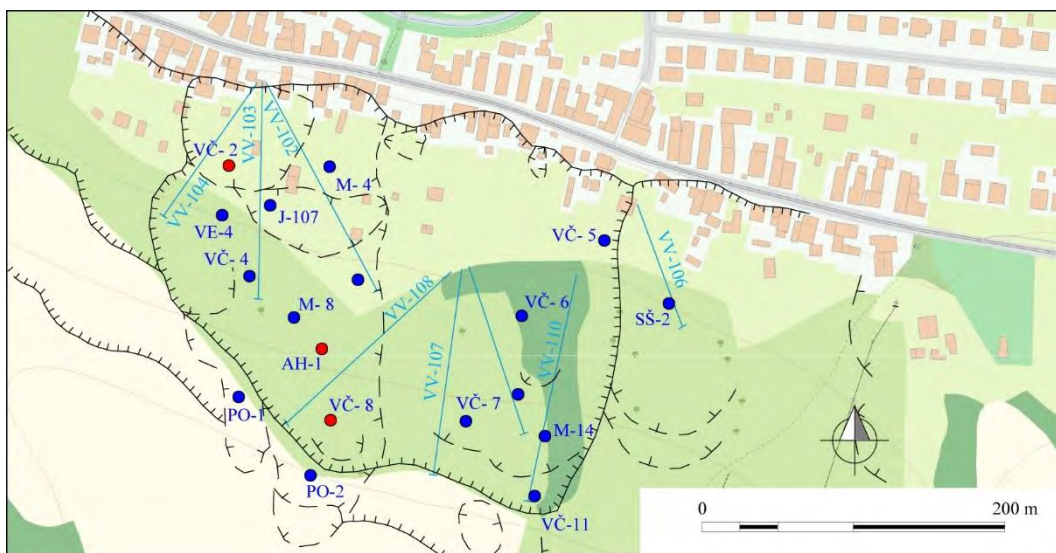


Obr. 4.3.7. Dlhodobé (2007 – 2016) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Veľká Čausa.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

c1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Veľká Čausa sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 15 vrtoch (tab. 4.3.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.3.5 a 4.3.6). V roku 2015 bolo zabezpečených 51 kontrolných meraní (v niektorých prípadoch však menej – 17 meraní – VČ- 5 alebo 18 meraní – SŠ-2), vykonávaných od 10. januára do 28. decembra. Najbližšie k povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody vo vrte PO-1 (0,80 m nad terénom – preliv cez ústie pažnice; 334,83 m n. m. – 10. január). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody vyskytovali v období od 10. januára do 27. apríla. Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte VČ-6 (14,70 m; 333,65 m n. m. – 24. október). Vo všeobecnosti sa minimálne úrovne hladiny podzemnej vody vyskytovali od 10. januára do 28. decembra, teda počas celého roka, najčastejšie však 28. novembra. Vo vrte SŠ-2 bol počas roka šesťkrát nameraný stav bez hladiny podzemnej vody, teda vrt bol suchý. Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu od -0,39 (PO-1 – 22 krát zaznamenaný preliv) až do 14,08 m pod terénom (VČ-6). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte P-4 (8,65 m). V roku 2015 priemerná hladina podzemnej vody na lokalite Veľká Čausa dosiahla hĺbku 5,48 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

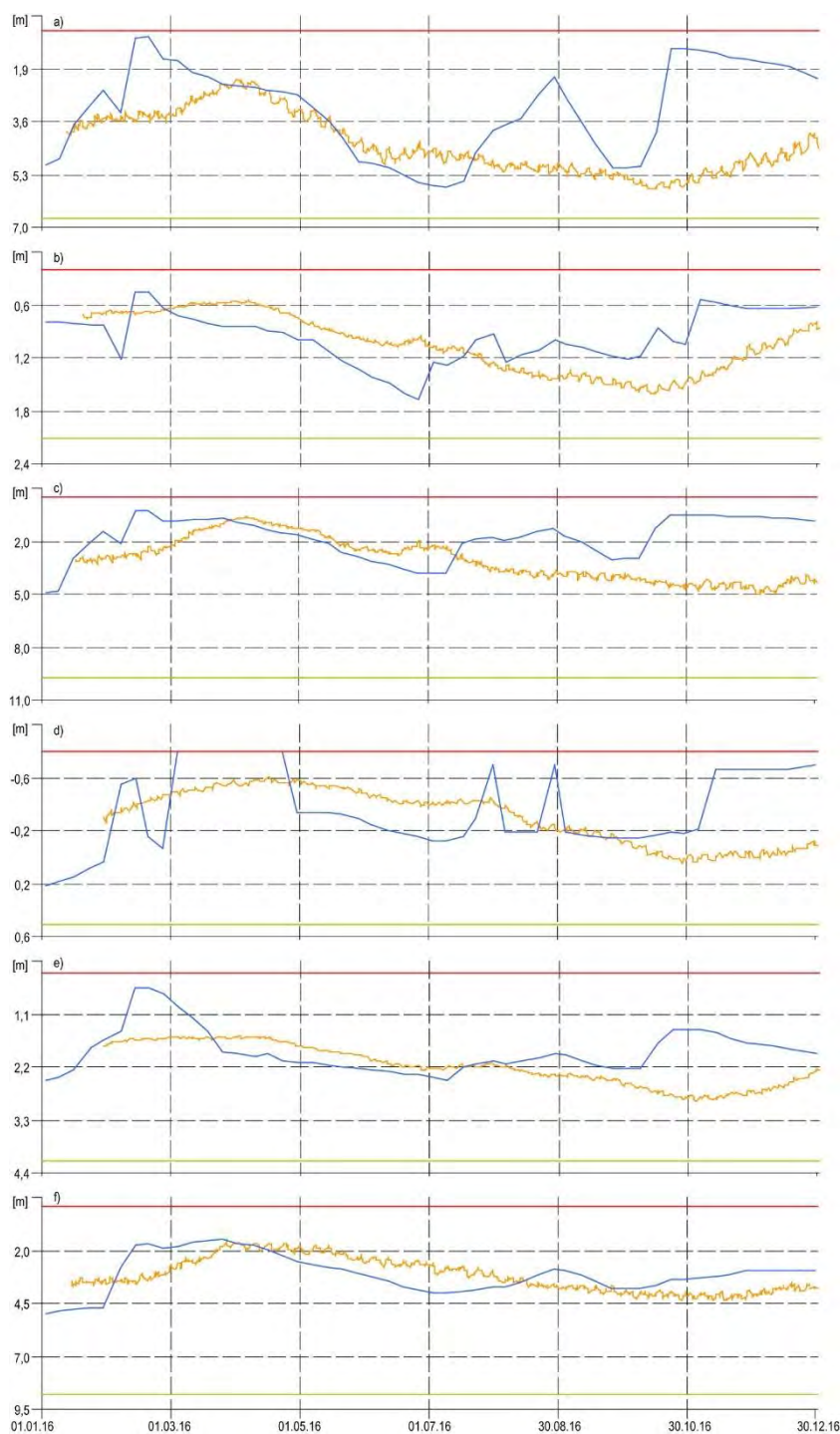


Obr. 4.3.8. Lokalita Velká Čausa – situácia sanačných a monitorovacích objektov (piezometrické vrty: modré – merané pozorovateľom, červené – s automatickými hladinomerami; obrysy zosuvov podľa Jadroňa a Mokrej, 1999, mapový podklad: ZBGIS®).

Tab. 4.3.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Velká Čausa v roku 2015

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-107	51	1,18	322,11	28.03.15	6,05	317,24	24.10.15	3,95	319,34	4,87
M-4	51	0,48	317,60	10.01.15	5,78	312,30	04.10.15	4,60	313,48	5,30
M-8	51	0,33	328,96	28.03.15	1,90	327,39	27.09.15	1,20	328,09	1,57
M-14	51	0,40	334,55	28.03.15	5,02	329,93	28.12.15	2,68	332,27	4,62
PO-1	51	-0,80	334,83	10.01.15	0,38	333,65	28.11.15	-0,39	334,42	1,18
PO-2	51	1,22	338,34	28.03.15	3,11	336,45	31.10.15	2,21	337,35	1,89
SŠ-1	51	0,79	327,20	28.03.15	5,11	322,88	28.11.15	3,31	324,68	4,32
SŠ-2	18	6,87	314,70	10.05.15	7,49	314,08	18.01.15	7,30	314,27	0,62
VČ-4	51	6,04	321,28	28.03.15	9,54	317,78	10.01.15	7,54	319,78	3,50
VČ-5	17	6,34	312,10	28.02.15	7,64	310,80	04.10.15	6,89	311,55	1,30
VČ-6	51	6,05	320,32	27.04.15	14,70	311,67	24.10.15	14,08	312,29	8,65
VČ-7	51	3,09	332,42	28.03.15	5,70	329,81	30.08.15	4,60	330,91	2,61
VČ-11	51	5,73	333,08	18.04.15	7,86	330,95	28.12.15	6,72	332,09	2,13
VČ-13	51	0,45	332,56	28.03.15	6,52	326,49	28.11.15	3,93	329,08	6,07
VE-4	51	13,51	309,27	28.02.15	13,75	309,03	05.12.15	13,62	309,16	0,24

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo s rovnakým počtom monitorovacích objektov ako v roku 2015. Zabezpečených bolo 52 kontrolných meraní (3. január – 30. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte PO-1 (0,80 m nad terénom – preliv cez ústie pažnice; 334,83 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný od 5. marca počas 13 meracích etáp. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa teda nachádzali v intervale od -0,80 až do 13,94 m pod terénom (VČ-6). Vyskytovali sa od 14. februára (napr. vrt M-8) do 27. novembra (napr. vrt VE-4). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte VČ-6 (min. hladina podzemnej vody 14,48 m pod terénom bola nameraná dňa 3. januára). Celkovo sa minimálne hladiny podzemnej vody vyskytovali od 3. januára do 25. septembra, najčastejšie však 3. januára. V roku 2016 bolo taktiež pozorované, že v jednom prípade vrt bol suchý (SŠ-2 – päťkrát).

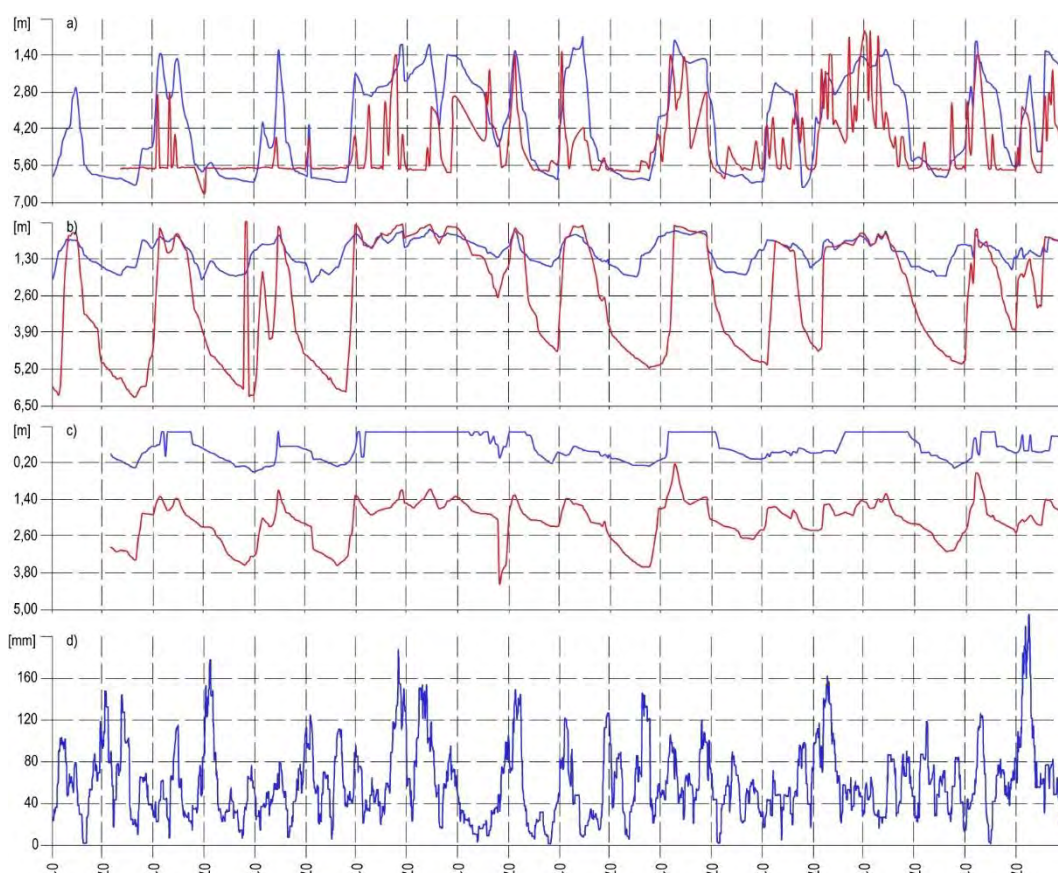


Obr. 4.3.9. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Veľká Čausa (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania; červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – klzavý priemer úrovne hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016).

Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2016 dosiahla hĺbku 5,39 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,09 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od -0,37 (vrt PO-1) do 14,24 m pod terénom (vrt VČ-6). Najvýraznejšie zaznamenané kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte SŠ-2 (7,38 m), navyše treba brať do úvahy i skutočnosť, že vrt bol počas viacerých meraní suchý.

Tab. 4.3.6. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Veľká Čausa v roku 2016

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-107	52	0,87	322,42	20.02.16	5,70	317,59	09.07.16	3,21	320,08	4,83
M- 4	48	1,38	316,70	20.02.16	5,87	312,21	25.09.16	4,62	313,46	4,49
M- 8	52	0,46	328,83	14.02.16	1,67	327,62	26.06.16	0,97	328,32	1,21
M-14	52	0,25	334,70	20.02.16	4,94	330,01	03.01.16	1,84	333,11	4,69
PO-1	52	-0,80	334,83	05.03.16	0,22	333,81	03.01.16	-0,37	334,40	1,02
PO-2	52	0,55	339,01	14.02.16	2,49	337,07	03.01.16	1,88	337,68	1,94
SŠ-1	52	1,45	326,54	26.03.16	4,99	323,00	03.01.16	3,14	324,85	3,54
SŠ-2	13	2,62	318,95	14.02.16	10,00	311,57	09.01.16	8,31	313,26	7,38
VČ- 4	52	5,22	322,10	20.02.16	8,09	319,23	25.09.16	6,87	320,45	2,87
VČ- 5	14	6,48	311,96	21.05.16	7,31	311,13	09.01.16	7,05	311,39	0,83
VČ- 6	52	13,94	312,43	26.03.16	14,48	311,89	03.01.16	14,24	312,13	0,54
VČ- 7	52	3,79	331,72	14.02.16	6,13	329,38	25.09.16	4,87	330,64	2,34
VČ-11	52	6,43	332,38	26.03.16	7,85	330,96	03.01.16	7,00	331,81	1,42
VČ-13	52	0,81	332,20	23.10.16	6,28	326,73	03.01.16	3,62	329,39	5,47
VE-4	52	13,58	309,20	27.11.16	13,73	309,05	03.01.16	13,64	309,14	0,15



Obr. 4.3.10. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2007 – 2016) z vybraných vrtov na lokalite Veľká Čausa. Pribeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – J-107 (modrá) a M-4 (červená), b – M-14 (červená) a M-4 (modrá), c – PO-1 (modrá) a PO-2 (červená), d – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚPrievidza s indikativom 30120).

Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 1995 do 2015) vyplýva, že vo vrte VČ-4 bolo prekročené dlhodobé maximum (vzostup o 0,82 m; pôvodný maximálny stav bol zaznamenaný v marci 2015).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2016 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.3.9. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.3.10.

Z dlhodobého hľadiska majú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pomerne pravidelný režim, ktorý súvisí so striedaním sa ročných období. Výnimku predstavuje rok 2010, kedy sa hladiny podzemnej vody držali pomerne vysoko počas celého roka. Dlhodobo najvyššie vystupuje hladina podzemnej vody vo vrtoch PO-1 a 2 a M-14. V roku 2010 vo vrte PO-1 bol prakticky počas všetkých meraní pozorovaný preliv. V posledných rokoch hladina podzemnej vody vystúpila k úrovni terénu i vo vrte M-14.

c2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Tab. 4.3.7. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Veľká Čausa v roku 2015

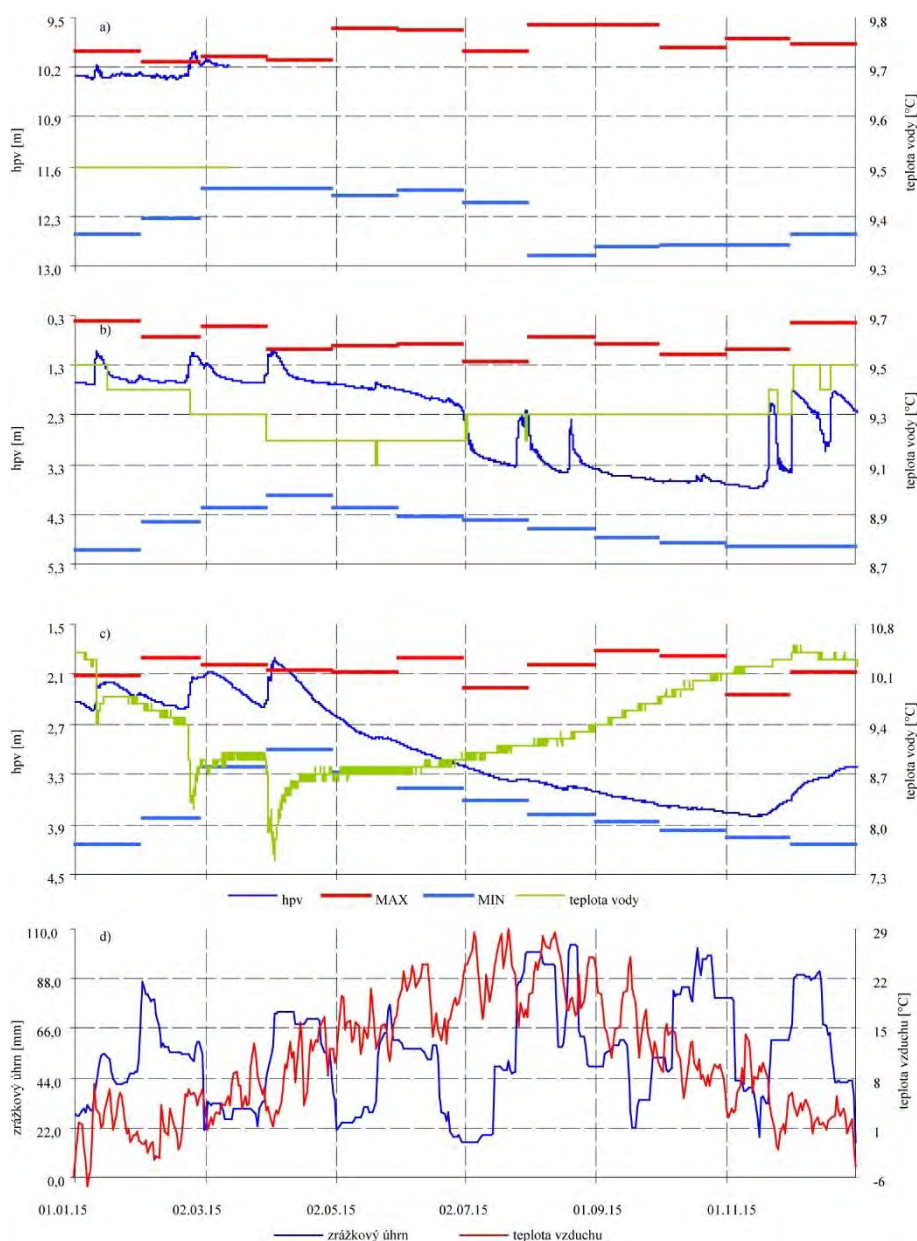
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
AH-1	8760	1,91	320,31	03.04.15	3,81	318,41	13.11.15	3,02	319,20	1,90
VČ-8	8760	0,98	335,22	02.04.15	3,77	332,43	13.11.15	2,40	333,80	2,79

Vo vrte VČ-8 v roku 2014 hladina podzemnej vody dosiahla maximálny stav 22. októbra (0,99 m pod terénom) a minimálny v druhej polovici júla (3,57 m pod terénom – tab. 4.3.8). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody bola vypočítaná 2,10 m pod terénom. V októbri bola prekročená maximálna mesačná úroveň hladiny podzemnej vody odvodená zo všetkých nameraných údajov (z obdobia rokov 1997 až 2013). Teplota podzemnej vody v hodnotenom roku kolísala v intervale 9,0 – 9,5 °C. Jej kolísanie má súvis s ročným klimatickým cyklom.

V roku 2015 hladina podzemnej vody v tomto vrte kolísala v závislosti od klimatických faktorov. Počas prvých štyroch mesiacov sa hladina podzemnej vody nachádzala pomerne plytko pod terénom. V tomto období, v súvislosti so zrážkovou činnosťou, ale i topením snehovej pokrývky, došlo k trom krátkodobejším vzostupom. Maximálna hladina bola zaznamenaná počas aprílového stúpnutia, a to v hĺbke 0,98 m pod terénom. Po dosiahnutí maximálneho stavu, hladina podzemnej vody začala klesať. Na rozhraní mesiacov jún a júl malo klesanie hladiny podzemnej vody pomerne vysokú intenzitu. Hladina podzemnej vody reagovala len na intenzívnejšie letné zrážky. Výdatné jesenné zrážky sa na priebehu hladiny podzemnej vody prejavili len minimálne, respektíve s výraznou retardáciou. K vzostupu podzemnej vody došlo až v mesiaci november (obr. 4.3.11). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v porovnaní s predchádzajúcim rokom klesla o 0,3 m a dosiahla hĺbku 2,4 m pod terénom. Teplota podzemnej vody dosahovala svoje maximálne stavy počas zimných a jesenných mesiacov. Naopak, minimálne hodnoty boli namerané počas mesiaca máj.

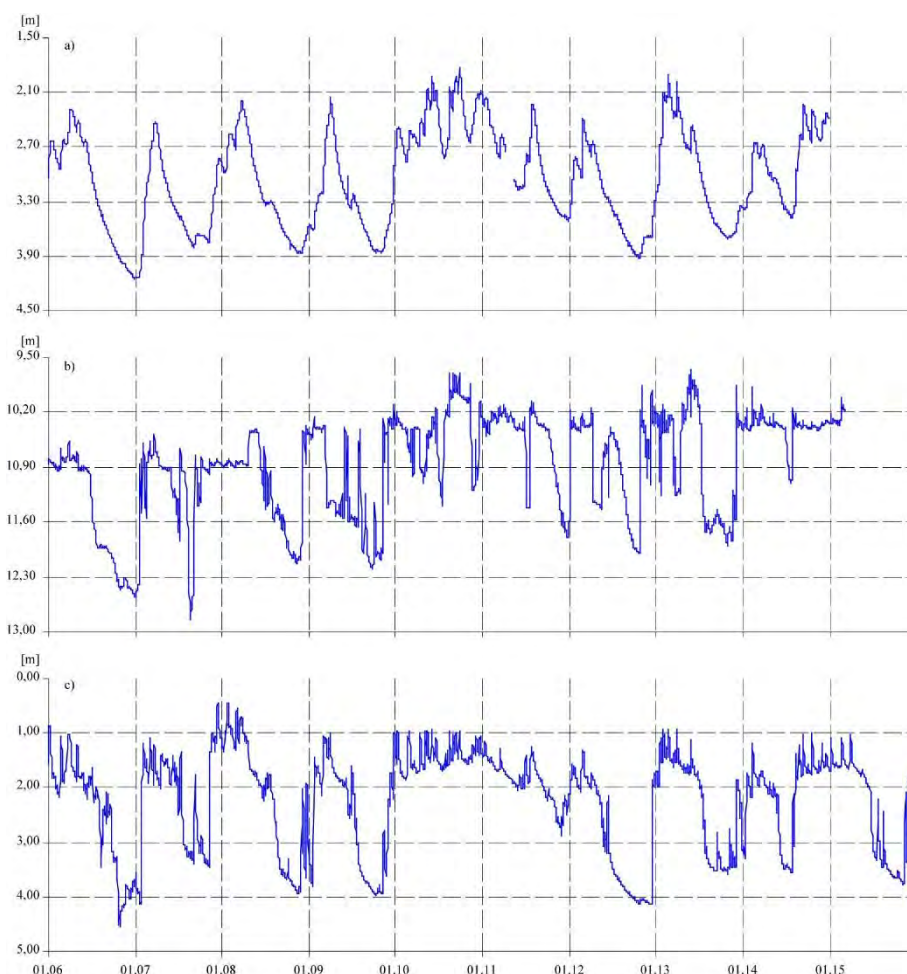
Tab. 4.3.8. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Veľká Čausa v roku 2016

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.]	
AH-1										
VČ-8	8784	0,91	335,29	19.02.16	3,51	332,69	26.07.16	1,88	334,32	2,60



Obr. 4.3.11. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (v porovnaní s dlhodobými maximálnymi a minimálnymi mesačnými stavmi) a teploty vody, zaznamenaný v roku 2015 automatickými hladinomermi na lokalite Veľká Čausa. Automatické hladinoměry sú umiestnené vo vrtoch: a – VČ-2, b – VČ-8, c – AH-1; d – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a teploty vzduchu na zrážkomernej stanici SHMÚ Prievidza (indikatív 30120).

Vo vrte AH-1 bola v roku 2014 maximálna úroveň hladiny podzemnej vody zaznamenaná 16. septembra (2,24 m pod terénom) a naopak, minimálna 26. júla (3,49 m pod terénom). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla 2,88 m metra pod terénom a jej celkové zmeny 1,80 m. K výraznejšiemu prekročeniu dlhodobých mesačných maximálnych stavov hladiny podzemnej vody nedošlo. Kolísanie teplotné podzemnej vody odráža zmeny hĺbky hladiny. Z tohto dôvodu možno usudzovať úzku spojitosť medzi atmosférickými zrážkami (a topením snehovej pokrývky) a dopĺňaním zásob podzemnej vody. Amplitúda kolísania teploty podzemnej vody dosiahla hodnotu 3,7 °C (8,3 – 12,0 °C – obr. 4.3.12).



Obr. 4.3.12. Dlhodobé (2007 – 2016) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomerami na lokalite Veľká Čausa. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – AH-1, b – VČ-2, c – VČ-8.

V roku 2015, podobne ako v prípade vrtu VČ-8, hladina podzemnej vody zaznamenala počas prvých štyroch mesiacov tri výraznejšie vzostupy. Jej maximálna úroveň bola nameraná počas posledného takéhoto stúpnutia, a to 3. apríla v hĺbke 1,91 m pod terénom. Od tohto momentu hladina podzemnej vody klesala až do 13. novembra. Na jej priebehu sa len nepatrne odrážali intenzívne letné zrážky. Od polovice novembra hladina podzemnej vody opäť začala stúpať. Jej priemerná hĺbka sa v porovnaní s predchádzajúcim rokom prakticky nezmenila (pokles o 0,14 m) a v roku 2015 dosiahla 3,02 m pod terénom. Teplota podzemnej vody reagovala skoro na každú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody. Pri stúpnutiach dochádzalo k jej poklesu a naopak, teda priebeh teploty je inverzný voči kolísaniu hladiny podzemnej vody (obr. 4.3.11).

Automatický hladinomer umiestnený vo vrte AH-1 je súčasťou varovného systému. Prostredníctvom krátkych textových správ, zasielaných na mobilný telefón, informuje o dosiahnutí limitných úrovní hĺbky hladiny podzemnej vody (ktoré boli definované na základe komplexnej analýzy medzi kolísaním hladiny podzemnej vody vo vrte a dosiahnutou deformáciou na šmykovej ploche – Ondrejka et al., 2011) a tiež o prekročení veľkosti gradientu zmien hladiny podzemnej vody. Podobne sú hodnotené i zrážkové úhrny (veľkosť a intenzita zrážkového úhrnu).

V roku 2014 automatický hladinomer vyslal 2 alarmujúce správy. Obe súviseli s gradientom stúpnutia hladiny podzemnej vody (11. august a 22. október) Na základe rekognoskácie, terénnych meraní a vyhodnotenia pohybovej aktivity bolo zosuvné územie zhodnotené ako potenciálne stabilné, bez výrazných prejavov aktivizácie zosuvného telesa.

V aktuálne hodnotenom roku 2015 varovný systém vyslal rovnako 2 správy. Prvá správa bola vyslaná 10. januára a súvisela s gradientom vzostupu hladiny podzemnej vody. Druhá správa bola z 1. marca a súvisela s hĺbkou hladiny podzemnej vody.

Pri hodnotení dlhšieho obdobia (10 rokov – obr. 4.3.12) možno pozorovať pomerne pravidelný ročný cyklus zmien hĺbok hladiny podzemnej vody (najmä vo vrte AH-1). Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa vyskytujú prevažne na konci prvého a počas druhého štvrtroku. Výnimkou sú roky 2010 a 2011, kedy vplyvom nadpriemerných zrážkových úhrnov z roku 2010 (zaznamenaných v mesiacoch máj a jún) hladiny podzemnej vody počas celého roka dosahovali relatívne vysokú úroveň. V hodnotenom desaťročí hladina podzemnej vody v jednotlivých vrtoch vystúpila najbližšie k povrchu terénu počas 30. mája 2013 (vo vrte VČ-2 – 9,56 m p. t.), 30. januára 2008 (VČ-8 – 0,44 m p. t.) a 27. septembra 2010 (AH-1 – 1,83 m pod terénom – obr. 4.3.12).

d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Veľká Čausa je pozorovaných 7 odvodňovacích zariadení (tab. 4.3.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.3.9 a 4.3.10). Počas roka 2015 bolo zabezpečených 51 (v niektorých prípadoch 50) kontrolných meraní. Merania sa vykonávali od 10. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 22. augusta na odvodňovacom vrte VV-108 (12,00 l.min⁻¹). Naopak, najnižšia výdatnosť bola nameraná vo vrte VV-102 (0,01 l.min⁻¹ – 2. august). Celkovo boli suché 3 vrty (nulová výdatnosť v týchto vrtoch bola zaznamenaná minimálne počas jedného termínu merania). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu 19,50 l.min⁻¹. Najvyššia priemerná výdatnosť bola zaznamenaná na odvodňovacom objekte VV-110 (10,18 l.min⁻¹). V tomto vrte bolo zároveň namerané i najväčšie kolísanie (8,00 l.min⁻¹).

Tab. 4.3.9. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Veľká Čausa v roku 2015

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		
VV-102	50	0,17	02.08.15	0,00	14.06.15	0,02	0,17
VV-103	51	1,50	14.03.15	0,00	13.09.15	0,33	1,50
VV-104	51	0,31	28.02.15	0,00	14.06.15	0,04	0,31
VV-107	51	0,01	10.01.15	0,01	10.01.15	0,01	0,00
VV-108	51	12,00	10.01.15	4,00	22.08.15	8,47	8,00
VV-109	51	1,20	30.05.15	0,18	28.11.15	0,45	1,02
VV-110	50	10,91	25.01.15	8,57	28.11.15	10,18	2,34

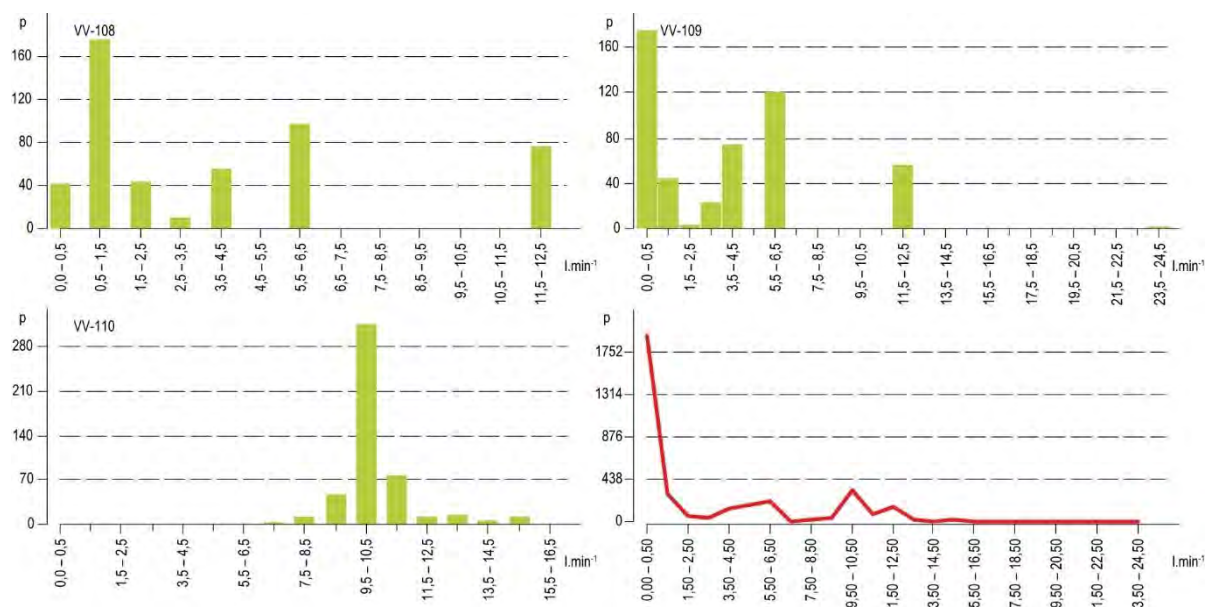
V roku 2016 bolo zabezpečených 52 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 3. januára do 30. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 7. februára na odvodňovacom vrte VV-108 (12,00 l.min⁻¹). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť nameraná 19. júna s hodnotou 4 l.min⁻¹, pričom priemerná výdatnosť dosiahla až 8,73 l.min⁻¹. V ostatných vrtoch boli maximálne výdatnosti namerané najmä počas 14. februára (napr. vrt VV-102). Počas hodnotného roku boli 4 vrty suché (minimálne počas jedného merania z nich voda len kvapkala, alebo boli bez akéhokoľvek prietoku). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 12,16 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pomerne výrazný pokles, a to až o 7,35 l.min⁻¹. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané, podobne ako vlani, vo vrte VV-110 (9,43 l.min⁻¹).

Štatistické zhodnotenie množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.3.13. Dlhodobý vývoj spoločnej výdatnosti je na obr. 4.3.14.

Tab. 4.3.10. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Veľká Čausa v roku 2016

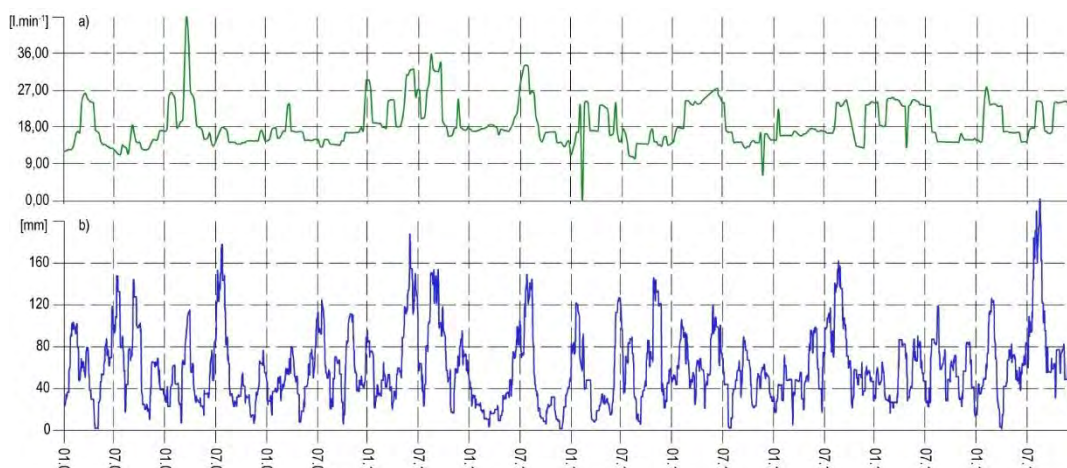
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
VV-102	51	0,32	14.02.16	0,00	15.05.16	0,02	0,32
VV-103	52	2,00	14.02.16	0,00	19.06.16	0,42	2,00
VV-104	49	0,26	14.02.16	0,00	21.05.16	0,01	0,26
VV-107	51	0,00	09.01.16	0,00	07.05.16	0,00	0,00
VV-108	52	12,00	07.02.16	4,00	19.06.16	8,73	8,00
VV-109	52	3,00	14.02.16	0,18	24.01.16	0,56	2,82
VV-110	52	10,43	20.02.16	1,00	26.03.16	2,43	9,43

Na nameraných hodnotách výdatností za posledné desaťročie bola vykonaná základná analýza, zameraná na štatistické zhodnotenie efektívnosti odvodňovacích zariadení, a to formou počtosti výskytu určitej hodnoty prietoku. Na obr. 4.3.13 (zelené histogramy) sú prezentované odvodňovacie zariadenia, na ktorých je možné dlhodobo sledovať vyššie hodnoty výdatností. Z uvádzaných príkladov vyplýva, že najefektívnejším odvodňovacím vrtom je VV-110. V tomto vrte výrazne prevládajú prietoky v rozsahu 9,5 až 10,5 l.min⁻¹. Avšak pri pohľade na výsledný graf (červená krivka), ktorý charakterizuje poslednú dekádu režimových pozorovaní, je možné konštatovať, že najväčšiu množinu výdatností predstavujú prietoky v rozsahu 0,0 až 0,5 l.min⁻¹.



Obr. 4.3.13. Štatistické zhodnotenie výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Veľká Čausa. Analyzované obdobia: január 2007 – december 2016; p – počtosti, zelená – výdatnosti vo vybraných vrtoch (označenie vrtov je uvedené v grafoch), červená – výdatnosti zaznamenané na všetkých odvodňovacích zariadeniach v rámci lokality.

Za posledné desaťročie boli najvyššie hodnoty sumárnej výdatnosti odvodňovacích vrtov namerané v roku 2008. Odvodňovací systém postupne starne a v dôsledku zanášania odvodňovacích vrtov dochádza k postupnému znižovaniu objemu vody odvádzanej z telesa zosuvu. Túto skutočnosť potvrdzujú viaceré prípady, pričom najviditeľnejší z nich je v roku 2010, kedy v dôsledku mimoriadne výdatných zrážok (najmä počas mesiacov máj a jún, ale i august) došlo k výraznému stúpnutiu hladiny podzemnej vody, bez adekvátneho nárastu výdatnosti odvodňovacích zariadení.



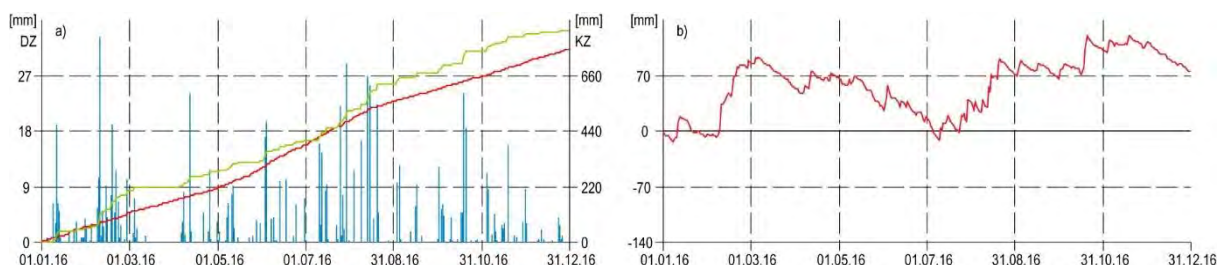
Obr. 4.3.14. Výsledky spracovania režimových pozorovaní (2007 – 2016) výdatnosti z odvodňovacích vrtov na lokalite Veľká Čausa; a – spoločná výdatnosť všetkých odvodňovacích zariadení na lokalite, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Prievidza (indikatív 30120).

f/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Prievidza s indikatívom 30120 a Ráztočno s indikatívom 30100. Dlhodobý ročný zrážkový priemer na stanici Prievidza, nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2015, predstavuje 676,86 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 887,3 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 56,41 mm a maximálny mesačný úhrn 201,3 mm (jún 2004). Maximálny tridsaťdňový úhrn, zaznamenaný v období od 12. júla 2002 do 11. augusta 2002, dosiahol 228,5 mm.

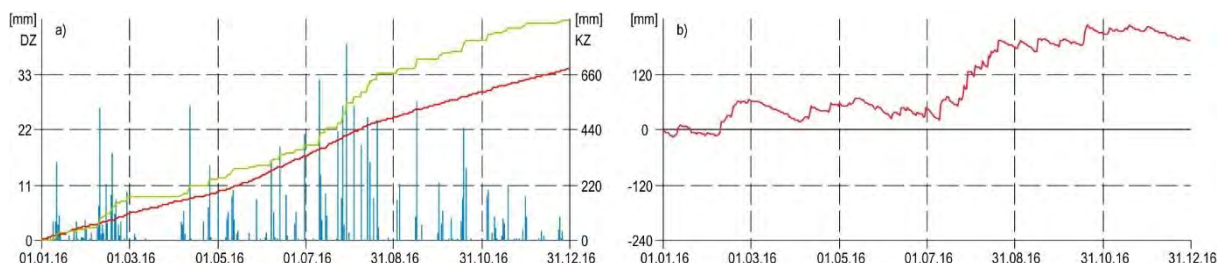
Na stanici Ráztočno, dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2015, dosiahol 745,66 mm; maximálny ročný 1191,4 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 62,14 mm a maximálny mesačný úhrn 263,1 mm (august 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 18. júla 2010 do 17. augusta 2010) dosiahol 311,8 mm.

Na stanici Prievidza bol v roku 2016 zaznamenaný zrážkový úhrn 846,7 mm, čo zodpovedá 125,1 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (183,5 mm) a najvyšší denný úhrn 31. júla (39,0 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 10,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 23. júla do 22. august (221,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, sumárny zrážkový úhrn dosiahol len 0,6 mm.



Obr. 4.3.15. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Ráztočno (indikatív 30100); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2016 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016

Na stanici Ráztočno bol v roku 2016 nameraný zrážkový úhrn 837,6 mm, čo predstavuje 112,3 % dlhodobého priemeru a je ho možné charakterizovať ako vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn, zaznamenaný počas februára, dosiahol 141,0 mm a najvyšší denný úhrn bol nameraný 10. februára s hodnotou 33,2 mm. Najsuchším mesiacom bol marec s úhrnom 22,4 mm. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky zaznamenali najvyššiu hodnotu 176,4 mm, a to v období od 23. júla do 22. augusta. Počas najsuchšieho obdobia bol sumárny zrážkový úhrn 2,7 mm.



Obr. 4.3.16. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Prievidza (indikatív 30120); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2016 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na základe vykonaných meraní v roku 2016 možno konštatovať, že priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody, predovšetkým tie, ktoré sú sledované kontinuálne automatickými hladinomeri, citlivo reagovali na vývoj klimatických faktorov. Maximálne úrovne boli vo väčšine monitorovaných vrtoch dosiahnuté prevažne počas februára, prípadne marca. Následne začal prejavovať zrážkový deficit, čo spôsobilo pokles hladín v jednotlivých sledovaných piezometrických vrtoch. Situácia sa zmenila v dôsledku intenzívnejších júlových a augustových zrážok. K vzostupu hladiny začalo dochádzať v priebehu jesenných mesiacov. Podobne sa vyvíjali i prietoky na funkčných odvodňovacích vrtoch. V súčasnosti spoľahlivo odvádzajú podzemnú vodu prakticky len tri vrty (VV-8, 9 a 110). Ostatné vrty sú vo väčšine prípadov suché, resp. z nich voda len kvapká. V zosuvnom území navyše už dlhšie obdobie pretrvávajú nepriaznivé odtokové pomery. Vody sa kumulujú v bezodtokových depresiách a zarastených rigoloch, kde postupne infiltrujú do horninového prostredia. Podobne zlá situácia je i v oblasti telesa zosuvu, najmä v časti pod odľučnou hranou, kde v dôsledku bujnej vegetácie dochádza k spomaľovaniu povrchového odtoku vôd do záchytného betónového rigola. Povrchové vody sa vďaka tomuto ľahšie uplatňujú na dopĺňaní zásob podzemnej vody. o tomto nepriaznivom stave boli v minulosti viackrát informovaní zástupcovia obce.

Na základe nameraných výsledkov pohybovej aktivity možno konštatovať, že už dlhšie obdobie je najaktívnejšou oblasťou západná časť obce v blízkosti bodu P2. Ide o bod, ktorý sa nachádza nad cestnou komunikáciou, smerujúcou do Prievidze a poľnohospodárskym družstvom. Pohybová aktivita začala akcelerovať pred štyrmi rokmi, krátko po lesnej ťažbe v oblasti nad dotknutým územím. V tejto súvislosti vidíme možné prepojenie medzi odlesnením väčšej plochy územia a aktivizáciou zosuvného svahu. Odlesnením územia došlo k strate evapotranspiračného potenciálu, ktorý existujúci les predstavoval.

Na úrovni sledovaných šmykových plôch metódou presnej inklinometrie bola potvrdená vysoká pohybová aktivita v centrálnej časti zosuvu. Ide územie, ktoré je sledované vrtmi VČ-1, VČ-9 a VE-4. Zvlášť kritická situácia je v oblasti vrtu VČ-1, ktorý sa nachádza v kontakte so zastavaným územím. Zvýšené hodnoty etapových prírastkov deformácie boli namerané aj vo vrte VČ-12. V súčasnosti hrozí, že vrt VČ-1, prestane byť v dôsledku mimoriadne veľkej deformácie inklinometrickej pažnice priechodný, teda merateľný. Z tohto dôvodu je potrebné uvažovať nad doplnením existujúcej monitorovacej siete novými vrtmi.

Počas pravidelných kontrolných meraní sme zaregistrovali, že vo východnej časti obce prebieha výstavba rodinných domov. Dotknuté územie je potenciálne náchylné na zosúvanie. Z tohto dôvodu je nevyhnutné, aby táto skutočnosť bola zohľadnená investormi IBV v projekčnej, ako aj realizačnej časti výstavby. Ide najmä o zvolenie vhodného spôsobu založenia stavebných objektov, citlivého prístupu pri terénnych úpravách zosuvného svahu (zárezy, odrezy, násypy a prísypy) a zabezpečenie bezpečného hospodárenia so zachytenými zrážkovými a splaškovými vodami. Všetky terénne úpravy by mali byť konzultované a po statickom posúdení schválené odborníkmi na inžiniersku geológiu alebo geotechniku. Zachytené vody musia byť bezpečne odvedené kanalizačným potrubím mimo zosuvné územie a nesmú byť zvedené do horninového prostredia tzv. „trativodmi“.

V roku 2017 plánujeme opätovne požiadať obecné zastupiteľstvo o súčinnosť pri zabezpečovaní údržby rigolu, ktorý sa nachádza v blízkosti vrtu PO-1. Ako sme už viackrát naznačili, ide o oblasť, v ktorej vyteká voda z vrtu a spätne infiltruje do zosuvného prostredia. Zároveň budeme žiadať o obnovenie kosenia v oblasti telesa zosuvu, čím sa zlepšia odtokové pomery územia.

V rámci monitorovacích aktivít plánujeme pokračovať s pôvodným sortimentom monitorovacích metód. Geodetické merania (GNSS, terestrické) budú realizované jedenkrát, rovnako jedenkrát budú zabezpečené merania metódou presnej inklinometrie. Režimové pozorovania budú realizované s týždenným intervalom (v dvoch vrtoch s inštalovanými automatickými hladinomerami – kontinuálne).

1.4.4. Lokalita Prievdza-Hradec

Stručná charakteristika lokality

Hradec je súčasťou mestskej časti Prievdza V.-Štvrte. Zosuvné územie sa nachádza na severozápadnom úpätí Vtáčnika.

V miestnej časti Hradec sú monitorované dve samostatné zosuvné územia. Prvé sa nachádza v okolí Pavlovskej ulice a druhé v oblasti ulice Na Stanište. Oba zosuvy ohrozujú a poškodzujú viaceré objekty individuálnej bytovej výstavby. Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správ Ilkanič et al. (2013), Fekeč a Ilkanič (2014b in Šimeková et al., 2014), Tupý et al. (2014 in Ondrejka et al., 2014) a Ondrejka et al. (2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Na lokalite sa v roku 2016 systematicky pokračovalo monitorovacích aktivitách z predchádzajúceho obdobia. Termíny a rozsah realizovaných meraní sú zhrnuté v tab. 4.4.1.

Tab. 4.4.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Prievdza-Hradec v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	6	Pavlovská ul.: IGH-1i, IGH-2i, IGH-3i, IGP-9i, ulica Na Stanište: IGH-5, IGP-10	3 (16. marec, 11. jún, 10. december)	2 – 3 (23. máj, 22. september, 17. október)
	1	IGP-10** – stacionárna inklinometrická sonda	Kontinuálne (každý deň)	
InSAR	1	Mestská časť Hradec a okolie	cca 52 (cca 2x2 snímky za mesiac)	cca 52 (cca 2x2 snímky za mesiac)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	IGH-7, IGH-8	39 (1x za týždeň)	52 (1x za týždeň)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	3	HV-1, HV-2, HV-3	39 (1x za týždeň)	52 (1x za týždeň)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prievdza (indikatív 30120)	Denné úhrny zrážok Teploty vzduchu (priemerná a minimálna)	

* – úvodné meranie, ** – monitoring bol zabezpečený od 17. októbra 2016 do 8. decembra 2016

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite Prievdza-Hradec od roku 2015 zabezpečujú na šiestici vrtoch, vybudovaných počas prieskumu a sanácie. Jednotlivé vrty sú situované do dvoch stabilne odlišných prostredí, ktoré predstavujú samostatne sa vyvíjajúce parciálne zosuvy v rámci rozsiahlej svahovej poruchy (ulica Pavlovská – IGH-1i, IGH-2i, IGH-3i a IGP-9i; ulica Na Stanište – IGH-5i, IGP-10i). Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.4.2 a prezentované na obr. 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4 a 4.4.5.

Tab. 4.4.2. Výsledky inklinometrických meraní uskutočnených v rokoch 2015 a 2016 na lokalite Prievidza-Hradec

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	06.11.14 – 16.03.15			16.03.15 – 11.06.15			11.06.15 – 10.12.15		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IGH-1i	3,44	0,40	0,40	250	0,40	0,00	0	0,95	0,58	219
IGH-2i	6,66	0,71	0,71	95	1,10	0,78	10	1,73	0,67	23
IGH-2i	8,66	0,22	0,22	23	0,76	0,61	329	1,17	0,41	334
IGH-3i	2,31	0,76	0,76	57	0,81	0,50	313	1,14	1,30	260
IGH-3i	6,81	0,45	0,45	107	0,41	0,36	226	0,92	0,82	246
IGH-5i	4,61	11,49	11,49	283	18,92	7,43	281	21,51	2,69	265
IGH-5i	7,11	0,54	0,54	242	0,92	0,40	220	1,04	0,14	265
IGP-10i	6,43				9,81	9,81	293	12,40	2,60	294
IGP-10i	14,43				0,57	0,57	355	1,46	1,00	310
IGP-9i	6,42				0,98	0,98	164	0,51	0,50	357
IGP-9i	8,92				0,72	0,72	174	0,36	0,36	354
IGP-9i	14,92				0,30	0,30	140	0,41	0,14	185

Pokračovanie Tab. 4.4.2

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	10.12.15 – 23.05.16			23.05.16 – 22.09.16			23.05.16 – 23.09.16			23.05.16 – 17.10.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IGH-1i	3,44	1,03	0,20	160				1,65	1,14 ¹	302 ¹			
IGH-2i	6,66	3,83	2,48	90							4,98	1,17 ²	81 ²
IGH-2i	8,66	1,39	0,22	347							1,80	0,41 ²	334 ²
IGH-3i	2,31	1,70	0,58	319				2,22	0,61 ¹	269 ¹			
IGH-3i	6,81	0,86	0,22	107				0,85	0,14 ¹	305 ¹			
IGH-5i	4,61	31,81	10,32	276	35,44	3,64	273						
IGH-5i	7,11	1,92	0,90	220	2,01	0,14	175						
IGP-10i	6,43	27,39	14,99	291	35,75	8,37	295				34,96	1,21 ²	64 ²
IGP-10i	14,43	1,40	0,30	220	1,94	0,58	341				3,42	1,50 ²	310 ²
IGP-9i	6,42	1,60	1,10	135	2,14	0,64	101						
IGP-9i	8,92	0,91	0,61	131	1,50	0,61	131						
IGP-9i	14,92	0,54	0,14	185	1,04	0,51	151						

CD – celková deformácia od nultého merania (06.11.14 – vrty: IGH-1i, IGH-2i, IGH-3i a IGH-5i; 16.03.15 – vrty: IGP-9i a IGP-10i); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora; ¹ – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 23.05.16 – 23.09.16; ² – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie: 23.05.16 – 17.10.16.

Na ulici Pavlovská bola v roku 2015 (počas decembrovej etapy) zvýšená pohybová aktivita nameraná vo vrte IGH-3i. Na predpokladanej (málo výraznej) šmykovej ploche v hĺbkach 3,81 m pod terénom bola počas viac ako 4-mesačného obdobia nameraná deformácia 1,46 mm (2,92 mm.rok⁻¹). Deformácie nad 1 mm boli namerané i vo vrte IGP-9i (v hĺbke 2,92 m pod terénom) počas dvoch meracích etáp (1,14 a 1,17 mm; 4,78 a 2,34 mm.rok⁻¹). Jednotlivé horizonty sú vo väčšine prípadov viazané na deluviálne uloženiny s výskytom ílových polôh s vysokou plasticitou. Namerané vektory vo vrtoch IGH-2i a IGH-1i nepresiahli 1 mm.

Odlišná situácia je v oblasti ulice Na Stanište. Počas celého obdobia monitorovania, teda od marca 2015 (prvé etapové meranie), boli počas jednotlivých etáp pozorované vysoké prírastky deformácií. Vo vrte IGH-5i bol najväčší etapový vektor (11,49 mm; za cca 4 mesiace) nameraný 16. marca 2015. Následne, počas ďalších meraní v roku 2015, mala pohybová aktivita zostupný charakter. V čase júňového merania bol zaznamenaný vektor 7,43 mm a neskôr, v decembri, 2,69 mm. Podobný vývoj pohybovej aktivity sprevádzal i oblasť vrtu IGP-10i (11. jún – 9,81 mm a 10. december – 2,60 mm).



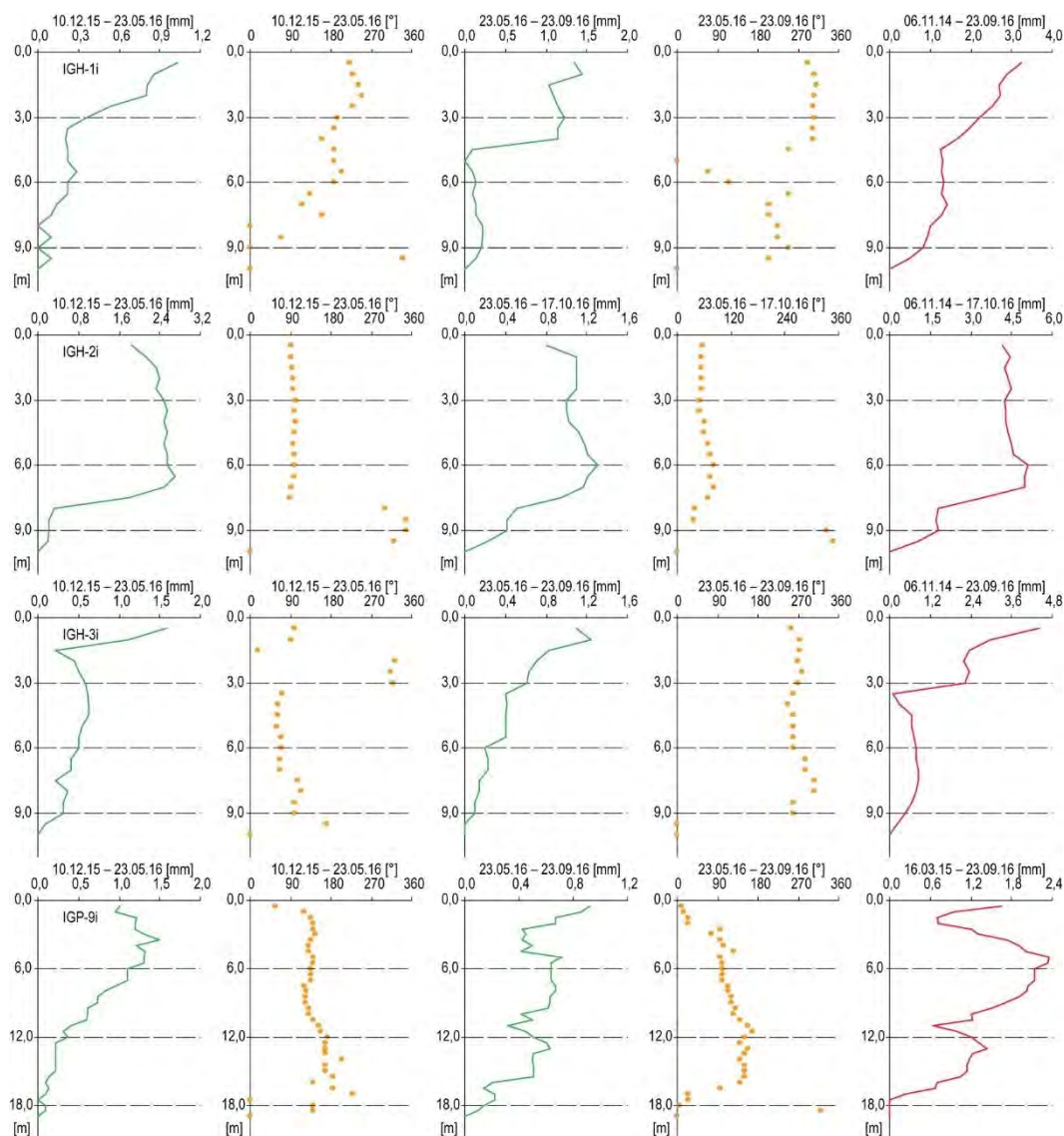
Obr. 4.4.1. Lokalita Prievdza-Hradec (Pavlovská ul.) – výsledky inklinometrických meraní. Červená – vektory deformácií namerané v rokoch 2015 až 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.4.2; zobrazené čísla pri vektoroch predstavujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m; mapový podklad: ZBGIS®).



Obr. 4.4.2. Lokalita Prievdza-Hradec (ul. Na Stanište) – výsledky inklinometrických meraní. Červená – vektory deformácií namerané v rokoch 2015 až 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 1.2; zobrazené čísla pri vektoroch predstavujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m; mapový podklad: ZBGIS®).

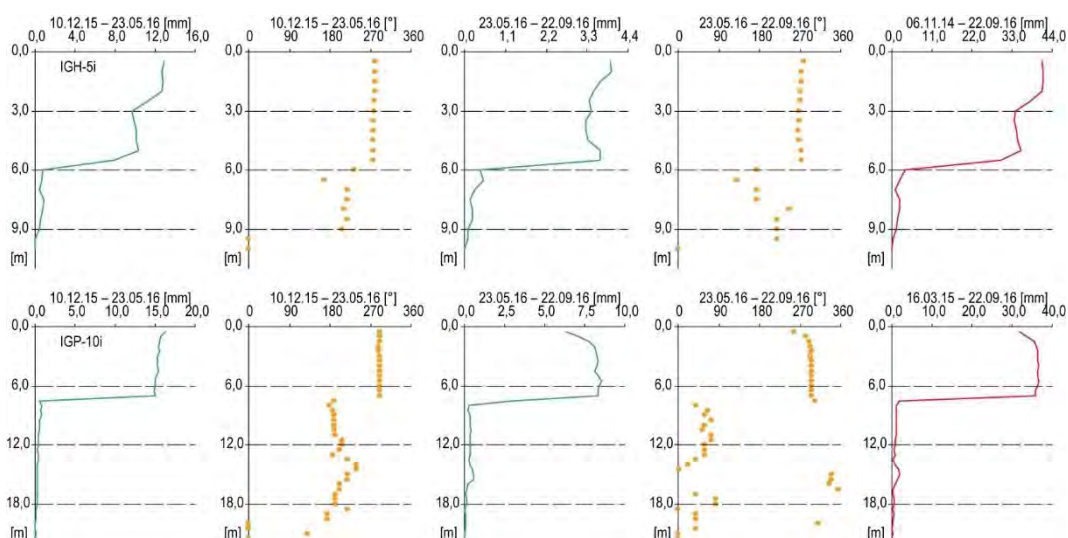
V roku 2016 sa deformácie na sledovaných šmykových plochách vyvíjali nasledovne. V oblasti ulice Pavlovská sa zvýšená deformácia prejavila vo vrte IGH-2i. V hĺbke 8,66 m pod terénom bola nameraná deformácia 2,48 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $5,49 \text{ mm.rok}^{-1}$. Následne, počas októbrovej etapy v danej hĺbke došlo k zníženiu pohybovej aktivity na 1,17 mm ($2,90 \text{ mm.rok}^{-1}$). V oboch prípadoch bol vektor orientovaný na východ, pričom predpokladaný smer pohybu je na západ. V ostatných vrtoch v tejto časti obce sa deformácie na sledovaných šmykových plochách pohybovali v intervale od 0,14 (vo vrte IGH-3i počas

septembrovej etapy, v hĺbke 6,81 m pod terénom) do 1,14 mm (vo vrte IGH-1i v hĺbke 3,44 m pod terénom).

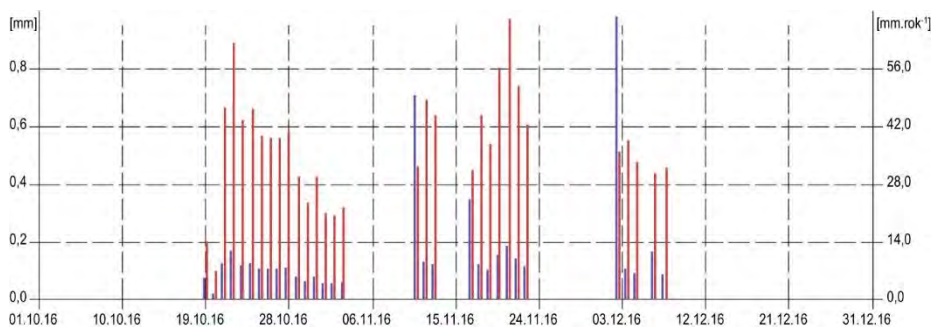


Obr. 4.4.3a. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach monitorovania na lokalite Prievidza-Hradec (Pavlovská ulica; označenie jednotlivých vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

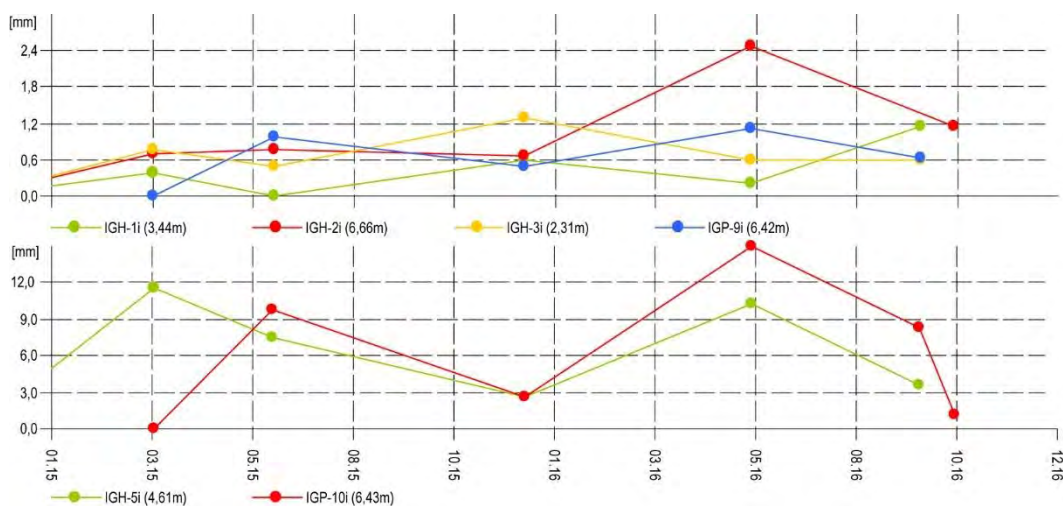
V aktívnejšej časti obce boli vykonané dve až tri etapy meraní. Najvyššie deformácie boli namerané počas májového merania. Vo vrte IGP-10i v hĺbke 4,61 m pod terénom bola zaznamenaná deformácia 14,99 mm. Priemerná rýchlosť deformácie v tomto vrte v období od decembra 2015 do mája 2016 dosiahla až 33,16 mm.rok⁻¹. V nasledujúcich dvoch etapách bol v zóne šmykovej plochy sledovaný postupný útlm deformácie. V septembri dosiahla deformácia 8,37 mm a v októbri už len 1,21 mm. Celé zosuvné teleso malo počas prvého a druhého termínu merania zhodnú orientáciu pohybu na západ. Práve šmyková plocha v tomto vrte presne oddeľuje hlbšie horizonty, ktoré síce majú v porovnaní s telesom zosuvu zanedbateľnú pohybovú aktivitu, ale ich orientácia sa výrazne líši (obr. 4.4.3b). Výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za obdobie od marca 2015 do septembra 2016 predstavuje 35,75 mm (23,47 mm.rok⁻¹).



Obr. 4.4.3b. Pribehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach monitorovania na lokalite Prievidza-Hradec (ulica Na Stanište; označenie jednotlivých vrtovej je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.



Obr. 4.4.4. Deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte IGP-10i v hĺbke šmykovej plochy (6,43 m pod terénom; na lokalite Prievidza-Hradec, ulica Na Stanište), zaznamenané stacionárnou inklinometrickou sondou; modrá – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je spravidla jeden deň), červená – rýchlosť deformácie inklinometrickej pažnice.



Obr. 4.4.5. Prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Prievidza-Hradec za dlhšie obdobie monitorovania.

Z dôvodu, že zosuv priamo ohrozuje početnú skupinu obyvateľov ulice Na Stanište a Lesnej ul. a prejavuje sa deštruktívne na stavebných objektoch, bola v polovici septembra do

vrte IGP-10i inštalovaná stacionárna inklinometrická sonda. Merania, vykonávané do 8. decembra 2016, potvrdili, že územie je neustále v pohybe. Priemerné rýchlosti deformácie (merané každých 24 hod) sa pohybovali v rozsahu od 7,06 (20. október) do 68,28 mm.rok⁻¹ (20. november).

Len o niečo nižšia deformácia bola nameraná vo vrte IGH-5i v hĺbke 4,61 m pod terénom. Počas májovej etapy dosiahol vektor deformácie hodnotu 10,32 mm (22,82 mm.rok⁻¹). Vrt sa nachádza v blízkosti križovatky ulíc Na Stanište a Lesná. Podobne i v tomto vrte sú jednotlivé azimuty deformácií v oblasti zosuvného telesa orientované na západ. Počas nasledujúcej etapy sa i v tomto vrte situácia mierne upokojila a v septembri bola zaznamenaná deformácia 3,64 mm. Celková deformácia na sledovanej šmykovej ploche v období od novembra 2014 do septembra 2016 dosiahla 35,44 mm (18,85 mm.rok⁻¹).

b/ Radarová interferometria

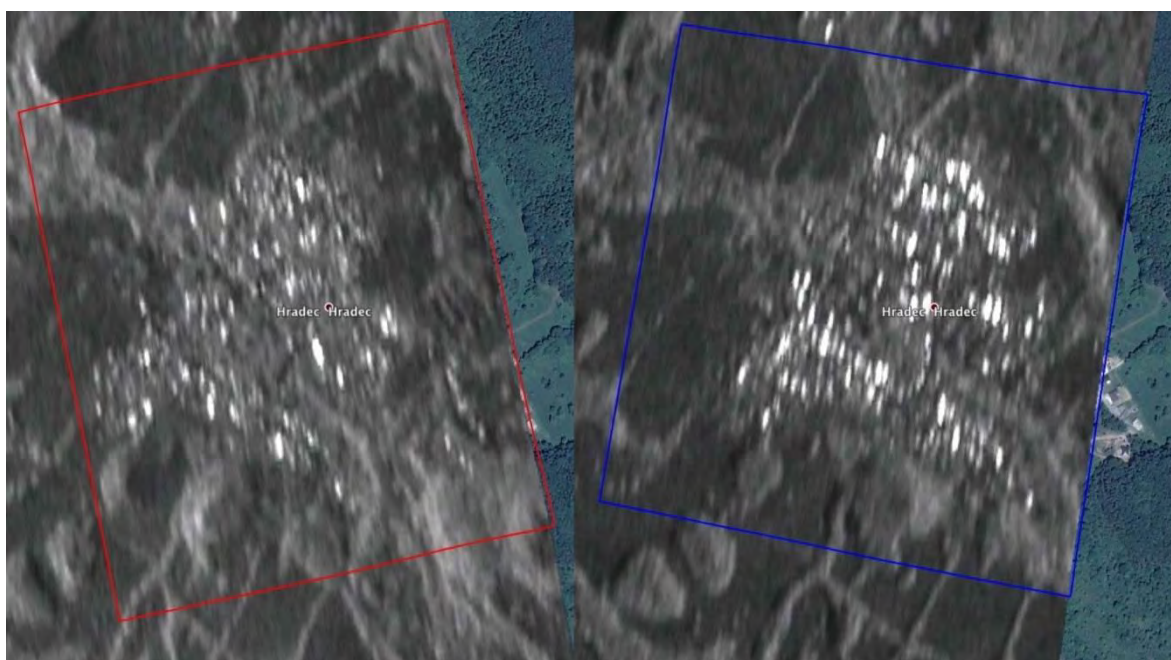
Na lokalite Prievidza-Hradec bola ako ďalšia monitorovacia metóda (na určenie pohybovej aktivity) aplikovaná radarová interferometria. Kompletná analýza aktuálnych údajov z družice Sentinel-1A Európskej vesmírnej agentúry je spracovaná v samostatnej správe (Papčo a Bakoň, 2017). V predloženej časti podávame len najdôležitejšie informácie, týkajúce sa pohybovej aktivity v mestskej časti Hradec. Pri analýze boli výlučne využívané stabilné odrazové prvky na zemskom povrchu (PSInSAR, z angl. Persistent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar). Pred samotným spracovaním bol vykonaný prieskum dostupnosti radarových snímok z radarovej družicovej misie Sentinel-1 od začiatku až do konca roka 2016. Po prvotnej analýze dát (počet snímok, pokrytie oblasti) boli do spracovania zaradené snímkové sady z družice Sentinel-1A, vzostupná dráha č. 175 a zostupná dráha č. 51.

Spracovanie radarovej interferometrie technológiou permanentných odrážačov bolo vykonané v softvérovom balíku SARPROZ (Perissin, 2017). Tento predstavuje komplexný nástroj umožňujúci spracovanie pomocou štandardných diferenčných, ale aj pokročilých metód využívajúcich multištatistický prístup k riešeniu neznámeho pohybu na identifikovaných prirodzených odrážačoch. Na obr. 4.4.6 je znázornená celková odrazivosť objektov na snímkach z družice Sentinel-1. Z obidvoch snímok je evidentné stredné priestorové rozlíšenie snímacieho IWS módu družice Sentinel-1 (približne 20 m v smere dráhy letu družice).

Spracovanie bolo uskutočnené pre obidve snímkové sady. Do spracovania vzostupnej dráhy č. 175 vstupovalo 36 snímok za obdobie od januára 2016 do konca roka 2016. Za hlavnú snímku, voči ktorej boli následne spracovávané ostatné snímky metódou STAR GRAPH-u, bola zvolená snímka zo dňa 8. júna 2016 (snímka mala najmenšie zašumenie). Do spracovania zostupnej dráhy č. 51 vstupovalo 32 snímok za rovnaké obdobie, pričom za hlavnú snímku bola zvolená snímka zo dňa 25. apríla 2016.

Pri spracovaní lokality Hradec bol referenčným bodom rodinný dom v severnej časti obce, ktorá je považovaná za relatívne stabilnú (Ondrejka et al., 2016). Primárnym výsledkom spracovania sú rýchlosti pohybu detegovaných prirodzených odrážačov a ich stredné chyby. Ďalšími podpornými parametrami sú koherencia a rozdiel odhadnutej výšky prirodzeného odrážača voči referenčnému DMR. InSAR je v princípe schopný merať len deformácie v smere šírenia sa signálu, resp. v smere pohľadu radaru (z angl. Line-of-Sight – LOS), čo je dané jeho orientáciou smerom k Zemi. Pohyby sú pre každý stabilný odrazový prvok detegované pre družicu Sentinel-1A/B cca 38 stupňov od zvislice a v smere kolmom na smer letu. Presnú horizontálnu a vertikálnu zložku pohybu je možné získať spracovaním niekoľkých rôznych (vzostupných a zostupných) dráh družíc (Katelaar, 2009). Pomer medzi deformáciou v smere šírenia sa signálu a “skutočným” pohybom (so známym smerom) sa nazýva citlivosťou. Pre väčšinu družíc je citlivosť najlepšia vo vertikálnom smere a v horizontálnom smere je relatívne vysoká pre zložku pohybu z východu na západ. V našom prípade, pre uhol medzi zvislicou

a radarovým lúčom o veľkosti približne 38° je citlivosť na vertikálnu zložku pohybu okolo 80 % pre väčšinu lokality.



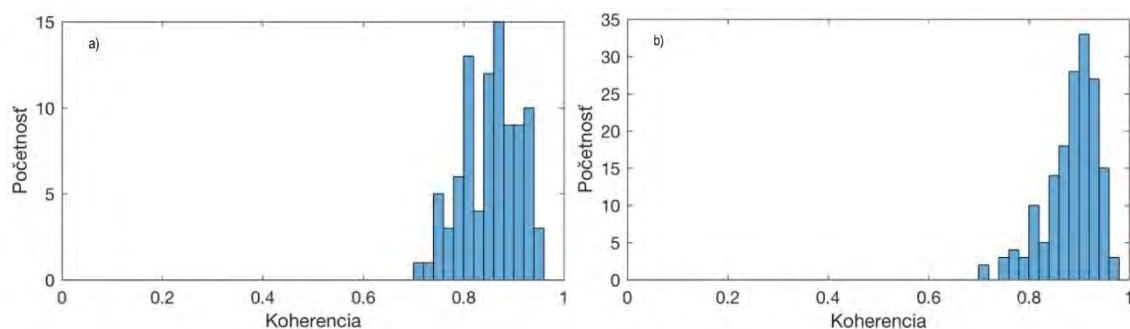
Obr. 4.4.6. Celková odrazivosť (reflektivita; vľavo vzostupná dráha č. 175, vpravo zostupná dráha 51)

Koherencia je bezrozmerné číslo v intervale od 0 do 1, často interpretované ako spoľahlivosť určenia odhadovaných parametrov (rýchlosti pohybu a výšky vzhľadom k referenčnému DRM) v danom bode. Zvyčajne sa na interpretáciu používajú len body s koherenciou väčšou ako 0,7 alebo dokonca vyššou. Hodnota koherencie z väčšej časti popisuje, akou mierou je časový rad bodu zhodný s predpokladaným modelom. Body s nízkou koherenciou môžu poukazovať na skokové zmeny deformácie prípadne ďalšie problémy ako napríklad nevhodnosť zvolenej vlnovej dĺžky družice na zachytenie charakteru prebiehajúcej deformácie. Rozdiel odhadnutej výšky odrazného prvku (odrážача) poukazuje na presnosť a vhodnosť použitého referenčného DMR pri eliminácii topografického účinku na zmenu interferometrickej fázy.

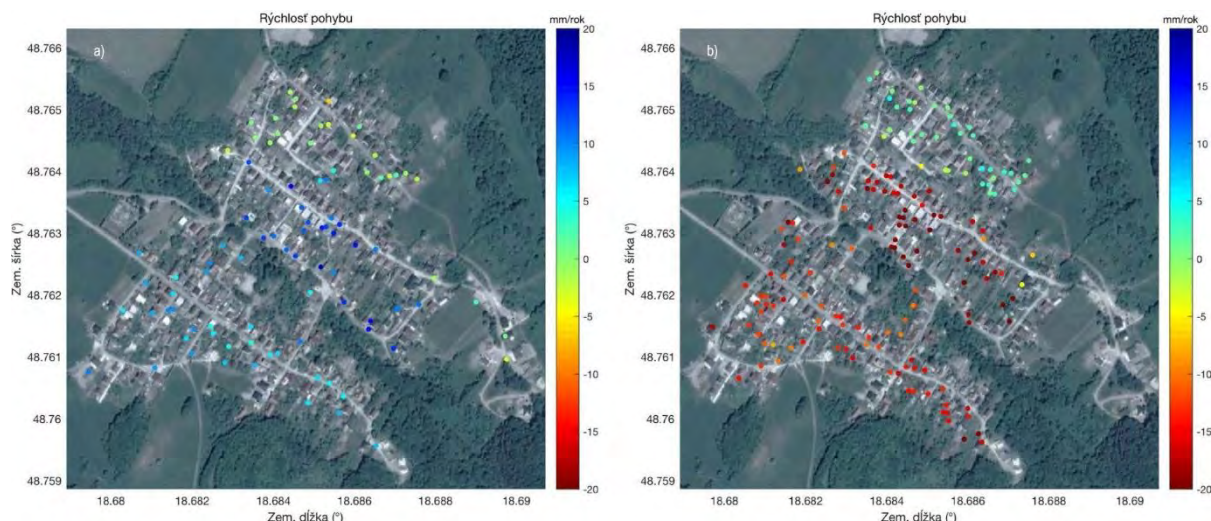
Na vymedzenie vhodných prirodzených odrážачov boli stanovené nasledovné kritériá:

- rýchlosť pohybu bodov v rozsahu $\pm 30 \text{ mm.rok}^{-1}$,
- koherencia v rozsahu 0,7 – 1,0,
- rozdiel odhadnutej výšky bodu voči referenčnému DMR v rozsahu $\pm 15 \text{ m}$.

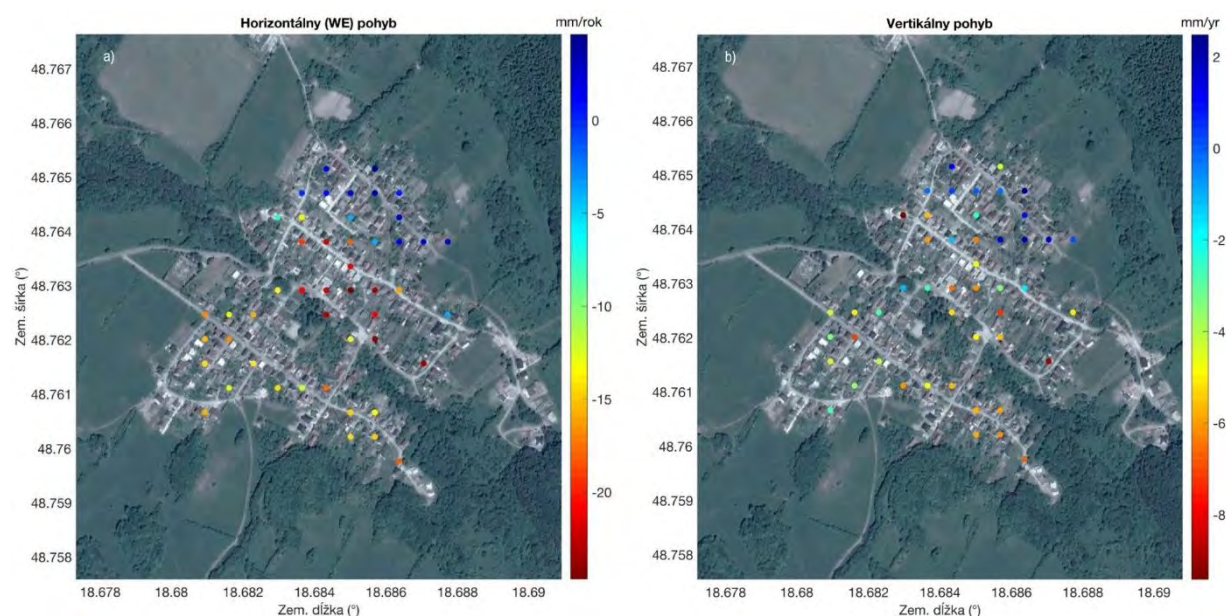
Celkovo bolo v riešenej oblasti Hradca detegovaných 91 (vzostupná dráha č. 175), resp. 165 (zostupná dráha č. 51) vhodných prirodzených odrážачov. Grafické zhodnotenie vo forme histogramov je znázornené na obr. 4.4.7.



Obr. 4.4.7. Histogramy početnosti koherencie bodov; a – vzostupnú dráhu č. 175, b – zostupnú dráhu č. 51.



Obr. 4.4.8. Rýchlosť pohybu sledovaných bodov v smere dráhy lúča; a – vzostupnú dráhu č. 175; b – zostupnú dráhu č. 51.



Obr. 4.4.9. Horizontálna (a) a vertikálna (b) zložka pohybu (mm.rok^{-1}) v centrách pravidelnej mriežky.

Z oboch obežných dráh družice Sentinel-1 bol v sledovanom období detegovaný signifikantný pohyb v južnej časti obce. Vzhľadom na spoločný referenčný bod má územie poklesávajúci charakter v deformačných mapách zo zostupnej obežnej dráhy a opačnú – stúpajúcu tendenciu vo vzostupnej obežnej dráhe. Jedným z možných dôvodov je, že sledovaný jav sa výraznejšie prejavuje v horizontálnej zložke pohybu. Technológia radarovej interferometrie InSAR je v princípe schopná merať len deformácie v smere šírenia sa signálu, resp. v smere pohľadu radaru, čo je dané jeho orientáciou smerom k Zemi. Presnú horizontálnu a vertikálnu zložku pohybu je možné získať spracovaním niekoľkých rôznych obežných dráh (Katelaar, 2009). Vzhľadom na vhodné pokrytie záujmovej oblasti odrazovými prvkami zo vzostupnej a zostupnej dráhy a extrémnej rýchlosti pohybu v širšej lokalite je možné vzájomnou kombináciou a dekompozíciou vektora pohybu v smere pohľadu radaru určiť zložky pohybu v horizontálnom smere (smer západ – východ) a vertikálnom smere. Z nameraných výsledkov vyplýva, že značná časť územia mestskej časti Hradec je v súčasnosti

pohybovo výrazne aktívna s najdominantnejšou horizontálnou (východ – západ) zložkou pohybu presahujúcou 20 mm.rok⁻¹.

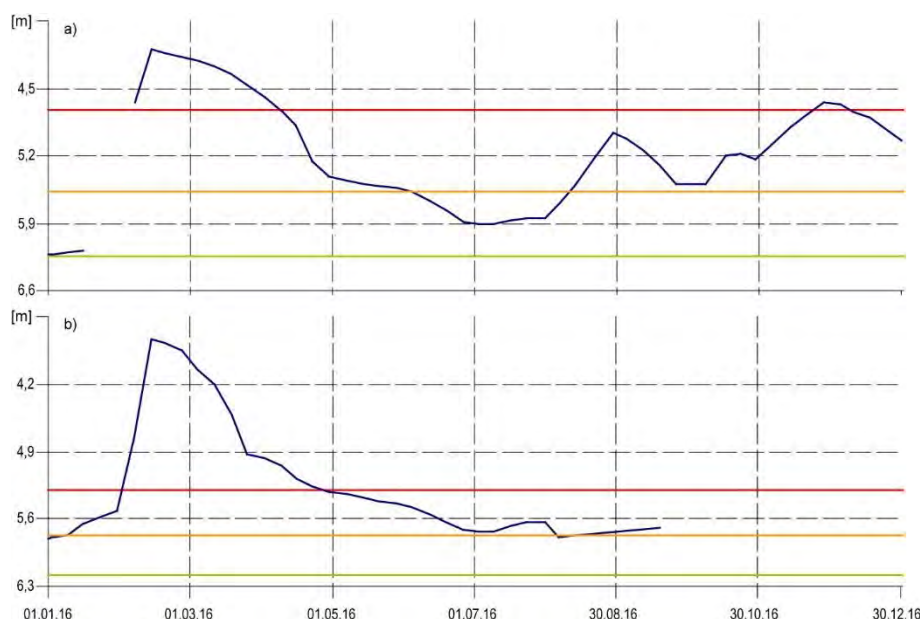
c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Prievidza-Hradec sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch (tab. 4.4.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.4.3 a 4.4.4). V roku 2015 bolo zabezpečených 39 kontrolných meraní, vykonávaných od 4. mája do 28. decembra. Najbližšie k povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody vo vrte IGH-7 (4,73 m pod terénom; 468,92 m n. m. – 30. máj). Vo vrte IGH-8 bol maximálny stav hladiny podzemnej vody zaregistrovaný 30. mája. Najhlbšia hladina podzemnej vody nameraná taktiež vo vrte IGH-7 (6,25 m; 433,52 m n. m. – 28. november). Vo vrte IGH-8 bola minimálna úroveň hladiny podzemnej vody nameraná na konci júna. Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 5,57 (IGH-7) až 5,77 m pod terénom (IGH-8). Amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte IGH-7 dosiahla 1,52 m. Vo vrte IGH-8 to bolo len 0,87 m. Priemerná hladina podzemnej vody na lokalite Prievidza-Hradec dosiahla v roku 2015 hĺbku 5,67 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

Tab. 4.4.3 Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 na lokalite Prievidza-Hradec

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.]	
IGH-7	39	4,73	468,92	30.05.15	6,25	467,40	28.11.15	5,57	468,08	1,52
IGH-8	39	5,31	434,39	30.05.15	6,18	433,52	28.06.15	5,77	433,93	0,87

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach v oboch piezometrických vrtoch. Zabezpečených bolo 52 kontrolných meraní, a to v období od 3. januára do 30. decembra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte IGH-8 (3,74 m pod terénom; 435,96 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný 14. februára. V rovnakom termíne bol zaznamenaný i maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte IGH-7 (4,09 m pod terénom). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala 3. januára (IGH-7 – bola nameraná 6,23 m pod terénom; IGH-8 – bola nameraná 5,79 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 5,21 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,46 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody boli v sledovaných horizontoch prakticky identické (v rozsahu od 5,20 – vrt IGH-7 – do 5,22 m pod terénom – vrt IGH-8). Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte IGH-7 (2,14 m).

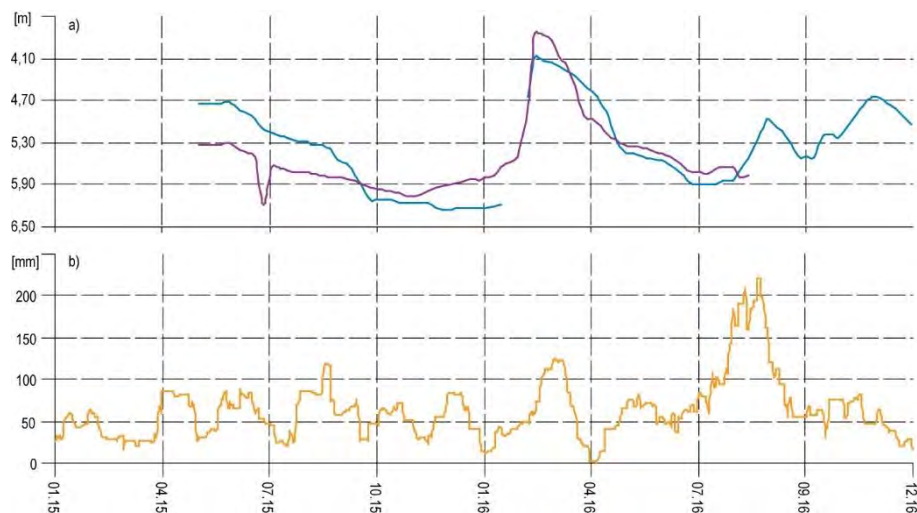


Obr. 4.4.10. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Prievidza-Hradec (porovnanie s ukazovateľmi z predchádzajúceho obdobia monitorovania; červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016).

Tab. 4.4.4 Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2016 na lokalite Prievidza-Hradec

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.]	
IGH-7	52	4,09	469,56	14.02.16	6,23	467,42	03.01.16	5,20	468,45	2,14
IGH-8	52	3,74	435,96	14.02.16	5,79	433,91	03.01.16	5,22	434,48	2,05

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2016 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.4.10. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v dlhšom časovom horizonte spolu s kumulatívnymi zrážkami je znázornený na obr. 4.4.11.



Obr. 4.4.11. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní z piezometrických vrtov na lokalite Prievidza-Hradec; a – modrá – IGH-7, fialová – IGH-8, b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prievidza s indikativom 30120).

Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi z predchádzajúceho obdobia monitorovania (od 4. mája 2015 do 28. december 2015) vyplýva, že dlhodobé maximá boli prekročené v oboch vrtoch.

I keď režimové pozorovania sú na lokalite zabezpečované relatívne krátke obdobie, z výsledkov meraní vyplýva, že pozorovaná hladina podzemnej vody v oboch piezometroch má priamy vzťah s klimatickými faktormi a jej vývoj je výrazne podmienený striedaním sa ročných období. Maximálne hladiny sú spojené s koncom zimného a začiatkom jarného obdobia.

Naopak, minimálne stavy sa vyskytujú na konci leta, resp. počas jesenných mesiacov (obr. 4.4.11).

Problém pri meraní hladiny podzemnej vody predstavujú samotné monitorovacie objekty, konkrétne spôsob zabudovania ich nadzemnej časti. Vrty nemajú ochrannú oceľovú pažnicu a preto sú častokrát vystavené rôznym nežiadúcim vplyvom. Z tohto dôvodu boli v posledných mesiacoch roka 2016 prerušené merania vo vrte IGH-8. Vrt bol pravdepodobne znehodnotený prejazdom poľnohospodárskeho stroja.

d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Prievidza-Hradec je pozorovaných 5 odvodňovacích zariadení (tab. 4.4.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.4.5. 4.4.6). Počas roka 2015 bolo zabezpečených 38 kontrolných meraní (4. máj – 28. december). Najvyššia výdatnosť bola nameraná hneď na začiatku monitorovacieho obdobia na odvodňovacom vrte HV-1 ($6,00 \text{ l.min}^{-1}$), teda v čase maximálnej úrovne hladiny podzemnej vody v oboch piezometrických vrtoch. V odvodňovacích vrtoch (HV-2 a HV-3) boli maximálne prietoky namerané v druhej polovici mája, teda s nástupom zostupného trendu hladiny podzemnej vody a vo vrte HV-5 až začiatkom augusta. Maximálna sumárna výdatnosť bola zaznamenaná 30. mája (spoločná výdatnosť $12,81 \text{ l.min}^{-1}$). Naopak, minimálna, teda najnižšia výdatnosť, bola nameraná vo vrtoch HV-3 a HV-4, na úrovni kvapkania (20. jún a 4. máj), avšak uvedené vrty boli prevažnú časť monitorovaného obdobia suché. Minimálna sumárna výdatnosť dosiahla $3,96 \text{ l.min}^{-1}$ a bola zaznamenaná 31. októbra. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu $6,63 \text{ l.min}^{-1}$. Najväčšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte HV-1 ($4,50 \text{ l.min}^{-1}$).

Tab. 4.4.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení v roku 2015 na lokalite Prievidza-Hradec

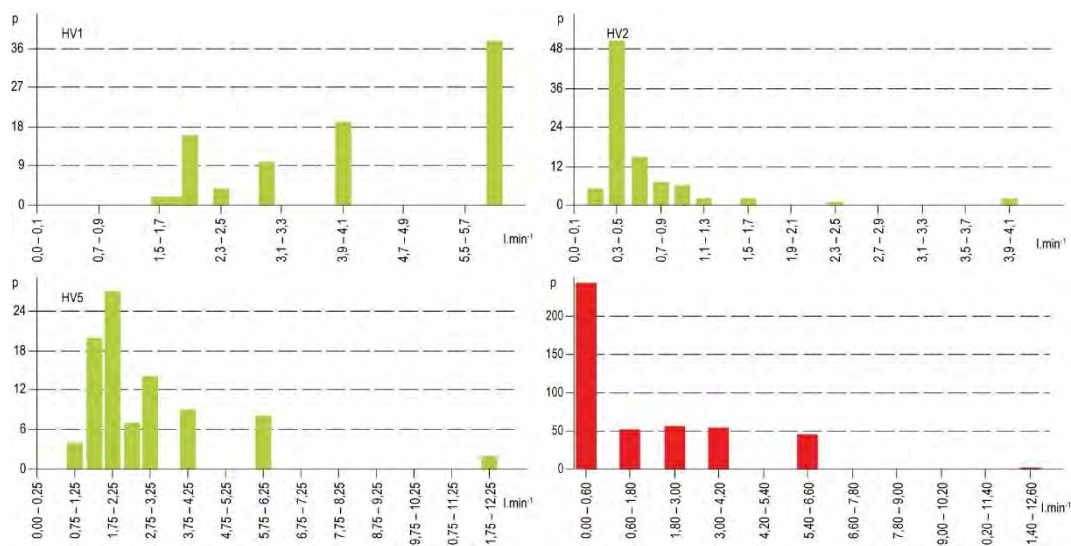
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min^{-1}]	Max. kolísanie výdat. [l.min^{-1}]
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		
HV-1	38	6,00	04.05.15	1,50	31.10.15	3,89	4,50
HV-2	38	2,40	30.05.15	0,46	31.10.15	0,74	1,94
HV-3	38	2,40	23.05.15	0,00	04.05.15	0,15	2,40
HV-4	38	0,01	04.05.15	0,00	14.06.15	0,00	0,01
HV-5	38	4,00	02.08.15	1,20	22.08.15	1,84	2,80

V roku 2016 bolo zabezpečených 53 kontrolných meraní, čo je o 15 viac ako vlani. Merania sa realizovali v období od 3. januára do 30. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 14. februára na odvodňovacom vrte HV-5 ($12,00 \text{ l.min}^{-1}$). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť nameraná 30. decembra s hodnotou $1,5 \text{ l.min}^{-1}$ a priemerná výdatnosť dosiahla $3,53 \text{ l.min}^{-1}$. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná vo vrte HV-3 ($0,21 \text{ l.min}^{-1}$; 10. október), čo pravdepodobne súvisí so zrážkovým deficitom v letnom období, ktorý sa prejavil i poklesom hladín podzemnej vody v sledovaných piezometroch. Počas hodnotného roka boli 2 vrty suché (HV-3 a HV-4; ojedinele boli na nich pozorované nízke prietoky alebo kvapkanie). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu $8,96 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o $3,55 \text{ l.min}^{-1}$. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte HV-5 ($10,50 \text{ l.min}^{-1}$). Najvyššiu priemernú výdatnosť a tým pádom najvyššiu efektivitu v odvádzaní podzemných vôd mal vrt HV-1.

Dosiahnuté maximálne výdatnosti v predchádzajúcom roku boli prekročené v prípade vrtu HV-2. Prekročená bola maximálna výdatnosť z 30. mája 2015 ($2,40 \text{ l.min}^{-1}$). Štatistické zhodnotenie výdatnosti v jednotlivých vrtoch, ako aj celkovej spoločnej výdatnosti za monitorované obdobie, je znázornené na obr. 4.4.12. Kumulatívne množstvo odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.4.13.

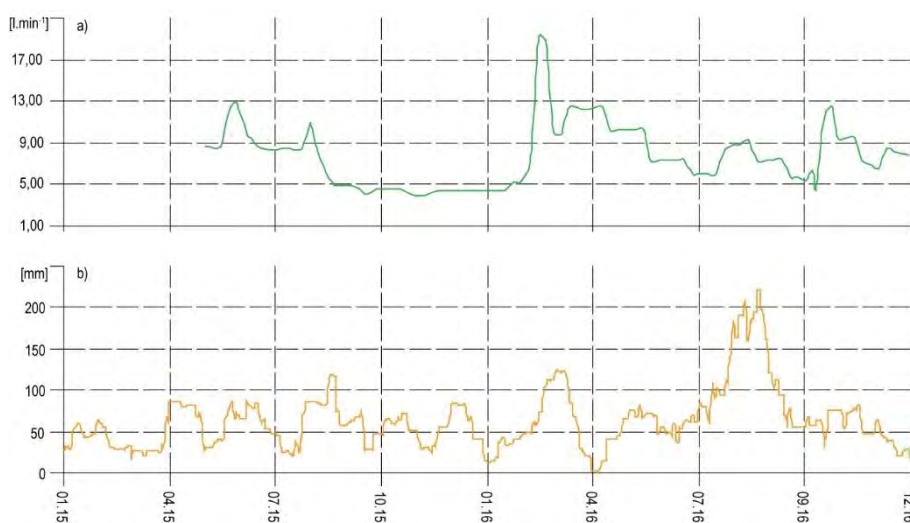
Tab. 4.4.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení v roku 2016 na lokalite Prievídza-Hradec

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
HV-1	53	6,00	12.03.16	2,00	03.01.16	4,42	4,00
HV-2	53	4,00	14.02.16	0,29	29.05.16	0,53	3,71
HV-3	53	0,55	14.02.16	0,00	10.10.16	0,33	0,55
HV-4	53	0,21	27.11.16	0,00	10.10.16	0,15	0,21
HV-5	53	12,00	14.02.16	1,50	30.12.16	3,53	10,50



Obr. 4.4.12. Štatistické zhodnotenie výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Prievídza-Hradec. Analyzované obdobie: máj 2015 – december 2016; p – početnosť, zelená – výdatnosti v jednotlivých vrtoch (označenie vrtov je uvedené v grafoch), červená – výdatnosti zaznamenané na všetkých odvodňovacích zariadeniach v rámci lokality.

Zo štatistického zhodnotenia efektívnosti odvodňovacích zariadení formou početnosti výskytu určitých intervalov prietokov vyplýva, že v rámci hodnotenej lokality prevládajú výdatnosti v rozsahu 0,0 až 0,6 l.min⁻¹. Dlhodobu je najefektívnejším odvodňovacím vrtom HV5. V tomto vrte prevládajú výdatnosti v intervale 1,75 až 2,25 l.min⁻¹. Najnižšiu účinnosť majú spomenuté vrty HV-3 a HV-4.



Obr. 4.4.13. Výsledky spracovania výdatnosti odvodňovacích vrtov na lokalite Prievídza-Hradec; a – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov na lokalite; b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prievídza s indikativom 30120).

Z obdobia monitorovania, ktoré je síce krátke, je ale vidieť, že priebeh výdatnosti, podobne ako v prípade zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, súvisí so striedaním ročných období. Prietok spoločnej výdatnosti dobre koreluje so zmenami hladiny podzemnej vody

(obr. 4.4.11 a 4.4.13). Najväčšie výdatnosti sú teda späté s výskytom maximálnych úrovní hladiny podzemnej vody.

e/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Prievidza (indikatív 30120). Informácie o zrážkových úhrnoch na stanici SHMÚ sú súčasťou lokality Veľká Čausa.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Merania metódou presnej inklinometrie, ale aj realizovanou technológiou InSAR potvrdili, že v mestskej časti Prievidza-Hradec naďalej pretrváva stabilitný nepriaznivý stav. Z inklinometrických meraní vyplýva, že oblasť pod futbalovým ihriskom je mimoriadne aktívna. Etapové hodnoty vektorov deformácií sa v jednotlivých vrtoch pohybovali nad 10 mm. Vysoká pohybová aktivita bola preukázaná i vďaka skúšobnej inštrumentácii inklinometrického vrtu stacionárnou sondou. Priemerné denné rýchlosti deformácie sa pohybovali v rozsahu 7,06 až 68,28 mm.rok⁻¹. Výsledky inklinometrických meraní dopĺňajú údaje z družicovej radarovej interferometrie. Z analýz družicových údajov vyplýva, že pohybovo aktívna je prevažná časť územia mestskej štvrte Prievidza-Hradec; stabilnú časť predstavuje len jej najsevernejšia oblasť. Problémové miesta sú aktuálne tam, kde dochádza ku kontaktu aktívnych a stabilnejších prostredí. Pre tieto oblasti sú typické deštruktívne javy na akýchkoľvek stavebných objektoch. Najväčšie rýchlosti pohybu (nad 20 mm.rok⁻¹) sú pozorované v centrálnej časti mestskej štvrte (ulica 1. mája). Táto oblasť však zostáva bez viditeľného negatívneho dopadu na stavebných objektoch. Zjednodušene by sa dalo povedať, že sa „vezie“.

Tri odvodňovacie objekty efektívne odvádzajú podzemnú vodu. Žiaľ dva vrty sú prakticky celé monitorované obdobie suché.

Vážnym problémom pri monitorovaní hladiny podzemnej vody sú nekvalitne vybudované piezometrické vrty. V dôsledku chýbajúcej nadzemnej ochrannej pažnice bol jeden vrt zničený poľnohospodárskym strojom.

I keď stabilizácia zosuvného územia je po technickej, ale i finančnej stránke mimoriadne náročná, v záujme zlepšenia stabilitných pomerov je nevyhnutné v čo najskoršom termíne vyriešiť otázku hospodárenia s odpadovými vodami, v ideálnom prípade ich odkanalizovaním. Splaškovými a zrážkovými vodami sa v mnohých prípadoch nekontrolovane nasycuje horninové prostredie. Rovnako, územný plán obce by mal zohľadniť existenciu rozsiahlych svahových porúch, ktoré si vyžadujú mimoriadne finančne náročné sanačné opatrenia a usmerniť stavebné aktivity prednostne do území mimo svahových porúch. Pri nevyhnutných stavebných aktivitách je potrebné predísť nevhodným zásahom do geometrie svahu, nebudovať zárezy v exponovaných miestach, atď.

Sanačné opatrenia, vybudované v roku 2014, rozhodne prispievajú k zlepšeniu stabilitných pomerov oboch zosuvných lokalít, je ale potrebné uviesť, že vzhľadom na rozsah územia postihnutého svahovými deformáciami (ktorý bol overený metódou InSAR), nie sú postačujúce. Na rok 2017 plánujeme rovnaký sortiment monitorovacích aktivít ako v roku 2016.

1.4.5. Lokalita Prievidza-Veľká Lehôtka

Stručná charakteristika lokality

Lokalita Veľká Lehôtka je podobne ako Hradec súčasťou mesta Prievidza v rámci mestskej časti Prievidza V.-Štvrte. Nachádza sa približne 1,5 km juhozápadne od mestskej časti Hradec. Lokality sú si blízke i geologickou stavbou a genézou zosuvného javu. I v tomto prípade zohráva kľúčovú úlohu gravitačný rozpad Vtáčnika.

Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správ z prieskumu (Ilkanič et al., 2013, Fekeč a Ilkanič, 2014b in Šimeková et al., 2014) a sanácia (Tupý et al., 2014 in Ondrejka et al., 2014; Ondrejka et al., 2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka boli v rokoch 2015 a 2016 monitorovacie aktivity zamerané na sledovanie pohybovej aktivity (pomocou inklinometrických meraní) a režimových ukazovateľov (hlbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích vrtov). Termíny realizácie jednotlivých meraní sú zhrnuté v tab. 4.5.1.

Tab. 4.5.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	8	Remeselnícka ul.: IGP-1i, IGP-4i, IGP-4i, Podhorská ul.: IGP-1i, IGP-3i, IGP-4i, IGP-7i, IGP-8i	3 (16. marec, 11. jún, 15. december)	2 (23. máj, 23. september)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	IGR-4, IGR-5, IGP-6	38 (1x za týždeň)	52 (1x za týždeň)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	7	HV-1, HV-2, HV-3, HV-4 HV-5, HV-6, HV-7	38 (1x za týždeň)	52 (1x za týždeň)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prievidza (indikatív 30120)	Denné úhrny zrážok Teploty vzduchu (priemerná a minimálna)	

* – úvodné meranie

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka zabezpečujú od roku 2014 na šiestich vrtoch (vybudovaných počas prieskumu), ku ktorým v roku 2015 pribudli ďalšie dva vrty (vybudované počas sanácie v roku 2014; nulté meranie na týchto vrtach bolo realizované v roku 2015). Jednotlivé vrty sú situované v profile, ktorý sa tiahne severojužným smerom (v severnej časti obce pretína Remeselnícku ul. – vrty IGR-4i, 5i a 1i – a pokračuje paralelne s Podhorskou ul. – IGP-8i, 1i, 3i, 4i a 7i). Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.5.2 a prezentované na obr. 4.5.1, 4.5.2, 4.5.3 a 4.5.4.

V roku 2015 boli v jednotlivých zosuvných častiach obce zrealizované tri etapy inklinometrických meraní. Prvé meranie bolo vykonané v polovici marca a charakterizovalo pohybovú aktivitu za cca štvormesačné obdobie. Najväčší prírastok počas tejto etapy bol nameraný vo vrte IGP-1i plytko pod terénom v hĺbke 1 m (3,20 mm, čo predstavuje priemernú

rýchlosť 8,99 mm.rok⁻¹; azimut 312°; v sledovanom horizonte predpokladanej šmykovej plochy 7,0 m pod terénom bola nameraná deformácia 0,92 mm). Mierne zvýšená hodnota pohybovej aktivity (prírastok deformácie 1,94 mm) bola zaznamenaná i vo vrtoch IGP-3i (v hĺbke 6,60 m pod terénom). Podobne i vo vrtoch IGP-4i (v hĺbke 2,5 m pod terénom), a IGR-4i (v hĺbke 3,52 m pod terénom) boli namerané deformácie väčšie ako 1,40 mm. Počas nasledujúceho júnového merania došlo k celkovej stabilizácii, pričom v sledovaných horizontoch ani v jednom prípade nedošlo k prekročeniu hodnotu 1 mm. Najvyšší nameraný etapový prírastok bol vo vrte IGR-1i v hĺbke 6,38 m pod terénom (0,94 mm; azimut 63°).



Obr. 4.5.1. Lokalita Velká Lehůtka, Remeselnická ul. – výsledky inklinometrických meraní – vektory deformácií namerané v rokoch 2015 a 2016 (obdobia meracích etáp sú v súlade s tab. 4.5.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od ústia pažnice v m); ohraničenie zosuvu: Fekeč a Ilkanič, 2014b in Šimeková et al., 2014, mapový podklad: ZBGIS®.

Pohybová aktivita počas poslednej etapy mala podobný charakter ako v prípade prechádzajúcich meraní. I keď niektoré hodnoty boli mierne vyššie, k zásadným zmenám nedošlo. Výnimkou je azda len oblasť vrtu IGP-1i, a to plytko pod terénom; tu však došlo k výraznejšej deformácii. Veľkosť etapového vektora (za obdobie približne štyroch mesiacov) dosiahla 6,45 mm, teda priemerná rýchlosť deformácie predstavuje 19,14 mm za rok. Azimut je i v tomto prípade orientovaný na severozápad (317°).

Tab. 4.5.2. Výsledky inklinometrických meraní uskutočnených v rokoch 2015 a 2016 na lokalite Prievidza-Velká Lehůtka

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	06.11.14 – 16.03.15			16.03.15 – 11.06.15			11.06.15 – 15.12.15		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IGP-1i	7,00	0,92	0,92	323	1,26	0,67	247	2,20	1,08	332
IGP-3i	6,60	1,94	1,94	292	2,30	0,57	235	2,01	0,36	134
IGP-4i	2,50	1,61	1,61	360	1,80	0,22	33	0,22	1,58	185
IGP-7i	6,96				0,51	0,51	174	1,77	1,26	167
IGP-7i	17,46				0,61	0,61	176	1,21	0,64	146
IGP-8i	12,04				0,22	0,22	207	0,45	0,22	207
IGR-1i	6,38	0,86	0,86	59	1,80	0,94	63	3,13	1,36	78
IGR-4i	3,52	1,41	1,41	120	1,71	0,50	181	2,06	0,42	173
IGR-4i	6,02	0,36	0,36	162	0,61	0,45	245	1,00	0,41	232
IGR-5i	5,57	0,45	0,45	247	0,85	0,45	283	0,76	0,32	148

Pokračovanie tab. 4.5.2

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	15.12.15 – 23.05.16			23.05.16 – 23.09.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IGP-1i	7,00	1,60	0,61	121	2,10	0,50	310
IGP-3i	6,60	2,44	0,67	217	2,78	0,61	199
IGP-4iN	2,50	3,14	3,14	29	4,80	1,66	27
IGP-7i	6,96	0,58	1,44	331	2,06	1,70	157
IGP-7i	17,46	1,04	0,22	302	2,06	1,03	156
IGP-8i	12,04	1,03	0,58	211	1,04	1,92	51
IGR-1i	12,38	3,05	0,20	185	2,82	0,32	293
IGR-4i	3,52	3,21	1,22	119	4,40	1,24	114
IGR-4i	6,02	1,08	0,61	119	1,20	0,20	128
IGR-5i	5,57	2,19	1,50	273	2,00	0,30	130

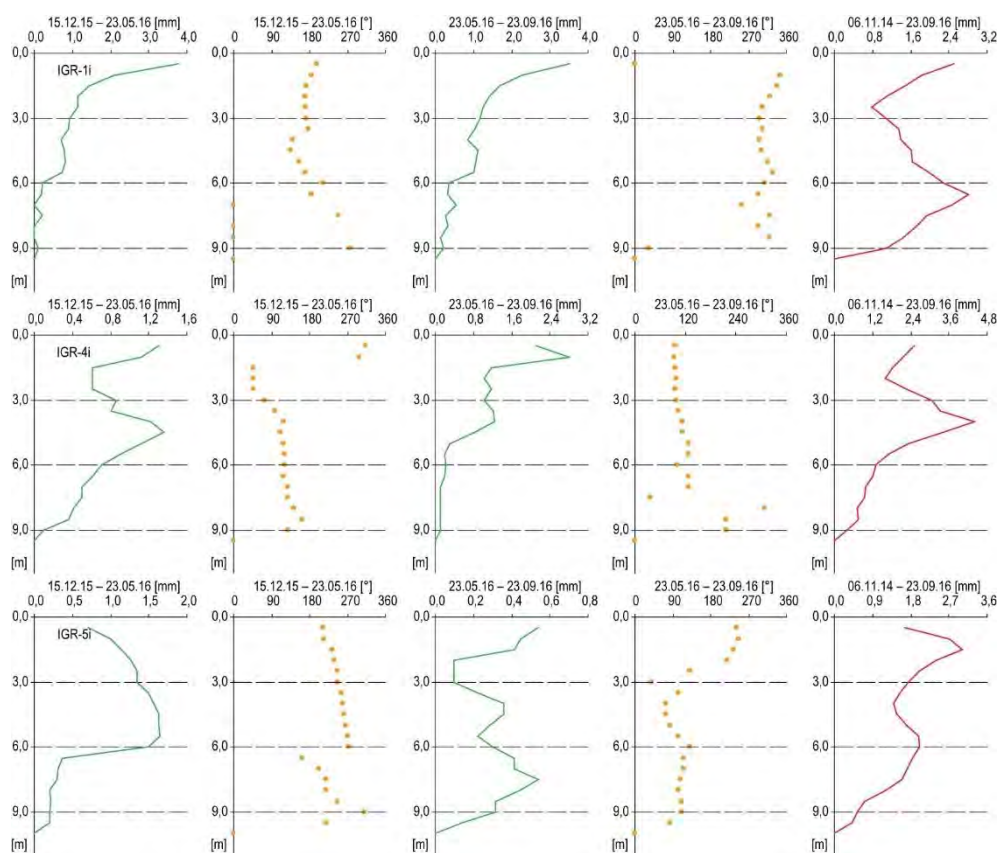
CD – celková deformácia od nultého merania (06.11.14 – vrty: IGP-1i, IGP-3i, IGP-4i, IGR-1i, IGR-4i a IGR-5i; 16.03.15 – vrty: IGP-7i a IGP-8i; 15.12.15 – IGP-4iN); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora.



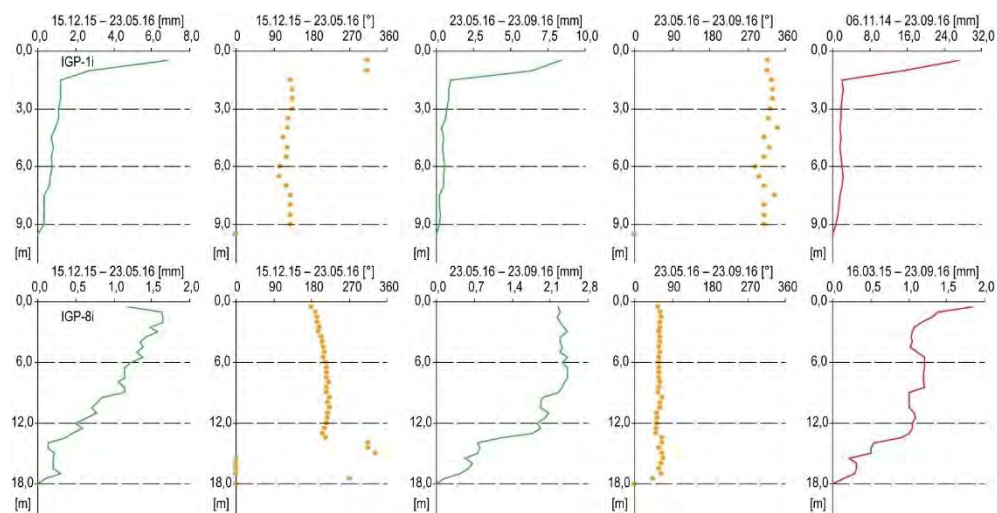
Obr. 4.5.2. Lokalita Veľká Lehôtka, Podhorská ul. – výsledky inklinometrických meraní – vektory deformácií namerané v rokoch 2015 a 2016 (obdobia meracích etáp sú v súlade s tab. 4.5.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od ústia pažnice v m); ohraničenie zosuvu: Fekeč a Ilkanič, 2014b in Šimeková et al., 2014, mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2016 sa pokračovalo v zredukovanom intervale meraní. Počas májovej etapy, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu za posledné päťmesačné obdobie, bola pomerne vysoká deformácia nameraná vo vrte IGP-4iN. V hĺbke 2,5 m pod terénom bola nameraná deformácia 3,14 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 7,20 mm.rok⁻¹. Vektor deformácie bol orientovaný na severo-severovýchod. Vrt sa nachádza nad miestnym futbalovým ihriskom. V oblasti Podhorskej ulice boli zvýšené hodnoty deformácie namerané ešte i vo vrte IGP-7i, ktorá leží 57 m juho-juhozápadným smerom do vrtu IGP4iN. V hĺbke 6,96 m pod terénom bola nameraná deformácia 1,44 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 3,29 mm.rok⁻¹. Nad 1 mm boli namerané deformácie i v oblasti Remeselníckej ulice vo vrtoch IGR-5i a IGR-4i. Oba vrty sa nachádzajú na severovýchodne orientovanom svahu, smery pohybu v uvedených vrtoch mali však protichodný charakter. Kým vo vrte IGR-4i bol vektor orientovaný na východ, vo vrte

IGR-5i naopak na západ. V ostatných vrtoch bola situácia v sledovaných horizontoch relatívne pokojná.

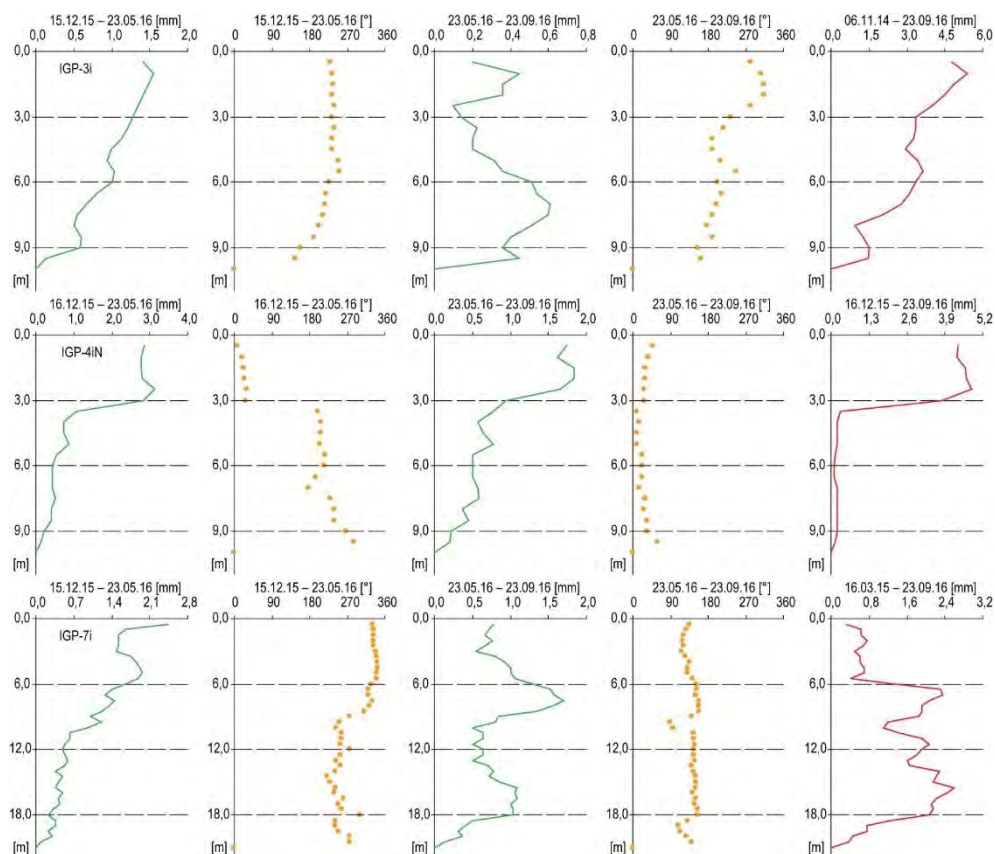


Obr. 4.5.3a. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach na lokalite Prievidza - Veľká Lehôtka (Remeselnícka ulica; názov vrtu je uvedený vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

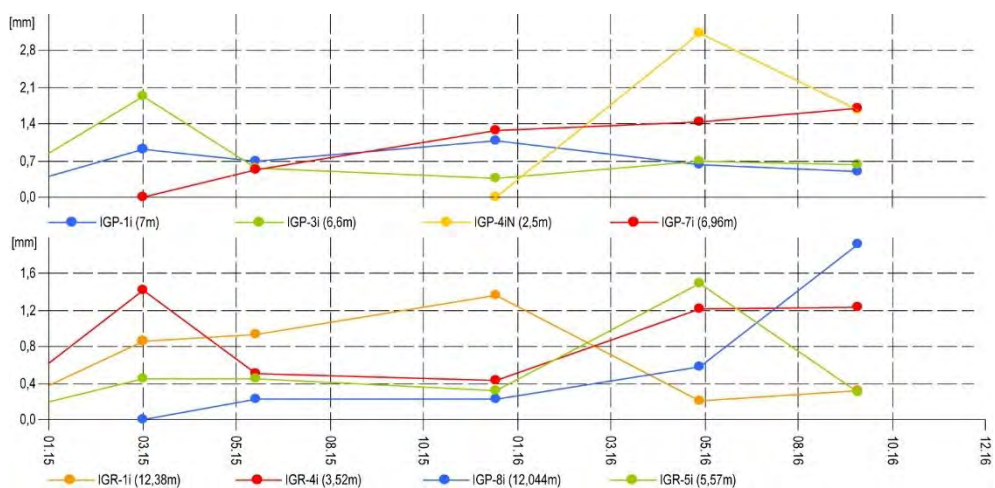


Obr. 4.5.3b. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach na lokalite Prievidza - Veľká Lehôtka (Podhorská ulica – severná časť; názov vrtu je uvedený vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Nasledujúce septembrové meranie sa vo väčšine vrtoch prejavilo poklesom pohybovej aktivity. V spomenutých vrtoch, v ktorých boli počas májového merania zaznamenané vyššie hodnoty deformácie (nad 3 mm), došlo k určitému upokojeniu. Naopak, vo vrtoch, v ktorých boli zaznamenané len minimálne hodnoty, došlo počas septembra k miernemu oživeniu pohybovej aktivity (napr. vrt IGP-8i – tab. 4.5.2). Deformácie väčšie ako 1 mm boli namerané vo vrtoch IGP-7i, IGR-4i, IGP-4iN, IGP-7i a IGP-8i.



Obr. 4.5.3c. Priebiehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka (Podhorská ulica – nad futbalovým ihriskom; názov vrtu je uvedený vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.



Obr. 4.5.4. Prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka.

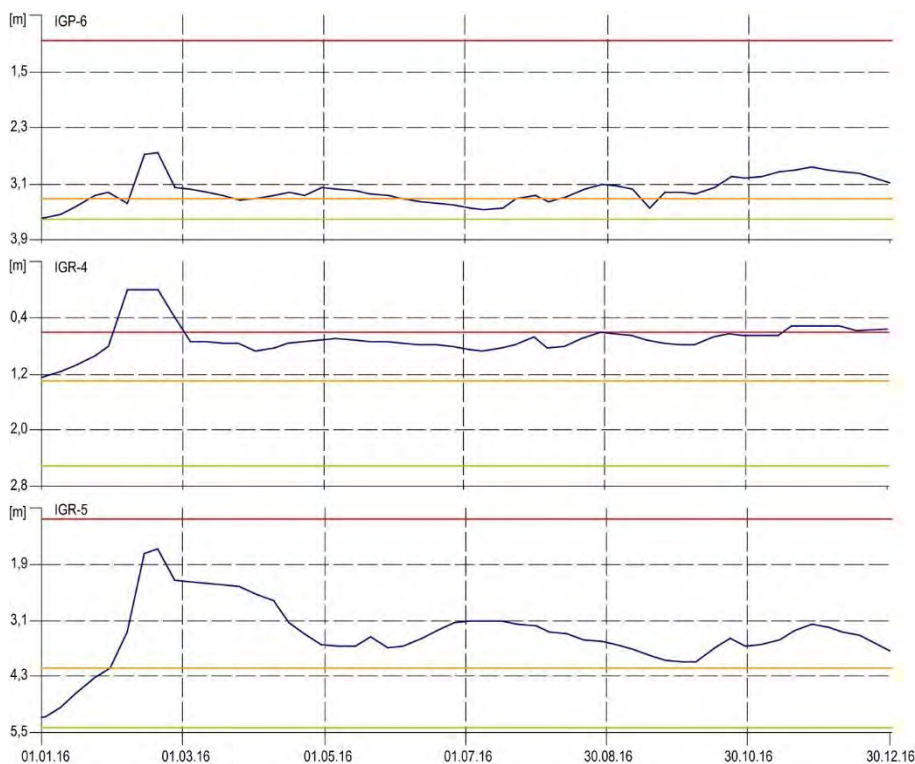
Rok 2016 je významný i z dlhodobého hľadiska. Deformácie namerané vo vrtoch IGP-4iN a IGP-8i sú najvyššie za celé dvojročné obdobie. V spomenutých vrtoch je jasne zreteľná aj hĺbka šmykovej plochy. Naproti tomu v niektorých vrtoch je pri určovaní dosť veľká neistota (napr. vrty IGP-7i). Predpokladáme, že najbližšie realizované merania pomôžu dotvoriť a spresniť predstavy o priebehu šmykových úrovní.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 3 vrtoch (štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.5.3 a 4.5.4). Počas roka 2015 bolo zabezpečených 39 kontrolných meraní (4. máj – 28. december). Najbližšie k povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody nameraná vo vrte IGR-4 (0,60 m pod terénom – 443,80 m n. m. – 30. máj). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody vyskytovali na začiatku júna (IGP-6) a konci júla (IGR-5). Naopak, najhlbšie nameraná bola hladina podzemnej vody vo vrte IGR-5 (5,39 m – 415,33 m n. m. – 28. november). Vo vrtoch IGP-6 a IGR-4 bola minimálna úroveň hladiny podzemnej vody nameraná 27. septembra a 7. júna. Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 1,31 (IGR-4) až 4,12 m pod terénom (IGR-5). Najväčšiu amplitúdu ročných zmien dosiahla hladina podzemnej vody vo vrte IGR-5 (4,47 m). V roku 2015 sa priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody nachádzala v hĺbke 2,91 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

Tab. 4.5.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka

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.]	
IGP-6	39	1,05	425,32	07.06.15	3,60	422,77	27.09.15	3,31	423,06	2,55
IGR-4	39	0,60	443,80	30.05.15	2,51	441,89	07.06.15	1,31	443,09	1,91
IGR-5	39	0,92	419,80	26.07.15	5,39	415,33	28.11.15	4,12	416,60	4,47

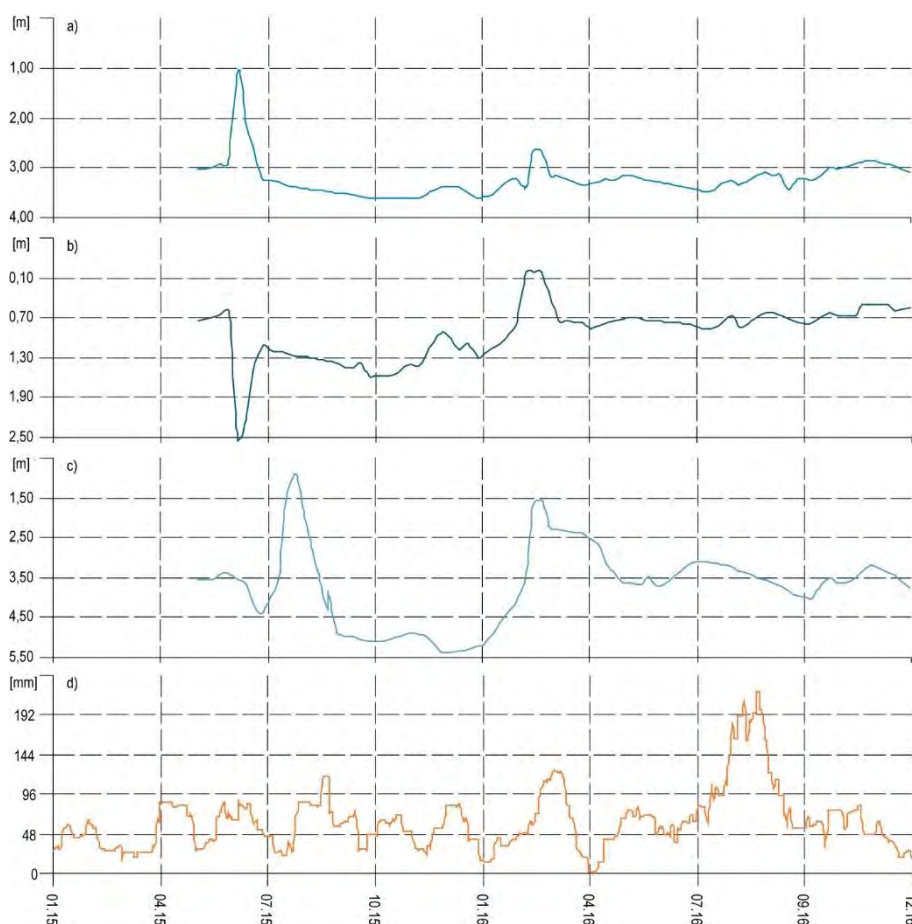


Obr. 4.5.5. Zmeny úrovně hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka (porovnanie s ukazovateľmi v predchádzajúceho obdobia monitorovania; červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016).

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach v 3 vrtoch a zabezpečených bolo 52 kontrolných meraní (3. január – 30. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte IGR-4. Avšak v tomto prípade vystúpila až nad úroveň terénu (444,40 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 7. februára, ale tiež počas ďalších 2 meracích etáp. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,00 (preliv) až 2,67 m pod terénom (IGP-6). Vyskytovali sa od 7. februára do 20. februára (IGP-6, IGR-5). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte IGR-5 (min. hladina podzemnej vody 5,16 m pod terénom bola nameraná dňa 3. januára). Aj v ostatných pozorovacích vrtoch boli minimálne hladiny podzemnej zaznamenané práve 3. januára.

Tab. 4.5.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2016 na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka

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.]	
IGP-6	52	2,67	423,70	20.02.16	3,58	422,79	03.01.16	3,20	423,17	0,91
IGR-4	52	0,00	444,40	07.02.16	1,24	443,16	03.01.16	0,70	443,70	1,24
IGR-5	52	1,57	419,15	20.02.16	5,16	415,56	03.01.16	3,38	417,34	3,59



Obr. 4.5.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní z piezometrických vrtov na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka; a – IGP-6, b – IGR-4, c – IGR-5n, d – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prievidza s indikatívom 30120).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 2,43 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,48 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,70 (vrt IGR-4) do 3,38 m pod terénom (vrt IGR-5). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte IGR-5 (3,59 m). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2016 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.5.5. Priebehy hĺbky hladiny

podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.5.6.

Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi za predchádzajúce monitorované obdobie (rok 2015) vyplýva, že dlhodobé maximum bolo prekročené v 1 prípade, a to vo vrte IGR-4.

Z hľadiska hodnotenia celého monitorovacieho obdobia je zreteľné, že zmeny hladiny do veľkej miery súvisia s ročným cyklom. Maximálne hodnoty sú viazané na koniec zimného obdobia, ale hlavne na jarne obdobie. Jarne dopĺňanie zásob podzemnej vody výrazne ovplyvňuje topenie snehovej pokrývky vo vyššie položených oblastiach pohoria Vtáčnika. Intenzívne letné zrážky sa na zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody prejavujú prakticky len nepatrne, aj to i s dvojmesačnou retardáciou.

d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka je pozorovaných 7 odvodňovacích zariadení (štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.5.3). Počas roka 2015 bolo zabezpečených 38 kontrolných meraní (4. máj – 28. december). Najvyššia výdatnosť bola nameraná na úrovni $3,0 \text{ l.min}^{-1}$ na troch odvodňovacích vrtoch HV-3, HV-4 a HV-5. Výskyt uvedených maximálnych stavov bol od konca mája do druhej polovice septembra, teda v období, kedy úrovne hladín podzemnej vody v jednotlivých piezometrických vrtoch postupne dosahovali maximálne stavy. V prevažnej miere sa maximálne výdatnosti vyskytovali na konci mesiaca máj. Maximálna sumárna výdatnosť bola zaznamenaná 30. mája, s hodnotou $13,51 \text{ l.min}^{-1}$. Naopak, najnižšia výdatnosť bola nameraná vo vrte HV-7 (na úrovni kvapkania – 31. október). V tejto súvislosti treba podotknúť, že počas celého

Tab. 4.5.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení v rokoch 2015 na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka

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	38	0,60	30.05.15	0,18	31.10.15	0,31	0,42
HV-2	38	2,40	23.05.15	2,00	04.05.15	2,27	0,40
HV-3	38	3,00	26.07.15	1,50	28.06.15	2,45	1,50
HV-4	38	3,00	19.09.15	2,00	14.06.15	2,38	1,00
HV-5	38	3,00	30.05.15	1,20	22.08.15	2,37	1,80
HV-6	38	1,71	23.05.15	0,60	31.10.15	1,10	1,11
HV-7	38	1,00	04.05.15	0,01	31.10.15	0,62	0,99

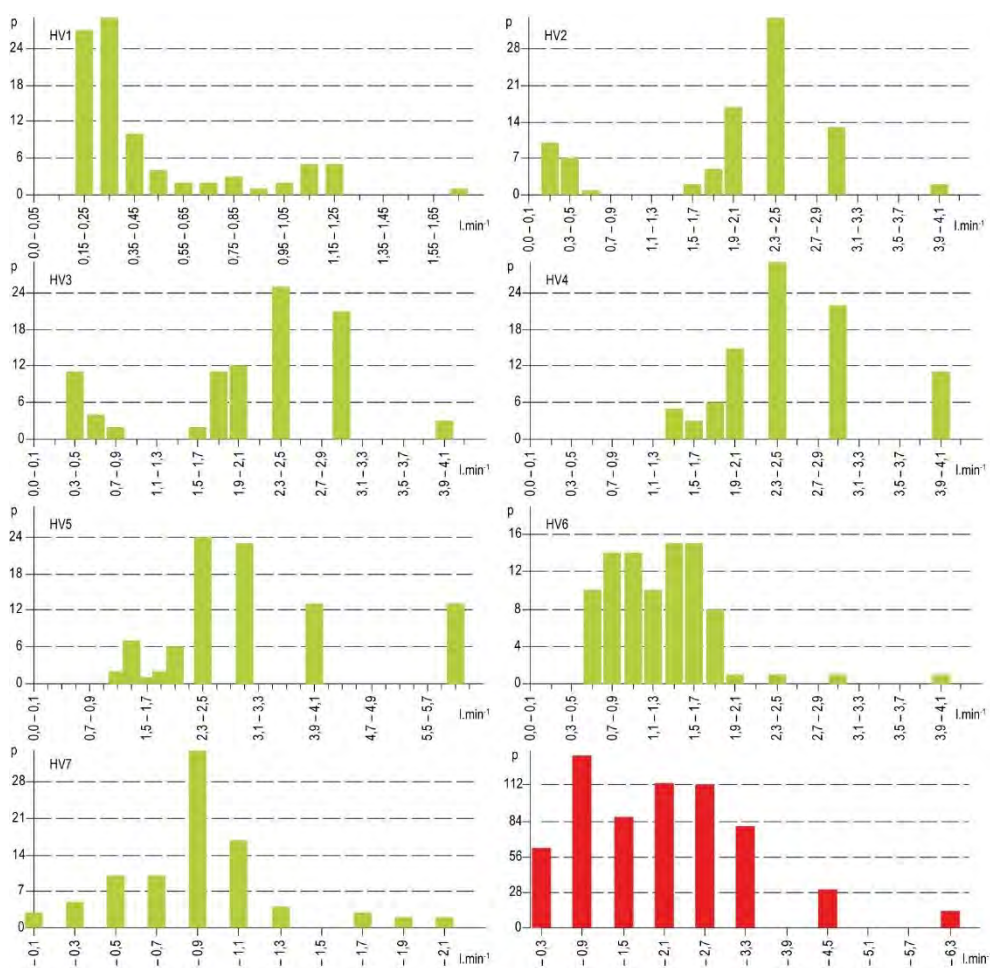
V roku 2016 bolo zabezpečených 53 kontrolných meraní, čo je o 15 viac ako vlni. Merania sa realizovali v období od 3. januára do 30. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 20. februára na odvodňovacom vrte HV-5 ($6,00 \text{ l.min}^{-1}$). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť nameraná 27. novembra s hodnotou $1,33 \text{ l.min}^{-1}$ a priemerná výdatnosť dosiahla $3,68 \text{ l.min}^{-1}$. Z uvedených hodnôt vyplýva, že vrt efektívne odvádza podzemné vody aj počas suchých období. V ostatných vrtoch boli maximálne výdatnosti namerané najmä počas 14. februára (HV-2, HV-4) a 16. októbra (HV-6, HV-7). Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná vo vrte HV-2 ($0,17 \text{ l.min}^{-1}$; 30. december), čo súvisí s nízkymi zrážkovými úhrnmi počas jesenného obdobia. V tomto období došlo i poklesu hladiny podzemnej vody vo vrtoch IGP-6 a IGR-5n. Pozitívne môžeme hodnotiť skutočnosť, že ani jeden vrt nebol počas roka suchý. Aritmetický priemer minimálnych výdatností dosahuje až $0,61 \text{ l.min}^{-1}$. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu $12,73 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o $1,21 \text{ l.min}^{-1}$. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte HV-5 ($4,67 \text{ l.min}^{-1}$).

Dosiahnuté maximálne výdatnosti v roku 2016 prekročili maximá z predchádzajúceho roku vo všetkých 7 vrtoch. Podobne, prekročené boli i doteraz namerané minimálne výdatnosti,

a to v 3 prípadoch. Nižšie hodnoty výdatnosti boli namerané vo vrtoch HV-2, HV-3 a HV-4. Štatistické zhodnotenie výdatnosti v jednotlivých vrtoch, ako aj celkovej spoločnej výdatnosti za monitorované obdobie, je znázornené na obr. 4.5.7. Kumulatívne množstvo vody odvádzanej z odvodňovacích zariadení je znázornené na obr. 4.5.8.

Tab. 4.5.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení v rokoch 2016 na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka

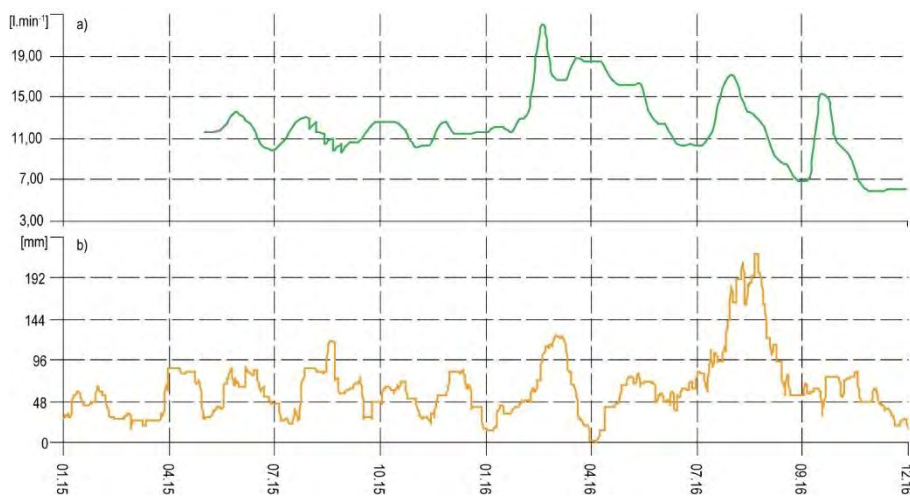
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	výdat. [l.min ⁻¹]
HV-1	53	1,71	23.10.16	0,20	10.10.16	0,55	1,52
HV-2	53	4,00	14.02.16	0,17	30.12.16	1,76	3,83
HV-3	53	4,00	07.02.16	0,30	27.11.16	1,80	3,70
HV-4	53	4,00	14.02.16	1,33	27.11.16	2,65	2,67
HV-5	53	6,00	20.02.16	1,33	27.11.16	3,68	4,67
HV-6	53	4,00	16.10.16	0,63	10.10.16	1,34	3,37
HV-7	53	2,00	16.10.16	0,31	10.10.16	0,94	1,69



Obr. 4.5.7. Štatistické zhodnotenie výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka. Analyzované obdobie: máj 2015 – december 2016; p – početnosť, zelená – výdatnosti v jednotlivých vrtoch (označenie vrtov je uvedené v grafoch), červená – výdatnosti zaznamenané na všetkých odvodňovacích zariadeniach v rámci lokality.

Na základe štatistického zhodnotenia efektívnosti odvodňovacích zariadení formou početnosti výskytu určitých intervalov prietokov je možné pozitívne vnímať skutočnosť, že v rámci hodnotenej lokality prevládajú výdatnosti v rozsahu 0,3 až 0,9 l.min⁻¹ (v rámci širokého spektra monitorovaných lokalít ide o ojedinelý jav, na ostatných lokalitách vo všeobecnosti prevládajú veľmi nízke prietoky blízke 0,0 l.min⁻¹). Dlhodobu medzi najefektívnejšie

odvodňovacie vrty patria HV2, 3, 4 a 5. V týchto vrtoch prevládajú výdatnosti v intervale 2,3 až 2,5 l.min⁻¹. Nižšiu účinnosť majú vrty HV1 a HV7.



Obr. 4.5.8. Výsledky spracovania režimových pozorovaní z piezometrických a odvodňovacích vrtoch na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtká. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – IGP-6, b – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtoch; c – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prievidza s indikativom 30120).

e/ Merania zrážkových úhrnov

Zrážkové úhrny na stanici SHMÚ Prievidza sú opísané v rámci lokality Veľká Čausa.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Veľká Lehôtká sa v roku 2016 pokračovalo v rovnakom sortimente monitorovacích aktivít ako v predchádzajúcom roku. Z výsledkov inklinometrických meraní vyplýva, že najvyššia pohybová aktivita bola zaznamenaná v oblasti vrtu IGP-4iN. Ide o celkove najvyššiu deformáciu zaznamenanú v sledovaných horizontoch za celé obdobie monitorovania. Vrt sa nachádza za futbalovým ihriskom v južnej časti obce. Deformácie namerané v ostatných vrtoch poukazujú len na mierne zvýšenú pohybovú aktivitu, resp. na uspokojivú stabilnú situáciu.

Vybudované odvodňovacie vrty sa efektívne podieľajú na odvádzaní podzemnej vody zo zosuvného územia. Dominujú prietoky v intervale 2,3 až 2,5 l.min⁻¹. Naviac, počas monitorovaného obdobia nebolo pozorované, žeby niektorý vrt bol suchý. Túto skutočnosť možno hodnotiť ako mimoriadne pozitívnu.

Zmeny hĺbky podzemných vôd, ale rovnako i výdatnosti odvodňovacích zariadení, sú závislé od ročného cyklu. Najvýraznejšie sa prejavuje jarné topenie snehovej pokrývky. Za stabilne najnepriaznivejší stav možno označiť vzostup hladiny podzemnej vody vo vrte IGR-4. Počas troch meraní bol v tomto vrte pozorovaný preliv, teda hladina podzemnej vody vystúpila nad úroveň terénu. V ostatných vrtoch neboli prekované maximálne hladiny podzemnej vody z roku 2015.

V roku 2017 plánujeme pokračovať v realizácii inklinometrických a režimových pozorovaní na piezometrických vrtoch, ale i odvodňovacích vrtoch. Plánovaná frekvencia meraní bude rovnaká ako v roku 2016.

1.4.6. 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 2015 a 2016

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

Tab. 4.6.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	1	AH-3 (Jánošíkova cesta), AH-2 (oblasť nad železničným oblúkom)	3 (4. marec*, 14. apríl, 6. november)	3 (24. máj, 14. september, 16. 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	

* – nulté meranie

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko boli v rokoch 2015 a 2016 zabezpečované na 2 vrtoch, ktoré sú v rámci monitorovaného územia situované do dvoch samostatných častí (oblasť nad železničným oblúkom a Jánošíkova cesta). Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.6.2. a na obr. 4.6.1, 4.6.2, 4.6.3, 4.6.4 a 4.6.5.

Tab. 4.6.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v rokoch 2015 a 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	04.03.15 – 14.04.15			14.04.15 – 06.11.15			06.11.15 – 24.05.16			24.05.16 – 14.09.16			14.09.16 – 16.12.16		
		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	0,63	0,63	32	1,10	0,58	81	3,33	2,79	125	3,06	1,22	221	4,49	1,48	112
AH-2	8,78	0,98	0,98	26	2,60	1,62	28	2,47	1,90	143	2,30	0,57	185	2,91	0,67	113
AH-2	19,28	0,28	0,28	5	1,39	1,12	23	0,50	1,42	179	0,78	0,32	68	0,67	0,32	212
AH-3	6,57	3,40	3,40	73	3,49	1,20	168	15,74	12,31	81	15,98	0,40	30	18,78	4,30	138
AH-3	15,57	0,22	0,22	237	0,73	0,58	179	0,61	0,14	345	0,67	0,20	120	1,66	1,00	173

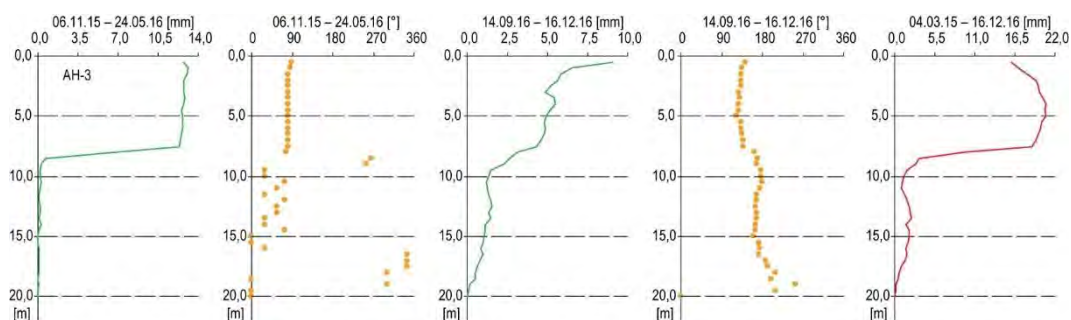
CD – celková deformácia od nultého merania (04.03.15); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora



Obr. 4.6.1. Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkovej cesty) – výsledky inklinometrických meraní za roky 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.6.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

V zosuvnom území v oblasti Jánošíkovej ulice je vybudovaný vrt AH-3. Počas meraní v roku 2015 bola vyššia pohybová aktivita nameraná počas prvého merania, teda v období od začiatku marca do konca júla. Na predpokladanej šmykovej ploche v hĺbke 6,57 m pod terénom bola nameraná deformácia 3,40 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 8,49 mm.rok⁻¹. Dodatočne, počas novembrového merania, došlo v sledovanom horizonte k miernemu upokojeniu pohybovej aktivity. Za približne trojmesačné obdobie bol nameraný prírastok deformácie s veľkosťou 1,20 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,35 mm.rok⁻¹. Azimuty nameraných vektorov sa postupne menili od severovýchodného až po juho-juhovýchodný smer. V roku 2016 sa zvýšila frekvencia na 3 merania za rok. Zároveň však pomerne výrazne vzrástla i pohybová aktivita v území. Počas májového merania, ktoré charakterizuje pohybovú aktivitu v predchádzajúcom polročnom období bola na šmykovej ploche v hĺbke 6,57 m pod terénom

nameraná deformácia 12,31 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu až $22,46 \text{ mm.rok}^{-1}$. Deformácia bola orientovaná na východ. Následne počas septembrovej etapy sa situácia radikálne zmenila. Pohybová aktivita v oblasti vrtu ustala a nameraný vektor dosiahol len 0,40 mm ($1,29 \text{ mm.rok}^{-1}$). Opätovný nárast deformácie bol zaznamenaný v polovici decembra. V sledovanej hĺbke bola nameraná deformácia 4,30 mm ($16,88 \text{ mm.rok}^{-1}$). Výsledná deformácia (od 4. marca 2015 do 16. decembra 2016) tak dosiahla 18,78 mm. Z dlhodobého hľadiska priemerná rýchlosť predstavuje až $10,50 \text{ mm.rok}^{-1}$. V okolí vrtu je pohybová aktivita dokumentovateľná na viacerých opustených stavebných objektoch prostredníctvom početných prasklín a trhlín.



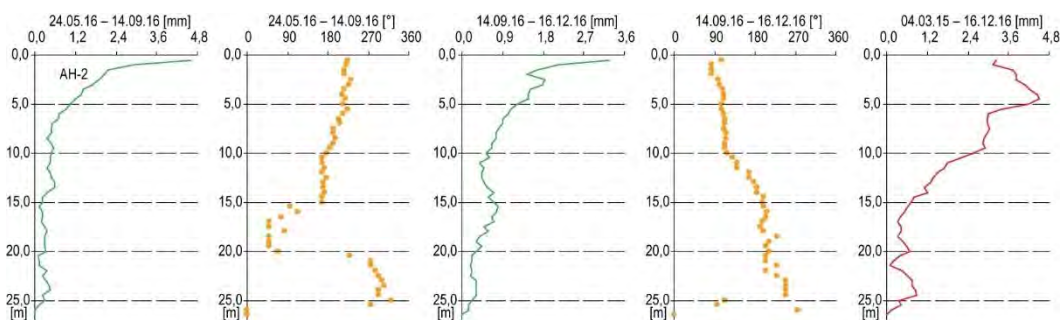
Obr. 4.6.2. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach monitorovania vo vrte AH-3 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkova cesta); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.



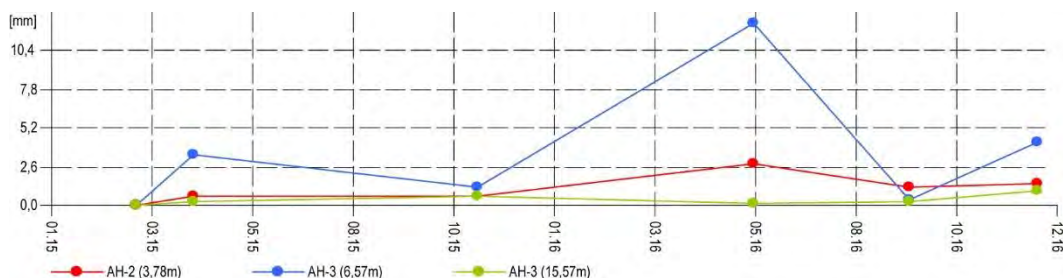
Obr. 4.6.3. Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť nad železničným oblúkom) – výsledky inklinometrických meraní za rok 2015 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.6.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektorech označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

V oblasti nad železničným oblúkom (obr. 4.6.3) boli v roku 2015 zabezpečené dve etapy meraní. Merania sú zamerané na stanovenie hĺbky šmykovej plochy, do ktorej má byť umiestnená stacionárna inklinometrická sonda. Doposiaľ nebolo možné vo vrte identifikovať hĺbku šmykovej plochy. Sledované horizonty, na ktoré bola zameraná pozornosť, naznačujú určité zóny deformácie. Počas roku 2015 boli vyššie deformácie namerané v novembri. Maximálna hodnota (1,62 mm) v rámci sledovaných horizontov bola nameraná v hĺbke 7,78 m pod terénom.

V roku 2016 boli zvýšené deformácie zaznamenané počas májovej etapy. V hĺbke 8,78 m pod terénom bola nameraná deformácia 1,90 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu $3,47 \text{ mm.rok}^{-1}$. Azimut deformácie mal hodnotu 143° . V nasledujúcom období deformácie v sledovanom horizonte výraznejšie poklesli.



Obr. 4.6.4. Priebeh deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach monitorovania vo vrte AH-2 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť nad železničným oblúkom); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.



Obr. 4.6.5. Prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko za dlhšie obdobie monitorovania.

Z pohľadu hodnotenia celého dvojročného obdobia monitorovania je zrejmé, že k najvyššej deformácii došlo v aktuálne hodnotenom roku 2016v vrte AH-3 na Jánošíkovej ul. Ide o veľmi aktívnu oblasť, v ktorej už v minulosti došlo k výraznejším deformáciám (pozorovateľných na okolitých stavebných objektoch).

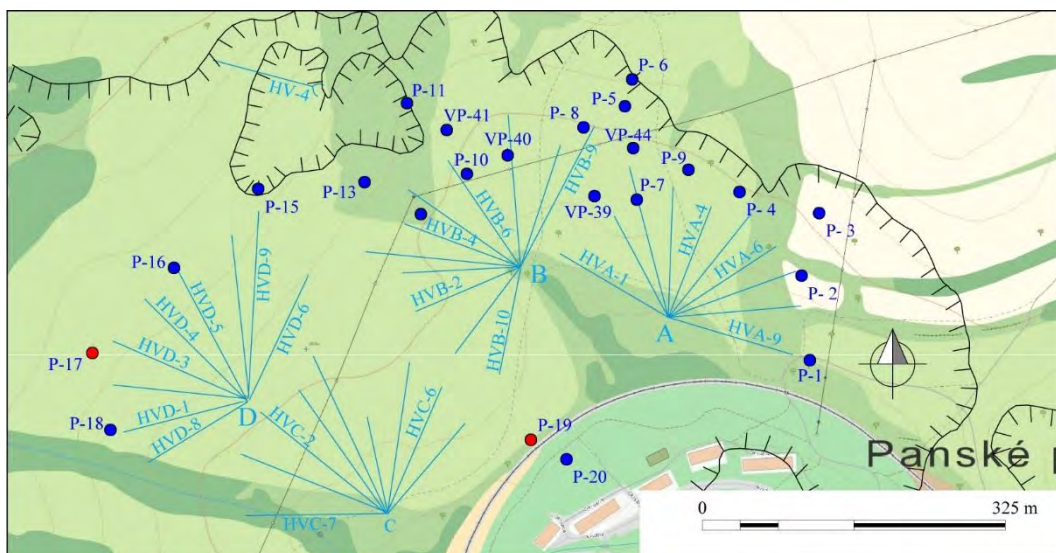
a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

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 vyhodnotené samostatne).

V roku 2015 bolo zabezpečených rovnako 24 kontrolných meraní (13. január – 28. december) v 41 pozorovacích vrtoch. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte P-11 (preliv cez ústie pažnice). Preliv bol počas roka zaznamenaný vo vrtoch P-16, P-18, P-28, P-34, P-37, najčastejšie však vo vrte P-11 (až počas 11 meraní). V blízkosti terénu (do 1 m pod terénom) sa hladina podzemnej vody ocitla vo vrtoch P-1, P-13, P-16, P-32, P-35, P-36, P-38. Všetky maximálne hladiny podzemnej vody boli namerané počas prvého polroka, v ktorom dominoval termín 26. február (až v 20 prípadoch). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte P-12 (min. hladina podzemnej vody 12,85 m pod terénom bola nameraná dňa 13. januára). Navyše, hladina podzemnej vody zaznamenaná vo vrte P-11 dňa 10. augusta dosiahla dlhodobé minimum

zaznamenané dňa 5. augusta 2003. Vrtý HG-351, J-317, P-10, P-15, P-16, P-18, P-26, P-27, P-28, P-30, P-33, P-36, VP-44 boli minimálne aspoň počas jedného termínu meraní suché (maximálne počas 18 meraní – vrt P-18). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 5,83 m pod terénom. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte P-4 (9,70 m). Dosiahnutá amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje 76,20 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania.



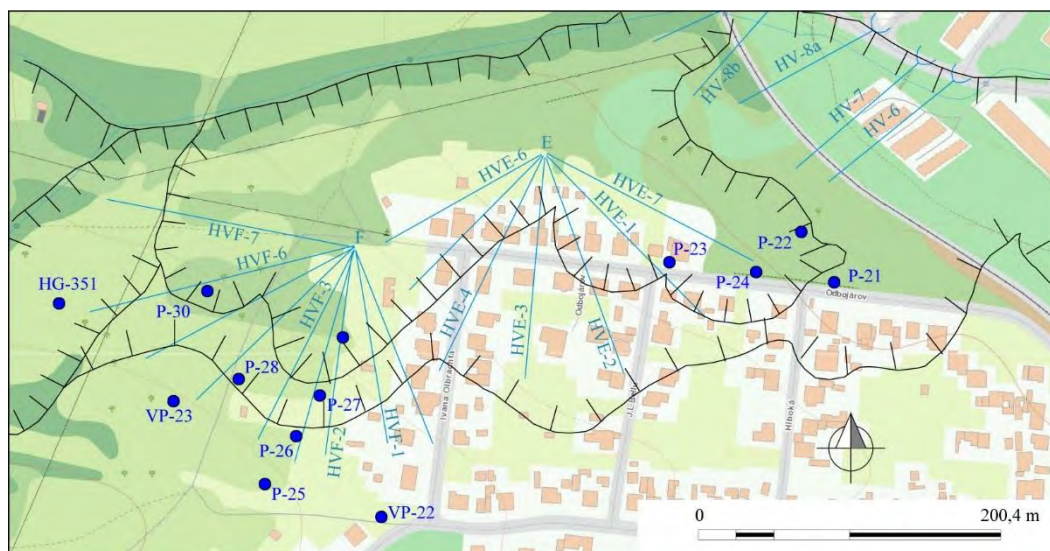
Obr. 4.6.6. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť nad železničným oblúkom bez bytovej výstavby – situácia sanačných a monitorovacích objektov (objekty označené ako body – piezometrické vrtý: modré – merané pozorovateľom, červené – s automatickými hladinomermi; objekty označené ako línie – hĺbkové odvodnenie pomocou subhorizontálnych odvodňovacích vrtov; mapový podklad: ZBGIS®).

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach v 41 vrtoch a celkove bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní (12. január – 28. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola opätovne zaznamenaná vo vrte P-11 (1,27 m nad terénom – 460,73 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný hneď počas prvého merania (12. január) a trval do polovice mája. V nasledujúcom období sa hladina nachádzala v blízkosti terénu, resp. nad terénom, s ojedinelými výraznejšími vzostupmi. K opätovnému prelivu došlo na konci októbra a tento stav pretrval do konca monitorovacieho obdobia. Preliv cez pažnicu vrtu bol pozorovaný však aj vo vrtoch P-16 (1,17 m nad terénom; od 27. februára do 29. marca) a P-18 (1,08 m nad terénom; počas 7 etáp meraní v rôznych obdobiach roka; situovanie spomenutých vrtov je zrejme z obr. 4.6.6). Maximálne stavy hladiny podzemnej vody v rámci celej lokality sa teda pohybovali v intervale -1,27 až 12,54 m pod terénom (P-25). Vyskytovali sa prevažne 27. februára, menej počas marca, ojedinele však i v januári a novembri.

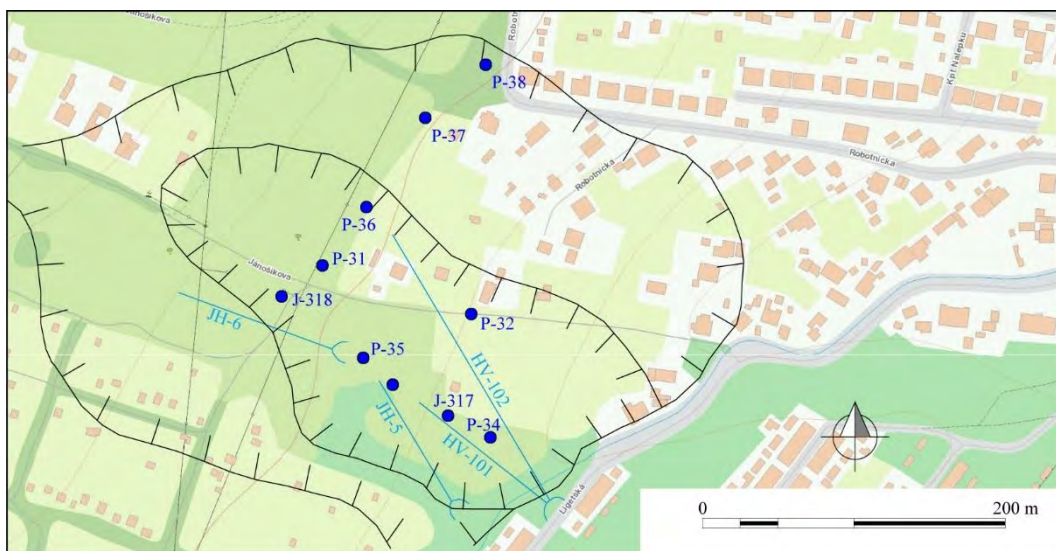
Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte P-30 (min. hladina podzemnej vody 15,81 m pod terénom bola nameraná dňa 12. januára). Minimálne hladiny podzemnej vody sa najčastejšie vyskytovali 12. januára. V mnohých vrtoch boli však minimálne stavy dosahované od júna do konca decembra (21 vrtov). V roku 2016 bolo až v 14 prípadoch pozorované, že pozemné vody klesli pod úroveň dna vrtu – vrtý boli suché.

Tab. 4.6.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2015

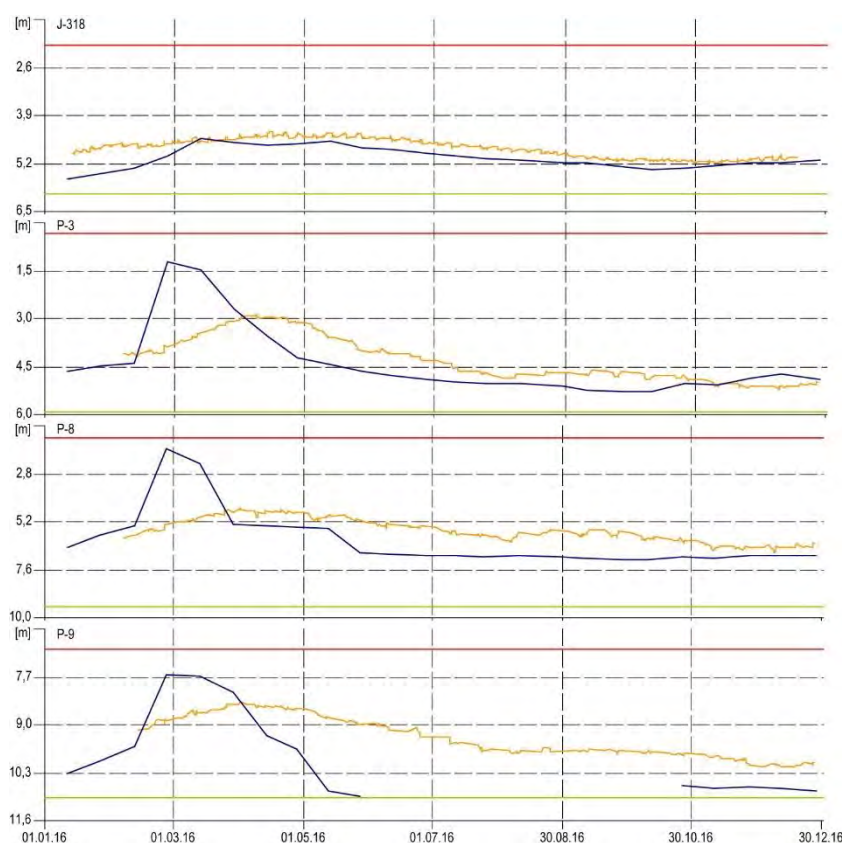
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
HG-351	24	3,81	479,18	13.03.15	suchý					
J-317	24	3,35	487,01	26.02.15	suchý					
J-318	24	3,99	498,62	13.01.15	5,84	496,77	10.11.15	5,06	497,55	1,85
P-1	24	0,65	431,50	14.04.15	5,10	427,05	10.10.15	3,91	428,24	4,45
P-2	24	1,09	440,95	26.02.15	4,51	437,53	26.11.15	3,48	438,56	3,42
P-3	24	2,06	449,72	26.02.15	5,49	446,29	26.11.15	4,44	447,34	3,43
P-4	24	1,39	448,65	26.02.15	11,09	438,95	26.11.15	7,70	442,34	9,70
P-5	24	3,16	453,20	26.02.15	4,69	451,67	28.12.15	4,19	452,17	1,53
P-6	24	1,08	459,67	26.02.15	6,05	454,70	28.12.15	4,24	456,51	4,97
P-7	24	6,37	437,21	26.02.15	10,08	433,50	26.06.15	8,81	434,77	3,71
P-8	24	2,84	447,56	14.04.15	6,42	443,98	28.12.15	5,29	445,11	3,58
P-9	24	7,83	440,38	14.04.15	10,85	437,36	26.11.15	9,60	438,61	3,02
P-10	24	8,05	439,29	26.02.15	suchý					
P-11	24	preliv			0,24	459,22	10.08.15	0,14	459,32	0,21
P-12	24	11,30	438,47	26.02.15	12,85	436,92	13.01.15	12,06	437,71	1,55
P-13	24	0,74	462,81	13.01.15	4,74	458,81	10.10.15	3,17	460,38	4,00
P-15	24	9,27	463,48	26.02.15	suchý					
P-16	24	preliv			suchý					
P-18	24	preliv			suchý					
P-20	24	3,70	426,51	14.04.15	5,86	424,35	28.12.15	4,93	425,28	2,16
P-21	24	2,22	446,46	13.03.15	4,12	444,56	10.10.15	3,10	445,58	1,90
P-22	24	5,72	441,31	14.04.15	8,59	438,44	10.11.15	7,45	439,58	2,87
P-23	23	1,95	454,20	14.04.15	4,48	451,67	10.10.15	3,39	452,76	2,53
P-24	24	2,17	449,84	14.04.15	5,16	446,85	10.10.15	3,82	448,19	2,99
P-25	24	12,46	475,14	26.02.15	12,63	474,97	10.10.15	12,57	475,03	0,17
P-26	24	3,17	481,54	26.02.15	suchý					
P-27	24	3,75	477,40	26.02.15	11,54	469,61	25.07.15	9,72	471,43	7,79
P-28	24	preliv			suchý					
P-29	24	12,43	461,99	13.01.15	12,47	461,95	26.10.15	12,45	461,97	0,04
P-30	24	10,51	469,69	13.03.15	suchý					
P-31	24	1,34	500,96	26.02.15	5,48	496,82	26.08.15	4,17	498,13	4,14
P-32	24	0,48	490,40	26.02.15	2,29	488,59	10.10.15	1,59	489,29	1,81
P-33	24	1,81	493,27	26.02.15	suchý					
P-34	24	preliv			3,54	481,28	10.11.15	2,33	482,49	3,26
P-35	24	0,50	496,94	26.02.15	2,35	495,09	10.11.15	1,50	495,95	1,85
P-36	24	0,34	503,25	26.02.15	suchý					
P-37	24	preliv			7,06	495,08	26.11.15	4,65	497,49	5,93
P-38	24	0,19	501,89	26.02.15	3,66	498,42	10.11.15	2,41	499,67	3,47
VP-23	24	12,08	477,70	13.01.15	12,12	477,66	26.10.15	12,09	477,69	0,04
VP-41	24	6,32	445,31	14.04.15	8,95	442,68	10.10.15	7,43	444,20	2,63
VP-44	24	6,14	442,72	26.02.15	suchý					



Obr. 4.6.7. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Malá Hôrka s individuálnou bytovou výstavbou – situácia sanačných a monitorovacích objektov (mapový podklad: ZBGIS®).



Obr. 4.6.8. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Jánošíkovej cesty – situácia sanačných a monitorovacích objektov (mapový podklad: ZBGIS®).



Obr. 4.6.9a. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania; červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – kľzavý priemer hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016).

Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2016 dosiahla hĺbku 6,66 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,83 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od -0,78 (vrt P-11 – zaznamenaný preliv) do 13,48 m pod terénom (vrt P-30). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VP-44 (11,43 m). Extrémne zmeny hladiny podzemnej vody boli pozorované v 1 vrte (P-18), v ktorom sa súčasne vyskytoval preliv aj pokles hladiny pod dno vrtu.

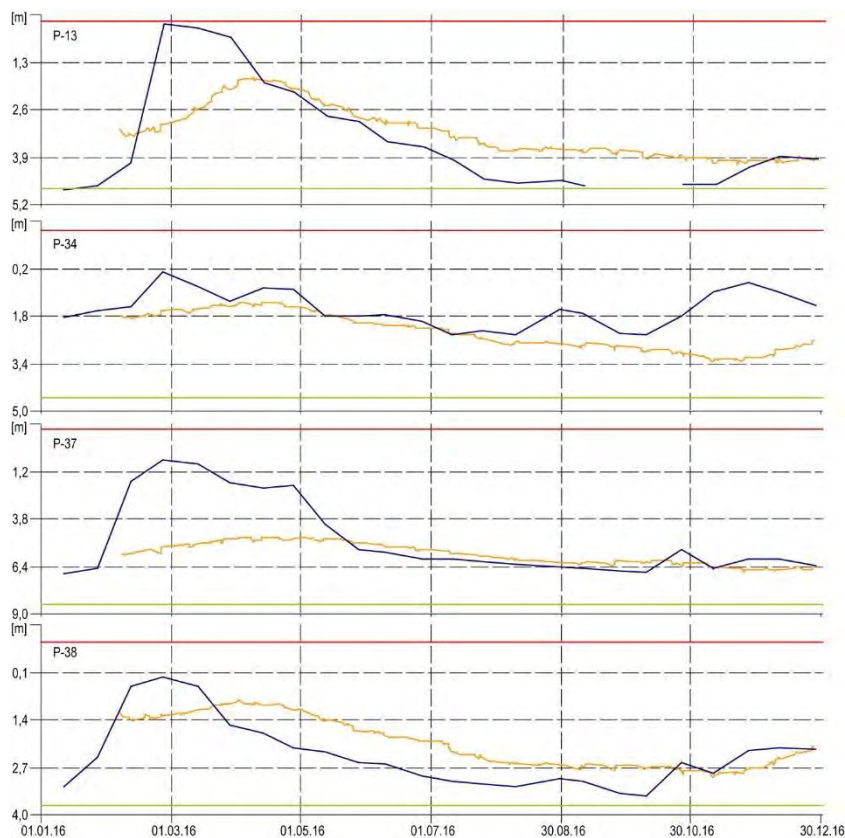
Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch za rok 2016 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú

znázornené na obr. 4.6.9. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybratých vrtoch spolu s kumulatívnymi zrážkami za dlhšie obdobie monitorovania sú znázornené na obr. 4.6.10.

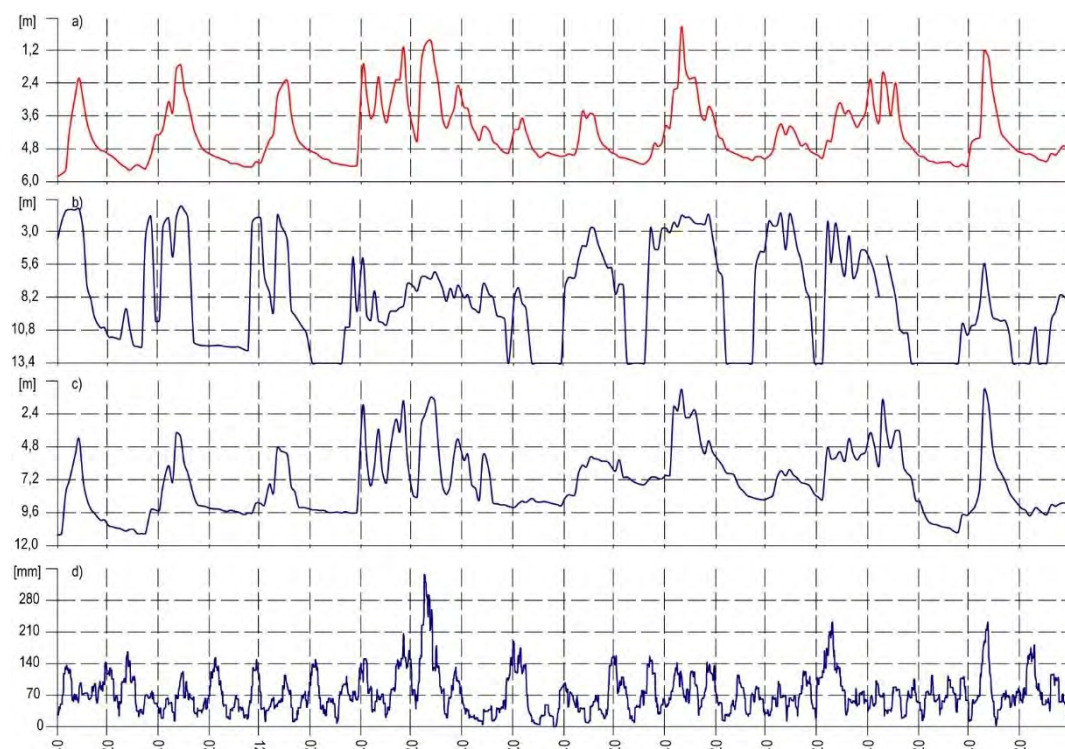
Tab. 4.6.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2016

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	3,85	479,14	14.03.16	suchý					
J-317	24	3,96	486,40	14.03.16	suchý					
J-318	24	4,54	498,07	14.03.16	5,62	496,99	12.01.16	5,05	497,56	1,08
P- 1	24	0,53	431,62	27.02.16	4,99	427,16	12.01.16	3,95	428,20	4,46
P- 2	24	0,33	441,71	27.02.16	4,55	437,49	12.01.16	3,62	438,42	4,22
P- 3	24	1,24	450,54	27.02.16	5,29	446,49	10.10.16	4,41	447,37	4,05
P- 4	24	0,70	449,34	27.02.16	9,88	440,16	10.08.16	8,00	442,04	9,18
P- 5	24	3,57	452,79	27.02.16	5,82	450,54	12.01.16	4,50	451,86	2,25
P- 6	24	0,69	460,06	27.02.16	6,21	454,54	12.01.16	4,95	455,80	5,52
P- 7	24	6,99	436,59	27.02.16	10,95	432,63	28.12.16	9,84	433,74	3,96
P- 8	24	1,55	448,85	27.02.16	7,09	443,31	27.09.16	6,14	444,26	5,54
P- 9	24	7,65	440,56	27.02.16	suchý					
P-10	24	7,54	439,80	27.02.16	suchý					
P-11	24	preliv			0,12	459,34	10.10.16	-0,78	460,24	1,39
P-12	24	12,34	437,43	27.02.16	12,41	437,36	10.10.16	12,38	437,39	0,07
P-13	24	0,25	463,30	27.02.16	suchý					
P-15	24	7,79	464,96	27.02.16	suchý					
P-16	24	preliv			4,51	471,26	10.10.16	2,68	473,09	5,68
P-18	24	preliv			suchý					
P-20	24	3,88	426,33	29.03.16	5,58	424,63	28.12.16	4,95	425,27	1,70
P-21	24	2,18	446,50	27.02.16	3,70	444,98	12.01.16	2,87	445,82	1,52
P-22	24	6,78	440,25	27.02.16	8,07	438,96	12.01.16	7,46	439,57	1,29
P-23	24	1,35	454,80	27.02.16	4,34	451,81	10.10.16	3,13	453,02	2,99
P-24	24	1,89	450,12	27.02.16	4,69	447,32	12.01.16	3,43	448,58	2,80
P-25	24	12,54	475,06	27.02.16	12,60	475,00	12.01.16	12,57	475,03	0,06
P-26	24	8,47	476,24	27.02.16	suchý					
P-27	24	8,35	472,80	27.02.16	suchý					
P-28	24	5,54	480,74	27.02.16	suchý					
P-29	24	12,44	461,98	27.02.16	12,48	461,94	10.09.16	12,46	461,96	0,04
P-30	24	9,43	470,77	27.02.16	suchý					
P-31	24	2,52	499,78	27.02.16	5,53	496,77	10.10.16	4,46	497,84	3,01
P-32	24	0,87	490,01	27.02.16	1,95	488,93	27.06.16	1,35	489,53	1,08
P-33	24	2,36	492,72	26.11.16	suchý					
P-34	24	0,31	484,51	27.02.16	2,42	482,40	10.10.16	1,57	483,25	2,11
P-35	24	0,60	496,84	14.03.16	4,43	493,01	27.02.16	1,67	495,77	3,83
P-36	24	0,41	503,18	27.02.16	suchý					
P-37	24	0,61	501,53	27.02.16	6,77	495,37	12.01.16	4,94	497,20	6,16
P-38	24	0,23	501,85	27.02.16	3,48	498,60	10.10.16	2,39	499,69	3,25
VP-23	24	12,08	477,70	27.02.16	12,13	477,65	10.09.16	12,10	477,68	0,05
VP-41	24	4,83	446,80	27.02.16	8,36	443,27	10.10.16	6,96	444,67	3,53
VP-44	24	3,02	445,84	14.03.16	suchý					

Z vývoja sledovaných ukazovateľov na obr. 4.6.10 vyplýva určitá periodicita ročného cyklu zmien hladiny podzemnej vody (najmä vo vrtoch P-3 a P-4). Najvyššie úrovne hladiny podzemnej vody sú zvyčajne spojené s topením snehovej pokrývky a jarnými zrážkovými úhrnmi. Z tohto dôvodu je ich výskyt viazaný prevažne na mesiace marec a apríl. Výskyt minimálnych stavov hladiny podzemnej vody sa vyznačuje taktiež určitou periodicitou, ktorej termín však výraznejšie varíruje počas jesenného obdobia. Výnimkou je rok 2010, počas ktorého sa meraniami preukázali viaceré obdobia stúpnutia hladiny podzemnej vody. Vo viacerých 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 174 prípadoch), P-18 (65 prípadov), P-16 (15 prípadov), P-28 (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.



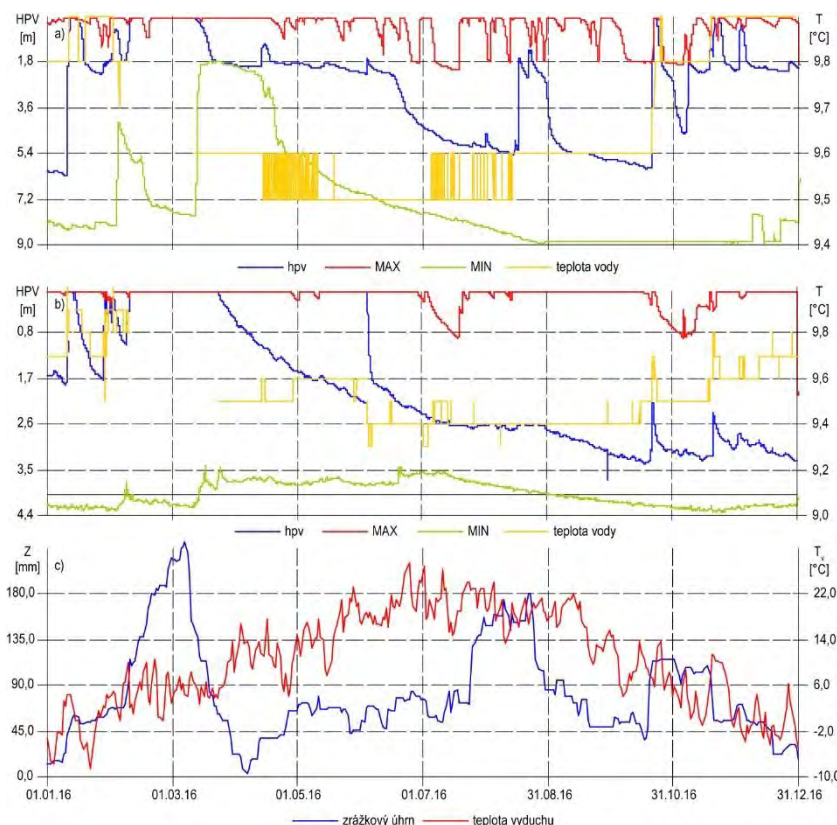
Obr. 4.6.9b. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania; červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – kľzavý priemer hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016).



Obr. 4.6.10. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (v období od roku 2007 do roku 2016) z vybraných vrtov na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – P-3, b – P-28, c – P-4, d – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Handlová – indikatív 30080).

a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko sú automatickými hladinomerami zabezpečované merania v 2 vrtoch (P-17 a P-19). Počas hodnotených rokov 2015 a 2016 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 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.



Obr. 4.6.11. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T), v roku 2016 spolu so štatistickými ukazovateľmi zaznamenaný automatickými hladinomerami na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – P-17, b – P-19; c – znázornenie denných zrážkových úhrnov (Z; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a teploty vzduchu (T_v) na zrážkomernej stanici SHMÚ Handlová (indikatív 30080).

Vo vrte P-17 bola v roku 2015 maximálna hladina podzemnej vody (nad terénom; viac ako 473,62 m n. m.). V hodnotenom roku sa prvý krát vyskytla 13. januára. Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody klesla (do hĺbky 6,90 m pod terénom; 466,72 m n. m.) počas 30. novembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 3,55 m pod terénom (470,07 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 6,90 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla v roku 2015 až 2,58 m (čo tvorí až 37,39 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe zmien hladiny podzemnej vody, sledovanej v roku 2015, dosiahla 0,11 m.deň⁻¹. Znamená to, že hladina podzemnej vody sa vyznačuje mierne zvýšenou dynamikou kolísania. Predstavu o vývoji zmien hladiny podzemnej vody počas hodnoteného roka dokresľujú štatistické ukazovatele 1., 2. a 3. kvartil. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 1,76 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 2,91 m pod terénom a 3. kvartil 5,58 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody bola meraná v rovnakých intervaloch ako jej hĺbka. Maximálna hodnota 9,8 °C bola nameraná 13. januára. Najnižšia teplota s hodnotou 9,4 °C bola zaznamenaná 9. apríla. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota 9,5 °C. Celková

amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas hodnoteného roka dosiahla hodnotu len 0,40 °C.

V roku 2016 sa pokračovalo s meraniami v rovnakom režime ako v predchádzajúcom roku. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná nad terénom (viac ako 473,62 m n. m.; 12. január). V porovnaní s predchádzajúcim rokom sa hladiny podzemnej vody nachádzali nad úrovňou terénu o desať dní dlhšie. Po zimných maximálnych stavoch hladiny začala klesať. Minimálnu úroveň s hĺbkou 6,23 m (467,39 m n. m.) dosiahla 9. januára (oproti maximálnemu stavu z predchádzajúceho roku ide o vzostup o 0,67 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 2,98 m pod terénom (470,64 m n. m.), čo je v porovnaní s vlaňajším rokom vzostup o 0,57 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 6,23 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,17 m za deň, čím bola opätovne potvrdená mierne zvýšená dynamika zmien hladiny podzemnej vody. Zaznamenaná maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody dosiahla 3,35 m (čo je až 53,77 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 1,82 m pod terénom, 2. kvartil 2,1 m pod terénom a 3. kvartil 4,96 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,0 °C počas 22. novembra, naopak, najnižšia teplota (9,5 °C) bola zaznamenaná 14. apríla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,7 °C.

Tab. 4.6.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2015

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	8194/8760	0,00	473,62	13.01.15	6,90	466,72	30.11.15	3,55	470,07	6,90
P-19	7644/8760	0,00	435,43	15.01.15	3,10	432,33	16.10.15	1,76	433,67	3,10

Poznámka: Počet meraní vyjadruje pomer záznamov k celkovému možnému počtu meraní v danom roku. Odchýlky sú spôsobené výskytom hladiny podzemnej vody nad úrovňou terénu.

Vo vrte P-19 bola v roku 2015 maximálna hladina podzemnej vody (nad terénom; viac ako 435,43 m n. m.). V hodnotenom roku sa prvý krát vyskytla 15. januára. Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody klesla (do hĺbky 3,10 m pod terénom; 432,33 m n. m.) počas 16. októbra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 1,76 m pod terénom (433,67 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 3,10 m. Maximálna zmena hladiny podzemnej vody zaznamenaná v priebehu jednej hodiny dosiahla v roku 2015 až 0,46 m (14,84 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná zmena, odvodená na základe kolísania hladiny podzemnej vody v roku 2015, dosiahla 0,06 m.deň⁻¹. Znamená to, že hladina podzemnej vody má pomerne vyrovnaný režim. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 0,95 m pod terénom, 2. kvartil 1,78 m pod terénom a 3. kvartil 2,64 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody bola meraná v rovnakých intervaloch ako jej hĺbka. Jej maximálna hodnota 10,5 °C bola nameraná 1. decembra. Najnižšia teplota s hodnotou 9,2 °C bola zaznamenaná 27. mája. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota 9,5 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas hodnoteného roka dosiahla hodnotu 1,30 °C.

V roku 2016 sa pokračovalo s meraniami v rovnakom režime ako v predchádzajúcom roku. Maximálna hladina podzemnej vody bola aj v tomto prípade nameraná nad úrovňou terénu (viac ako 435,43 m n. m.; 13. január). V porovnaní s predchádzajúcim rokom bol rozdiel v dĺžke trvania tohto mimoriadne nepriaznivého stavu zanedbateľný (rok 2015 – 1116 hod a rok 2016 – 1120 hod.). Od druhej polovice marca, kedy bol zaznamenaný výraznejší pokles hladiny podzemnej vody, až do druhej polovice októbra, mala hladina podzemnej vody klesajúci

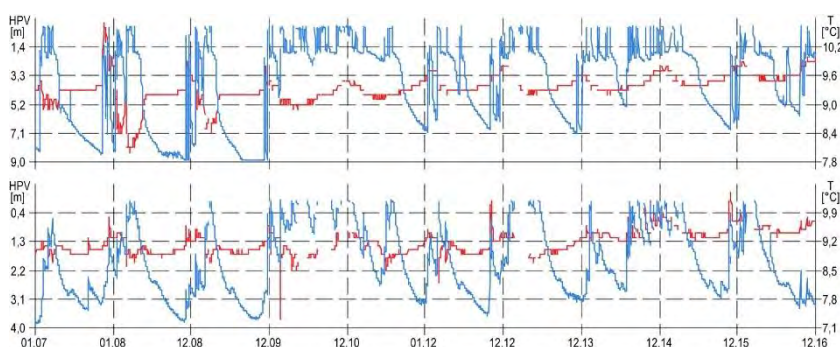
charakter. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 3,70 m (431,73 m n. m.), bola dosiahnutá 29. septembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 2,28 m pod terénom (433,15 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,51 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 3,70 m. V porovnaní s predchádzajúcim rokom bol teda zachovaný charakter jej kolísania. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,08 m za deň, čím bol opätovne potvrdený pomerne ustálený režim hladiny podzemnej vody. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 2,20 m (čo je až 59,46 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 1,67 m pod terénom, 2. kvartil 2,6 m pod terénom a 3. kvartil 3 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,0 °C počas 10. januára, naopak, najnižšia teplota (9,3 °C) bola zaznamenaná 5. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 9,5 °C.

Tab. 4.6.6. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2016

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	7978/8784	0,00	473,62	12.01.16	6,23	467,39	09.01.16	2,98	470,64	6,23
P-19	7664/8784	0,00	435,43	13.01.16	3,70	431,73	29.09.16	2,28	433,15	3,70

Poznámka: Počet meraní vyjadruje pomer záznamov k celkovému možnému počtu meraní v danom roku. Odchýlky sú spôsobené výskytom hladiny podzemnej vody nad úrovňou terénu.



Obr. 4.6.12. Dlhodobé (2007 – 2016) zmeny úrovne hĺbky hladiny podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi, lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko. Automatické hladinoměry sú umiestnené vo vrtoch: a – P-17, b – P-19.

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. Minimálny stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte P-17 zaznamenaný 29. augusta v roku 2009 s hodnotou 8,89 m pod terénom a vo vrte P-19 25. novembra roku 2004 s hodnotou 4,30 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. Táto skutočnosť do istej miery môže súvisieť so znižovaním účinnosti odvodňovacích zariadení (ich posledná rekonštrukcia bola zabezpečená v roku 2014 – Ondrejka et al., 2015).

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko je pozorovaných 13 odvodňovacích zariadení (tab. 4.6.1; statistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.6.7 a 4.6.8). V roku 2015 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní (13. január – 28. december). Najvyššia výdatnosť bola nameraná na skupine vrtoch v šachte D (68,18 l.min⁻¹). Podobné hodnoty maximálnej výdatnosti boli namerané na odvodňovacích

zariadeniach A, C, E, F ($66,67 \text{ l.min}^{-1}$). Priemerné hodnoty výdatnosti v spomenutých vrtoch sú v intervale od $27,94$ do $61,53 \text{ l.min}^{-1}$. Maximálne stavy sa v týchto vrtoch vyskytovali zväčša na konci augusta (A, D a E) a v prípade odvodňovacích zariadení C a F v prvej polovici septembra. Rovnaké rozdelenie je i pri výskyte minimálnych výdatností, ktoré boli v rozsahu od $13,19$ do $50,00 \text{ l.min}^{-1}$. Na odvodňovacích zariadeniach A, D a E boli minimálne prietoky namerané počas 13. januára a na odvodňovacích zariadeniach C a F 26. februára. Najväčšie kolísanie v tejto skupine vrtoch bolo zaznamenané na odvodňovacom zariadení C ($53,48 \text{ l.min}^{-1}$) a naopak, najmenšie zmeny, teda najstálejší prietok, bol nameraný na odvodňovacom zariadení D ($18,18 \text{ l.min}^{-1}$).

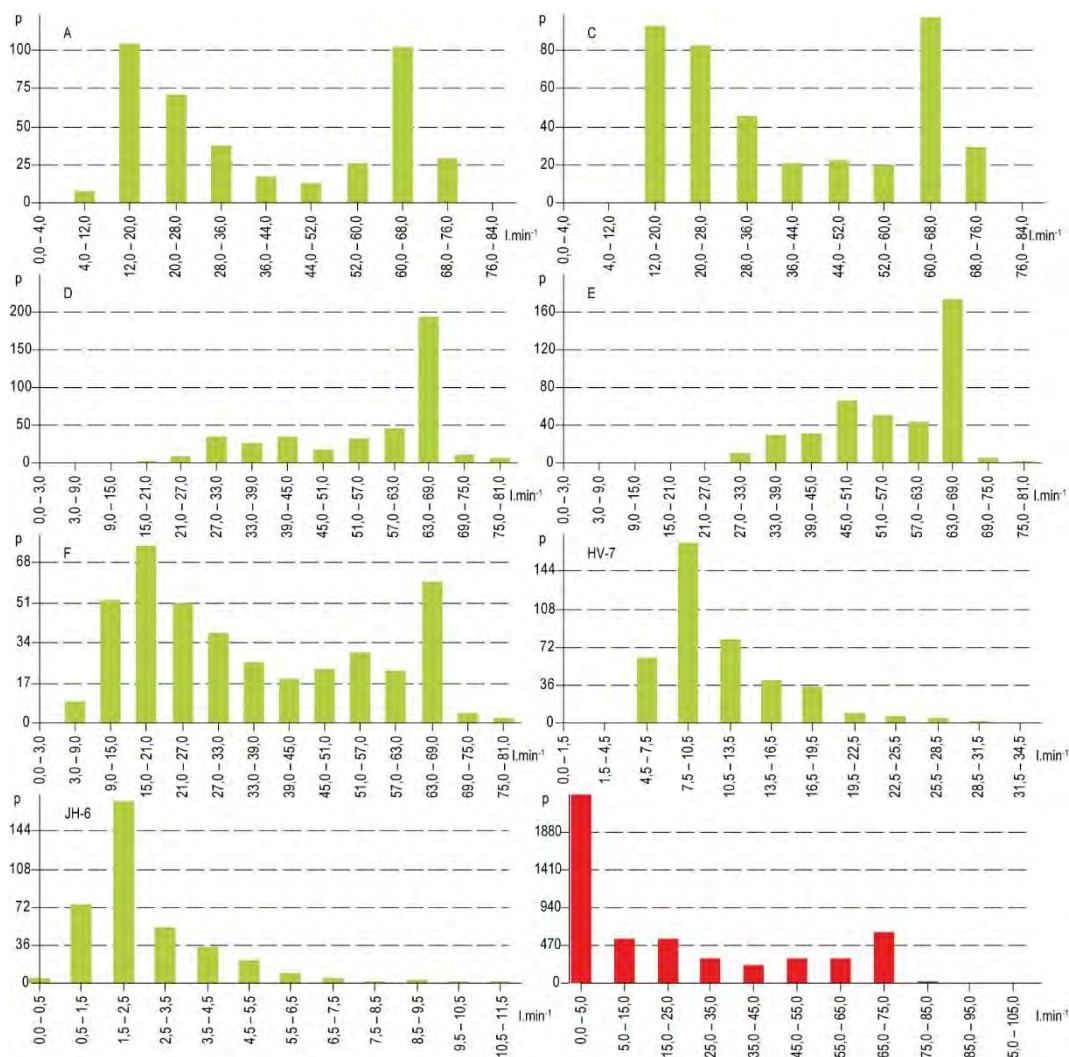
V ostatných vrtoch sa maximálne výdatnosti pohybovali od úrovne kvapkania vo vrte HV-8a až do $14,63 \text{ l.min}^{-1}$ vo vrte HV-7. Odvodňovací vrt JH-5 bol počas 22 meraní suchý. Jeho priemerná hodnota výdatnosti dosiahla len $0,02 \text{ l.min}^{-1}$. Na vrtoch HV-102, HV-101, HV-6, HV-8a a HV-8b bolo prevažnú časť monitorovaného obdobia (od 17 do 23 kontrolných meraní) pozorované len kvapkanie, prípadne počas niektorých meraní boli suché. Najspoľahlivejšie odvádzal podzemnú vodu vrt HV-7; priemerná hodnota výdatnosti z tohto vrtu dosiahla $8,28 \text{ l.min}^{-1}$. V roku 2015 sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov na lokalite predstavovala hodnotu $226,01 \text{ l.min}^{-1}$.

Tab. 4.6.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2015

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	výdat. [l.min^{-1}]
A	24	66,67	26.08.15	17,91	13.01.15	39,33	48,76
C	24	66,67	10.09.15	13,19	26.02.15	27,94	53,48
D	24	68,18	26.08.15	50,00	13.01.15	61,53	18,18
E	24	66,67	26.08.15	48,00	13.01.15	60,29	18,67
F	24	66,67	10.09.15	14,63	26.02.15	27,25	52,04
HV-101	24	1,99	10.08.15	0,00	13.01.15	0,12	1,99
HV-102	24	1,38	10.06.15	0,00	13.01.15	0,21	1,38
HV-6	24	0,41	13.01.15	0,01	26.02.15	0,04	0,40
HV-7	24	14,63	10.10.15	6,03	13.01.15	8,28	8,60
HV-8a	24	0,01	13.01.15	0,01	13.01.15	0,01	0,00
HV-8b	24	0,01	13.01.15	0,01	13.01.15	0,01	0,00
JH-5	24	0,57	13.01.15	0,00	26.02.15	0,02	0,57
JH-6	24	1,57	28.12.15	0,79	26.02.15	0,98	0,78

V roku 2016 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní, čo je rovnaký počet ako vlani. Merania sa realizovali v období od 12. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. februára, rovnako ako v 2015 na odvodňovacích vrtoch ústiach v šachte D ($70,59 \text{ l.min}^{-1}$). 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 a JH-5. Vrty ako HV-8a, HV-8b síce suché neboli, ale prietok vytekajúcej vody bol celý rok len na úrovni kvapkania. Na výtokových potrubíach zo šacht označených A, C, D, E, F prevláda termín minimálnych prietokov 10. október, prípadne 11. júl a naopak maximálne stavy boli zaznamenané počas 27. februára. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla $219,38 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o $6,63 \text{ l.min}^{-1}$. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte F ($55,56 \text{ l.min}^{-1}$).

Štatistické zhodnotenie výdatnosti z vybraných odvodňovacích zariadení, ako aj štatistické zhodnotenie výdatností na lokalite je znázornené na obr. 4.6.13. Množstvo odvádzanej vody z vybraných odvodňovacích zariadení spolu s kumulatívnymi zrážkami je znázornené na obr. 4.6.14.



Obr. 4.6.13. Štatistické zhodnotenie výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Analyzované obdobie: 2. január 2007 – 28. december 2016.

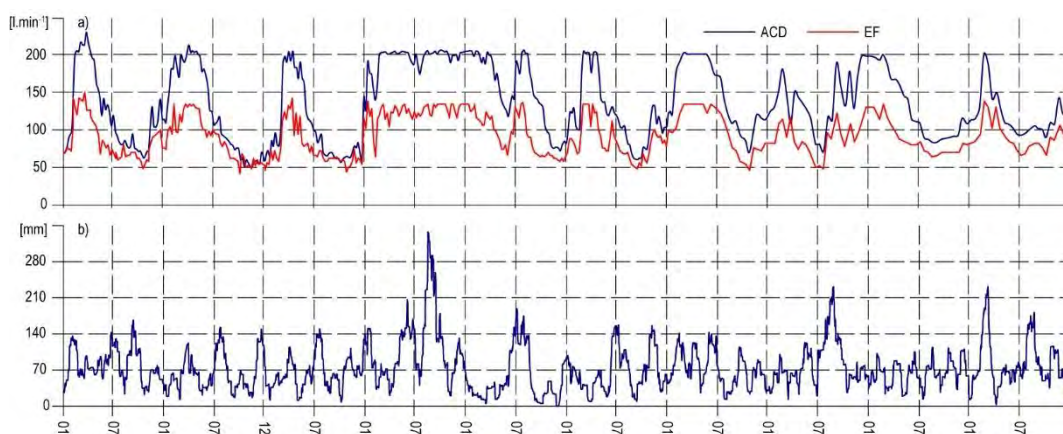
Z analýzy nameraných množstiev odvádzanej vody vyplýva, že v prípadoch zariadení označených sumárne ako A až F prevládajú objemy nad 60 l.min^{-1} . Najefektívnejšie v tomto smere sú odvodňovacie zariadenia D a E, na ktorých výrazne prevládajú výdatnosti v intervale $63,0 - 69,0 \text{ l.min}^{-1}$. 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.

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

Pri analýze záznamov z posledného desaťročia (obr. 4.6.14) možno konštatovať, že najvyššie hodnoty spoločnej výdatnosti drénov ACD boli dosiahnuté v roku 2007 (sumárna výdatnosť počas 26. marca dosiahla hodnotu $230,02 \text{ l.min}^{-1}$; nad 200 l.min^{-1} vystupuje spoločná výdatnosť odvodňovacích zariadení ACD pomere často, prakticky každý rok. 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.

Tab. 4.6.8. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2016

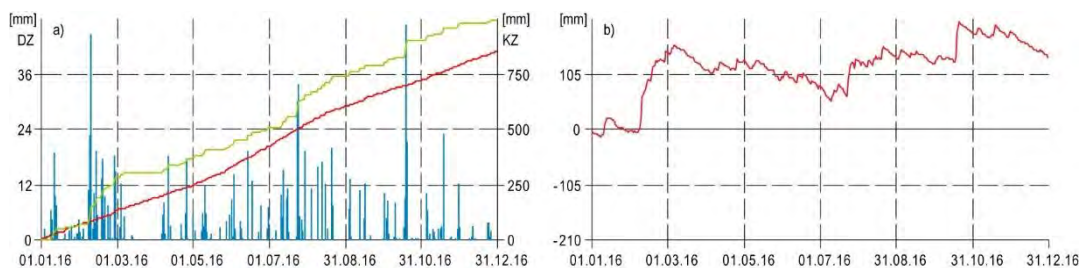
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	výdat. [l.min ⁻¹]
A	24	66,67	27.02.16	14,63	11.07.16	26,80	52,04
C	24	63,16	27.02.16	13,04	10.10.16	25,29	50,12
D	24	70,59	27.02.16	61,22	10.10.16	66,59	9,37
E	24	70,59	27.02.16	52,17	11.07.16	64,09	18,42
F	24	66,67	27.02.16	11,11	10.10.16	26,09	55,56
HV-101	24	0,00	12.01.16	0,00	12.01.16	0,00	0,00
HV-102	24	2,36	27.02.16	0,00	12.01.16	0,25	2,36
HV-6	24	7,32	25.07.16	0,00	12.01.16	0,73	7,32
HV-7	24	13,95	14.03.16	6,59	27.06.16	8,71	7,36
HV-8a	24	0,00	12.01.16	0,00	12.01.16	0,00	0,00
HV-8b	24	0,00	12.01.16	0,00	12.01.16	0,00	0,00
JH-5	24	0,00	12.01.16	0,00	12.01.16	0,00	0,00
JH-6	24	1,47	26.10.16	0,41	28.05.16	0,83	1,06



Obr. 4.6.14. Výsledky spracovania režimových pozorovaní (2007 – 2016) z vybraných odvodňovacích vrtov na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko; a – spoločné výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite, b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; zázornenie denných zrážkových úhrnov na zrážkomernej stanici SHMÚ Handlová (indikatív 30080).

c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Handlová s indikatívom 30080. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1999 do 31. decembra 2015 predstavuje 838,62 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1328,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 69,89 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. 4.6.15 Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zrážkové úhrny v roku 2016 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 961,7 mm, čo zodpovedá 114,7 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas februára (199,9 mm) a najvyšší denný úhrn 20. októbra (46,8 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 37,6 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 7. februára do 8. marca (231,0 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, sumárny zrážkový úhrn dosiahol 3,2 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Rekonštrukciou odvodňovacích jám s prečistením horizontálnych odvodňovacích vrtov v rokoch 1999 a 2002 (jama B – i v roku 2010), ale najmä v roku 2014 sa zlepšili podmienky odvodňovania zosuvných území, nachádzajúcich sa na lokalite Morovnianske sídlisko v oblasti nad železničným oblúkom a Malej Hôrky.

V roku 2016 sa pokračovalo v meraniach metódou presnej inklinometrie, vďaka ktorej bola detegovaná veľmi vysoká pohybová aktivita v oblasti vrtu AH-3 na Jánošíkovej ul. Merania v území nad železničným oblúkom priniesli uspokojivejšie výsledky. Územie v okolí vrtu AH-2 je relatívne stabilné.

Počas režimových meraní boli viackrát zaznamenané znepokojivo vysoké hodnoty hladiny podzemnej vody. V troch vrtoch, sledovaných pozorovateľom, sa dostala hladina podzemnej vody nad úroveň terénu. V tejto súvislosti treba poznamenať, že v roku 2016 to však bolo až v 6 vrtoch. Pozitívne ale je, že pri porovnaní priemerných hodnôt medzi rokmi 2015 a 2016 došlo k medziročnému poklesu o 0,83 m. Podobný charakter mal i priebeh hladiny vo vrte P-19, ktorý je vybavený automatickým hladinomerom. Naopak hladinomer vo vrte P-17 zaznamenal, že obdobie extrémne vysokej hladiny – nad terénom – bolo v roku 2016 sledované dlhšie o 7 dní ako v roku predchádzajúcom. V porovnaní s predchádzajúcim rokom bola vyššia aj priemerná úroveň hladiny podzemnej vody o 0,57 m.

V prípade odvodňovacích vrtov došlo k medziročnému poklesu sumárnej priemernej výdatnosti o $6,63 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, a to i tomu, že v roku 2016 boli zaznamenané nadpriemerné zrážky. Ďalšou negatívnou skutočnosťou je, že odtokové potrubie zo šachty B je zapchaté odpadkami. Voda vyteká cez revíznú šachtu.

V roku 2017 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.

1.4.7. 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, Mokrý, 1999). V rámci prieskumu bola vybudovaná sieť objektov, umožňujúcich vykonávať inklinometrické merania, ako aj režimové pozorovania. K jej modernizácii došlo počas roka 2014. Do existujúceho inklinometrického vrtu bola inštalovaná stacionárna inklinometrická sonda a automatický hladinomer. Modernizácia monitorovacích zariadení prebehla v rámci riešenia projektu „Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza“ (Ilkanič et al., 2014 in Ondrejka et al., 2014). Súčasťou geologickej úlohy bola i revízia a rekonštrukcia odvodňovacích zariadení.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.7.1.

Tab. 4.7.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	4	JK-1, 2, 6, 7	1 (28. júl)	1 (16. december)
	1	JK-3* – stacionárna inklinometrická sonda	Kontinuálne (každý deň)	
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	

* – monitoring bol zabezpečený v období od 17. júna 2015 do 22. septembra 2016

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

V roku 2015 počas júnového merania, ktoré charakterizuje pohybovú aktivitu viac ako deväťmesačného obdobia, boli najvyššie hodnoty deformácie namerané vo vrte JK-2. V hĺbke 2,23 m bola zaznamenaný etapový vektor 7,03 mm (čo predstavuje priemernú rýchlosť 9,00 mm.rok⁻¹) s juhovýchodným azimutom. V porovnaní s predchádzajúcim rokom išlo o vektor s približne rovnakou veľkosťou, ale s opačným azimutom (rozdiel medzi hodnotami azimutov nameraných počas roku 2014 a 2015 je 188°). Výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za monitorované obdobie dosiahla v sledovanom horizonte len 4,20 mm. Podobný vývoj deformácie bol pozorovaný aj vo vrte JK-1. V hĺbke 9,50 m pod terénom bol nameraný vektor 1,65 mm, ktorého azimut je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pootočený o 180°.

Zvýšená hodnota etapového prírastku deformácie bola nameraná i vo vrte JK-6 plytko pod terénom.



Obr. 4.7.1. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta – výsledky inklinometrických meraní za roky 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.7.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektorech označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2016 sa stabilitná situácia mierne upokojila. Najvyššia deformácia bola nameraná vo vrte JK-3 za obdobie október 2014 až december 2016. V hĺbke 2,53 m pod terénom bola v tomto vrte nameraná deformácia 3,54 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $1,63 \text{ mm.rok}^{-1}$. V ostatných vrtoch namerané vektory zachytávajú obdobie do júla 2015 do decembra 2016. V tomto období boli najvyššie deformácie namerané vo vrtoch KJ-2 a JK-7. Vo vrte JK-2 bola v hĺbke 2,23 m pod terénom nameraná deformácia 2,64 mm (priemerná deformácia $1,90 \text{ mm.rok}^{-1}$) a vo vrte JK-7 bola v hĺbke 3,44 m pod terénom nameraná deformácia 2,33 mm ($1,68 \text{ mm.rok}^{-1}$).

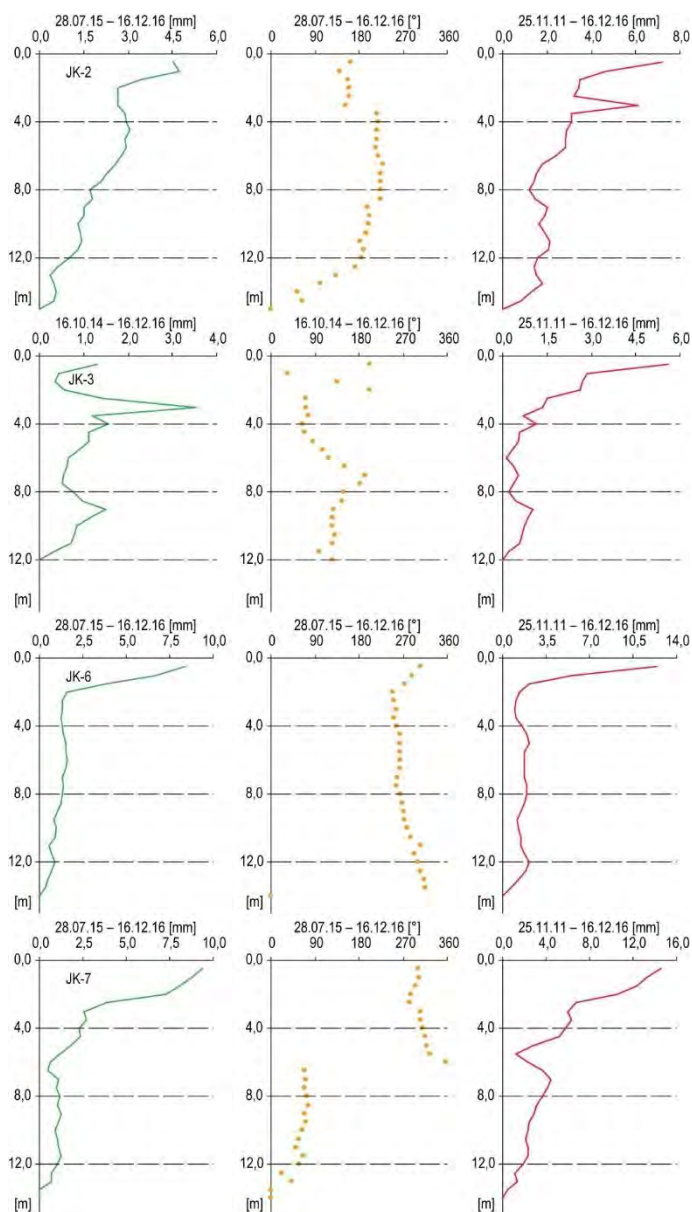
V ostatných vrtoch boli v hĺbkach predpokladaných šmykových plôch namerané prevažne nízke deformácie, len vzácné presahujúce 1 mm.

Počas poslednej etapy meraní dosiahla najvyššia celková deformácia za monitorované obdobie hodnotu 6,1 mm (vrt JK-2; priemerná deformácia $1,21 \text{ mm.rok}^{-1}$).

Tab. 4.7.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2015 až 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	16.10.14 – 28.07.15			28.07.15 – 16.12.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
JK-1	3,50	1,71	1,90	70	2,40	0,78	30
JK-1	8,50	1,84	1,92	8	2,94	1,20	340
JK-2	2,23	4,20	7,03	105	6,10	2,64	153
JK-2	4,73	1,60	2,69	122	2,83	2,95	214
JK-3*	2,53				1,36	3,54	72
JK-3*	8,53				1,00	1,49	128
JK-6	5,26				1,71	1,60	264
JK-6	11,26				2,14	0,92	301
JK-7	3,44	3,26	0,71	240	5,23	2,33	316
JK-7	10,44	1,32	0,82	91	2,38	1,28	66

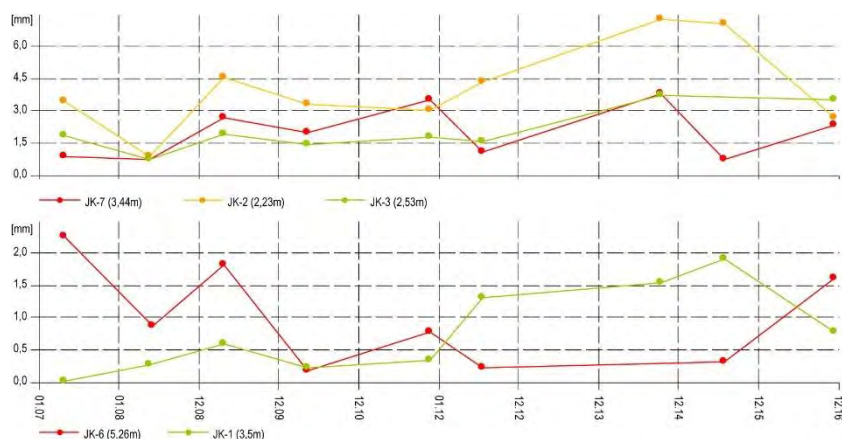
CD – celková deformácia od nultého merania (25.11.11); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora; * – etapová deformácia a azimut sú za obdobie 16.10.14 – 16.12.16



Obr. 4.7.2. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných vrtoch na lokalite Handlová-Kunešovská cesta (označenie vrtovej je uvádzané vždy v prvom hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice.

Na základe výsledkov dlhodobého monitorovania možno konštatovať, že deformácie zaznamenané vo vrte JK-2 v rokoch 2014 a 2015, predstavujú najvyššiu pohybovú aktivitu za analyzované desaťročie (od roku 2007 do roku 2016 – obr. 4.7.3). V aktuálne hodnotenom roku došlo k upokojeniu pohybovej aktivity, vďaka čomu boli namerané len priemerné hodnoty deformácií. Pomerne vysoké hodnoty boli namerané i v rokoch 2009 (vo vrtoch JK-2 a JK-7) a 2011 (JK-7 a JK-2). Naopak, najpokojnejšia situácia panovala v období od apríla 2007 do mája 2008. V tomto čase boli na sledovaných šmykových plochách namerané jedny z najmenších vektorov.

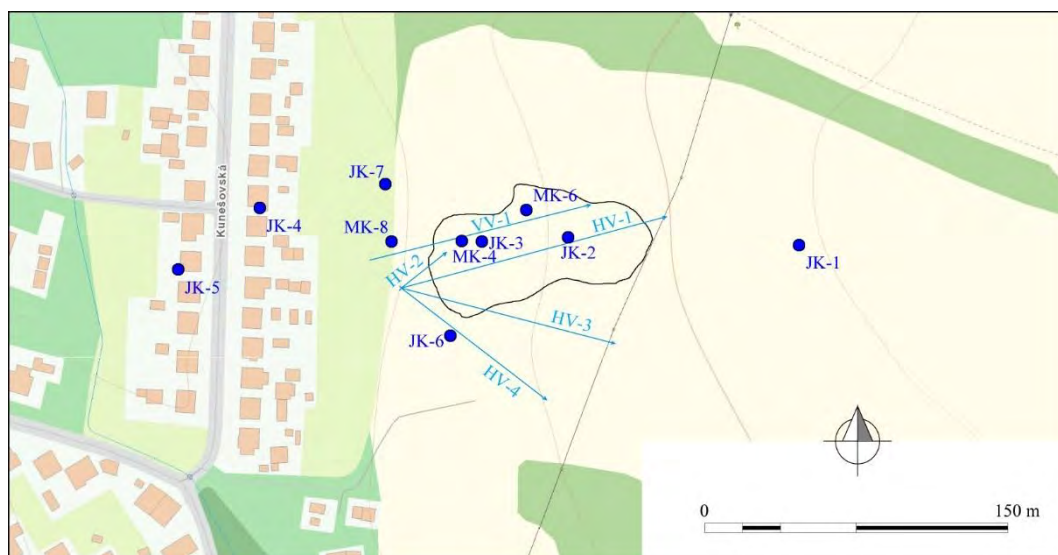
Problém s vyhodnotením výsledkov monitorovacích meraní metódou presnej inklinometrie na lokalite Handlová-Kunešovská cesta spočíva v spôsobe zabudovania inklinometrických vrtoch. Tejto problematike sme venovali pomerne rozsiahly priestor v správe za rok 2015 (Ondrejka et al. 2016). Z tohto dôvodu od roku 2017 prerušujeme monitorovacie merania touto metódou.



Obr. 4.7.3. Dlhodobé (2007 – 2016) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Handlová-Kunešovská cesta.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 9 vrtoch (tab. 4.7.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.7.3 a 4.7.4). V roku 2015 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní v období od 13. januára do 28. decembra v 9 pozorovacích vrtoch. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte MK-8 (0,48 m pod terénom – 480,76 m n. m. – 26. február). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (0,15 m pod terénom, zaznamenanou dňa 16. augusta 2010), predstavuje nameraná maximálna hladina v roku 2015 pokles o 0,33 m. V ostatných vrtoch sa maximálne hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale 0,79 (JK-4) až 5,57 m pod terénom (JK-1). Výskyt maximálnych stavov bol od konca januára do polovice apríla. Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte JK-1 (min. hladina podzemnej vody 8,63 m pod terénom bola nameraná dňa 26. november).



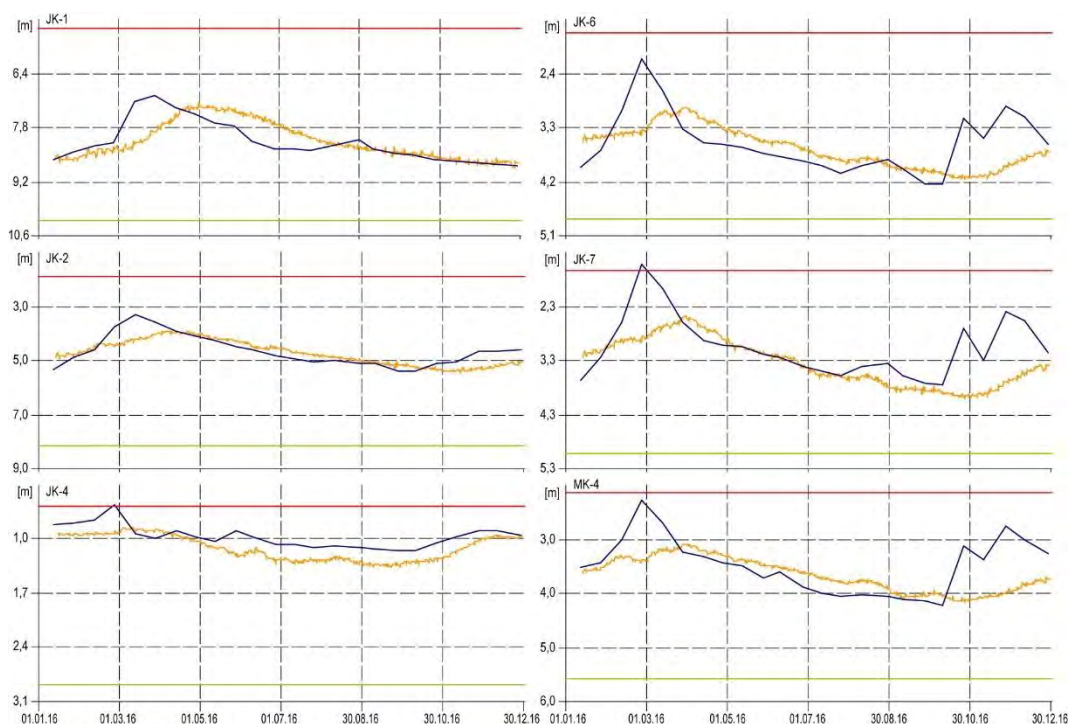
Obr. 4.7.4. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta – situácia sanačných a monitorovacích objektov (obrysy zosuvov podľa Jadroňa a Mokrej, 1999; mapový podklad: ZBGIS®).

Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 1,09 (JK-4) až 7,45 m pod terénom (JK-1). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte MK-8 (3,56 m). V roku 2015 priemerná hladina podzemnej vody dosiahla hĺbku 3,27 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

Tab. 4.7.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2015

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	5,57	504,36	14.04.15	8,63	501,30	26.11.15	7,45	502,48	3,06
JK-2	24	3,38	488,80	14.04.15	5,52	486,66	26.11.15	4,51	487,67	2,14
JK-4	24	0,79	472,53	13.03.15	1,49	471,83	26.08.15	1,09	472,23	0,70
JK-5	24	0,97	468,78	27.01.15	2,23	467,52	10.10.15	1,54	468,21	1,26
JK-6	24	2,83	482,69	27.01.15	4,26	481,26	10.11.15	3,63	481,89	1,43
JK-7	24	2,07	478,30	13.03.15	4,00	476,37	10.10.15	3,19	477,18	1,93
MK-4	24	2,94	482,66	13.03.15	4,35	481,25	10.11.15	3,67	481,93	1,41
MK-6	24	1,92	487,49	13.03.15	2,44	486,97	13.05.15	2,19	487,22	0,52
MK-8	24	0,48	480,76	26.02.15	4,04	477,20	10.10.15	2,12	479,12	3,56

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa rovnako pokračovalo v 9 vrtoch počas 24 kontrolných meraní (12. január – 28. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte MK-8 (0,27 m pod terénom; 480,97 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 27. februára. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,27 až 6,97 m pod terénom (JK-1). Aj v ostatných vrtoch sa vyskytovali prevažne 27. februára, ojedinele však i počas marca (napr. vrty JK-1, KJ-2). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte JK-1.



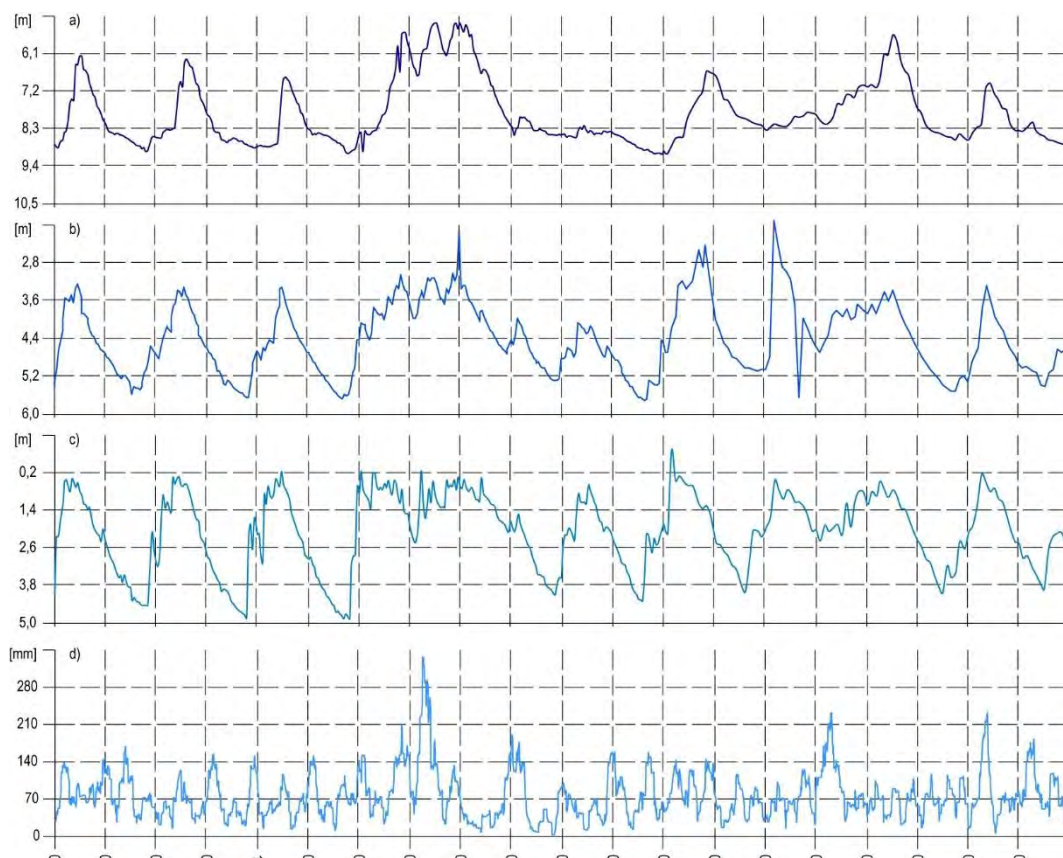
Obr. 4.7.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody na vybraných vrtoch, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta (porovnanie so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania; červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – kľavý priemer hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2015).

Minimálna hladina podzemnej vody (8,77 m pod terénom) bola nameraná dňa 28. decembra). Výskyt minimálnych stavov podzemnej vody bol najčastejšie pozorovaný 10. októbra, ojedinele aj v septembri (JK-4) a decembri (JK-1). Vrt MK-6 bol počas 22 meraní suchý. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 3,62 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,35 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,97 (vrt JK-4) do 8,18 m pod terénom (vrt JK-1). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte MK-6 (4,13 m).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2016 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.7.4. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.7.5.

Tab. 4.7.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2016

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	6,97	502,96	29.03.16	8,77	501,16	28.12.16	8,18	501,75	1,80
JK-2	24	3,31	488,87	14.03.16	5,41	486,77	10.10.16	4,66	487,52	2,10
JK-4	24	0,56	472,76	27.02.16	1,15	472,17	27.09.16	0,97	472,35	0,59
JK-5	24	0,95	468,80	27.02.16	1,59	468,16	10.10.16	1,28	468,47	0,64
JK-6	24	2,16	483,36	27.02.16	4,24	481,28	10.10.16	3,56	481,96	2,08
JK-7	24	1,53	478,84	27.02.16	3,76	476,61	10.10.16	3,06	477,31	2,23
MK-4	24	2,29	483,31	27.02.16	4,22	481,38	10.10.16	3,49	482,11	1,93
MK-6	24	1,34	488,07	27.02.16	5,47	483,94	12.01.16	5,30	484,11	4,13
MK-8	24	0,27	480,97	27.02.16	3,93	477,31	10.10.16	2,08	479,16	3,66



Obr. 4.7.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2010 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Handlová-Kunešovská cesta. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – JK-1, b – JK-2, c – MK-8, d – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov (modrá) a objektu „výtok“ (červená); e – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Handlová – indikatív 30080).

Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 1999 do 2015) vyplýva, že dlhodobé maximá boli prekročené v 2 prípadoch, a to vo vrtoch JK-7 (vzostup o 0,12 m; prekročené maximum z marca 2013 – 1,65 m pod terénom) a JK-4 (vzostup o 0,02 m; prekročené maximum z marca 2006 – 0,58 m pod terénom).

Kolísanie hladiny podzemnej vody v období rokov 2007 až 2016 je odrazom ročných cyklov (obr. 4.7.6). Pomerne pravidelný cyklus sezónnych zmien narušili mimoriadne

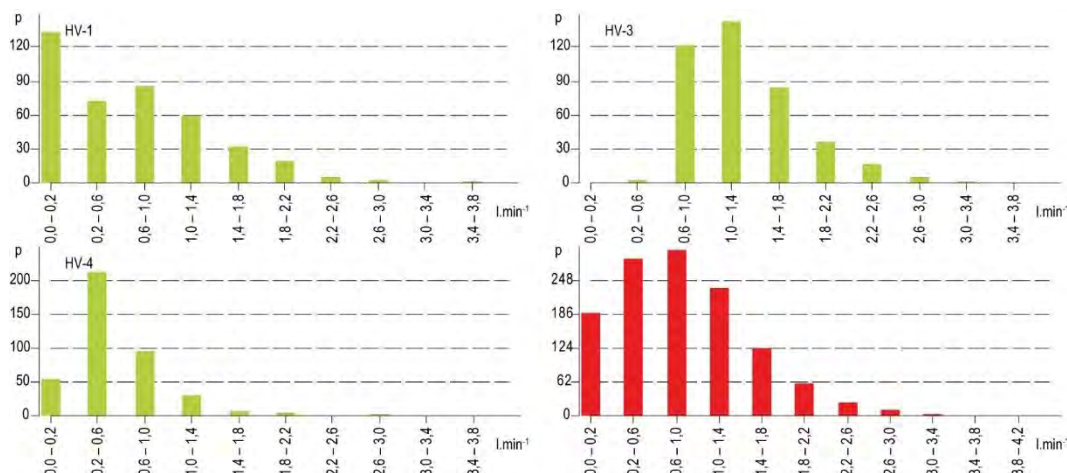
intenzívne zrážky v roku 2010. V tomto roku boli zaznamenané jedny z najvyšších úrovní hladiny podzemnej vody v rámci celého monitorovaného obdobia (JK-1 – 4. októbra – 5,22 m pod terénom, JK-3 – 27. septembra – 0,90 m pod terénom, MK-4 – 16. augusta – 2,15 m pod terénom, MK-8 – 16. augusta – 0,15 m pod terénom). Najvyššia hladina podzemnej vody bola však dosiahnutá v roku 2013 vo vrte MK-8.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

V roku 2015 dosiahla hodnota sumárnej priemernej výdatnosti $4,63 \text{ l.min}^{-1}$. Na väčšine monitorovaných odvodňovacích zariadení boli maximálne prietoky namerané počas novembrových etáp meraní, len vo vrte HV-1 bol najvyšší prietok nameraný už počas februárového merania (tab. 4.7.5). Najväčšia výdatnosť bola nameraná na výtokovom objekte ($10,53 \text{ l.min}^{-1}$). Najväčšie kolísanie výdatnosti ($10,53 \text{ l.min}^{-1}$) bolo podobne ako po minulé roky namerané v objekte „výtok“. Najustálenejším režimom sa prejavoval odvodňovací vrt HV-3 s celkovou amplitúdou zmien $1,1 \text{ l.min}^{-1}$.

Tab. 4.7.5. Výsledky merania výdatnosti odvod. zariadení na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2015

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	24	1,79	10.07.15	0,01	14.04.15	0,53	1,78
HV-3	24	1,64	10.10.15	0,51	14.04.15	1,06	1,13
HV-4	24	0,82	10.10.15	0,01	14.04.15	0,39	0,81
Výtok	24	5,50	13.05.15	0,00	13.03.15	0,52	5,50



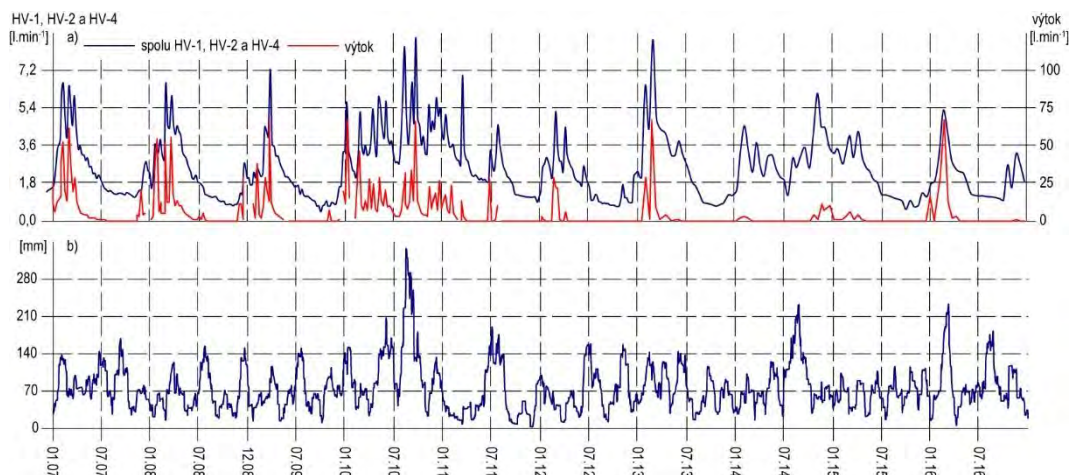
Obr. 4.7.7. Statistické zhodnotenie výdatnosti na vybraných odvodňovacích zariadeniach na lokalite Handlová-Kunešovská cesta. Analyzované obdobie: 2. január 2007 – 28. december 2016; p – početnosť, zelená – výdatnosti v jednotlivých vrtoch (označenie vrtovej je uvedené v grafoch), červená – výdatnosti zaznamenané na všetkých odvodňovacích zariadeniach v rámci lokality (bez objektu „výtok“).

V roku 2016 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní, čo je rovnako ako vlani. Merania sa realizovali v období od 12. januára do 28. decembra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. februára na odvodňovacom zariadení „výtok“ ($66,67 \text{ l.min}^{-1}$). Priemerná výdatnosť tohto objektu dosiahla však len $5,32 \text{ l.min}^{-1}$. Súvisí to s tým, že monitorovaný objekt bolo počas 16 meraní suchý. Podobne, veľmi nízke hodnoty, na úrovni kvapkania, boli počas 9 meraní pozorované aj vo vrte HV-1. Vrty HV-3 a HV-4 dosahovali minimálne prietoky v rozsahu od $0,21$ do $0,75 \text{ l.min}^{-1}$. Ich výskyt bol viazaný, podobne ako v prípade minimálnych stavov hladiny podzemnej vody, na 10. október. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu $7,41 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o $2,78 \text{ l.min}^{-1}$. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte „výtok“ ($66,67 \text{ l.min}^{-1}$).

Z 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 l.min⁻¹. V rámci lokality prevládajú výdatnosti v intervale od 0,6 do 1,0 l.min⁻¹.

Tab. 4.7.6. Výsledky merania výdatnosti odvod. zariadení na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2016

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
HV-1	24	1,75	14.03.16	0,00	12.01.16	0,45	1,75
HV-3	24	2,44	27.02.16	0,75	10.10.16	1,12	1,69
HV-4	24	1,84	27.02.16	0,21	10.10.16	0,52	1,63
Výtok	24	66,67	27.02.16	0,00	27.01.16	5,32	66,67



Obr. 4.7.8. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Kunešovská cesta (červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti [2. kvartil], zelená – minimálna mesačná výdatnosť).

Namerané zmeny spoločnej výdatnosti horizontálnych vrtov HV-1, HV-2 a HV-4 v období 2007 až 2016 majú prevažne pravidelný cyklus, ktorý súvisí s režimovými zmenami hladiny podzemnej vody (obr. 4.7.6). Najvyššie hodnoty spoločnej výdatnosti boli dosiahnuté 27. septembra 2010 (8,74 l.min⁻¹) a 18. marca 2013 (8,64 l.min⁻¹). Naopak, najnižšia hodnota bola nameraná 5. októbra 2009 (0,42 l.min⁻¹). Počas hodnoteného desaťročného obdobia priemerná hodnota spoločnej výdatnosti z drenážnych vrtov (HV-1, HV-3 a HV-4) dosiahla hodnotu 2,53 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 l.min⁻¹. Minimálna výdatnosť v danom objekte v mnohých prípadoch dosahuje len hodnotu 0,01 l.min⁻¹, resp. vrt je suchý.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Výsledky merania zrážkových úhrnov na stanici Handlová sú opísané v rámci predchádzajúcej lokality (Handlová-Morovnianske sídlisko).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2016 bol na zosuvnej lokalite zabezpečený kompletný sortiment monitorovacích meraní. Zároveň, po preukázaní pomerne priaznivého stabilného stavu bol z vrtu JK-3 odinštalovaný stacionárny inklinometer. Z tohto dôvodu boli na lokalite ukončené i merania automatickým hladinomerom. Zariadenia boli nainštalované na lokalitách s vyššou pohybovou aktivitou (Prievidza-Hradec a Nižná Myšľa).

Z hľadiska hodnotenia sledovaných ukazovateľov je možné konštatovať, a to i napriek skutočnosti, že opisovaný rok bol podľa údajov zo stanice SHMÚ mierne vlhký, že v porovnaní s rokom 2015 došlo k poklesu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. Zároveň bol pozorovaný pomerne výrazný nárast sumárnej priemernej výdatnosti odvodňovacích zariadení.

Inklinometrické merania, ktoré boli realizované po jeden a polročnom období, preukázali len malú pohybovú aktivitu. V roku 2016 sa etapové prírastky deformácie pohybovali prevažne do 3 mm, len v prípade vrtu JK-3, na ktorom boli merania zabezpečené po viac ako dvojročnom období, došlo k deformácii nad 3 mm. Namerané vektory v sledovaných hĺbkach mali veľmi rozmanité azimuty, a to až do takej miery, že zo súboru nameraných hodnôt nie je možné stanoviť prevládajúci smer. Zastúpené sú prakticky všetky smery (od severovýchodu až po severozápad). Príčinou rozmanitosti v orientácii nameraných vektorov je samotné vystrojenie inklinometrických vrtov, ktoré boli vybudované pre viaceré monitorovacie metódy súčasne. Toto sa časom ukázalo ako neefektívne a negatívne sa to premietalo do samotných výsledkov meraní. Tomuto problému sme venovali pozornosť v predchádzajúcej správe (Ondrejka et al., 2016). Táto skutočnosť má význam pri nastavovaní rozsahu monitorovacích aktivít pre rok 2017. V najbližšej budúcnosti teda plánujeme vylúčiť monitorovacie merania, ktoré nepodávajú jednoznačný výsledok. Z tohto dôvodu sa budú od roku 2017 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta realizovať len režimové pozorovania na sieti piezometrických vrtov a odvodňovacích zariadeniach.

1.4.8. Lokalita Handlová-zosuv z roku 1960

Stručná charakteristika lokality

Zosuv, ktorý vznikol na prelome rokov 1960/1961, sa aktivizoval v JV časti mesta Handlová. Zosuv zničil časť mesta a komunikačné línie (diaľkové elektrické vedenie a štátnu cestu z Handlovej do Žiaru nad Hronom I/50). Na zosuve sa vykonal súbor sanačných prác, zameraných predovšetkým na odvodnenie svahu a priráženie jeho päty stabilizačným násypom. V jednotlivých etapách prieskumu a sanácie sa budovala i sieť monitorovacích objektov a vykonávalo sa krátkodobé monitorovanie. Systematicky sa územie monitoruje od roku 1993, i keď v poslednom období boli monitorovacie aktivity sústredené prakticky len na inklinometrické merania. V roku 2014, po kritickej deformácii posledného funkčného inklinometrického vrtu, sa zosuvné územie hodnotilo len vizuálne, na základe terénnej rekognoskácie. V závere roka 2014 bol v rámci riešenia geologickej úlohy „Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza“ (Ilkanič et al., 2014 in Ondrejka et al., 2014) vybudovaný nový inklinometrický vrt, ktorý sa začal monitorovať v roku 2015. Tento vrt sa nachádza v najsevernejšej časti zosuvu, v blízkosti cesty prvej triedy č. 50.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

V rokoch 2015 a 2016 boli v zosuvnom území realizované inklinometrické merania. Prehľad termínov meraní je v tab. 4.8.1.

Tab. 4.8.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-zosuv z roku 1960 v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2015	2016
Inklinometrické	1	AH-1	5 (3. apríl*, 14. apríl, 29. máj, 17. jún, 6. november)	3 (24. máj, 14. september, 16. december)
	1	AH-1 – stacionárna inklinometrická sonda	Kontinuálne (každý deň)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

* – nulté meranie

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

V roku 2015 boli vďaka vybudovaniu nového inklinometrického vrtu obnovené monitorovacie merania. Vrt sa nachádza v severovýchodnej časti telesa zosuvu z roku 1960 (obr. 4.8.1). Vrt bol lokalizovaný tak, aby zachytával deformácie v najcitlivejšej časti zosuvu, teda v oblasti, ktorá nie je zabezpečená Stabilizačným násypom a zároveň ohrozuje železničnú trať, štátnu cestu I. triedy (I/50) a viaceré objekty v intraviláne mesta Handlová. Z hľadiska hodnotenia pohybovej aktivity ide o oblasť, v ktorej sa deformácie prejavujú priamo na cestnej komunikácii I/50.

V roku 2015 boli vykonané štyri etapy meraní (termíny jednotlivých meraní sú uvedené v tab. 4.8.1). Ich účelom bola detekcia hĺbky šmykovej plochy pre optimalizovanie hĺbkového nastavenia stacionárnej inklinometrickej sondy. Z nameraných etapových vektorov

v jednotlivých hĺbkových horizontoch a tiež z ich analýzy zatiaľ nie je možné s konečnou platnosťou stanoviť hĺbku šmykovej plochy. Vo vybratých hĺbkach, prezentovaných v tab. 4.8.2, mali jednotlivé vektory spočiatku severozápadný smer, dodatočne, počas posledného merania, sa azimuty zmenili na východ. V plytšom horizonte sa veľkosti etapových vektorov pohybovali v rozsahu 1,34 mm do 3,12 mm. V hlbšom horizonte to bolo od 0,36 mm do 2,16 mm.

V roku 2016 pokračovali monitorovacie aktivity 3 etapami meraní. Počas prvých dvoch meraní (máj a september) ani v jednej zo sledovaných hĺbok nevznikli deformácie väčšie ako 1 mm. K rozvoju pohybovej aktivity došlo až počas decembrovej etapy. V trojmesačnom jesennom období sa najvýraznejšie prejavil hĺbkový horizont 14,69 m pod terénom. V tejto hĺbke bola nameraná deformácia 2,42 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $9,49 \text{ mm.rok}^{-1}$, s azimutom na východ. I keď z priebehu deformácie inklinometrickej pažnice na obr. 4.8.2 je v danom horizonte náznak prítomnosti šmykovej plochy, jej jednoznačné potvrdenie vyvracia nesúrodosť orientácie vektorov. Tie majú v danej hĺbke dlhodobý výrazný odklon od smeru spádnic svahu a navyše, v rámci obdobia monitorovania sa často mení ich orientácia. Výsledok je nakoniec taký, že etapový vektor je väčší ako celkový vektor za celé monitorované obdobie. Napríklad v hĺbke 14,69 m pod terénom je výsledná deformácia menšia o 0,04 mm ako etapová. Čo sa týka orientácie sledovaných vektorov, analogická situácia je vo všetkých pozorovaných hĺbkach. Pre definovanie hĺbky šmykovej plochy, a teda optimálne umiestnenie stacionárnej inklinometrickej sondy je potrebné v budúcnosti zabezpečiť viacero meraní. V súčasnosti je stacionárna inklinometrická sonda umiestnená v hĺbke 23 m pod terénom.



Obr. 4.8.1. Lokalita Handlová-zosuv z roku 1960 – výsledky inklinometrických meraní za obdobie rokov 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.8.2; číslo zobrazené pri poslednom vektore označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

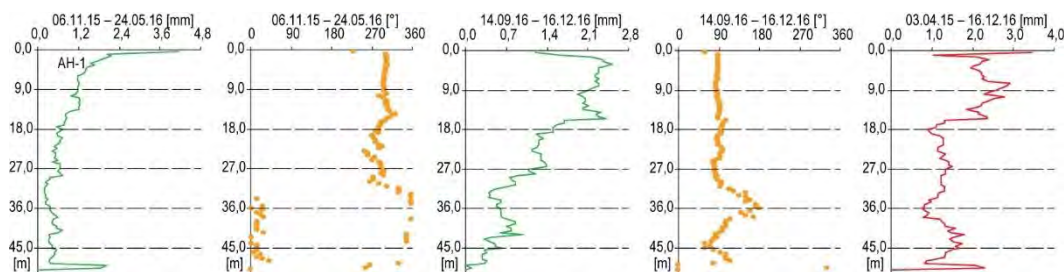
Tab. 4.8.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Handlová-zosuv z roku 1960 v rokoch 2015 a 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	03.04.15 – 14.04.15			14.04.15 – 29.05.15			29.05.15 – 17.06.15			17.06.15 – 06.11.15		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
AH-1	14,69	0,94	0,94	298	2,86	1,92	291	3,16	0,32	312	1,12	2,80	95
AH-1	21,69	0,98	0,98	306	2,91	1,98	281	3,08	0,32	348	1,24	2,47	92
AH-1	31,19	1,25	1,25	301	2,25	1,00	293	2,52	0,28	285	1,40	1,66	85

Pokračovanie Tab. 4.8.2

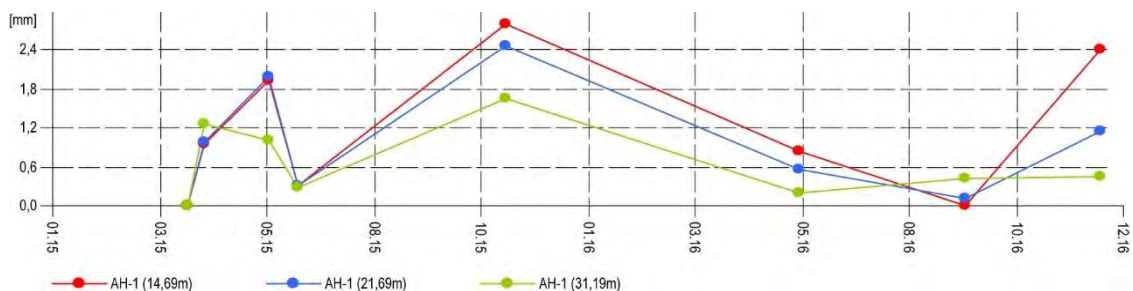
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	06.11.15 – 24.05.16			24.05.16 – 14.09.16			14.09.16 – 16.12.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
AH-1	14,69	1,81	0,85	309	1,81	0,00	0	2,38	2,42	90
AH-1	21,69	1,60	0,57	285	1,61	0,10	240	1,14	1,14	98
AH-1	31,19	1,60	0,20	330	1,58	0,41	74	1,30	0,45	123

CD – celková deformácia od nultého merania (03.04.15); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora.



Obr. 4.8.2. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Handlová-zosuv z roku 1960; zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Z dlhšieho časového hľadiska je v sledovaných horizontoch na obr. 4.8.3 vidieť, že dochádza k striedaniu období s minimálnymi deformáciami s obdobiami so zvýšenou pohybovou aktivitou. Generálne termíny vzostupu deformácie súvisia s jesennými etapami a minimálne hodnoty s letnými, prípadne jarnými.



Obr. 4.8.3. Prírastky deformácie namerané v sledovaných horizontoch metódou presnej inklinometrie na lokalite Handlová-zosuv z roku 1960.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je treba spomenúť aj merania realizované na pôvodnej monitorovacej sieti, ktorá bola funkčná do roku 2013. Najvýraznejšia deformácia bola nameraná vo vrte GI-1 počas roka 2008 (5. júna) v hĺbke 16,5 m. Zaznamenaná etapová deformácia dosiahla hodnotu 41,83 mm. Ide o vrt, v ktorom výsledná deformácia inklinometrickej pažnice na šmykovej ploche počas monitorovaného obdobia presiahla 130 mm. Vo vrte GI-5 bol v predchádzajúcom období pozorovaný relatívne stabilný stav (v sledovanej úrovni), pričom v roku 2011 došlo k deformácii, ktorá spôsobila nepriechodnosť vrtu. Vektory deformácie zaznamenané v poslednom funkčnom vrte GI-4 poukazujú na mierne zvýšenú pohybovú aktivitu. Do roku 2010 mala mierne stúpajúci trend. V roku 2013 bola v hĺbke cca 4 m pod terénom zaznamenaná nepriechodnosť inklinometrickej pažnice, teda kritická deformácia. Vrt GI-4 sa nachádza pomerne blízko štátnej cesty I/50, ktorá spája Handlovú so Žiarom nad Hronom.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Hodnotenie zrážkových úhrnov zo zrážkomerných staníc Handlová je analogické ako na predchádzajúcich lokalitách (Handlová-Morovnianske sídlisko a Handlová-Kunešovská cesta).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2016 sa monitorovacie aktivity sústredili len na meranie metódou presnej inklinometrie v jedinom funkčnom vrte. Výsledky meraní poukazujú na priaznivú stabilitnú situáciu v oblasti čela zosuvu. Žiaľ ani v roku 2016 sa meraniami nepodarilo naplniť hlavný cieľ – lokalizovať hĺbku aktívnej šmykovej plochy pre dlhodobé osadenie stacionárnej sondy.

V roku 2017 plánujeme pokračovať v kontrolných meraniach v pôvodnom rozsahu a frekvencii. Po preukázaní úrovne šmykovej plochy bude stacionárna inklinometrická sonda nastavená do novej hĺbky. Zároveň bude zabezpečený zber, spracovanie a archivácia údajov z inštalovaných automatických zariadení a stanice SHMÚ.

1.4.9. Lokalita Fintice

Stručná charakteristika lokality

Prúdový zosuv sa nachádza približne 1 km S až SV od obce Fintice. Vzhľadom na vysokú celospoločenskú významnosť bola na lokalite vybudovaná sieť monitorovacích bodov, umožňujúcich sledovanie režimových zmien hladiny podzemnej vody a pohybovej aktivity (inklinometrické vrty a geodetické body). Bližšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou ročných správ z predchádzajúceho obdobia (Ondrejka et al., 2012), ako aj správ z realizovaných prieskumov (Petro a Stercz, 1998, Petro et al., 2001).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.9.1.

Tab. 4.9.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Fintice v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Geodetické (GNSS)	5	P1, P3, P4, P5, pevný bod P	1 (11. december)	1 (8. júl)
Inklinometrické	2	K-3, K-5	1 (15. máj)	1 (10. október)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	11	K-1, 2, 2a*, 2b, 3, 4, 4a, 4b, 5, 5a, 5b	8 (29. január, 30. marec, 28. apríl, 25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 18. september)	10 (2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október,)
	1	K-1a – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Kapušany (indikatív 59220) Prešov-planetárium (indikatív 59160)	Denné úhrny zrážok	

* – jedno meranie (18. september 2015), ** – automatický hladinomer bol počas roka 2015 poškodený

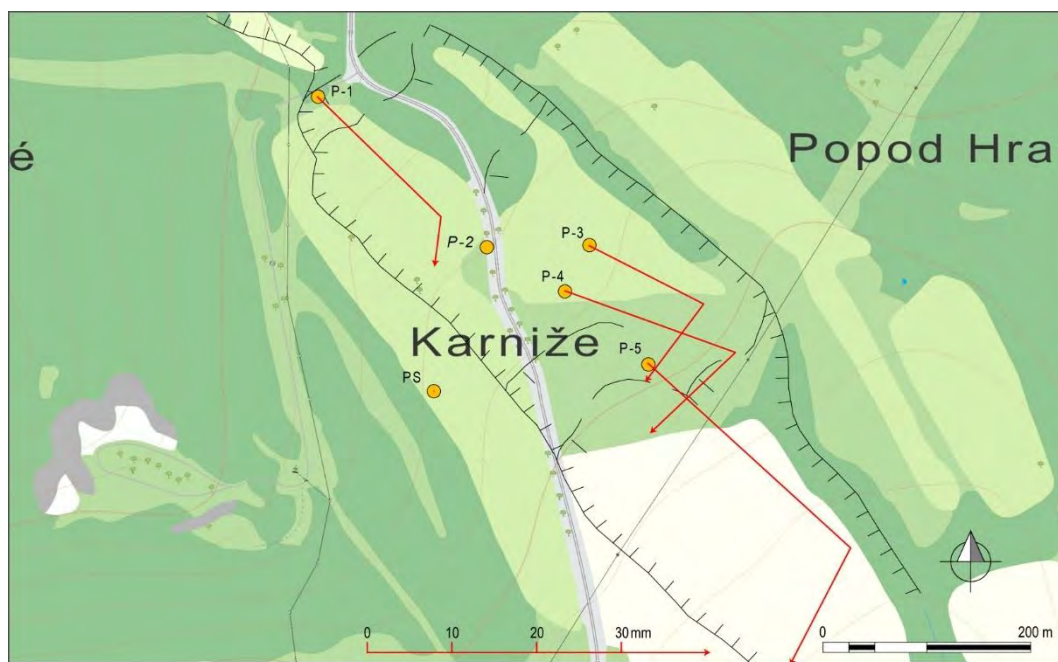
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Geodetické merania

Geodetická sieť v rámci definovaného zosuvného územia Petrom et al. (2001) pokrýva len malú plochu. Ide o oblasť prechodu cestnej komunikácie cez svahovú deformáciu. Zároveň toto miesto predstavuje mimoriadne aktívnu oblasť, čo dokumentuje i skutočnosť, že vybudované inklinometrické vrty v tomto území boli „ustrihnuté“ krátko po vybudovaní. V roku 2015 došlo k poškodeniu geodetickej siete. Zničený bol bod P-2. Z celkového počtu pozorovacích bodov zostali funkčné už len štyri a jeden vzťažný.

Na pozorovaných bodoch došlo v roku 2015 v porovnaní s predchádzajúcim obdobím k miernemu nárastu pohybovej aktivity. Najväčšia polohová zmena, podobne ako v predchádzajúcom roku, bola nameraná v bode P-5. Približne za jeden rok bol nameraný posun 33,27 mm. Pomerne vysoké hodnoty posunov boli namerané i vo vrtoch P-4 a P-1 (nad 20 mm).

Najmenšie zmeny boli pozorované v bode P-3, a to 15,43 mm. Všetky vertikálne zmeny mali zostupný charakter. Najväčší vertikálny posun bol nameraný vo vrte P-1 (-23,7 mm). V ostatných vrtoch sa tieto zmeny pohybovali v intervale (od -15,1 do -18,2 mm).



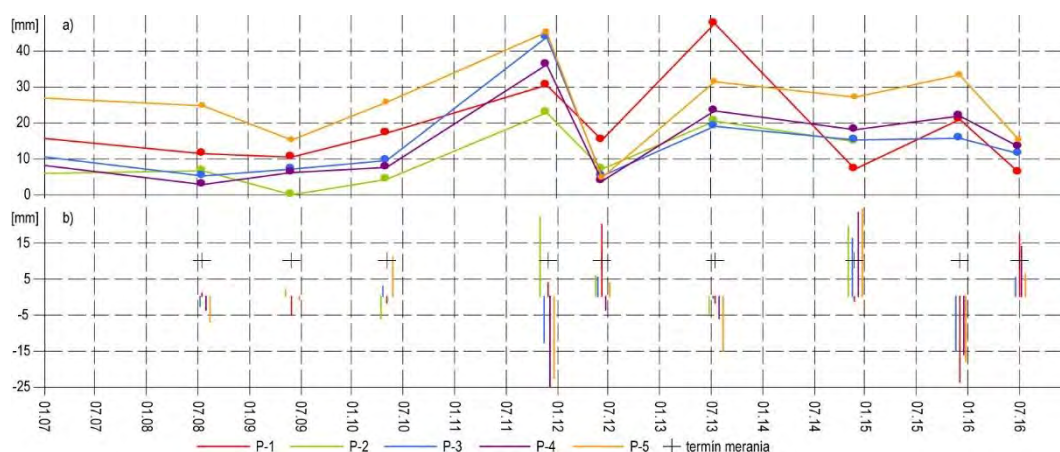
Obr. 4.9.1. Lokalita Fintice – výsledky geodetických meraní (metódou GNSS) v rokoch 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.9.2; mapový podklad: ZBGIS®).

V roku 2016 bolo meranie zabezpečené počas júla, teda namerané vektory prezentujú pohybovú aktivitu počas pomerne krátkeho obdobia, necelých 7 mesiacov. Z výsledkov v tab. 4.9.2 je zrejmé, že polohové vektory namerané v roku 2016 sú menšie ako v predchádzajúcom období. Najvyšší posun sa opäť prejavil v bode P-5 (15,17 mm). Avšak dosiahnutá rýchlosť $26,37 \text{ mm.rok}^{-1}$ korešponduje s rýchlosťami zaznamenanými v predchádzajúcom období. Je teda možné predpokladať, že pokles pohybovej aktivity je zdanlivý a súvisí predovšetkým s kratšou meracou etapou. Podobne je to i v prípade bodov P-3 a P-4. Rýchlosti pohybu týchto bodov namerané v roku 2016 sú dokonca najvyššie za celé monitorované obdobie. K preukázateľnému útlmu pohybovej aktivity došlo v prípade bodu P-1.

V prípade hodnotenia vertikálnej zložky pohybu možno v rámci celej lokality sledovať vzostupné posuny. Najvýraznejší bol nameraný práve v bode P-1 (17,1 mm; čo predstavuje priemernú rýchlosť posunu $29,72 \text{ mm.rok}^{-1}$). O niečo nižšia hodnota bola nameraná v bode P-4 (13,7 mm; $23,81 \text{ mm.rok}^{-1}$).

Tab. 4.9.2. Výsledky geodetických (GNSS) meraní na lokalite Fintice v rokoch 2015 a 2016

Bod	02.12.14 – 11.12.15			11.12.15 – 08.07.2016		
	Premiestnenie [mm]			Premiestnenie [mm]		
	polohové	výškové	priestorové	polohové	výškové	priestorové
P-1	20,58	-23,70	31,39	5,74	17,10	18,04
P-3	15,43	-15,10	21,59	11,36	5,30	12,54
P-4	21,80	-16,30	27,22	13,16	13,70	19,00
P-5	33,27	-18,20	37,92	15,17	6,00	16,32



Obr. 4.9.2. Dlhodobé (2007 – 2016) zmeny polohy a výšky geodetických bodov na lokalite Fintice (a – polohové zmeny, b – vertikálne zmeny).

Pri hodnotení dlhodobého vývoja pohybovej aktivity (od roku 2007 do roku 2016) možno konštatovať, že v poslednom období čoraz častejšie dochádza k prípadom, kedy vektory posunov presahujú 30 mm hranicu. Prvá výraznejšia aktivizácia pohybu bola zaznamenaná v roku 2011 (obr. 4.9.2). Najväčší posun bol dosiahnutý v roku 2013 (obr. 4.9.2).

b/ Inklinometrické merania

Na lokalite sa vykonávajú monitorovacie merania v dvoch funkčných vrtoch. Výsledky meraní z rokov 2015 a 2016 potvrdili závery prezentované v predchádzajúcich správach (Ondrejka et al., 2016). Predpokladá sa, že vrty K-3 a K-4 v dôsledku zastaranej technológie zabudovania nepodávajú vierohodnú informáciu o pohybovej aktivite sledovaného územia. Vykonávané merania v posledných rokoch mali overovací charakter a do značnej miery i potvrdili závery analýz z predchádzajúceho obdobia. I keď v rokoch 2015 a 2016 bola v monitorovanom území sledovaná určitá povrchová aktivita (prezentovaná v tab. 4.9.3), spoľahlivosť výsledkov je na nízkej úrovni. Z výsledkov meraní vyplýva, že vo vrte K-3 mali vektory prevažne východný až severovýchodný smer. V roku 2015 dosiahla veľkosť deformácie 1,75 mm, no v roku 2016 došlo k pomerne výraznému útlmu (0,14 mm).

Vo vrte K-5 sú sledované 3 horizonty (tab. 4.9.3). Najvyššia pohybová aktivita je sledovaná v hĺbke 8 m pod terénom. V roku 2015 tam bola nameraná deformácia 3,13 mm a v roku 2016 4,02 mm. Avšak orientácia oboch vektorov sa výrazne líši od orientácie spádnic svahu a teda i predpokladaného smeru pohybu.

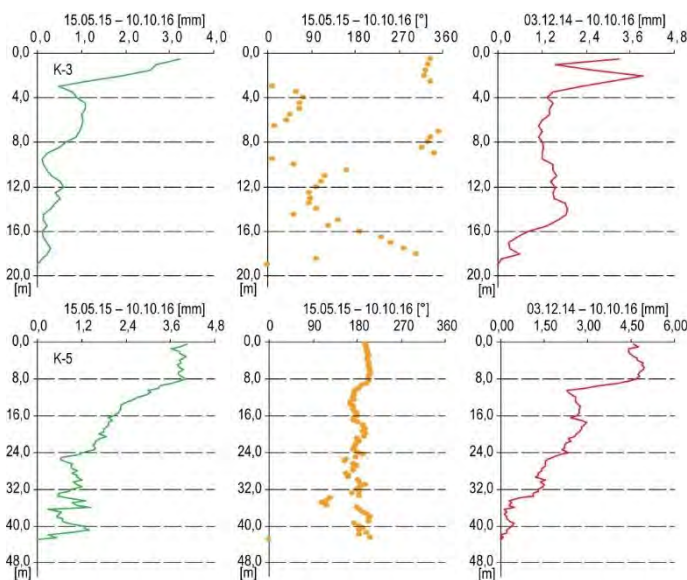
Tab. 4.9.3. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Fintice v rokoch 2015 a 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	03.12.14 – 15.05.15			15.05.15 – 10.10.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
K-3	14,50	1,75	1,75	87	1,87	0,14	55
K-5	8,00	3,13	3,13	303	4,66	4,02	203
K-5	24,00	2,66	2,66	300	2,33	1,20	182
K-5	33,50	1,33	1,33	307	1,14	0,57	185

CD – celková deformácia od nultého merania (02.12.14); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora.

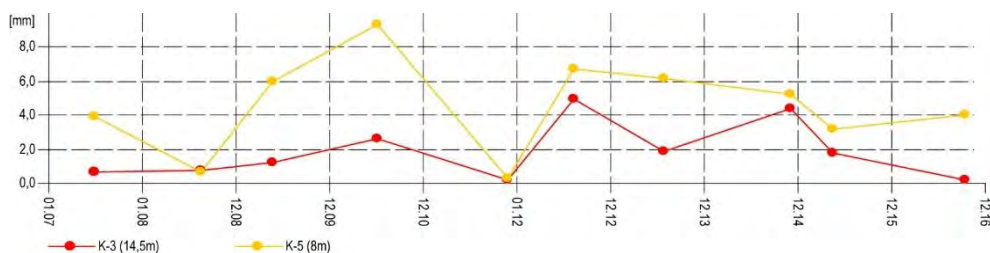


Obr. 4.9.3. Lokalita Fintice – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.9.3; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m; mapový podklad: ZBGIS®).



Obr. 4.9.4. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Fintice (označenie vrstev je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

V roku 2015 bolo vykonané kontrolné etapové meranie. Výsledky potvrdili závery odvodené na základe predchádzajúcich meraní. Monitorované objekty, ktoré boli situované v iných častiach zosuvného svahu, boli „ustrihnuté“ v dôsledku kritickej deformácie, teda dokumentovali pohyby po aktívnych šmykových plochách. K ich porušeniu dochádzalo postupne, naposledy v súvislosti s mimoriadne vlhkým rokom 2010.



Obr. 4.9.5. Dlhodobé (2007 – 2016) prírastky deformácie namerané v sledovaných horizontoch metódou presnej inklinometrie na lokalite Fintice.

Z dlhodobého hľadiska (obr. 4.9.5) je možné zvýšené hodnoty pohybovej aktivity sledovať najmä v roku 2010.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

c1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Fintice sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 10 vrtoch (tab. 4.9.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.9.4 a 4.9.5). V roku 2015 bolo zabezpečených 8 kontrolných meraní (29. január – 18. september). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte K-2 (0,40 m pod terénom – 370,60 m n. m. – 29. január). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (0,00 m pod terénom, zaznamenanou dňa 1. júla 1996), nameraná maximálna hladina v roku 2015 je nižšia o 0,40 m. V ostatných vrtoch sa maximálne hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale od 0,45 (K-3) do 13,39 m pod terénom (K-5b). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte K-5b (min. hladina podzemnej vody 14,38 m pod terénom bola nameraná dňa 18. septembra). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 5,64 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrný vzostup (o 0,09 m). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte K-4a (2,18 m). Jeho dosiahnutá amplitúda z roku 2015, predstavuje 57,98 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania.

Tab. 4.9.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Fintice v roku 2015

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.]	
K-1	8	5,05	346,95	28.04.15	6,09	345,91	18.09.15	5,47	346,53	1,04
K-2	8	0,40	370,60	29.01.15	1,93	369,07	18.09.15	1,16	369,84	1,53
K-2a	1	2,87	368,13	18.09.15	2,87	368,13	18.09.15	2,87	368,13	0,00
K-2b	8	1,03	377,07	30.03.15	1,66	376,44	18.09.15	1,26	376,84	0,63
K-3	8	0,45	433,55	30.03.15	1,15	432,85	25.05.15	0,67	433,33	0,70
K-4	8	3,79	490,21	30.03.15	4,56	489,44	18.09.15	4,17	489,83	0,77
K-4a	8	1,64	492,36	29.01.15	3,82	490,18	18.09.15	2,49	491,51	2,18
K-4b	8	1,54	492,46	29.01.15	3,53	490,47	18.09.15	2,41	491,59	1,99
K-5	8	13,00	524,00	29.01.15	14,30	522,70	18.09.15	13,83	523,17	1,30
K-5a	8	13,04	523,96	30.03.15	14,35	522,65	18.09.15	13,89	523,11	1,31
K-5b	8	13,39	523,61	30.03.15	14,38	522,62	18.09.15	13,86	523,14	0,99

Tab. 4.9.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Fintice v roku 2016

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.]	
K-1	10	5,70	346,30	30.05.16	7,00	345,00	02.02.16	6,38	345,62	1,30
K-2	10	0,40	370,60	01.03.16	2,03	368,97	28.09.16	1,27	369,73	1,63
K-2a	10	1,01	369,99	30.05.16	2,10	368,90	28.09.16	1,49	369,51	1,09
K-2b	10	0,92	377,18	30.05.16	1,73	376,37	28.09.16	1,39	376,71	0,81
K-3	10	0,50	433,50	02.02.16	0,60	433,40	29.03.16	0,52	433,48	0,10
K-4	10	3,69	490,31	02.02.16	4,66	489,34	30.08.16	4,25	489,75	0,97
K-4a	10	1,46	492,54	01.03.16	3,39	490,61	28.09.16	2,30	491,70	1,93
K-4b	10	1,43	492,57	01.03.16	3,16	490,84	28.09.16	2,13	491,87	1,73
K-5	10	13,74	523,26	30.05.16	14,70	522,30	02.02.16	14,19	522,81	0,96
K-5a	10	13,54	523,46	30.05.16	14,63	522,37	02.02.16	14,16	522,85	1,09
K-5b	10	13,48	523,52	30.05.16	14,70	522,30	02.02.16	14,10	522,90	1,22

V roku 2015 bolo zabezpečených 11 kontrolných meraní (29. január – 18. september). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte K-2 (0,40 m pod terénom – 370,60 m n. m. – 29. január). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (0,00 m pod terénom, zaznamenanou dňa

1. júla 1996), nameraná maximálna hladina v roku 2015 je nižšia o 0,40 m. V ostatných vrtoch sa maximálne hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale od 0,45 (K-3) do 13,39 m pod terénom (K-5b). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte K-5b (min. hladina podzemnej vody 14,38 m pod terénom bola nameraná dňa 18. septembra). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 5,64 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrný vzostup (o 0,09 m). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte K-4a (2,18 m). Jeho dosiahnutá amplitúda z roku 2015, predstavuje 57,98 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania.

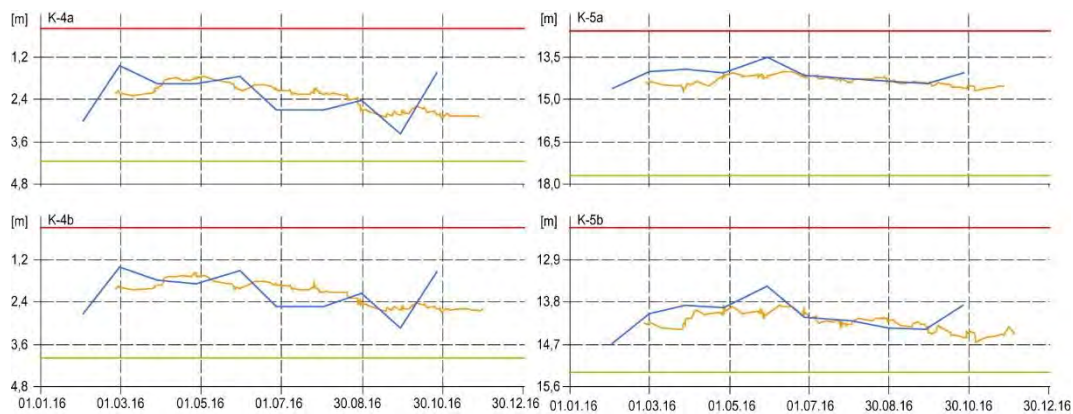


Obr. 4.9.6. Lokalita Fintice – monitorovacia sieť piezometrických vrtov (mapový podklad: ZBGIS®).

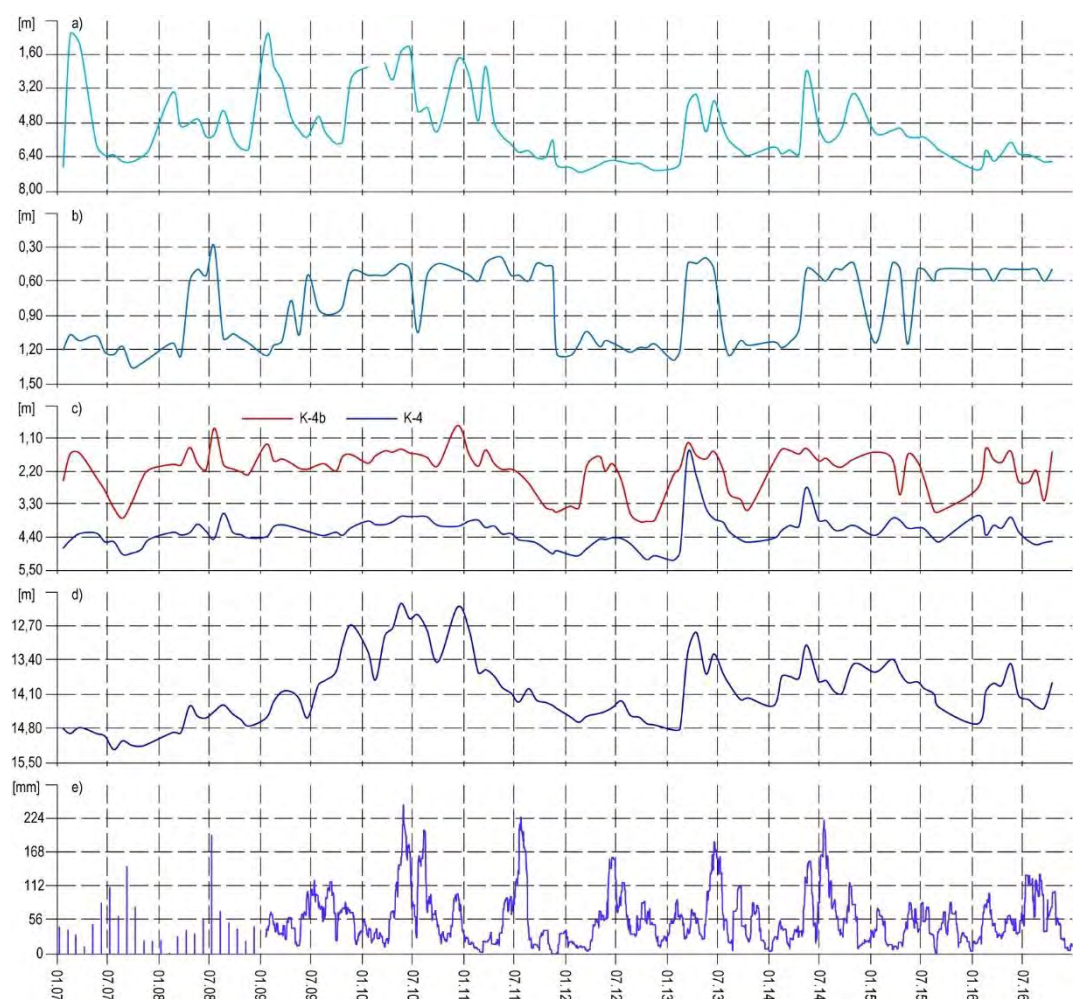
V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v režimových pozorovaniach na nezmenenom počte vrtov a zabezpečených bolo 10 meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte K-2 (0,40 m pod terénom – 370,60 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 1. marca. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,40 až 13,74 m pod terénom (K-5). Vyskytovali sa od 2. februára (napr. vrt K-3) do 30. mája (napr. vrt K-1). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte K-5 (min. hladina podzemnej vody 14,70 m pod terénom bola nameraná dňa 2. februára). Minimálne hladiny podzemnej vody sa vo vrtoch vyskytovali počas dvoch období. V niektorých vrtoch, ako napr. K-1, to bolo cez zimu, prevažne na začiatku februára, ojedinele i v marci, v iných vrtoch to bolo v auguste alebo septembri.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 5,65 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom prakticky identická hodnota (pokles len o 0,01 m). Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,52 (vrt K-3) do 14,19 m pod terénom (vrt K-5). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte K-4a (1,93 m).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2015 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní sú znázornené na obr. 4.9.7. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.9.8.



Obr. 4.9.7. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Fintice (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania; červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – kľzavý priemer hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016).



Obr. 4.9.8. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2007 – 2016) z vybraných vrtov na lokalite Fintice. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – K-1, b – K-3, c – K-4 a K-4b, d – K-5b; e – zrážky v mm (do roku 2008 mesačné zrážky; po roku 2008 súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prešov-Planetárium).

Počas dlhšieho hodnoteného obdobia (roky 2007 až 2016 – obr. 4.9.8) boli režimovými pozorovaniami na monitorovacej sieti namerané viaceré významné zmeny. Najvyššia hladina podzemnej vody, teda najbližšia k povrchu terénu, bola zaznamenaná 25. júla 2008 vo vrte K-3 (s hĺbkou 0,3 m pod terénom). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v tomto vrte za

posledné desaťročie dosiahla 0,81 m pod terénom. Naopak, najhlbšie klesla hladina podzemnej vody vo vrte K-5b 30. júla 2007 (15,12 m pod terénom). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v tomto vrte za posledné desaťročie dosiahla hĺbku 14,5 m pod terénom. Uvedené charakteristiky dlhodobého monitoringu režimových zmien podzemných vôd poukazujú na výrazné rozdiely hydrogeologických pomerov jednotlivých častí zosuvného územia. V zosuvnom území, vzhľadom na jeho veľkosť, sú monitorovacie objekty sústredené do dvoch častí.

V spodnej časti zosuvu, ktorá je v blízkosti intravilánu obce Fintice, kde zosuv priamo porušuje cestnú komunikáciu a ohrozuje elektrické vedenie (v minulosti vážne ohrozoval i plynovod), sa nachádza skupina vrtov označených K-1 až K-2b (spolu 3 vrty, ktoré sú sledované pozorovateľom a 2 vrty monitorované automatickými hladinomerami). V týchto vrtoch počas posledného desaťročia hladina podzemnej vody viackrát vystúpila do blízkosti terénu. Najvyššia hodnota hĺbky hladiny podzemnej vody bola dosiahnutá 23. februára 2007 vo vrte K-1 – 0,67 m pod terénom.

V skupine vrtov, ktoré sa nachádzajú v odľučnej oblasti, sú monitorované minimálne dve odlišné hydrogeologické štruktúry. Vo vrtoch označených K-4 sú sledované hladiny podzemnej vody v plytších horizontoch, so spoločnou priemernou hĺbkou 2,93 m pod terénom (za posledných desať rokov). V najvyššie položenej časti zosuvu, vo vrtoch označených K-5, sa hladiny podzemnej vody nachádzajú podstatne hlbšie, a to až v hĺbke väčšej ako 12 m pod terénom. Spoločná priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v týchto vrtoch je 14,1 m pod terénom (za posledných desať rokov).

c2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Od roku 2015 sú merania automatickým hladinomerom zabezpečované len vo vrte K-1a. Vrt K-2a bol v roku 2015 poškodený. Zničená bola ochranná pažnica vrtu K-2a, zároveň došlo i k škodám na automatickom zariadení. Z tohto dôvodu sa údaje o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody nezachovali.

V jedinom funkčnom vrte K-1a bolo počas rokov 2015 a 2016 zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale (rok 2015: 8760 záznamov; rok 2016: 8784 záznamov).

V roku 2015 bola maximálna hladina podzemnej vody (4,48 m pod terénom; 347,52 m n. m.) nameraná 27. februára. Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody klesla (do hĺbky 6,63 m pod terénom; 345,37 m n. m.) počas 31. októbra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 5,77 m pod terénom (346,23 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 2,15 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla 0,04 m (1,86 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe kolísania hladiny podzemnej vody, sledovanej počas roku 2015, dosiahla 0,07 m. deň¹. Znamená to, že hladina podzemnej vody má pomerne vyrovnaný režim. Predstavu o vývoji zmien hladiny podzemnej vody počas hodnoteného roka, dokresľujú štatistické ukazovatele 1., 2. a 3. kvartilu. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 5,51 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 5,84 m pod terénom a 3. kvartil 6,17 m pod terénom.

Tab. 4.9.6. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Fintice v roku 2015

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 a čas merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum a čas merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
K-1a	8760	4,48	347,52	27.02.15	6,63	345,37	31.10.15	5,77	346,23	2,15

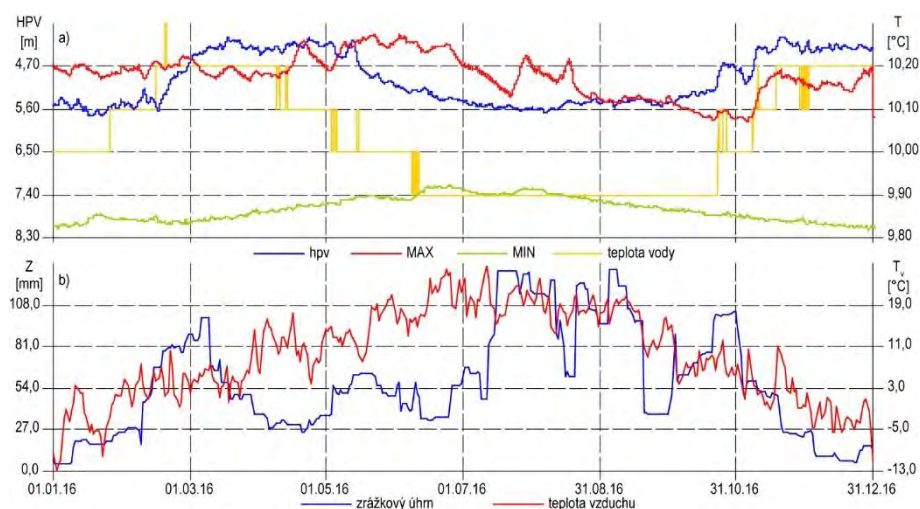
Teplota podzemnej vody bola meraná v rovnakých intervaloch ako jej hĺbka. Jej maximálna hodnota 10,5 °C bola nameraná 18. januára. Najnižšia teplota s hodnotou 9,5 °C bola zaznamenaná 27. mája. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota hodnotu 9,9 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas hodnoteného roka dosiahla 1,0 °C.

V roku 2016 sa pokračovalo s meraniami v rovnakom režime ako v predchádzajúcom období. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 4,07 m pod terénom (347,93 m n. m.; 18. marec), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,41 m. Podzemná voda na tejto úrovni oscilovala až do prvej polovice mája. Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody súvisel s výdatnými zrážkovými úhrnmi počas februára, spojenými s topením snehovej pokrývky. Od mája do prvej polovice augusta mala hladina podzemnej vody zostupný charakter. K opätovnému vzostupu došlo po zvýšených zrážkových úhrnoch počas mesiacov júl a august. Hladina takto stúpala do polovice novembra. Minimálna hladina podzemnej vody s hĺbkou 5,74 m (346,26 m n. m.) bola však nameraná na začiatku roka – 16. januára (oproti predchádzajúcemu roku išlo o vzostup o 0,89 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 4,98 m pod terénom (347,02 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pomerne výrazný vzostup, a to až o 0,80 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,67 m. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k jej ustáleniu. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,08 m za deň, čím bol opätovne potvrdený jej ustálený režim. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,03 m (čo je 1,80 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 4,34 m pod terénom, 2. kvartil 5,2 m pod terénom a 3. kvartil 5,47 m pod terénom.

Sledovaná teplota podzemnej vody dosiahla maximálnu hodnotu (10,3 °C) počas 20. februára, naopak, najnižšiu (9,9 °C) 8. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,0 °C.

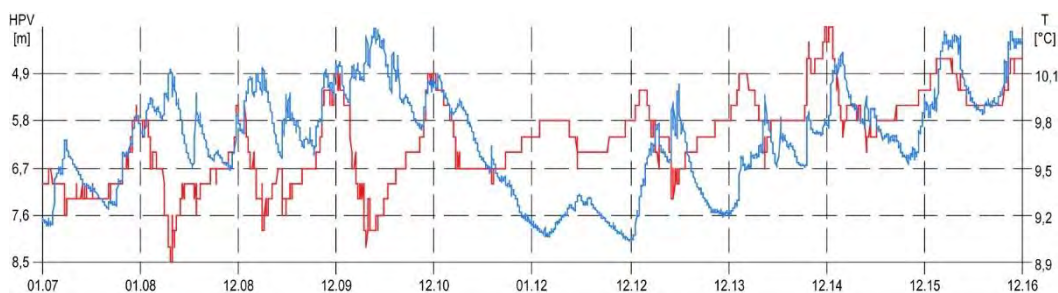
Tab. 4.9.7. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Fintice roku 2016

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 a čas merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum a čas merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
K-1a	8784	4,07	347,93	18.03.16	5,74	346,26	16.01.16	4,98	347,02	1,67



Obr. 4.9.9. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T), zaznamenaný v roku 2016 automatickým hladinomerom na lokalite Fintice; a – automatický hladinomer vo vrte K-1, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (Z; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu (T_v), na zrážkomernej stanici SHMÚ Prešov-planetárium.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia vo vrte K-1a (od roku 2007 do roku 2016), ktoré je vidieť na obr. 4.9.10, možno konštatovať, že kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 4,12 m. Maximálna hladina 4,02 m pod terénom bola nameraná 23. mája 2010 a minimálna 29. decembra 2012. Od roku 2012 sa prejavuje vzostupný trend minimálnych ročných stavov hladiny podzemnej vody. Znamená to, že v rámci ročného cyklu zmeny hladiny podzemnej vody nemajú taký rozsah, ale držia sa bližšie k terénu. Táto skutočnosť sa môže odrážať na celkovej stabilite územia.



Obr. 4.9.10. Dlhodobé (2007 – 2016) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi na lokalite Fintice. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – K-1a, b – K-2a.

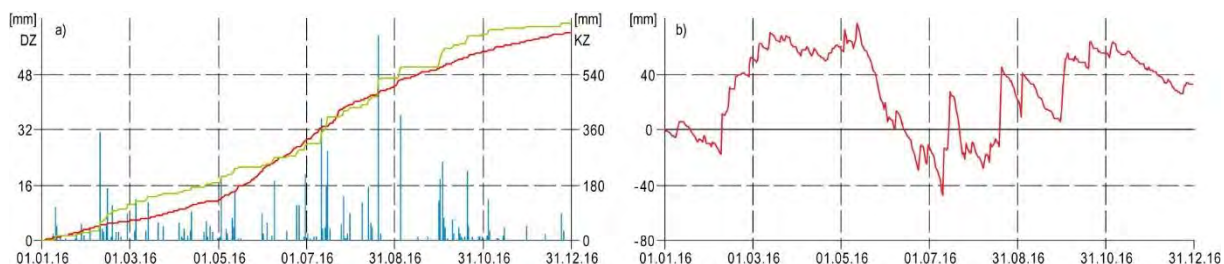
d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Kapušany s indikatívom 59220 a Prešov-planetárium s indikatívom 59160.

Informácia o zrážkových úhrnoch na stanici Kapušany je uvedená v podkapitole 1.4.2. (lokalita Kapušany).

Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný na stanici Prešov-planetárium v období od 1. januára 2006 do 31. decembra 2015 predstavuje 672,65 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 939,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 56,05 mm a maximálny mesačný úhrn 227,2 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 5. mája 2010 do 4. júna 2010) dosiahol 246,3 mm.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 688,7 mm, čo zodpovedá 102,4 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (130,1 mm) a najvyšší denný úhrn 21. augusta (59,0 mm). Najsuchším mesiacom bol november s 22,7 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 6. augusta do 5. septembra 2016 (131,5 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,6 mm.



Obr. 4.9.11. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2016 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Opakovane možno konštatovať, že v najaktívnejšej časti zosuvu (transportačnej a akumulačnej oblasti) nie je možné realizovať merania pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie. Súvisí to s vysokou pohybovou aktivitou svahového pohybu, ktorým došlo k porušeniu inklinometrických pažníc vo vrtoch. V súčasnosti sú podpovrchové deformácie monitorované len v strednej (K-3) a vrchnej (K-5) časti svahu. Namerané hodnoty deformácií v týchto vrtoch môžu však súvisieť aj s inými javmi, než so zosuvným pohybom.

Geodetickými meraniami boli namerané nižšie hodnoty absolútnych posunov ako vlani, resp. jedny z najnižších v rámci dlhšieho obdobia monitoringu. V tejto súvislosti treba však zohľadniť skutočnosť, že meracia etapa trvala len sedem mesiacov. V predchádzajúcich rokoch predstavovali namerané vektory pohybovú aktivitu dlhšieho obdobia, spravidla dvanástich mesiacov. Pri porovnaní relatívnych hodnôt – priemerných rýchlostí posunov, je vidieť, že rýchlosti namerané počas poslednej meracej etapy korešpondujú s rýchlosťami zaznamenanými v predchádzajúcich rokoch.

Pri analýze režimu zmien hĺbky hladiny podzemnej vody uprednostňujeme, vďaka najvyššej hutnosti záznamu, výsledky z automatického hladinomeru, umiestneného vo vrte K-1. Z nameraných údajov je zreteľné, že v roku 2016 pokračoval trend dlhodobého nárastu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. V porovnaní z rokom 2015, počas ktorého tiež došlo v sledovanom vrte k vzostupu priemernej hodnoty, sa v aktuálne hodnotenom roku priemerná hĺbka opäť viac priblížila k úrovni terénu. Výsledky meraní pozorovateľom poukazujú na porovnateľný charakter zmien hĺbky hladiny podzemnej vody s rokom 2015.

Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality (ohrozenie trasy vysokotlakového plynovodu, štátnej cesty a stožiarov VVN) plánujeme i v roku 2017 pokračovať v monitorovacích aktivitách. Prednostne bude pohybová aktivita posudzovaná geodeticky metódou GNSS. Prehodnotená bude možnosť použitia metódy presnej inklinometrie. Jej nasadenie v danej lokalite je podmienené vybudovaním kvalitných monitorovacích objektov. Aktuálnym zostáva posúdenie optimálnych možností sanácie zosuvu (v spolupráci s orgánmi miestnej samosprávy), ktorá môže byť v danom geologickom prostredí pomerne komplikovaná.

1.4.10. 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 akumulačná časť je v kontakte cestnou komunikáciou I. triedy číslo 51. V akumulačnej 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).

Územie zosuvu, ako aj jeho širšie okolie, sú súčasťou štiavnického stratovulkánu, ktorý je charakteristický vývojom diferencovaného intruzívneho komplexu, vznikom kaldery a v závere jej kolapsu za vzniku hrastovej štruktúry (Laurenčík a Sluka, 2015 in Šimeková et al., 2015).

Z inžinierskogeologického hľadiska je významná alterácia hornín, ktorá sa prejavuje degradáciou inžinierskogeologických vlastností. Podľa základnej geologickej mapy v M 1 : 50 000 (Konečný et al., 1998) je širšie územie skúmanej svahovej deformácie budované komplexom pyroxenických a bazických pyroxenických andezitov, pyroklastík a epiklastík a hrubými až blokovými epiklastickými vulkanickými brekciami kyslých andezitov Studenskej formácie. V zosuvnom území sa v podloží nachádzajú siltovo-piesčité tufy s výskytom polôh, resp. úlomkov až balvanov andezitov. Neogénne vulkanity sú prekryté deluviálnymi uloženinami ílov s variabilným podielom úlomkov, resp. ílovito-kamenitými až kamenitými suťami. V okolí potoka Štiavnica sa vyskytujú fluvialne náplavy, v ktorých hlavný podiel majú štrkové sedimenty. Vo východnej časti zosuvu vystupujú antropogénne sedimenty, tvoriace teleso futbalového ihriska.

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 roku 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v roku 2016, sú zhrnuté v tab. 4.10.1.

Tab. 4.10.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Svätý Anton v roku 2016

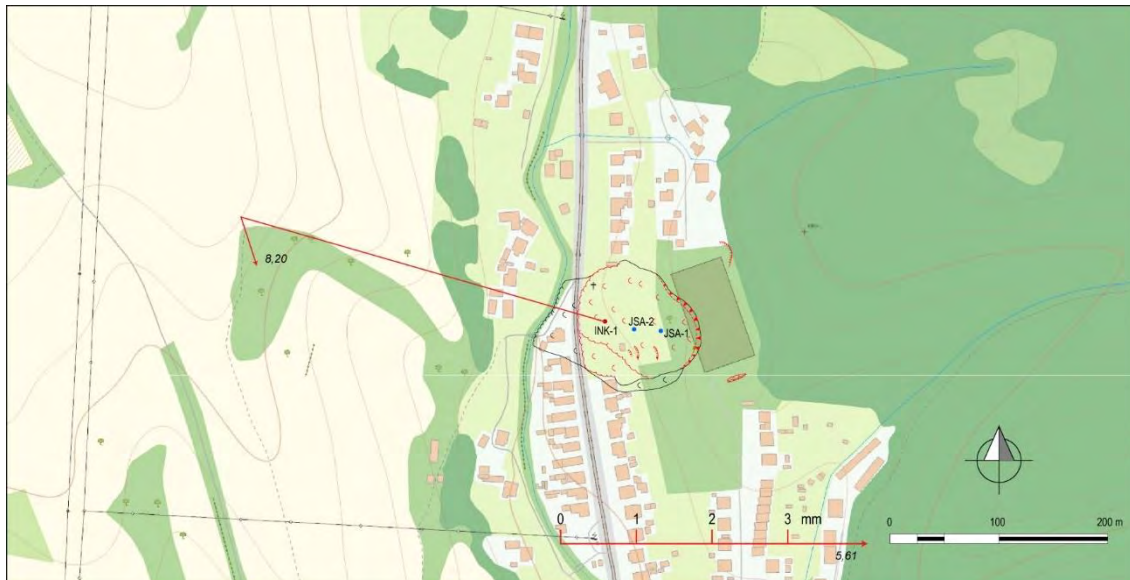
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	Rok 2016
Inklinometrické	1	INK-1	2 (24. máj, 24. október)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Banská Štiavnica (indikatív 40260)	Denné úhrny zrážok

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za rok 2016

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite sa inklinometrické merania vykonávajú v jednom vrte, a to od apríla 2015 (nulté meranie). Celkovo boli na monitorovacom objekte zabezpečené tri etapy meraní; v rámci riešenia úlohy ČMS – GF však len dve (počas roku 2016). Výsledky meraní jednoznačne preukázali hĺbku šmykovej plochy v hĺbke 8,2 m pod terénom. Počas jarnej etapy, ktorá zahŕňa pohybovú aktivitu v období od 11. júna 2015 do 24. mája 2016, bola na šmykovej ploche

nameraná pomerne vysoká deformácia (5 mm; 5,24 mm.rok⁻¹). Následne počas 24. októbra, teda presne o päť mesiacov neskôr, došlo k upokojeniu pohybovej aktivity a etapový prírastok v hĺbke šmykovej plochy predstavoval len 0,63 mm (1,51 mm.rok⁻¹). Celková deformácia v hĺbke šmykovej plochy, sledovaná od 24. apríla 2015 do 24. októbra 2016, dosiahla 4,71 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 3,13 mm.rok⁻¹.

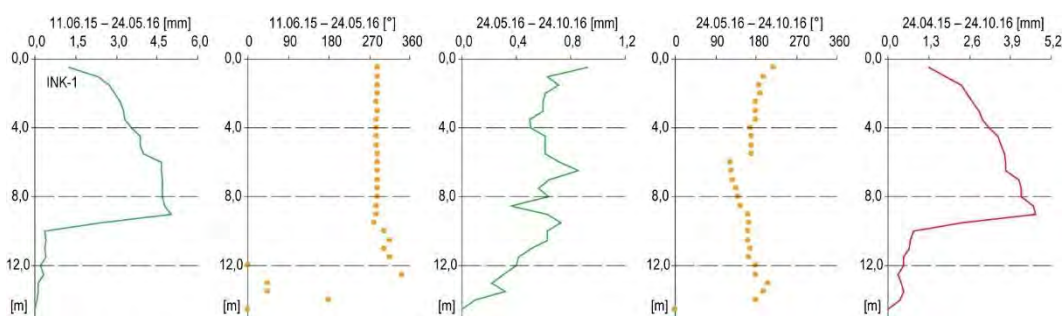


Obr. 4.10.1. Lokalita Svätý Anton – výsledky inklinometrických meraní v roku 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.10.2; číslo zobrazené pri poslednom etapovom vektore označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m; vrty JSA-1 a 2 slúžia na monitorovanie režimových ukazovateľov; mapový podklad: ZBGIS®).

Tab. 4.10.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Svätý Anton v roku 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	11.06.15 – 24.05.16			24.05.16 – 24.10.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INK-1	8,20	4,98	5,00	286	4,71	0,63	162

CD – celková deformácia od nultého merania (24.04.15); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora.



Obr. 4.10.2. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice na lokalite Svätý Anton (vrt INK-1); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.



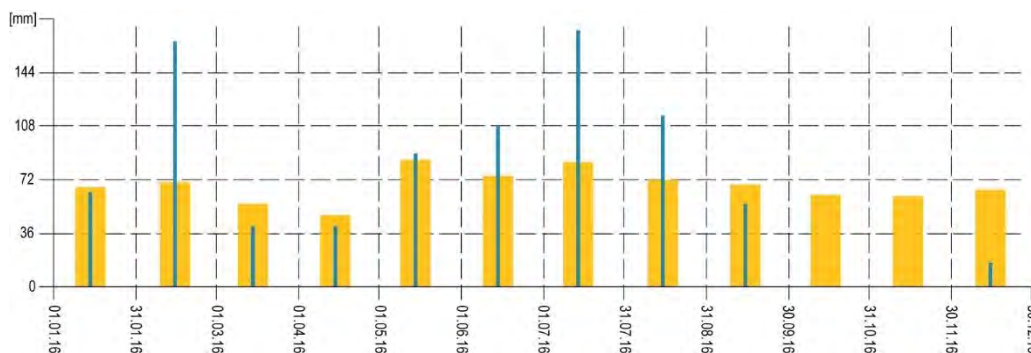
Obr. 4.10.3. Prírastky deformácie namerané na šmykovej ploche metódou presnej inklinometrie na lokalite Svätý Anton v období rokov 2015 a 2016.

Z dlhodobejšieho hľadiska, prezentovaného na obr. 4.10.3 je vidieť, že najvyššie prírastky deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané práve v prvej polovici roku 2016.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informácie o zrážkach sú preberané zo stanice SHMÚ Banská Štiavnica s indikatívom 40260. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od januára 2001 do decembra 2015 predstavuje 813,3 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1295,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 67,8 mm a maximálny mesačný úhrn 339,7 mm (február 2007).

V roku 2016 bol počas mesiacov október a november prerušený záznam údajov o zrážkových úhrnoch. Z tohto dôvodu nie je možné hodnotiť rok ako celok. Počas prvých deviatich mesiacov dosiahol zrážkový úhrn 850,4 mm. Na stanici SHMÚ Banská Štiavnica dosahujú priemerne úhrny v rovnakom období 628,1 mm, teda úhrn za prvých deväť mesiacov roku 2016 predstavuje až 136,0 % dlhodobého priemeru. Najvyšší mesačný úhrn nameraný počas deväťmesačného obdobia (172,5 mm) bol zaznamenaný v júli. Najsuchším mesiacom bol marec s 40,4 mm zrážok (mimo hodnoteného obdobia bol suchší ešte december s 15,9 mm zrážok).



Obr. 4.10.4 Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 40260) v roku 2016 (modrá – mesačné úhrny atmosférických zrážok v roku 2016, oranžová – priemerné mesačné zrážkové úhrny za obdobie rokov 2001 až 2015).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Z výsledkov inklinometrických meraní vyplýva, že vektor deformácie (nameraný v hĺbke šmykovej plochy – 8,20 m pod terénom), ktorý charakterizuje obdobie od 11. júna 2015 do 24. mája 2016 poukazuje na pomerne aktívny stav svahovej deformácie. Táto situácia do určitej miery súvisela s nepriaznivými klimatickými pomermi na začiatku kalendárneho roku. V mesiaci február bol nameraný zrážkový úhrn 165,0 mm, čo v porovnaní s dlhodobým mesačným priemerom predstavuje až 233,6 %. Počas nasledujúceho obdobia sa situácia

zmenila a v októbri bola nameraná deformácia len 0,63 mm. Pravdepodobne výdatné letné zrážky nemali taký vplyv na stabilitu zosuvného svahu.

Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality, ktorá súvisí s ohrozením významnej cestnej komunikácie trasy, plynovodu, vodovodu, elektrického vedenia, ale aj niekoľkých stavebných objektov plánované v roku 2017 pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu ako v roku 2016.

1.4.11. Lokalita Hodruša-Hámre

Stručná charakteristika lokality

Obec Hodruša-Hámre sa nachádza v Banskobystrickom kraji a patrí do okresu Žarnovica. Od okresného mesta je obec vzdialená cca 4 km juhovýchodným smerom. Monitorované zosuvné územie sa nachádza východne od obce a je v priamom kontakte s Dolným Hodrušským jazerom. Záujmové územie leží v kaldere štiavnického stratovulkánu. Bezprostredné okolie vodnej stavby buduje subvulkanický hodruško-štiavnický intruzívny komplex – granodioritový plutón, silty a dajky kremitodioritového a andezitového porfýru, ako aj lávové prúdy pyroxénických a augiticko-hypersténických andezitov. Hydrotermálny systém intrúzií podmienil rozsiahle premeny okolitých hornín – propylitizácia a vznik nesúvislej zóny argilitizácie (illit, kaolinit). Uvedené neovulkanické podložné horniny sú prekryté kvartérnymi deluviálnymi i fluviálnymi uloženinami (ílmi a suťami). Vlastné hrádzové teleso tajchu tvorí násyp z miestnych materiálov – ílovitých a suťových zemín.

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 roku 2016

Monitorovacie merania sa na lokalite vykonávajú od roku 2015, však systematický 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 2016, sú zhrnuté v tab. 4.11.1.

Tab. 4.11.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	Rok 2016
Inklinometrické	2	IP-2, PS-Z1	3 (17. marec, 24. máj, 24. október)
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 rok 2016

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite sa merania vykonávajú v dvoch funkčných vrtoch. Nulté merania boli vo vrtoch zabezpečené v roku 2015. V hodnotenom roku boli realizované tri etapy meraní. Najvyššia pohybová aktivita bola nameraná počas marcovej etapy. V oboch vrtoch boli namerané najvyššie vektory za celé obdobie monitorovania. Vo vrte PS-Z1 bola v hĺbke 5,5 m od ústia pažnice nameraná deformácia 3,0 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 11,78 mm.rok⁻¹. Pomerne vysoká hodnota pohybovej aktivity bola nameraná aj vo vrte IP-2 (v hĺbke 4,0 m od ústia pažnice; 1,70 mm; 6,66 mm.rok⁻¹). Azimuty oboch vektorov boli orientované na severozápad. Počas nasledujúcich dvoch etáp meraní – máj a október

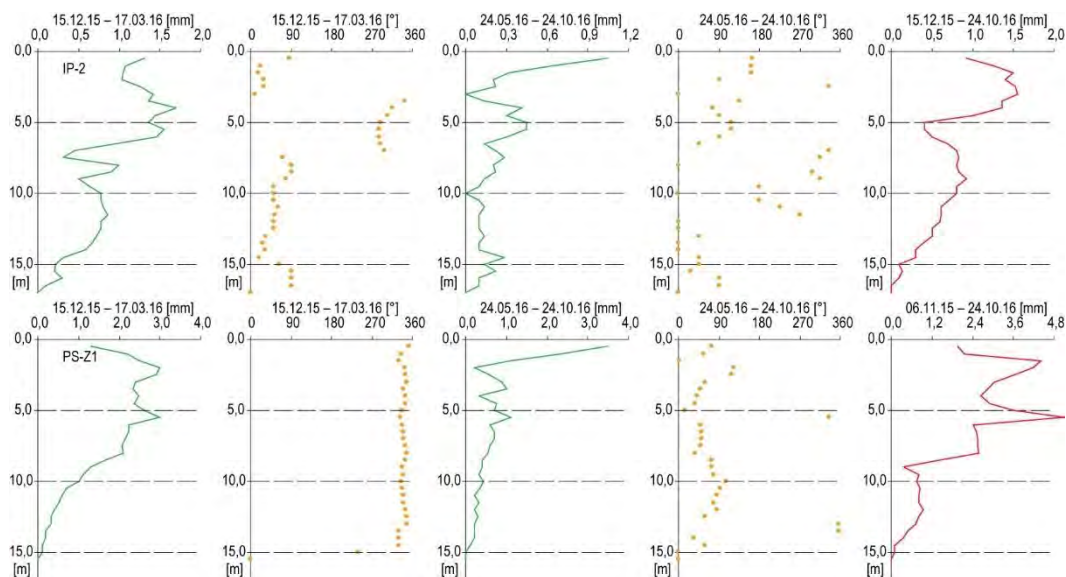


Obr. 4.11.1. Lokalita Hodruša-Hámre – výsledky inklinometrických meraní v roku 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.11.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektorech označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od ústia pažnice v m; mapový podklad: ZBGIS®)

Tab. 4.11.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2016

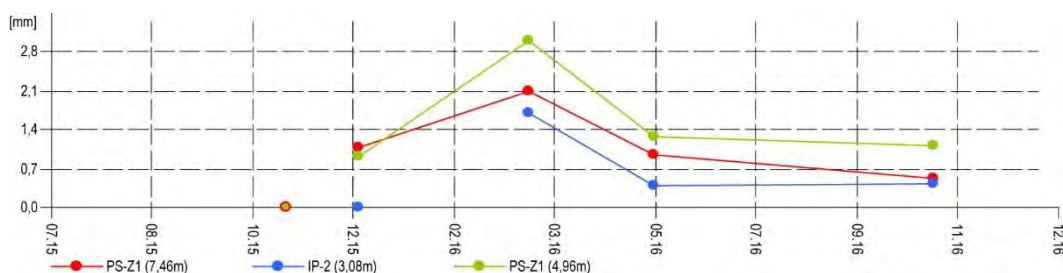
Bod	Hĺbka [m]	15.12.15 – 17.03.16			17.03.16 – 24.05.16			24.05.16 – 24.10.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
IP-2	4,0	1,70	1,70	316	1,44	0,40	91	1,36	0,41	77
IP-2	8,0	1,00	1,00	91	0,61	1,25	300	0,81	0,20	1
IP-2	14,0	0,58	0,58	32	0,20	0,42	226	0,30	0,10	1
PS-Z1	5,5	3,69	3,00	332	4,02	1,26	258	5,11	1,10	335
PS-Z1	8,0	3,00	2,09	347	2,21	0,94	208	2,59	0,54	38
PS-Z1	12,0	1,00	0,41	344	1,12	0,50	240	0,95	0,22	87

CD – celková deformácia od nultého merania (15.12.15 vrt – IP-2; 06.11.15 vrt – PS-Z1); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora; uvádzané hĺbky nameraných vektorov sú merané od ústia pažnice.



Obr. 4.11.2. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Hodruša-Hámre (názov vrtu je uvádzaný v prvom grafe vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

bol v oboch vrtoch sledovaný postupný útlm pohybovej aktivity. Počas májového merania sa pohybová aktivita v sledovaných horizontoch pohybovala v intervale od 0,4 do 1,26 mm. Ešte priaznivejšia stabilitná situácia bola sledovaná počas októbra. Namerané vektory v jednotlivých horizontoch len ojedinele prekračovali 1 mm (tab. 4.11.2).



Obr. 4.11.3. Prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Hodruša-Hámre.

Z pohľadu hodnotenia všetkých monitorovacích meraní v jednotlivých inklinometrických vrtoch (obr. 4.11.3) je možné pozorovať najvyššiu pohybovú aktivitu počas marcového merania v roku 2016. V nasledujúcich etapách bol sledovaný postupný pokles deformácie inklinometrických pažníc.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

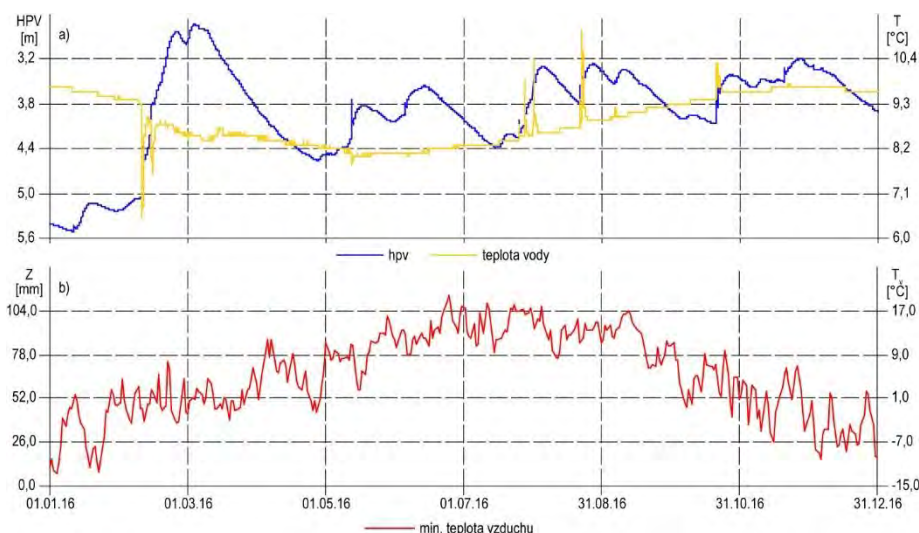
Na lokalite Hodruša-Hámre sú automatickými hladinomerami zabezpečované merania v 1 vrte (PS-H1). Počas hodnoteného roku 2016 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale (hladinomer bol do vrtu inštalovaný v roku 2015, merania boli zahájené 19. novembra – 1015 záznamov; rok 2016: 8784 záznamov).

V roku 2016 sa začalo so systematickým monitorovaním. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 2,73 m pod terénom (527,47 m n. m.; 4. marec; obr. 4.11.4). Minimálna hladina podzemnej vody s hĺbkou 5,51 m (524,69 m n. m.) bola dosiahnutá 10. januára. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 3,89 m pod terénom (526,31 m n. m.). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 2,78 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,06 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,48 m (čo je až 17,27 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Predstavu o vývoji zmien hladiny podzemnej vody počas hodnoteného roka dokresľujú štatistické ukazovatele 1., 2. a 3. kvartilu. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 3,46 m pod terénom, 2. kvartil 3,78 m pod terénom a 3. kvartil 4,21 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,1 °C počas 22. augusta, naopak, najnižšia teplota (6,5 °C) bola zaznamenaná 10. februára. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 8,9 °C.

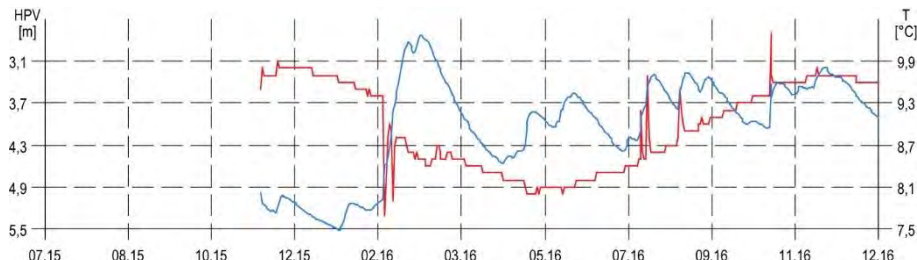
Tab. 4.11.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Hodruša-Hámre v roku 2016

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Mín. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PS-H1	8784	2,73	527,47	04.03.16	5,51	524,69	10.01.16	3,89	526,31	2,78



Obr. 4.11.4. Priebeh zmien úrovně hladiny podzemnej vody (HPV) a jej teploty (T), zaznamenaný v roku 2016 automatickými hladinomeri na lokalite Hodruša-Hámre; a – automatický hladinomer je umiestnený vo vrte PS-H1, b – znázornenie dennej teploty vzduchu (T_v) na zrážkomernej stanici SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 11901)

Hladinomer bol do vrtu osadený v druhej polovici novembra roku 2015. V tomto období boli vo vrte dosahované minimálne hodnoty stavu hladiny podzemnej vody. Tento trend pokračoval do prvej polovice januára. Následne došlo k rapídному vzostupu hladiny podzemnej vody, ktorá stúpala až do začiatku marca. V nasledujúcom jarnom, letnom a jesennom období mala hladina mierne vzostupný trend s pomerne častými zmenami, ktoré je možné pripísať klimatickým pomeroch (nie sú dostupné informácie).



Obr. 4.11.5. Zmeny úrovně hladiny podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomeri na lokalite Hodruša-Hámre. Automatický hladinomer sú umiestnené vo vrte PS-H1.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Pri hodnotení zrážkových úhrnov sa opierame o údaje zo stanice SHMÚ Banská Štiavnica, ktoré sú zhodnotené v podkapitole 4.10 (lokalita Svätý Anton).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Merania metódou prednej inklinometrie priniesli obraz o pohybovej aktivite sledovaného územia, v ktorom v roku 2015 prebehli sanačné práce. Tieto boli zamerané na vybudovanie kotvenej pilótovej steny. Inklinometrické merania v roku 2016 poukázali na postupný útlm pohybovej aktivity. Hladina podzemnej vody v priebehu celého monitorovaného obdobia mala mierne vzostupný charakter.

Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality (ohrozenie vodnej stavby) je i v roku 2017 plánované pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu ako v roku 2016.

1.4.12. 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 2015 a 2016

Na lokalite Slanec-TP sa v rokoch 2015 a 2016 vykonávali len režimové pozorovania. Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.12.1.

Tab. 4.12.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Slanec-TP v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
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	9 (29. január, 18. marec, 29. apríl, 26. máj, 7. júl, 27. júl, 31. august, 5. október, 30. október)	10 (3. február, 2. marec, 30. marec, 28. apríl, 31. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)
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	9 (29. január, 18. marec, 29. apríl, 26. máj, 7. júl, 27. júl, 31. august, 5. október, 30. október)	10 (3. február, 2. marec, 30. marec, 28. apríl, 31. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Slanská Huta (indikatív 51160)	Mesačné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

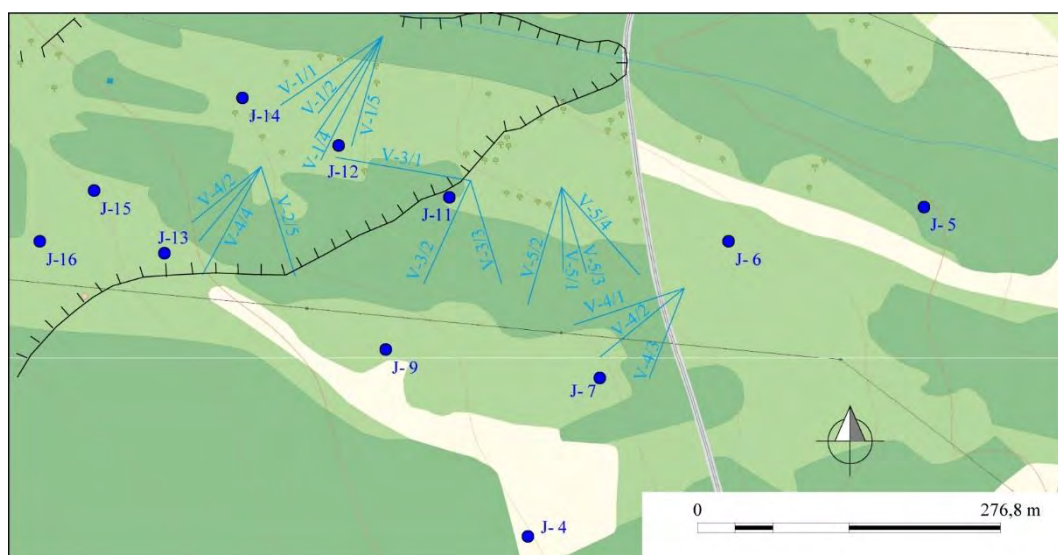
a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Slanec sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 11 vrtoch (tab. 4.12.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.12.2 a 4.12.3). V roku 2015 bolo zabezpečených 11 kontrolných meraní, vykonávaných od 29. januára do 30. októbra. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte J-11 (0,20 m pod terénom; 324,78 m n. m.; 18. marec). V ostatných vrtoch sa maximálne hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale 1,08 (J-13) až 10,82 m pod terénom (J-7). Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala v poslednom spomenutom vrte J-7 (min. hladina podzemnej vody 11,99 m pod terénom bola nameraná dňa 30. októbra). Priemerné ročné

úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 1,41 (J-11) až 11,50 m pod terénom (J-7). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte J-14 (4,13 m). V roku 2015 priemerná hladina podzemnej vody na lokalite Slanec TP dosiahla hĺbku 6,09 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

Tab. 4.12.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2015

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-4	9	4,36	338,14	18.03.15	6,59	335,91	31.08.15	5,70	336,80	2,23
J-5	9	7,88	294,91	18.03.15	8,85	293,94	29.04.15	8,51	294,28	0,97
J-6	9	9,01	306,31	18.03.15	10,75	304,57	30.10.15	9,93	305,39	1,74
J-7	9	10,82	323,83	18.03.15	11,99	322,66	30.10.15	11,50	323,15	1,17
J-9	9	8,45	337,43	18.03.15	9,77	336,11	30.10.15	9,15	336,73	1,32
J-11	9	0,20	324,78	18.03.15	2,46	322,52	31.08.15	1,41	323,57	2,26
J-12	9	3,51	332,10	29.01.15	5,32	330,29	30.10.15	4,28	331,33	1,81
J-13	9	1,08	351,71	29.01.15	2,59	350,20	05.10.15	1,87	350,92	1,51
J-14	9	1,14	338,55	29.01.15	5,27	334,42	05.10.15	3,67	336,02	4,13
J-15	9	6,70	354,43	29.04.15	8,38	352,75	05.10.15	7,63	353,50	1,68
J-16	9	1,71	356,58	18.03.15	3,96	354,33	05.10.15	3,34	354,95	2,25



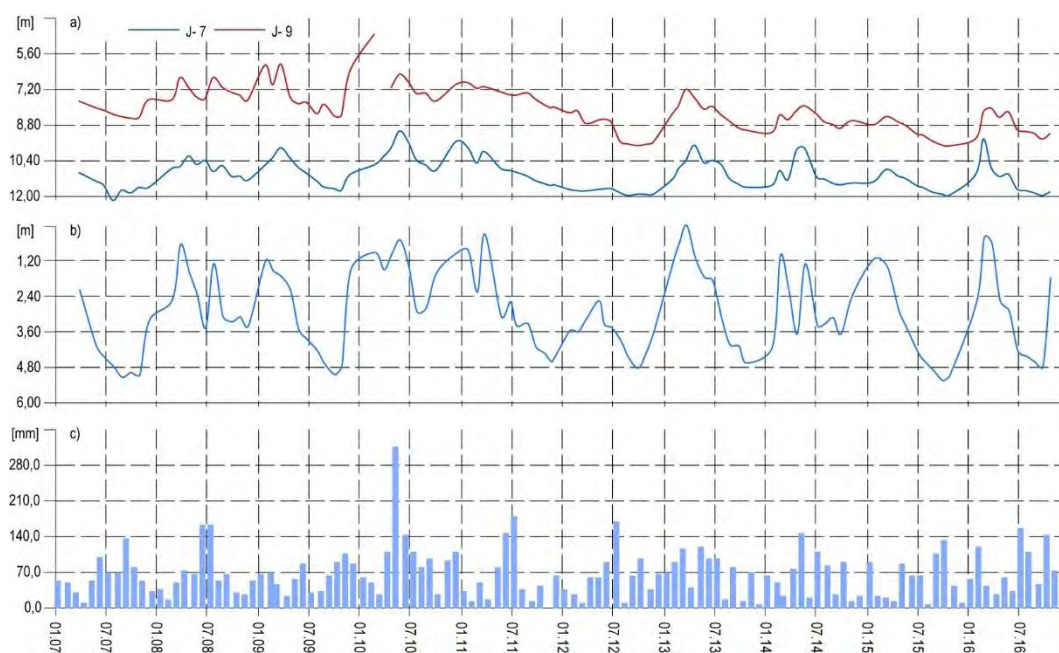
Obr. 4.12.1. Lokalita Slanec-TP – situácia sanačných a monitorovacích objektov (odvodňovacie a piezometrické vrty; mapový podklad: ZBGIS®).

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach v 11 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní (3. február – 27. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte J-11 (na úrovni terénu – preliv cez pažnicu vrtu; 324,98 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 2. marca. Nad terén vystúpila hladina podzemnej vody však až 2 vrtoch (aj vo vrte J-16 v rovnakom termíne ako vo vrte J-11). Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,00 až 9,46 m pod terénom (J-7). Vyskytovali sa od 2. marca (napr. vrt J-4) do 30. marca (napr. vrt J-5). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte J-7 (min. hladina podzemnej vody 11,99 m pod terénom bola nameraná dňa 29. septembra). Minimálne hladiny podzemnej vody sa vyskytovali prevažne 29. septembra, ojedinele však i 3. februára. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 5,73 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,36 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,95 (vrt J-11) do 11,26 m pod terénom (vrt J-7). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo, podobne ako vlani, pozorované vo vrte

J-14 (4,41 m). Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.12.2.

Tab. 4.12.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2016

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-4	10	3,76	338,74	02.03.16	6,52	335,98	29.09.16	5,43	337,07	2,76
J-5	10	7,67	295,12	30.03.16	8,83	293,96	03.02.16	8,26	294,53	1,16
J-6	10	8,57	306,75	30.03.16	10,73	304,59	03.02.16	9,77	305,55	2,16
J-7	10	9,46	325,19	02.03.16	11,99	322,66	29.09.16	11,26	323,39	2,53
J-9	10	8,08	337,80	30.03.16	9,46	336,42	29.09.16	8,85	337,03	1,38
J-11	10	0,00	324,98	02.03.16	2,33	322,65	29.09.16	0,95	324,03	2,33
J-12	10	2,51	333,10	02.03.16	4,75	330,86	03.02.16	4,01	331,60	2,24
J-13	10	0,50	352,29	02.03.16	2,37	350,42	29.09.16	1,53	351,26	1,87
J-14	10	0,40	339,29	02.03.16	4,81	334,88	29.09.16	2,90	336,79	4,41
J-15	10	6,34	354,79	02.03.16	8,08	353,05	29.09.16	7,38	353,75	1,74
J-16	10	0,00	358,29	02.03.16	3,88	354,41	29.09.16	2,74	355,56	3,88



Obr. 4.12.2. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2007 – 2016) z vybraných vrtov na lokalite Slanec-TP. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtach: a – J-7(modrá) a J-9 (červená), b – J-14; c – mesačné úhrny zrážok v mm zo stanice SHMÚ Slanská Huta (indikatív 51160).

Z dlhodobého hľadiska (v období 2007 až 2016 – obr. 4.12.2) boli najvyššie namerané hladiny podzemnej vody – na úrovni terénu – vo vrtach 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 vrtach J-5 (ojedinele), J-6 (pomerne často) a J-7 (pravidelne, priemerná hladina za posledných desať rokov dosahuje 11,08 m pod terénom).

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Slanec je pozorovaných 20 odvodňovacích zariadení, ktoré sú rozdelené do piatich stanovišť (tab. 4.12.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je

v tab. 4.12.4 a 4.12.5). Počas hodnotených rokov bolo 2. a 4. stanovište značnú časť monitorovaného obdobia zaplavené vodou.

Počas roka 2015 bolo zabezpečených 8 kontrolných meraní (29. január – 5. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 7. júla na odvodňovacom vrte V2/4 (2,25 l.min⁻¹) počas mierneho poklesu hladín podzemnej vody, ktoré sa v tomto termíne prejavilo skoro vo všetkých vrtoch. Podobne, počas júlového termínu sa maximálne prietoky vyskytovali i vo vrtoch V3/2, V3/1, V2/1, V2/3, V1/2. Druhým termínom, počas ktorého boli namerané maximálne stavy na väčšom počte vrtoch, bol 31. august (vrty: V5/3, V5/4, V5/1, V1/5, V2/2, V3/3). Maximálna sumárna výdatnosť zo všetkých monitorovaných odvodňovacích zariadení bola nameraná 29. apríla. Minimálna nameraná výdatnosť bola zaznamenaná vo vrtoch V3/2, V5/2, V1/2 a V5/1 (na úrovni kvapkania – 29. január). Vrty V1/1, V1/5, V2/1, V2/5, V3/1, V3/3, V4/1, V4/2, V5/3, V5/4 boli minimálne počas jedného merania suché. Minimálna sumárna výdatnosť bola zaznamenaná 5. októbra (0,29 l.min⁻¹). Maximálne kolísanie výdatnosti bolo zaznamenané vo vrte V3/3 (1,14 l.min⁻¹). Celkovo bolo suchých 10 vrtoch (nulová výdatnosť minimálne počas jedného termínu merania). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu 4,48 l.min⁻¹. Najvyššia priemerná výdatnosť bola zaznamenaná na odvodňovacom objekte V2/4 (1,14 l.min⁻¹).

V roku 2016 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 3. februára do 27. októbra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 2. marca na odvodňovacom vrte V5/2 (6,24 l.min⁻¹). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť – na úrovni kvapkania – nameraná 31. mája a priemerná výdatnosť v tomto vrte dosiahla 0,74 l.min⁻¹.

Viacero vrtoch bolo počas monitorovaného obdobia suchých, prípadne bolo zaznamenané len kvapkanie. Ide o vrty V1/1, V2/5, V3/1, V5/3 a V5/4. Minimálne priemerné výdatnosti boli namerané vo vrte V1/1 a V2/5 (v intervale od 0,01 do 0,08 l.min⁻¹). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 9,54 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2015 viac ako dvojnásobok. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte V5/2 (6,24 l.min⁻¹). Priebehy množstva odvádzanej vody z vybratých odvodňovacích zariadení sú znázornené na obr. 4.12.4.

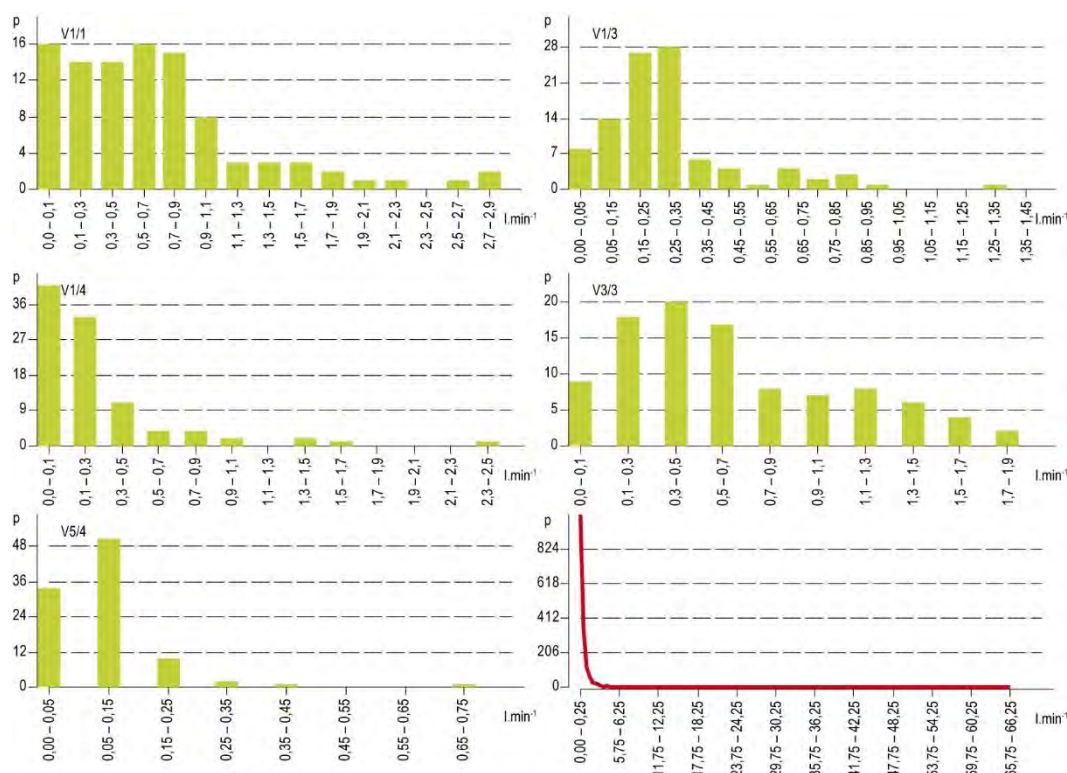
Tab. 4.12.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2015

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	8	0,12	29.04.15	0,00	18.03.15	0,03	0,12
V1/2	8	0,23	24.07.15	0,01	31.08.15	0,09	0,22
V1/3	8	0,46	05.10.15	0,11	29.01.15	0,26	0,35
V1/4	8	0,42	05.10.15	0,04	18.03.15	0,18	0,38
V1/5	8	0,47	31.08.15	0,00	29.04.15	0,16	0,47
V2/1	8	1,00	07.07.15	0,00	31.08.15	Ústia odvodňovacích vrtoch sa minimálne počas jedného merania nachádzali pod hladinou vody	
V2/2	8	0,65	31.08.15	0,01	18.03.15		
V2/3	8	1,50	07.07.15	0,10	24.07.15		
V2/4	8	2,25	07.07.15	0,45	26.05.15		
V2/5	8	0,01	26.05.15	0,00	18.03.15		
V3/1	8	0,80	07.07.15	0,00	26.05.15	0,27	0,80
V3/2	8	0,58	07.07.15	0,01	29.01.15	0,18	0,57
V3/3	8	1,14	31.08.15	0,00	18.03.15	0,49	1,14
V4/1	8	0,00	18.03.15	0,00	18.03.15	Ústia odvodňovacích vrtoch sa minimálne počas šiestich meraní nachádzali pod hladinou vody	
V4/2	8	0,00	29.04.15	0,00	29.04.15		
V4/3	8	0,27	18.03.15	0,25	29.04.15		
V5/1	8	0,23	31.08.15	0,01	18.03.15	0,11	0,22
V5/2	8	0,08	18.03.15	0,01	29.01.15	0,02	0,07
V5/3	8	0,01	31.08.15	0,00	29.01.15	0,01	0,01
V5/4	8	0,18	31.08.15	0,00	29.01.15	0,07	0,18

Tab. 4.12.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2016

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	9	0,26	27.10.16	0,00	31.05.16	0,08	0,26
V1/2	9	0,75	27.10.16	0,03	03.08.16	0,29	0,72
V1/3	9	0,32	02.03.16	0,10	03.08.16	0,20	0,22
V1/4	9	1,03	02.03.16	0,03	03.08.16	0,20	1,00
V1/5	9	0,48	27.10.16	0,00	30.03.16	0,14	0,48
V2/1	9	6,00	30.03.16	0,30	03.02.16	Ústia odvodňovacích vrtov sa minimálne počas troch meraní nachádzali pod hladinou vody	
V2/2	9	2,01	30.03.16	0,00	01.07.16		
V2/3	9	0,50	30.03.16	0,20	03.02.16		
V2/4	9	4,00	30.03.16	0,06	01.07.16		
V2/5	9	0,04	30.03.16	0,00	03.02.16		
V3/1	9	1,54	02.03.16	0,00	29.09.16	0,59	1,54
V3/2	9	3,87	02.03.16	0,00	01.07.16	0,64	3,87
V3/3	9	1,02	28.04.16	0,00	01.07.16	0,44	1,02
V4/1	9	Ústia odvodňovacích vrtov sa nachádzali pod hladinou vody					
V4/2	9						
V4/3	9						
V5/1	9	3,45	02.03.16	0,00	03.08.16	0,47	3,45
V5/2	9	6,24	02.03.16	0,00	31.05.16	0,74	6,24
V5/3	9	2,64	02.03.16	0,00	29.09.16	0,30	2,64
V5/4	9	0,66	02.03.16	0,00	03.08.16	0,13	0,66
V1/1	9	0,26	27.10.16	0,00	31.05.16	0,08	0,26

Pri hodnotení posledného desaťročia boli najvyššie výdatnosti namerané v rokoch 2010 (V2/1 – 31. marca – 66,0 l.min⁻¹; V1/2 – 25. februára – 60,0 l.min⁻¹) a 2011 (V2/1 – 29. marca 65,0 l.min⁻¹).



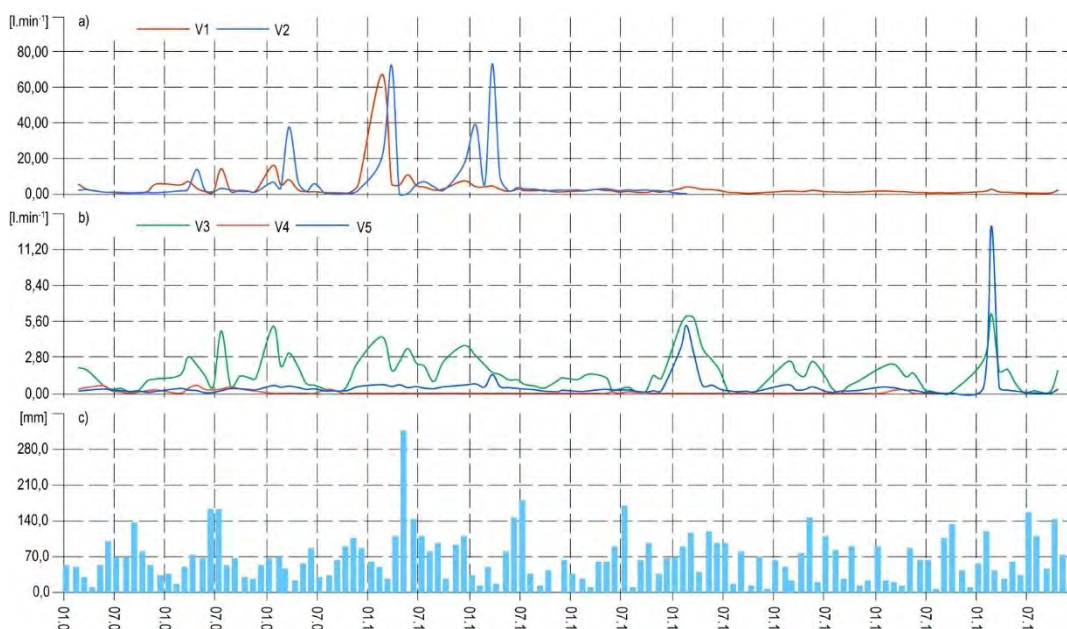
Obr. 4.12.3. Štatistické zhodnotenie výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP. Analyzované obdobie: január 2007 – október 2016; p – početnosť, zelená – výdatnosti vo vybraných vrtov (označenie vrtov je uvedené v grafoch), červená – výdatnosti zaznamenané na všetkých odvodňovacích zariadeniach v rámci lokality.

V skupinách vrtov V3 a V5 boli najvýznamnejšie hodnoty výdatnosti namerané počas roku 2013. V skupinách vrtov V1 a V2 došlo po roku 2011 k ustáleniu výdatnosti. V skupine vrtov V3 je v hodnotenom desaťročí pozorovaná pomerne premenlivá výdatnosť. Jej zmeny

boli do značnej miery ovplyvnené cyklickým striedaním ročných období, pričom však nie je možné maximálne stavy výdatnosti jednoznačne priradiť k obdobiam jarného topenia sa snehovej pokrývky (hlbšiu analýzu kolísania výdatnosti odvodňovacích zariadení v tejto skupine vrtov by bolo možné urobiť len na základe údajov s vyššou frekvenciou meraní). Dlhodobo najnižšie výdatnosti sú pozorované vo vrtoch označených V4.

Ak hodnotíme jednotlivé odvodňovacie vrty vidíme, že v poslednom desaťročí prevládajú výdatnosti do $1,0 \text{ l.min}^{-1}$. Podobne je to i v súbore nameraných výdatností v rámci celej lokality. Počas monitorovaného obdobia boli na jednotlivých odvodňovacích zariadeniach pozorované prevažne prietoky v rozsahu 0,0 až $0,25 \text{ l.min}^{-1}$ (obr. 4.12.3). V rámci skupín odvodňovacích vrtov sa najefektívnejšie prejavujú vrty označené ako V2, ktorých priemerná výdatnosť za poslednú dekádu dosahuje $1,18 \text{ l.min}^{-1}$. O niečo nižšia priemerná výdatnosť bola nameraná v skupinách vrtov V1 ($0,59 \text{ l.min}^{-1}$) a V3 ($0,52 \text{ l.min}^{-1}$).

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, dochádza k znižovaniu účinnosti hĺbkového odvodnenia.



Obr. 4.12.4. Výsledky spracovania režimových pozorovaní (2007 – 2016) výdatnosti z odvodňovacích vrtov na lokalite Slanec-TP; a – spoločná výdatnosť odvodňovacích zariadení V1 a V2, b – spoločná výdatnosť odvodňovacích zariadení V3, V4 a V5, c – znázornenie mesačných zrážkových úhrnov v mm zo stanice SHMÚ Slanská Huta (indikatív 51160).

c/ Merania zrážkových úhrnov

Dlhodobý zrážkový priemer za obdobie od 1.1.2001 do 31.12.2014 na stanici SHMÚ v Slanskej Hute (indikatív 51160) je 766,0 mm. V roku 2015 bol ročný zrážkový úhrn 640,4 mm, čo predstavuje 83,6 % dlhodobého zrážkového priemeru (suchý rok). V roku 2016 bol ročný zrážkový úhrn 864,1 mm (112,81 % dlhodobého zrážkového úhrnu), čo charakterizuje vlhký rok.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite sú sledované len zmeny režimových ukazovateľov. Na základe získaných údajov z roku 2016 a po ich zhodnotení je možné konštatovať, že v porovnaní s rokom 2015 bol nameraný mierny vzostup hladiny podzemnej vody a výrazný nárast prietoku odvádzanej

podzemnej vody pomocou odvodňovacích zariadení. V roku 2016 boli pozorované i výrazne vyššie úhrny zrážok, a to až o 223,7 mm. Z uvedených výsledkov vyplýva, že odvodňovacie zariadenia efektívne eliminovali zrážkový prebytok.

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 2017 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2016.

1.4.13. 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 prieskumných a sanačných prác bolo vybudovanie siete monitorovacích objektov, na ktorej sa monitoring uskutočňuje prakticky od začiatku prieskumných prác (jar 1995). Detailnejšie informácie o monitorovanej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu Jadroň et al. (1998), ako aj správ z predošlých rokov (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016 na lokalite Dolná Mičiná, sú zhrnuté v tab. 4.13.1.

Tab. 4.13.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Dolná Mičiná v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
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 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

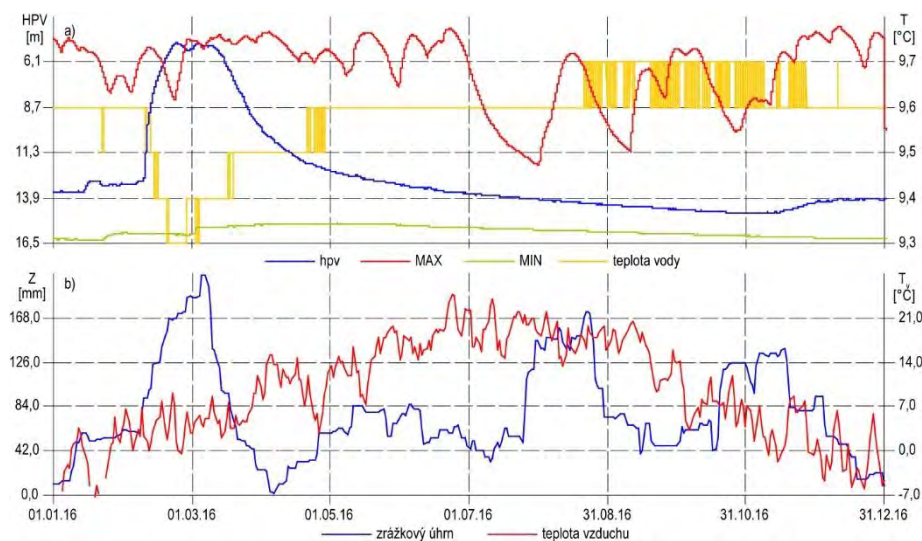
a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Dolná Mičiná sú automatickými hladinomerami zabezpečované merania v 1 vrte (JM-6). Počas hodnotených rokov 2015 a 2016 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale (rok 2015: 8760 záznamov; rok 2016: 8784 záznamov).

V roku 2015 bola maximálna hladina podzemnej vody (4,93 m pod terénom; 407,96 m n. m.) nameraná 10. apríla. Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody klesla (do hĺbky 14,28 m pod terénom; 398,61 m n. m.) počas 18. novembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 11,68 m pod terénom (401,21 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 9,35 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla v roku 2015 až 0,18 m (čo však činí len 1,93 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe kolísania hladiny podzemnej vody, sledovanej počas roku 2015, dosiahla 0,11 m.deň⁻¹. Znamená to, že hladina podzemnej vody má pomerne dynamický charakter. Predstavu o vývoji zmien hladiny podzemnej vody počas hodnoteného roka dokresľujú štatistické ukazovatele 1., 2. a 3. kvartilu. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 10,16 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 12,66 m pod terénom a 3. kvartil 13,78 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody bola meraná v rovnakých intervaloch ako jej hĺbka. Jej maximálna hodnota 9,6 °C bola nameraná 22. júna. Najnižšia teplota s hodnotou 9,2 °C bola

zaznamenaná 27. februára. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota hodnotu 9,5 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas hodnoteného roka dosiahla len 0,4 °C.



Obr. 4.13.1. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T) spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, zaznamenaný automatickým hladinomerom na lokalite Dolná Mičiná. a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte JM-6 (červená – dlhodobé maximálne stavy hladiny podzemnej vody; zelená – dlhodobé minimálne stavy hladiny podzemnej vody; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016; žltá – teplota podzemnej vody v roku 2016; b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (Z ; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a teploty vzduchu (T_v), na zrážkomernej stanici SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300).

V roku 2016 sa pokračovalo v rovnakom režime ako v predchádzajúcom roku. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 4,97 m pod terénom (407,92 m n. m.; 23. február), čo je prakticky totožná hĺbka ako v predchádzajúcom roku. Približne na tejto úrovni sa hladina podzemnej vody udržala do prvej polovice marca. Následne došlo k jej výraznému zostupu. Od mája do konca októbra pokračoval pokles hladiny podzemnej vody, ale jeho charakter sa zásadne zmenil (obr. 4.13.1). V tomto období boli v území zaznamenané viaceré významnejšie zrážkové udalosti, avšak na priebeh hladiny podzemnej vody nemali žiadny dosah. Je možné predpokladať, že dopadnuté zrážkové vody boli v plnom rozsahu „spotrebované“ pri evapotranspirácii a povrchovom (podpovrchovom) odtoku. Minimálna hladina podzemnej vody s hĺbkou 14,80 m (398,09 m n. m.) bola dosiahnutá 3. novembra (oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,52 m). Následne, vplyvom jesenných výdatných zrážok došlo k miernemu vzostupu hladiny podzemnej vody. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 12,66 m pod terénom (400,23 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,98 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 9,83 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,08 m za deň, čím bola opätovne potvrdená dynamika hladiny podzemnej vody z predošlého obdobia. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,19 m (1,93 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 12,61 m pod terénom, 2. kvartil 13,65 m pod terénom a 3. kvartil 14,26 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 9,7 °C počas 21. augusta, naopak, najnižšia teplota (9,4 °C) bola zaznamenaná 20. apríla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,0 °C.

Tab. 4.13.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Dolná Mičina v roku 2015

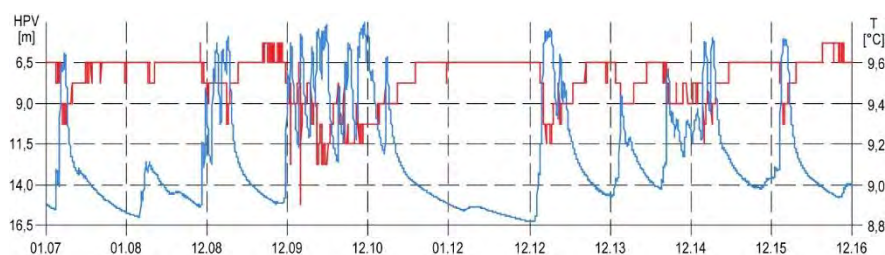
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JM-6	8760	4,93	407,96	10.04.15	14,28	398,61	18.11.15	11,68	401,21	9,35

Tab. 4.13.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Dolná Mičina v roku 2016

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JM-6	8784	4,97	407,92	23.02.16	14,80	398,09	03.11.16	12,66	400,23	9,83

Pri hodnotení posledného desaťročia je možné sledovať pravidelný cyklus zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, ktorý odráža sezónne zmeny. Jej vzostup súvisel prevažne s jarným obdobím topenia snehovej pokrývky, kedy boli dosahované maximálne úrovne. Naopak, na konci jesene, prípadne na začiatku zimného obdobia, boli zvyčajne namerané minimálne úrovne. Výnimkou je rok 2010, kedy hladina podzemnej vody vplyvom mimoriadne intenzívnych zrážok stúpila niekoľkokrát za rok.

Maximálna hladina bola vo vrte zaznamenaná 12. decembra 2010 s hĺbkou 4,02 m pod terénom (obr. 4.13.2). Ide o najvyššiu úroveň hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia. Opačným príkladom je rok 2012, ktorý je možné vyhodnotiť ako najsuchší – s najnižšou priemernou úrovňou hladiny podzemnej vody. Na konci zimného a začiatku jarného kvartálu tohto roku bol zaznamenaný mierny vzostup hladiny podzemnej vody, avšak zvyšná časť roka mala zostupný trend. Najnižšia hladina podzemnej vody bola dosiahnutá 13. januára v roku 2013.

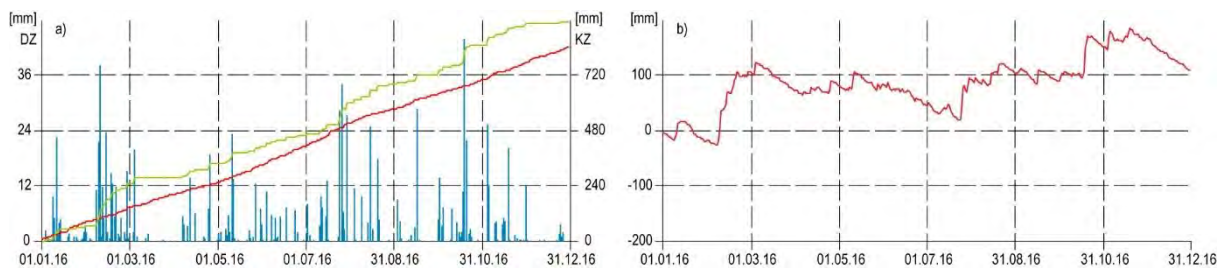


Obr. 4.13.2. Dlhodobé (2007 – 2016) zmeny úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom, umiestneným vo vrte JM-6 na lokalite Dolná Mičina; modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty podzemnej vody.

d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Banská Bystrica s indikativom 34300. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2000 do 31. decembra 2015 predstavuje 854,38 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1289,5 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 71,20 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.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 949,5 mm, čo zodpovedá 111,13 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok (obr. 4.13.3). V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas februára (184,4 mm) a najvyšší denný úhrn 20. októbra (43,7 mm). Najsuchším mesiacom bol december s 21,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 7. februára do 8. marca (209,0 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, sumárny zrážkový úhrn dosiahol 1,9 mm.



Obr. 4.13.3. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2016, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2016, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2000 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Zo zabezpečených meraní v roku 2016 máme obraz len o vývoji hlavného zosuvotvorného faktora – hĺbke hladiny podzemnej vody. Automatický hladinomer umiestnený vo vrte JM-6 dlhodobo podáva spoľahlivé informácie o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody. Z režimových údajov nameraných v roku 2016, ale aj z údajov získaných zo stanice SHMÚ v Banskej Bystrici (s indikatívom 34300) je možné pozorovať, že v jarňých mesiacoch došlo k zhoršeniu stabilitných pomerov. Tento stav súvisí so zvýšenými úhrnmi zrážok. Naopak, v letnom a jesennom období sa hladina podzemnej vody nachádzala pomerne hlboko pod terénom, a to i napriek výdatným zrážkovým úhrnom v letnom období.

V roku 2017, vzhľadom na súčasný stav monitorovacej siete, plánujeme pokračovať v zbere a analýze údajov z automatického hladinomera, situovaného vo vrte JM-6 a klimatických ukazovateľov zo stanice SHMÚ Banská Bystrica.

1.4.14. Lokalita Prešov-Pod Wilec Hôrkou

Stručná charakteristika lokality

Zosuv sa nachádza v južnej časti mesta Prešov. Ohrozuje viacero rodinných domov a niekoľko záhradných parciel so záhradnými domami. Monitorovacia sieť pozostáva zo štyroch piezometrických a štyroch inklinometrických vrtov, ktoré sú situované do profilu v južnej časti svahovej poruchy. Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Tupý et al., 2010a).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní sú zamerané na sledovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie a režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody. Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.14.1.

Tab. 4.14.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	4	JV-1A, JV-2A, JV-3A, JV-4A	3 (7. máj, 31. august, 9. november)	3 (5. apríl, 19. august, 13. december)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	4	JV-1, JV-2, JV-3, JV-4	9 (29. január, 30. marec, 28. apríl, 25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 25. september, 21. október)	10 (2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)
	1	JV-3* – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prešov-planetárium (indikatív 59160)	Denné úhrny zrážok	

* – automatické monitorovacie zariadenie bolo do vrtu inštalované 10. novembra 2016

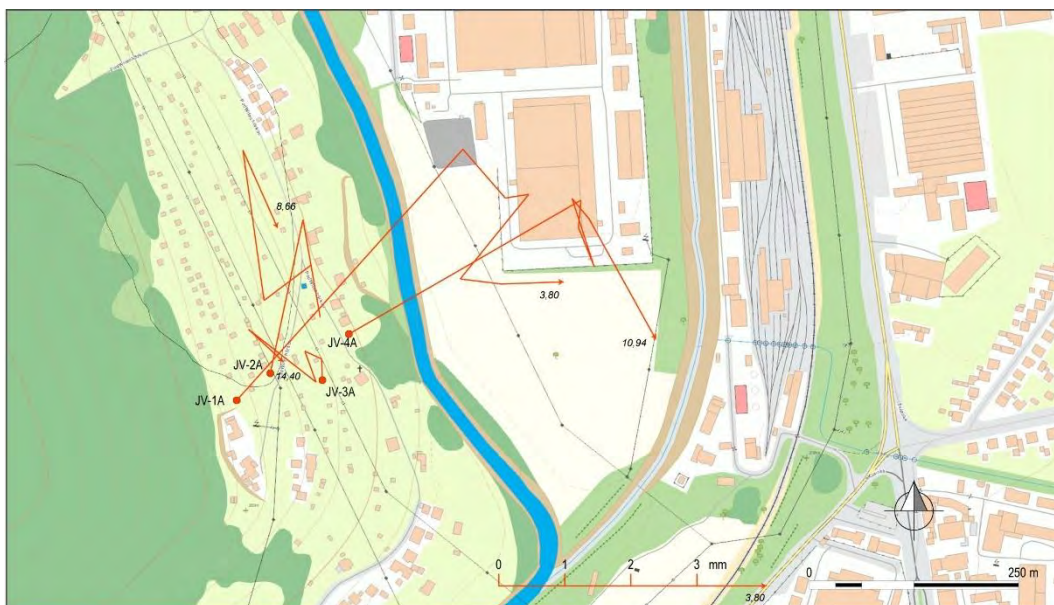
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite realizujú v štyroch inklinometrických vrtoch (JV-1A, 2A, 3A a 4A – obr. 4.14.1). V roku 2015 boli zabezpečené tri etapy meraní (jar, leto a jeseň). Počas prvej etapy, ktorá trvala od decembra do mája, boli najvýznamnejšie prírastky deformácie namerané vo vrte JV-1A v sledovanej hĺbke 9,80 m pod terénom (5,1 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 12,09 mm.rok⁻¹). O niečo nižší prírastok deformácie bol pozorovaný vo vrte JV-4A v hĺbke 10,94 m pod terénom (4,06 mm; 9,63 mm.rok⁻¹). Vo vrtach JV-2A a JV-3A sa na sledovaných šmykových plochách pohybovali veľkosti prírastkov etapových deformácií v rozsahu 0,32 až 2,38 mm. Zaznamenané vektory boli orientované na sever až severovýchod.

Počas druhej a tretej etapy došlo k celkovému poklesu pohybovej aktivity. Maximálne prírastky etapových deformácií v jednotlivých sledovaných horizontoch nepresiahli 2 mm

(max. dosiahnutá priemerná rýchlosť bola $5,67 \text{ mm.rok}^{-1}$ – JV-1A v hĺbke 9,80). Došlo i k zmene azimutov vektorov. Prevládajúcim smerom bol juhovýchod, resp. juh (najmä počas druhej etapy meraní).



Obr. 4.14.1. Lokalita Prešov-Pod Wilec Hôrka – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.14.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.14.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrka v rokoch 2015 a 2016

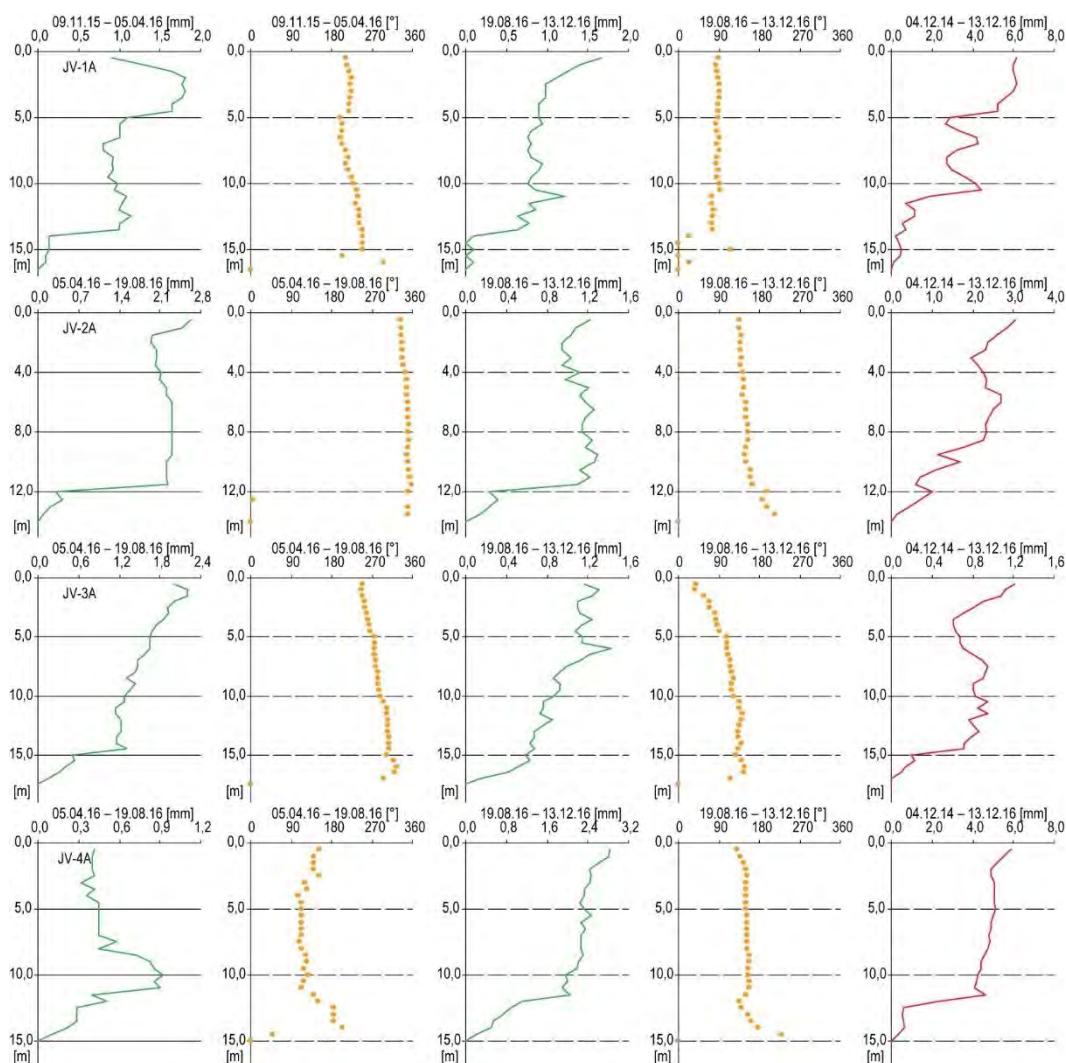
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	04.12.14 – 07.05.15			07.05.15 – 31.08.15			31.08.15 – 09.11.15		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
JV-1A	3,80	5,12	5,12	42	5,10	0,98	139	5,42	0,36	81
JV-1A	9,80	5,10	5,10	9	4,31	1,80	134	4,60	0,42	340
JV-1A	12,80	1,22	1,22	350	0,94	0,28	160	0,94	0,00	0
JV-2A	8,66	2,38	2,38	12	1,14	1,50	170	1,75	0,80	350
JV-2A	9,66	1,17	1,17	10	0,85	1,46	154	0,72	0,73	334
JV-2A	11,66	0,85	0,85	35	0,81	1,32	179	0,54	0,51	1
JV-3A	14,40	0,32	0,32	358	0,51	0,28	295	0,32	0,20	160
JV-4A	10,94	4,06	4,06	60	3,83	0,42	185	3,85	0,63	158

V roku 2016 sa pokračovalo v rovnakom režime, teda merania pohybovej aktivity boli zabezpečené počas jari, leta a na konci jesenného obdobia. Na rozdiel od predchádzajúceho roka boli v hodnotenom období namerané celkovo nižšie hodnoty vektorov deformácie. Najvyššie hodnoty boli dosiahnuté v letnom období vo vrte JV-2A, a to vo všetkých sledovaných horizontoch. V hĺbke 11,66 m pod terénom sa začal zreteľne rysovať priebeh šmykovej plochy (obr. 4.14.2). Počas obdobia od začiatku apríla do druhej polovice augusta došlo v tomto horizonte k deformácii 2,22 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $5,96 \text{ mm.rok}^{-1}$. Počas jesenného merania bola v opisovanom horizonte nameraná deformácia 1,1 mm ($3,48 \text{ mm.rok}^{-1}$). Výsledná dlhodobá deformácia za obdobie od 4. decembra 2014 do 13. decembra 2016 dosiahla však len 0,61 mm, a teda i výsledná priemerná rýchlosť deformácie je len $0,30 \text{ mm.rok}^{-1}$. Spôsobené je to tým, že počas jednotlivých etapových meraní boli azimuty vektorov výrazne protichodné. I počas roka 2016 sa azimuty menili od juhozápadu cez sever až na juho-juhovýchod. Táto skutočnosť vnáša istú neistotu do interpretácie nameraných výsledkov.

Pokračovanie tab. 4.14.2.

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	09.11.15 – 05.04.16			05.04.16 – 19.08.16			19.08.16 – 13.12.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
JV-1A	3,80	3,86	1,65	219	4,39	0,63	97	5,23	0,89	88
JV-1A	9,80	3,83	0,94	237	4,00	0,63	97	4,39	0,85	94
JV-1A	12,80	1,20	0,99	250	1,00	0,20	115	0,71	0,64	76
JV-2A	8,66	1,10	0,89	233	3,41	2,30	352	2,26	1,24	156
JV-2A	9,66	0,10	0,81	230	2,31	2,30	348	1,14	1,30	147
JV-2A	11,66	0,58	0,85	239	1,70	2,22	358	0,61	1,10	165
JV-3A	14,40	0,10	0,30	160	1,36	1,30	308	0,71	0,67	133
JV-4A	10,94	3,95	1,08	342	4,03	0,40	140	4,61	2,04	151

CD – celková deformácia od nultého merania (04.12.14); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora.



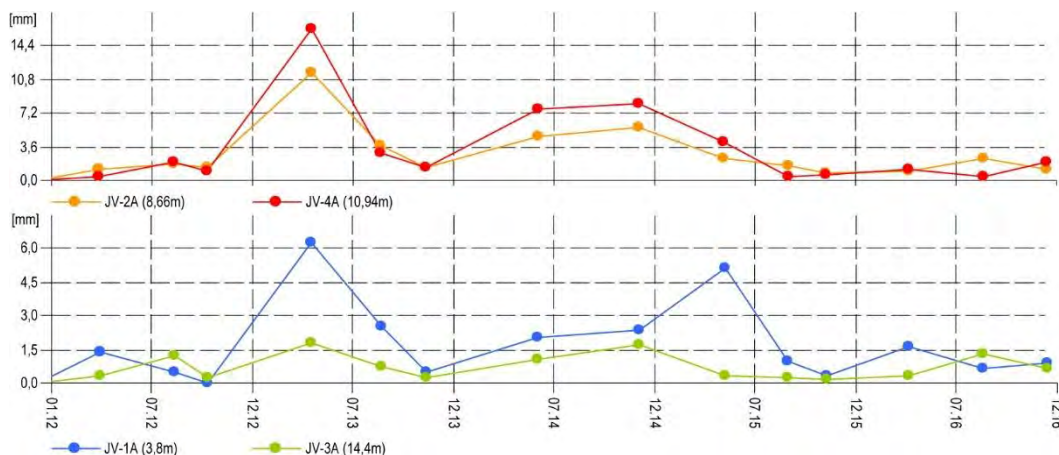
Obr. 4.14.2. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou (označenie vrtov je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Počas jesenného merania bola deformácia presahujúca 2 mm nameraná i v prípade vrtu JV-4A. V hĺbke 10,94 m pod terénom bola nameraná deformácia 2,04 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu $6,42 \text{ mm.rok}^{-1}$. Vektor mal nameraného juho-juhovýchodný azimut.

Na základe nameraných hodnôt v monitorovaných vrtoch v sledovaných horizontoch možno vo všeobecnosti konštatovať, že počas letného a jesenného merania prevládali vektory

s východným až juhovýchodným azimutom. Počas jarného obdobia to boli zas vektory s orientáciou na juhozápad až severozápad. Do tohto rámca nezapadá už spomínaný bod JV-2A.

Z dlhodobého hľadiska je možné za najaktívnejšie obdobie považovať jarnú etapu 2013 (október 2012 – apríl 2013), kedy na väčšine šmykových plôch boli namerané najväčšie deformácie inklinometrickej pažnice za monitorované obdobie (obr. 4.14.3).



Obr. 4.14.3. Dlhodobé (2012 – 2016) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 4 vrtoch (tab. 4.14.1; ich situovanie je znázornené na obr. 4.14.4; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.14.3 a 4.14.4). V roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 21. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte JV-3 (3,39 m pod terénom – 261,70 m n. m. – 30. marec). Termín výskytu maximálnych stavov bol rovnaký i v ostatných vrtoch. Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte JV-1 (min. hladina podzemnej vody 10,70 m pod terénom bola nameraná dňa 28. augusta). Spolu s hladinou nameranou vo vrte JV-3 (5,58 m pod terénom) ide o najnižšie stavy namerané za celé monitorovacie obdobie. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 6,63 m pod terénom. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JV-3 (2,19 m). Dosiahnutá amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje 78,78 % zmien zaznamenaných v tomto vrte v predchádzajúcom období.

Tab. 4.14.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v roku 2015

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.]	
JV-2	9	3,59	271,18	30.03.15	4,75	270,02	21.10.15	4,20	270,57	1,16
JV-1	9	9,44	280,12	30.03.15	10,70	278,86	28.08.15	10,21	279,35	1,26
JV-4	9	6,87	248,62	30.03.15	8,80	246,69	21.10.15	7,56	247,93	1,93
JV-3	9	3,39	261,70	30.03.15	5,58	259,51	21.10.15	4,57	260,52	2,19

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach v 4 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte JV-3 (3,12 m pod terénom – 261,97 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. mája.

Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 3,12 až 9,77 m pod terénom (JV-1) a vo všetkých vrtoch sa vyskytovali počas jedného termínu. Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte JV-1 (min. hladina podzemnej vody 10,66 m pod terénom bola nameraná dňa 27. júna).

Tab. 4.14.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomeri na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v roku 2016

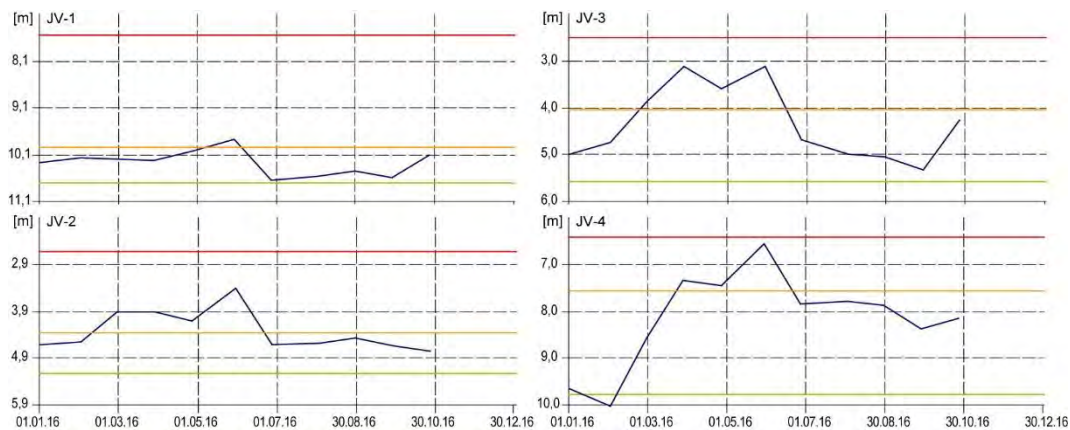
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JV-1	10	9,77	279,79	30.05.16	10,66	278,90	27.06.16	10,28	279,29	0,89
JV-2	10	3,42	271,35	30.05.16	4,75	270,02	26.10.16	4,30	270,47	1,33
JV-3	10	3,12	261,97	30.05.16	5,33	259,76	28.09.16	4,28	260,81	2,21
JV-4	10	6,56	248,93	30.05.16	10,04	245,45	02.02.16	8,00	247,49	3,48

Minimálne hladiny podzemnej vody sa v jednotlivých vrtoch vyskytovali v rôznych termínoch, a to od 2. februára do 26. októbra. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 6,71 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku nepatrná zmena (pokles o 0,08 m). Priemerné hĺbky v monitorovaných vrtoch sa pohybovali v rozsahu od 4,28 (vrt JV-3) do 10,28 m pod terénom (vrt JV-1). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JV-4 (3,48 m).

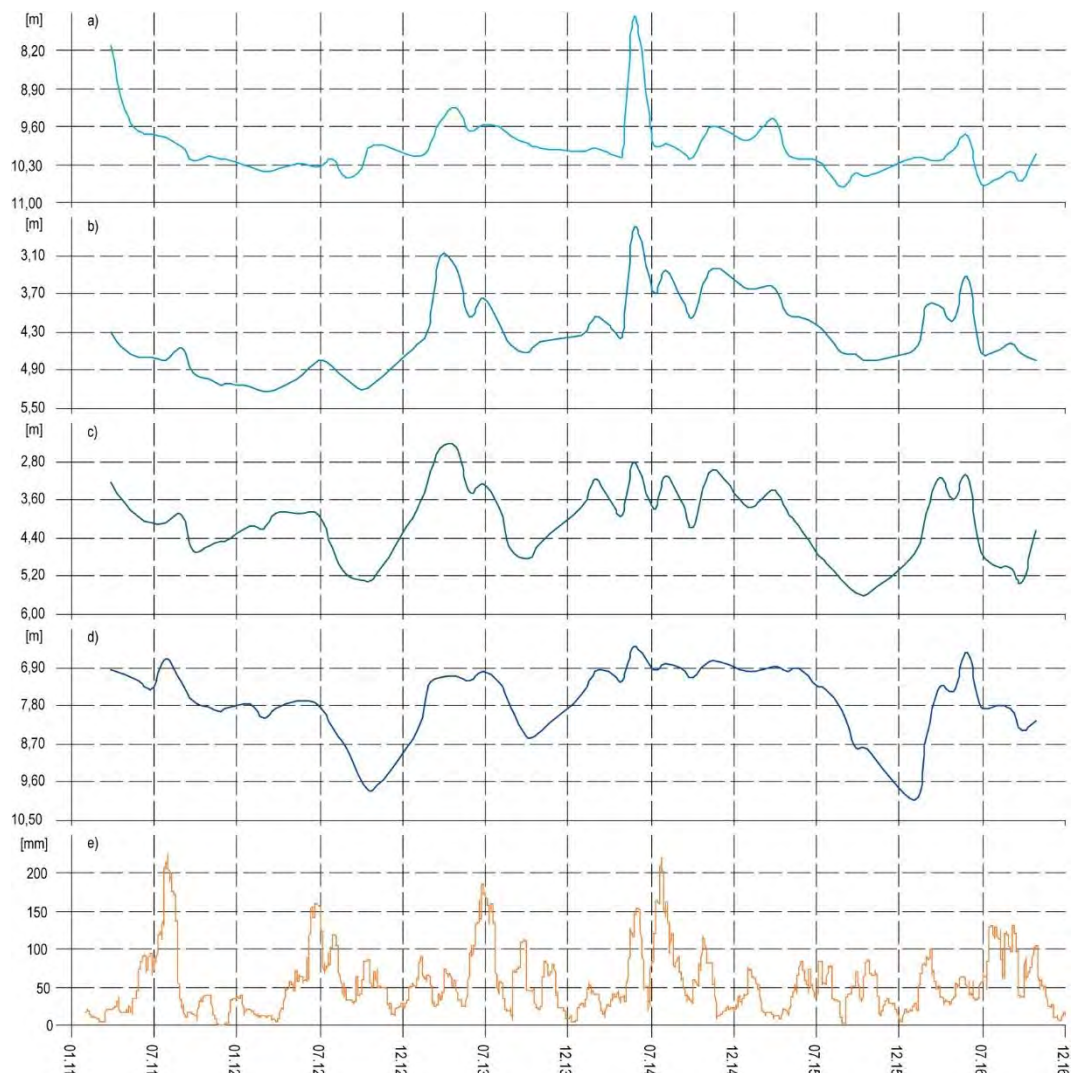
Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2016 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.14.5. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.14.6.



Obr. 4.14.4. Lokalita Prešov-Pod Wilec Hôrkou – situácia monitorovacích objektov hĺbky hladiny podzemnej vody; obrisy zosuvov podľa Tupý et al. (2011b); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.14.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania); červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016.



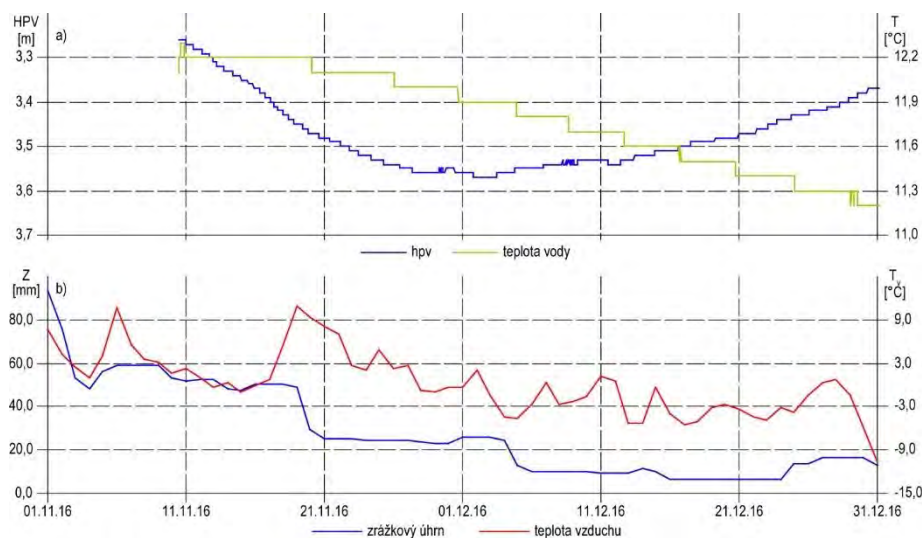
Obr. 4.14.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2016) na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – JV-1; b – JV-2; c – JV-3; d – JV-4; e – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prešov-planetárium s indikativom 59160).

Pri pohľade na dlhodobé výsledky režimových pozorovaní je vidieť, že priebeh hladiny podzemnej vody je ovplyvnený striedaním období s výdatnejšími zrážkovými úhrnmi s obdobiami s nižšími úhrnmi (obr. 4.14.6). Vo vrtoch JV-1, JV-2 a JV-4 boli najvyššie hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia namerané v roku 2014. Jej najväčší vzostup bol pozorovaný vo vrte JV-1 (maximálna hladina bola pozorovaná 26. mája 2014), počas ktorého hladina prekonal maximálny stav zo začiatku monitorovacieho obdobia. Naopak, v roku 2015 boli prekročené dlhodobé minimálne stavy hladiny podzemnej vody vo vrtoch JV-1, JV-3 a JV-4.

b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou je automatickým hladinomerom zabezpečované meranie v 1 vrte (JV-3). Inštalovaný bol počas roku 2016 – 10. novembra (1237 záznamov).

Počas monitorovaného obdobia bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 3,26 m pod terénom (261,83 m n. m.; 10. november). Minimálna hladina podzemnej vody bola dosiahnutá 1. decembra s hĺbkou 3,57 m (261,52 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla 3,47 m pod terénom (261,62 m n. m.). Výsledná amplitúda teda dosiahla len 0,31 m. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,01 m (3,23 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Teplota podzemnej vody sa pohybovala v intervale 11,2 °C – 12,3 °C. Priemerná teplota v hodnotenom období dosiahla 11,8 °C.



Obr. 4.14.7. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T) v roku 2016, zaznamenaný automatickým hladinomerom na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte JV-3; b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (Z ; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a teploty vzduchu (T_v) na zrážkomernej stanici SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160).

c/ Meranie zrážkových úhrnov

Zrážkové úhrny na stanici Prešov-planetárium s indikatívom 59160 sú opísané pri lokalite Kapušany.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na základe vykonaných meraní je možné pozorovať pomerne úzky vzťah medzi jednotlivými sledovanými zložkami. Výsledky režimových meraní relatívne dobre dokumentujú vplyv klimatických faktorov na zmeny hladinu podzemných vôd. túto skutočnosť potvrdzujú i výsledky meraní pomocou automatického hladinomeru. I napriek krátkej dobe

meraní, kontinuálny záznam podáva určitý obraz o vplyve atmosférických zrážok na priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody. Koncoročný vzostup hladiny podzemnej vody súvisí v veľkou pravdepodobnosťou so zrážkovou činnosťou v jesennom období. Spresnenie predstavy o vzájomnom vzťahu medzi hodnotenými zložkami prinesie však až dlhodobá prevádzka automatického zariadenia na zosuvnej lokalite.

Pri hodnotení pohybovej aktivity bol v porovnaní s predchádzajúcim rokom pozorovaný mierny pokles. Najvyššie deformácie boli namerané počas letnej a jesennej etapy.

Na základe nameraných výsledkov možno konštatovať, že monitorovaná časť zosuvného územia sa v roku 2016 nachádzala v relatívne stabilnom stave. V súvislosti so stabilitnou situáciou zosuvného územia treba spomenúť, že v druhej polovici roka 2016 v širšej oblasti monitorovaného územia prebehli sanačné práce, zamerané výhradne na hĺbkové odvodnenie.

Monitorovacie aktivity sú vykonávané len v južnej oblasti rozsiahleho frontálneho zosuvu. Zo severnejších častí zosuvného územia nemáme výsledky žiadnych monitorovacích meraní. V budúcnosti plánujeme pokračovať v meraniach hĺbky hladiny podzemnej vody a podpovrchovej deformácie metódou presnej inklinometrie. Rozsah a frekvencia meraní budú zabezpečené v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2016.

1.4.15. 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 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.15.1.

Tab. 4.15.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Okoličné v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2015	2016
Geodetické	15	P5, P7 až 16, P18, P19, P22, P24	1 (24. júl)	1 (14. jún)
Inklinometrické	4	M-2, 3, 4, JO-1A	1 (31. júl)	1* (9. jún)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	8	J-3A, J-3B, J-6B, JP-44, JO-1, M-2, M-3, M-4	46 (1x za týždeň)	0
	2	J-1; AH-2 automatické hladinomery	Kontinuálne (každú hodinu)	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	10	D1, D2, D3, V-1, 3, 5, 101, 102, 103, 104	46 (1x za týždeň)	0
	2	vertikálne piezometrické vrty, na ktorých sa meria výdatnosť JH-14, JH-17	46 (1x za týždeň)	0
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanica SHMÚ: Lipt. Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130)	Denné úhrny zrážok	

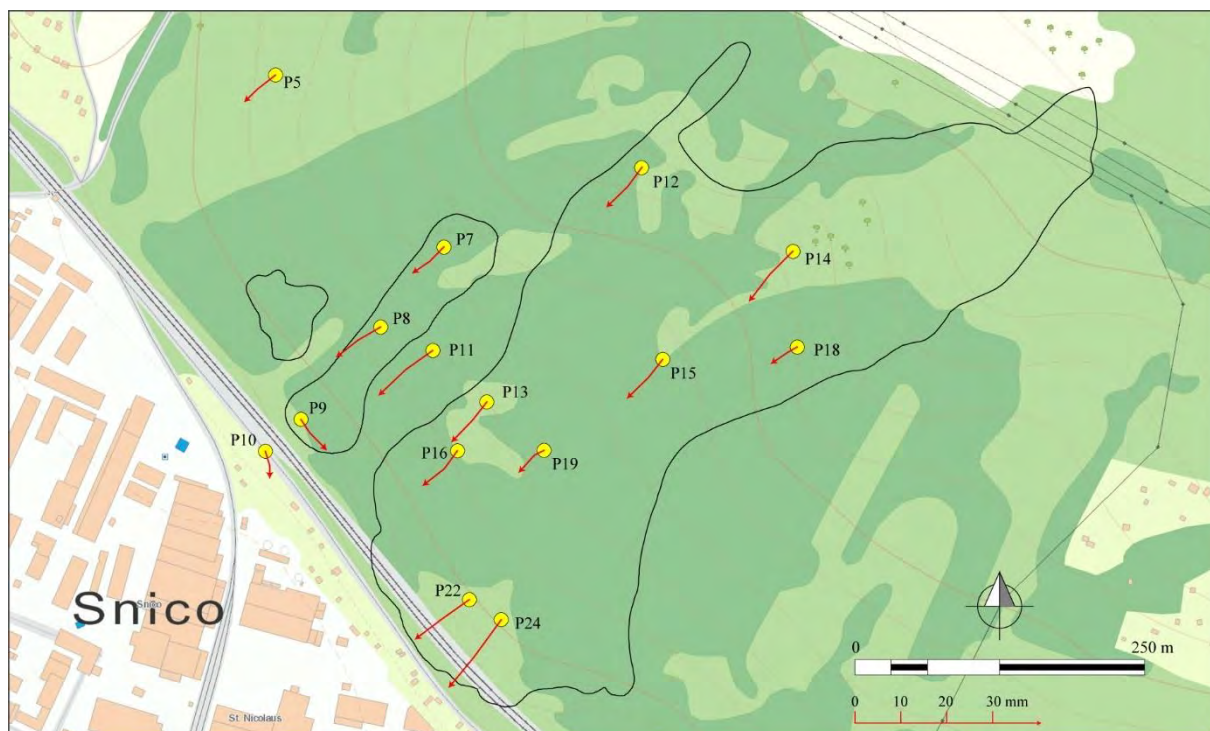
* – len vo vrte M-2

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Geodetické merania

V roku 2015 neboli zaznamenané žiadne zvýšené hodnoty pohybovej aktivity na sieti geodetických bodov. Maximálna hodnota 10,0 mm bola nameraná na bode P24. Na ostatných bodoch sa polohové zmeny pohybovali v rozsahu od 2,24 mm (P18) do 7,21 mm (P11). Vo vertikálnom smere boli rovnako namerané len minimálne zmeny (pokles od 1 do 5 mm; Pisca, 2015).

Na základe vykonaného 62. etapového merania (Pisca, 2016) možno konštatovať, podobne ako v predchádzajúcom roku, že v zosuvnom území neboli namerané polohové posuny nad 10 mm. Maximálna polohová zmena 7,81 mm bola nameraná v bode P24, ktorý sa nachádza v čele svahovej poruchy. Vertikálne zmeny mali výrazne poklesový charakter, avšak ani v jednom prípade neboli väčšie ako 3 mm. Na základe nameraných výsledkov je možné zosuvné územie považovať za potenciálne stabilné (Pisca, 2016).



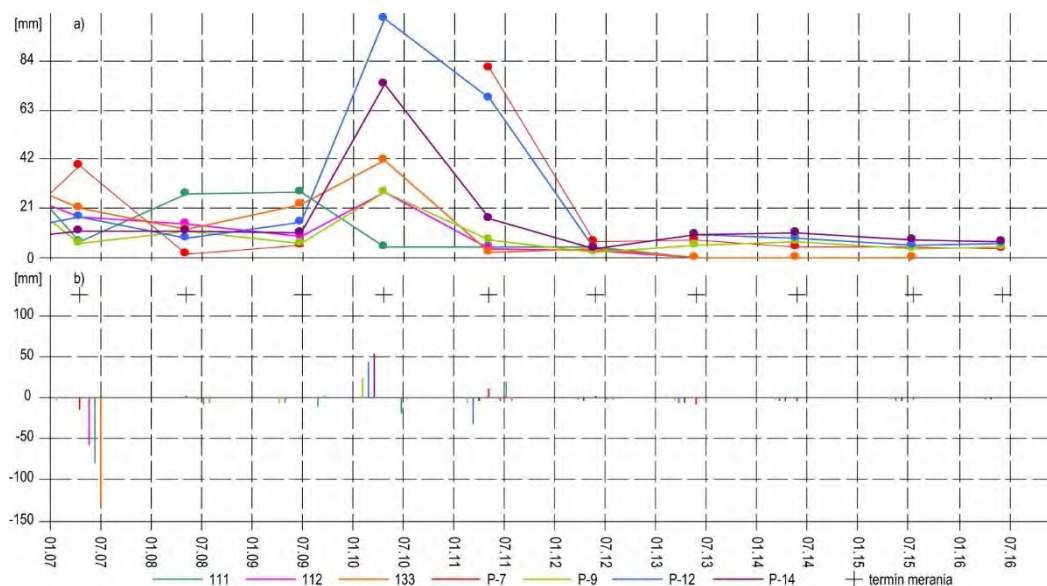
Obr. 4.15.1. Lokalita Okoličné – výsledky geodetických meraní (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.15.2; mapový podklad: ZBGIS®).

Z dlhodobého hľadiska (obdobie 2007 až 2016 – obr. 4.15.2) 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). K určitému nárastu pohybovej aktivity došlo i v roku 2006, kedy boli polohové zmeny nad 30 mm dosiahnuté na bodoch 111, 133, P9, 112 a P7 (maximálny posun bol zaznamenaný na bode 111 s hodnotou 48,36 mm).

Tab. 4.15.2. Výsledky geodetických meraní na lokalite Okoličné v rokoch 2015 a 2016

Bod	31.05.14 – 24.07.15			24.07.15 – 14.06.16		
	Premiestnenie [mm]			Premiestnenie [mm]		
	polohové	výškové	priestorové	polohové	výškové	priestorové
P10	3,162	-2,000	3,742	2,000	-1,000	2,236
P11	7,211	-3,000	7,810	7,071	-2,000	7,348
P12	5,000	-4,000	6,403	5,657	-3,000	6,403
P13	5,000	-3,000	5,831	5,657	-2,000	6,000
P14	7,071	-4,000	8,124	6,403	-2,000	6,708
P15	5,000	-1,000	5,099	5,657	-2,000	6,000
P16	5,000	-1,000	5,099	5,000	-2,000	5,385
P18	2,236	-2,000	3,000	3,606	-1,000	3,742
P19	2,236	-1,000	2,449	4,243	1,000	4,359
P22	7,211	-5,000	8,775	6,403	-3,000	7,071
P24	10,000	-5,000	11,180	7,810	-3,000	8,367
P5	5,000	-2,000	5,385	2,828	-1,000	3,000
P7	4,243	-3,000	5,196	3,606	-1,000	3,742
P8	5,831	-2,000	6,164	5,000	-2,000	5,385
P9	3,606	-2,000	4,123	4,243	-1,000	4,359

Pri hodnotení vertikálnych zmien v dlhšom časovom období (2006 až 2016) boli najvýraznejšie zmeny zaznamenané v rokoch 2006 a 2007 (obr. 4.15.2b). Počas roka 2007 bol nameraný výrazný pokles pozorovacích bodov, pričom k najväčšej zmene došlo na bode 133 (dňa 8. júna bol nameraný pokles -127,0 mm). Celkovo, za posledných 10 rokov prevládali vertikálne zmeny v rozsahu 0 – 5 mm.



Obr. 4.15.2. Dlhodobé (2007 – 2016) zmeny polohy a výšky pozorovaných bodov, zistené geodetickým meraním na lokalite Okoličné; a – polohové zmeny geodetického bodu, b – vertikálne zmeny geodetického bodu.

b/ Inklinometrické merania

V roku 2015 bolo vo vrtoch vykonané jedno kontrolné meranie. Vysoké hodnoty deformácie boli namerané vo vrte M-3. V ostatných vrtoch sa na sledovaných hĺbkových úrovniach vyvinuli deformácie v rozsahu od 2,22 do 5,35 mm. Azimuty vektorov mali široké zastúpenie – od severu, cez severovýchod, juhozápad až po západ. Z analýzy vykonanej v roku 2015 (Ondrejka et al., 2016) vyplýva, že vrty, ktoré tu boli v minulosti vybudované sa deformujú najmä v súvislosti s nevhodným spôsobom zabudovania. Pri meraniach sa vďaka tejto skutočnosti výrazne znižuje úroveň výstupnej informácie. Separovať deformácie spôsobené vplyvom zabudovania vrtu nie je možné, a tým pádom ani deformácie, ktoré vznikajú na šmykových plochách vplyvom pohybu zosuvného telesa.

Z tohto dôvodu boli monitorovacie aktivity v roku 2016 výrazne zredukované a sústredené výlučne len na vrt M-2, ktorý sa nachádza v čele svahovej poruchy. Z výsledkov analýzy, založenej na dlhodobých meraniach vyplýva, že vo vrte v hĺbke 4,15 m pod terénom možno predpokladať priebeh šmykovej plochy. V roku 2016 bolo vo vrte vykonané meranie v prvej polovici júna (obr. 4.15.3 a 4.15.4). Z výsledkov vyplýva, že v sledovanej hĺbke došlo v porovnaní s rokom 2015 k miernemu nárastu deformácie (3,36 mm; $3,91 \text{ mm.rok}^{-1}$; tab. 4.15.3). Vektor mal východný azimut, to znamená, že v porovnaní s rokom 2015 došlo k pootočeniu o 177° . Výsledný vektor za obdobie od 29. novembra 2011 do 9. júna 2016 dosiahol 3,89 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie len $0,86 \text{ mm.rok}^{-1}$.

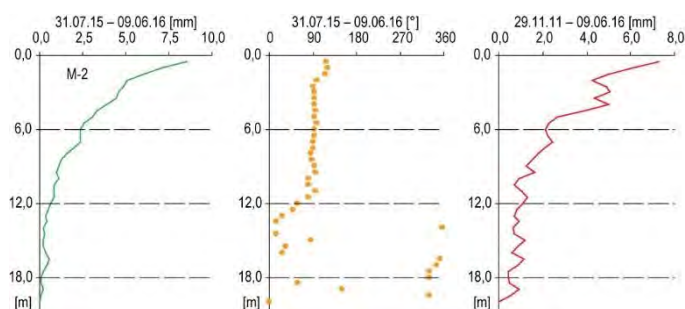
Tab. 4.15.3. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Okoličné v rokoch 2015 a 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	17.10.14 – 31.07.15			31.07.15 – 09.06.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
M-2	4,15	0,71	2,98	280	3,89	3,36	97

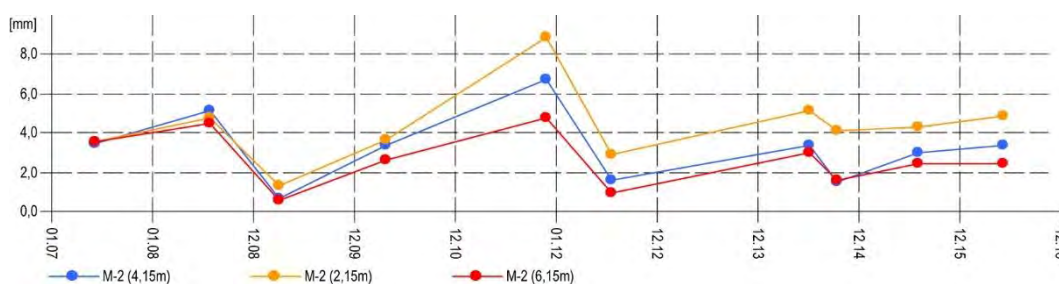
CD – celková deformácia od nultého merania (29.11.11); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora.



Obr. 4.15.3. Lokalita Okoličné – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2015 a 2016 (obdobia meracích etáp sú v súlade s tab. 4.15.3; čísla zobrazené pri vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa: Fussgänger a Jadroň (1977), mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.15.4. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte M-2 na lokalite Okoličné; zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom); oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach; červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.



Obr. 4.15.5. Dlhodobé (2007 – 2016) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Okoličné.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia venujeme pozornosť výlučne vrtu M-2, v ktorom boli najvýraznejšie deformácie namerané v roku 2011 (v hĺbke 2,15 m bola nameraná deformácia 8,87 mm s orientáciou na juhozápad). Predpokladáme, že ich vysoká hodnota súvisela s nepriaznivými klimatickými pomermi v predchádzajúcom roku 2010, ale čiastočne i roku 2011. V ostatných rokoch sa namerané deformácie pohybovali v rozsahu od 0,54 do 5,18 mm. V prípade nameraných vektorov prevládala východný a o niečo menej západný smer. Orientácia vektorov na sever bola minimálna.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

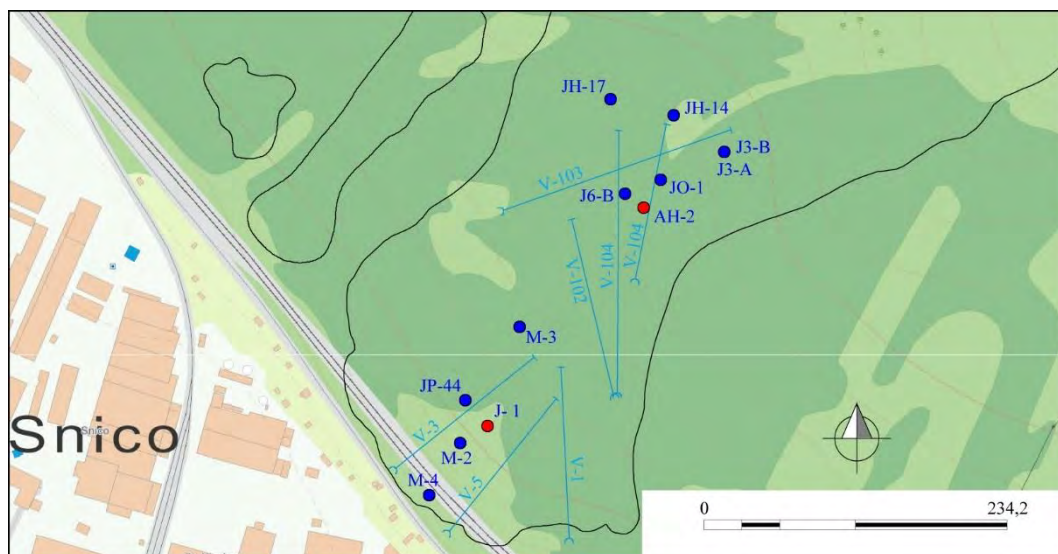
c1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

V roku 2015 sa hladina podzemnej vody na lokalite merala v 10 objektoch s týždennou frekvenciou (tab. 4.15.4). Dva z meraných vertikálnych vrtov (JH-14 a JH-17) sú trvalo prelivové, teda voda z nich vyteká. Žiaľ, táto voda späťne infiltruje do prostredia zosuvu, čím zhoršuje jeho stabilitný stav. Výdatnosti týchto vrtov sú uvedené v rámci výsledkov meraní na odvodňovacích zariadeniach v tab. 4.15.7. V roku 2016 boli po 18 rokoch prerušené režimové pozorovania vykonávané pozorovateľom. Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú na lokalite zabezpečované automatickým hladinomerom.

Tab. 4.15.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Okoličné v roku 2015

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.]	
J3-A	46	9,10	630,96	14.04.15	10,60	629,46	16.11.15	9,98	630,08	1,50
J3-B	46	4,30	635,76	05.04.15	4,50	635,56	13.10.15	4,41	635,65	0,20
J6-B	46	2,25	629,88	29.03.15	3,60	628,53	30.11.15	2,83	629,30	1,35
JO-1	46	4,80	630,92	14.04.15	7,00	628,72	16.11.15	5,94	629,78	2,20
JP-44	46	21,30	587,88	28.06.15	21,80	587,38	03.05.15	21,54	587,64	0,50
M-2	46	15,75	585,68	22.02.15	18,40	583,03	16.11.15	16,78	584,65	2,65
M-3	46	7,40	612,11	15.03.15	10,30	609,21	08.11.15	9,06	610,45	2,90
M-4	46	12,65	580,08	19.04.15	13,45	579,28	30.11.15	13,02	579,71	0,80
JH-14*	51									
JH-17*	51									

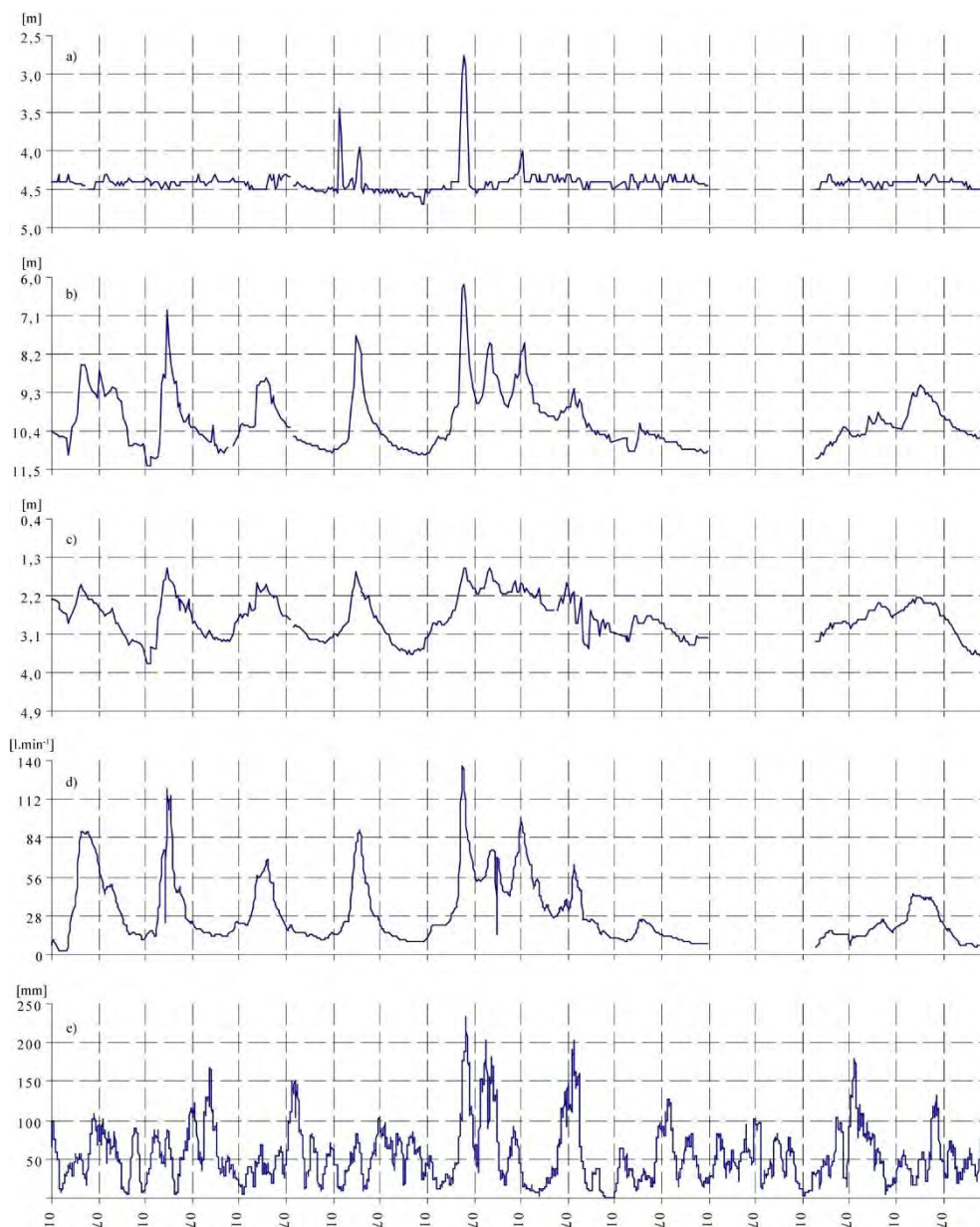
* – monitorovaná HPV predstavuje pozitívny vztlačový horizont s prelivom; výsledky monitorovania sú uvádzané v tab. 4.15.8.



Obr. 4.15.6. Lokalita Okoličné – situácia sanačných a monitorovacích objektov (odvodňovacie a piezometrické vrty [modré – merané pozorovateľom, červené – merané automatickým hladinomerom]); obrysy zosuvov podľa Fussgänger a Jadroň (1977), mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2015 bolo zabezpečených 46 kontrolných meraní (1. február – 13. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte J6-B (2,25 m pod terénom – 629,88 m n. m. – 29. marec). Maximálna hladina podzemnej vody nameraná vo vrte M-3 (7,40 m pod terénom – 15. marec) prekonal maximálny stav hladiny podzemnej vody (zaznamenaný v období od augusta 1995 do decembra 2014). V ostatných vrtoch sa maximálne hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale 4,30 (J6-B) až 21,30 m pod terénom (JP-44). Namerané maximálne stavy podzemnej vody boli zaznamenané v období od 22. februára do 28. júna. Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte JP-44 (min.

hladina podzemnej vody s hĺbkou 21,80 m pod terénom bola nameraná dňa 3. mája). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 10,45 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom len minimálna zmena (vzostup o 0,18 m). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte M-3 (2,90 m). Priebiehy hĺbky hladiny podzemnej vody so sumárnou výdatnosťou a kumulatívnymi zrážkami v poslednej dekáde monitorového obdobia sú znázornené na obr. 4.15.7.



Obr. 4.15.7. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2007 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Okoličné. Pribeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – J3-B; b – J3-A; c – J6-B; d – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov; e – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová s indikativom 21130).

Z dlhodobého hľadiska majú v území význam najmä zmeny hladiny podzemnej vody vo vrtoch J3-A a J6-B. Dochádza k nim v relatívne pravidelných cykloch (obr. 4.15.7). Maximálne úrovne hladiny podzemnej vody boli namerané v čase najnepriaznivejších klimatických pomerov, čo v poslednej hodnotenej dekáde predstavuje rok 2010. Významné vzostupy hladiny podzemnej vody boli zaznamenané ešte v rokoch 2007 a 2009.

c2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Na lokalite Okoličné boli automatickými hladinomerami zabezpečované merania v 2 vrtoch (J-1 a AH-2). Počas hodnotených rokov 2015 a 2016 bolo zariadenie vo vrte AH-2 zničené neznámym páchatelom. Zariadenie slúžilo ako systém včasného varovania. Poškodené boli časti, ktoré slúžili na komunikáciu s operátorom. Z dôvodu vážneho poškodenia bol hladinomer z vrty AH-2 demontovaný. Nepretržité merania sa počas hodnotených rokov vykonávali len vo vrte J-1. Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody boli zaznamenávané v hodinovom intervale (rok 2015: 8760 záznamov; rok 2016: 8784 záznamov; tab. 4.15.5).

V roku 2015 bola najvyššia hladina podzemnej vody (3,72 m pod terénom; 604,35 m n. m.) nameraná 5. júna. Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody klesla (do hĺbky 7,26 m pod terénom; 600,81 m n. m.) počas 31. decembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 4,88 m pod terénom (603,19 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 3,54 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla v roku 2015 0,01 m (0,28 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe kolísania hladiny podzemnej vody, sledovanej počas roku 2015, dosiahla $0,02 \text{ m.deň}^{-1}$. Predstavu o vývoji zmien hladiny podzemnej vody počas hodnoteného roka dokresľujú štatistické ukazovatele 1., 2. a 3. kvartilu. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 3,94 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 4,32 m pod terénom a 3. kvartil 5,79 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody bola meraná s rovnakou frekvenciou ako jej hĺbka. Jej maximálna hodnota $9,0^{\circ}\text{C}$ bola nameraná 8. januára. Najnižšia teplota s hodnotou $8,0^{\circ}\text{C}$ bola zaznamenaná 18. júna. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota hodnotu $8,5^{\circ}\text{C}$. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas hodnoteného roka dosiahla $1,00^{\circ}\text{C}$.

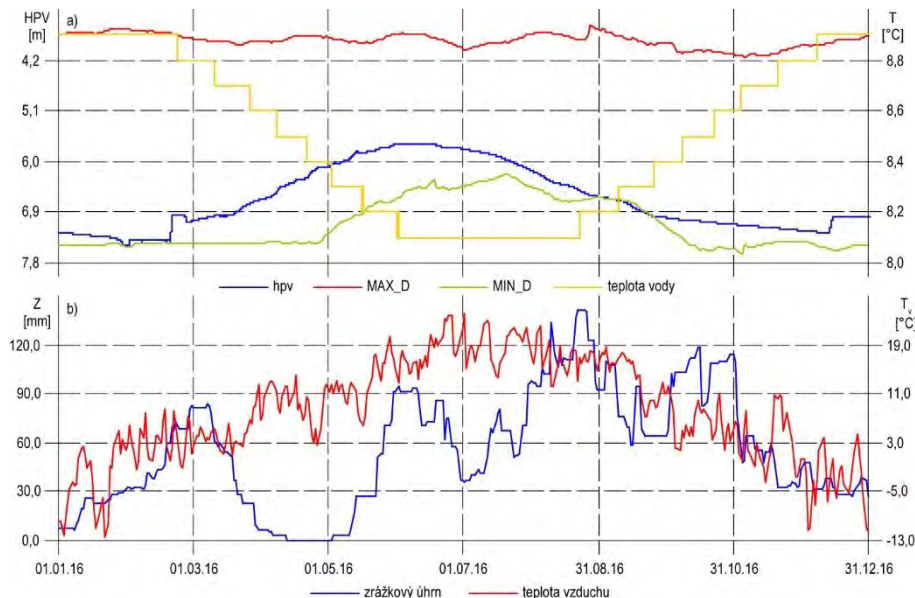
V roku 2016 sa pokračovalo s meraniami v rovnakom režime ako v predchádzajúcom roku. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 5,68 m pod terénom (602,39 m n. m.; 2. jún – tab. 4.15.6), čo pri porovnaní s predchádzajúcim rokom predstavuje pokles o 1,96 m. Priebeh hladiny podzemnej vody počas roka z hľadiska vzostupu a zostupu mal prakticky symetrický tvar. Maximum bolo dosiahnuté v polovici roka a zostupná vetva krivky, charakterizujúca zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody v druhej polovici roka, mala príbuzný charakter (avšak inverzný) krivky z prvej polovice roka (obr. 4.15.8.). Zvýšené zrážkové úhrny z letného, ale aj konca jarného obdobia sa na kolísaní hladiny prejavili len veľmi mierne. Zmeny hĺbky súviseli najmä zrážkami z konca zimného obdobia. Zároveň v tomto období sa na dopĺňaní vody zásob podzemnej vody uplatnila i topiaca sa snehová pokrývka.

Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 7,52 m (600,55 m n. m.), bola dosiahnutá 1. februára. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 6,66 m pod terénom (601,41 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 1,78 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,84 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,01 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,07 m (čo je 3,80 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 6,11 m pod terénom, 2. kvartil 6,9 m pod terénom a 3. kvartil 7,13 m pod terénom.

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu $8,9^{\circ}\text{C}$ počas 1. januára, naopak, najnižšia teplota ($8,1^{\circ}\text{C}$) bola zaznamenaná 1. júna. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla $8,5^{\circ}\text{C}$.

Tab. 4.15.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Okoličné v roku 2015

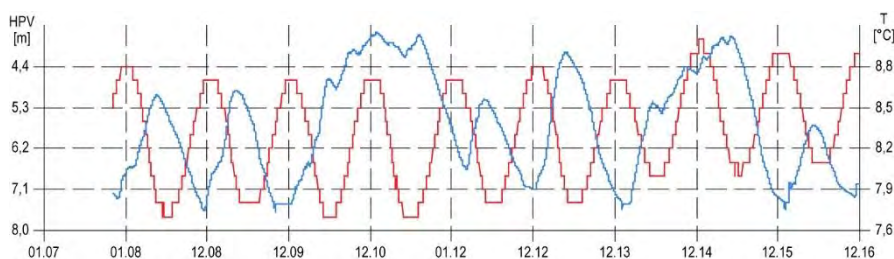
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
AH-2	8760	2,50	630,00	26.05.15	4,63	627,87	30.12.15	3,65	628,85	2,13
J-1	8760	3,72	604,35	05.06.15	7,26	600,81	31.12.15	4,88	603,19	3,54



Obr. 4.15.8. Priebek zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T), zaznamenaný v roku 2016 automatickým hladinomerom na lokalite Okoličné; a – automatický hladinomer vo vrte AH-2; b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (Z; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a priemernej dennej teploty vzduchu (T_v) na zrážkomernej stanici SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130).

Tab. 4.15.6. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Okoličné v roku 2016

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
J-1	8784	5,68	602,39	02.06.16	7,52	600,55	01.02.16	6,66	601,41	1,84



Obr. 4.15.9. Dlhodobé (2007 – 2016) zmeny úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom na lokalite Okoličné vo vrte J-1.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné pozorovať, že zmeny hladiny podzemnej vody súvisia prevažne s ročným klimatickým cyklom (obr. 4.15.9). Hladina podzemnej vody vo vrte J-1 má prevažne pravidelný režim, maximálne stavy sa vyskytujú zvyčajne na konci prvej polovice roka. Výnimku tvorí rok 2010, kedy hladina podzemnej vody stúpala počas celého roka. Príčinou boli nadmerné úhrny zrážok, zaznamenané najmä počas mesiacov máj a jún. Minimálne stavy hladiny podzemnej vody sa vyskytujú prevažne na sklomku, prípadne v prvých mesiacoch kalendárneho roka. Vo vrte J-1 hladina podzemnej vody najnižšie klesla 4. novembra 2009.

d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

V poslednom období boli zabezpečované merania na 8 odvodňovacích zariadeniach. Naposledy v roku 2015; od roku 2016 boli režimové pozorovania prerušené.

V roku 2015 sumárna priemerná výdatnosť meraných objektov dosiahla hodnotu $15,78 \text{ l.min}^{-1}$, čo je o $7,08 \text{ l.min}^{-1}$ viac ako v roku 2014. Opäť bola veľmi vysoká hodnota výdatnosti nameraná na ústí vrtu JH-14 ($20,00 \text{ l.min}^{-1}$) počas 16. novembra, teda v období poklesu, resp. najnižších úrovní hladiny podzemnej vody. Vážnym nedostatkom v oblasti tohto pôvodne piezometrického vrtu je, že voda z neho, a tiež i z niektorých ďalších vrtov (ktoré nie sú zaradené do monitorovacej siete), vyteká a späťne infiltruje do zosuvného telesa. Tieto vrty sa nachádzajú v centrálnej časti zosuvu, kde zachytávajú podzemné vody hlbšieho obehu, nachádzajúceho sa pod úrovňou bazálnej šmykovej plochy (Scherer, 2010). I keď spätnú infiltráciu vôd možno hodnotiť záporne, znižovanie vztlakového účinku podzemných vôd na bazálnej šmykovej ploche v hĺbke cca 20 m pod terénom má do značnej miery pozitívny význam. Z odvodňovacích zariadení bola najvyššia výdatnosť nameraná vo vrte V-101 ($17,20 \text{ l.min}^{-1}$). Relatívne nízke výdatnosti boli namerané vo vrtoch D-3, V-104, V-103 a V-102, ktoré boli počas roka viackrát suché, prípadne z nich voda len kvapkala. Najväčšie kolísanie v skupine subhorizontálnych vrtov bolo namerané v objekte V-101 (tab. 4.15.7).

Tab. 4.15.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Okoličné v roku 2015

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		
D-3	46	0,33	22.03.15	0,00	14.06.15	0,06	0,33
V-1	46	1,20	13.12.15	0,54	29.03.15	0,92	0,66
V-3	46	1,20	08.11.15	0,80	15.03.15	1,06	0,40
V-5	46	2,22	03.05.15	0,84	08.03.15	1,35	1,38
V-101	46	17,20	16.11.15	1,15	25.05.15	9,41	16,05
V-102	46	0,86	24.08.15	0,01	15.03.15	0,26	0,85
V-103	34	3,40	01.02.15	0,00	31.05.15	0,88	3,40
V-104	46	1,38	31.08.15	0,00	15.03.15	0,30	1,38
JH-17*	46	1,02	26.07.15	0,51	07.06.15	0,73	0,51
JH-14*	46	20,00	16.11.15	0,26	15.03.15	7,88	19,74

* – nameraná výdatnosť pochádza z vertikálnych vrtov s prelivom z tab. 4.15.4.

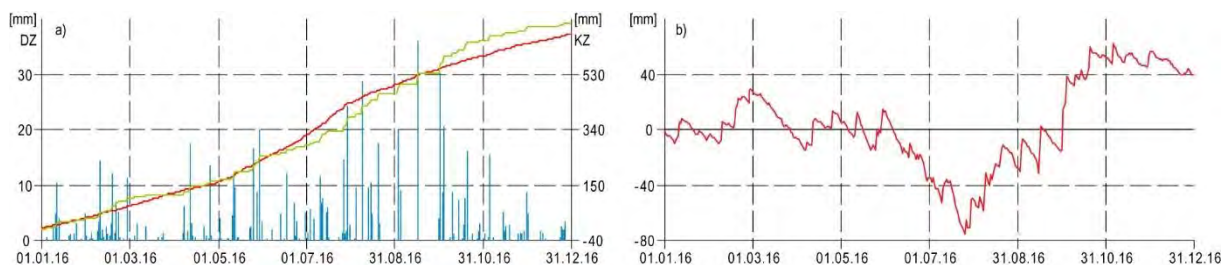
Kolísanie výdatnosti drenážnych objektov počas dlhšieho časového horizontu súvisí prevažne so sezónnymi zmenami hladiny podzemnej vody (obr. 4.15.7). Maximálne výdatnosti sú pozorované prevažne v mesiacoch marec a apríl. Počas období rokov 2007 až 2010 mali maximálne hodnoty spoločnej výdatnosti v jednotlivých rokoch vzostupný trend. Od roku 2011 je však možné sledovať výrazný pokles objemu odvádzaných vôd. V celom súbore nameraných výdatností prevládajú prietoky od $0,0$ do $2,52 \text{ l.min}^{-1}$.

e/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová s indikativom 21130. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. Januára 1999 do 31. decembra 2015 predstavuje $662,96 \text{ mm}$ a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol $923,9 \text{ mm}$ (rok 2010); priemerný mesačný úhrn $55,52 \text{ mm}$ a maximálny mesačný úhrn $206,8 \text{ mm}$ (máj 2010). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 4. mája 2010 do 3. júna 2010) dosiahol $234,0 \text{ mm}$.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn $706,6 \text{ mm}$, čo zodpovedá $106,6 \%$ dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas októbra ($114,0 \text{ mm}$) a najvyšší denný úhrn 17. septembra ($36,0 \text{ mm}$). Najsuchším mesiacom bol marec s $12,3 \text{ mm}$ zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli

maximum v období od 23. júla do 22. augusta (130,5 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, sumárny zrážkový úhrn dosiahol 5,3 mm.



Obr. 4.15.10. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš- Ondrášová (indikatív 21130); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zrážkové úhrny v roku 2016 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2016 boli v zosuvnom území zrealizované monitorovacie merania v redukovanom režime. Pozornosť bola venovaná najmä režimovým ukazovateľom, ktoré sú sledované pomocou automatického hladinomeru a pohybovej aktivity (geodetické merania). Z pôvodne dvoch hladinomerov zostal na lokalite už len jeden (J-1). Hladinomer umiestnený vo vrte AH-2 bol začiatkom roka 2016 vážne poškodený neznámym páchatelom. Z tohto dôvodu bol demontovaný. Meraniami jediným funkčným hladinomerom bolo preukázané, že v roku došlo k celkovému poklesu hladiny podzemnej vody. Túto skutočnosť je možné zo stabilitného hľadiska hodnotiť pozitívne. Podobne, na priaznivý stabilitný vývoj poukázali aj geodetické merania. Tento priaznivý vývoj je možné na zosuve pozorovať od roku 2012. Pokles pohybovej aktivity nastal rovnako v polohovom a aj výškovom smere.

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

Na základe zrealizovaných meraní je možné konštatovať, že v zosuvnom území je v súčasnosti vážny problém so zabezpečením inklinometrických a režimových meraní. Dôvodom je neuspokojivý stav monitorovacích objektov a vandalizmus. Navyše, mnohé monitorovacie vrty boli pôvodne realizované ako viacúčelové, čo v súčasnosti sťažuje realizáciu, ale hlavne interpretáciu nameraných výsledkov.

Vzhľadom na vysoký celospoločenský význam lokality, súvisiaci s trvalým ohrozením hlavnej železničnej trate, ktorá predstavuje spojnicu viacerých krajských miest, je i v nasledujúcom roku 2017 plánované zabezpečiť geodetické merania a zber a analýzu údajov z hladinomeru.

1.4.16. Lokalita Červený Kameň

Stručná charakteristika lokality

Obec Červený Kameň leží v severnej časti Bielych Karpát. Monitorovacie práce sa sústreďujú do oblasti zosuvu, ktorý sa reaktivoval v jarnom období roku 2013. Ide o územie na severovýchodnom svahu, približne v strednej časti obce, s rozmermi cca 110 krát 75 m (max. dĺžka a šírka – obr. 4.16.1). Počas prieskumu Fekeč et al. (2014f in Šimeková et al., 2014) boli v zosuvnom území okrem protihavarijných opatrení vybudované 3 piezometrické vrty (KHG-1, 2 a 3) a jeden inklinometrický vrt (KIN-1).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Na zosuvnej lokalite boli v rokoch 2015 a 2016 realizované inklinometrické a režimové merania. Frekvencia meraní je zhrnutá v tab. 4.16.1.

Tab. 4.16.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Červený Kameň v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	1	KHI-1	2 (12. máj, 28. júl)	3 (2. február, 30. máj, 5. december)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	KHG-2* – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanice SHMÚ: Horná Mariková (indikatív 26220), Lazy pod Makytou (indikatív 26260)	Mesačné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016

a/ Inklinometrické merania

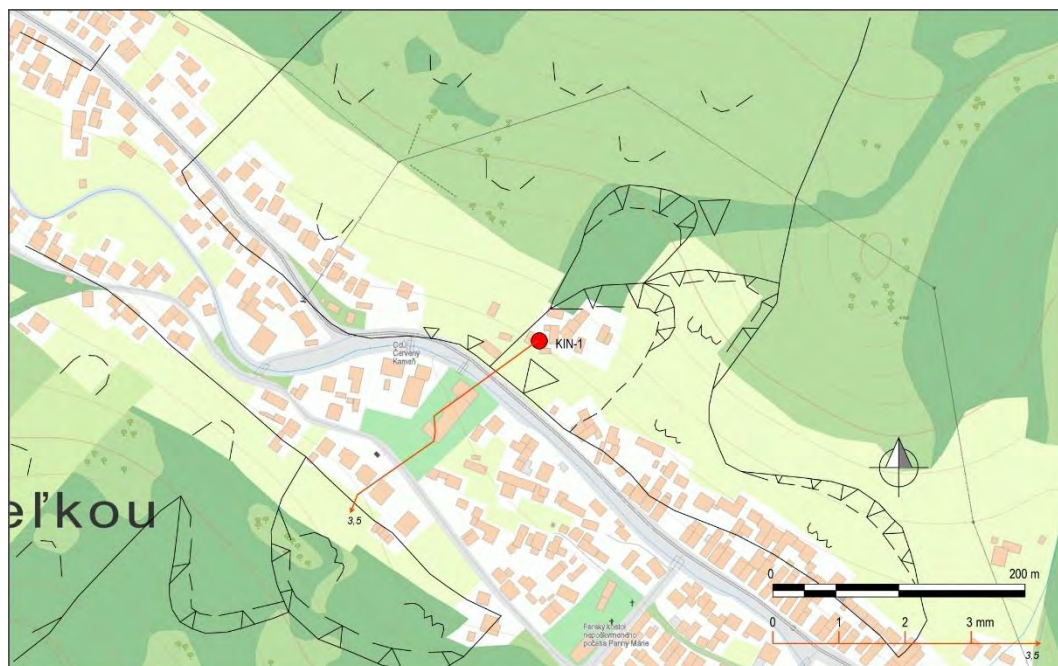
Na lokalite sú zabezpečené merania v jedinom inklinometrickom (obr. 4.16.1). V roku 2015 boli na ňom vykonané dve série meraní, ktorými bola potvrdená hĺbka šmykovej plochy v hĺbke približne 3,5 m od ústia inklinometrickej pažnice (obr. 4.16.2). V tejto hĺbke bol počas májovej etapy nameraný prírastok deformácie 19,42 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu až 41,95 mm.rok⁻¹. Následne počas júlovej etapy bola nameraná deformácia 2,30 mm (priemerná rýchlosť 10,91 mm.rok⁻¹).

V roku 2016 sa kvôli vysokej pohybovej aktivite zvýšila frekvencia meraní na tri etapy. Prvé meranie bolo zabezpečené na začiatku februára 2016. Etapový vektor teda charakterizuje deformáciu za predchádzajúce polročné obdobie. Ide najmä o jesenné, ale čiastočne i letné ročné obdobie roku 2015 a tiež zimné v roku 2016. Výsledok merania naznačuje, že práve toto obdobie bolo zo stabilitného hľadiska najpokojnejšie. Situácia sa zmenila v jarnom období, kedy počas májového merania stúpila deformácia v sledovanom horizonte na 14,14 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 43,73 mm.rok⁻¹. Etapový vektor mal juhozápadný azimut. Počas poslednej etapy, zabezpečenej 5. decembra bol opäť pozorovaný pokles pohybovej aktivity. Za viac ako polročné obdobie došlo na šmykovej ploche k vzniku deformácie 2,43 mm (4,7 mm.rok⁻¹). Výsledná deformácia (7. október 2014 – 5. december 2016) dosiahla v sledovanej hĺbke 38,36 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 17,73 mm.rok⁻¹.

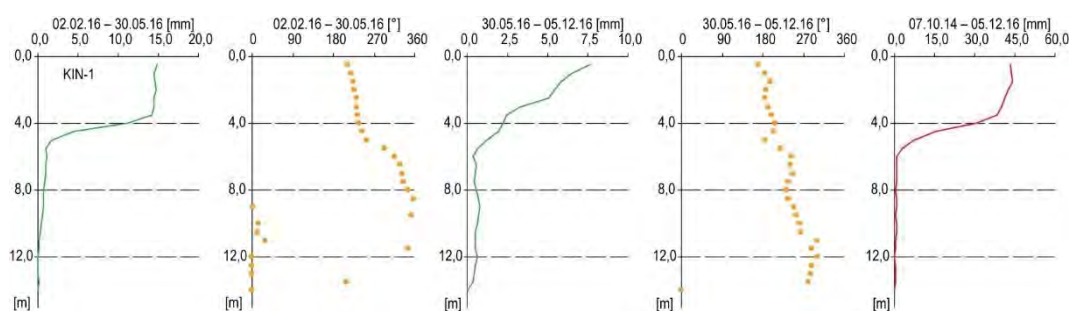
Tab. 4.16.2 Výsledky inklinometrických meraní na Červený Kameň v rokoch 2015 a 2016

Bod	Hĺbka	24.11.14 – 12.05.15			12.05.15 – 28.07.15			28.07.15 – 02.02.16			02.02.16 – 30.05.16			30.05.16 – 05.12.16		
		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 [°]
KIN-1	3,5	19,71	19,42	234	21,03	2,30	176	22,20	1,52	187	36,21	14,14	235	38,36	2,43	201

CD – celková deformácia od nultého merania (07.10.14); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora.

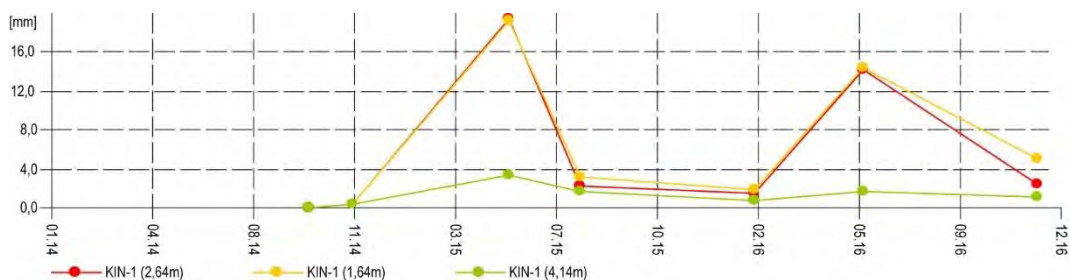


Obr. 4.16.1. Lokalita Červený Kameň – výsledky inklinometrických meraní za roky 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.16.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m; mapový podklad: ZBGIS®).



Obr. 4.16.2. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte KIN-1 na lokalite Červený Kameň; zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Vývoj deformácie znázornený na obr. 4.16.3 naznačuje, že oblasť je mimoriadne aktívna. Najvyššia aktivita bola doteraz spojená s jarným obdobím. Počas ostatných meraní boli zaznamenané výrazne nižšie hodnoty deformácie. V obdobiach so zvýšenou aktivitou mali namerané vektory zhodne juhozápadný smer. V obdobiach s nižšou pohybovou aktivitou boli vektory orientované na juh.



Obr. 4.16.3. Prírastky deformácie namerané v sledovaných horizontoch metódou presnej inklinometrie na lokalite Červený Kameň vo vrte KIN-1.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Červený Kameň sú automatickými hladinomerami zabezpečované merania v 1 vrte (KHG-2). Počas hodnotených rokov 2015 a 2016 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale (rok 2015: 5597 záznamov – merania sa začali vykonávať 12. mája; rok 2016: 8784 záznamov).

V roku 2015 bola počas monitorovanej časti roka nameraná maximálna hladina podzemnej vody 1. decembra (1,14 m pod terénom; 378,08 m n. m.). Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody klesla počas 17. augusta (do hĺbky 5,82 m pod terénom; 373,40 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v druhom polroku 2015 dosiahla 3,81 m pod terénom (375,41 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 4,68 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla v roku 2015 až 1,98 m (42,31 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe kolísania hladiny podzemnej vody sledovaného počas roku 2015, dosiahla až 0,26 m.deň⁻¹. Znamená to, že hladina podzemnej vody má pomerne dynamický charakter, čo v prípade sledovaného vrtu môže do istej miery súvisieť s technickými nedostatkami v jeho zabudovaní. Predstavu o vývoji hĺbky hladiny podzemnej vody počas hodnoteného roka dokresľujú štatistické ukazovatele 1., 2. a 3. kvartil. Zo súboru nameraných hodnôt hladiny podzemnej vody predstavuje 1. kvartil 2,61 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 3,81 m pod terénom a 3. kvartil 5,11 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody bola meraná v rovnakých intervaloch ako jej hĺbka. Jej maximálna hodnota 10,6 °C bola nameraná 5. decembra. Najnižšia teplota s hodnotou 9,2 °C bola zaznamenaná 12. mája. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota hodnotu 9,9 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas hodnoteného roka dosiahla 1,40 °C.

Tab. 4.16.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Červený Kameň v roku 2015

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.]	
KHG-2	5598	1,14	378,08	01.12.15	8,80	370,42	12.05.15	3,82	375,40	7,66

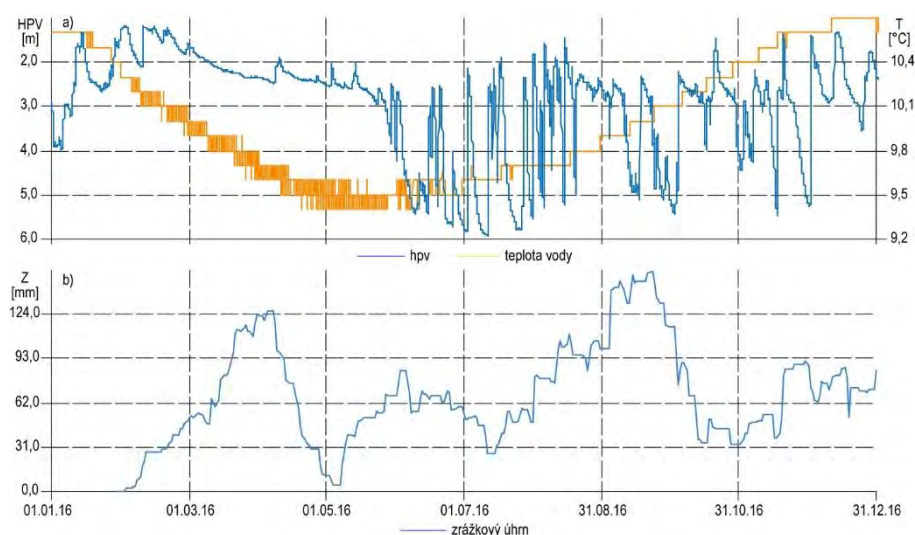
V roku 2016 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 1,19 m pod terénom (378,03 m n. m.; 2. február), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom veľmi príbuzná hodnota. Po dosiahnutí maximálneho stavu hladina podzemnej vody zaznamenala zostupný trend, počas ktorého bolo pozorované relatívne malé kolísanie (obr. 4.16.4). Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 5,93 m (373,29 m n. m.), bola dosiahnutá 12. júla. V tomto období ale hladina veľmi výrazne kolísala. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 2,95 m pod terénom (376,27 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 0,87 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku

nachádzala na úrovni 4,74 m. V porovnaní s predchádzajúcim rokom bol teda zachovaný charakter jej kolísania. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,56 m za deň, čím bola opätovne potvrdená mimoriadna dynamika zmien hladiny podzemnej vody. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 2,85 m (čo je až 60,13 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 2,25 m pod terénom, 2. kvartil 2,58 m pod terénom a 3. kvartil 3,47 m pod terénom.

Tab. 4.16.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Červený Kameň v roku 2016

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.]	
KHG-2	8784	1,19	378,03	02.02.16	5,93	373,29	12.07.16	2,95	376,27	4,74

Maximálna teplota podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,7 °C počas 11. decembra, naopak, najnižšia teplota (9,4 °C) bola zaznamenaná 20. apríla. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 10,0 °C.

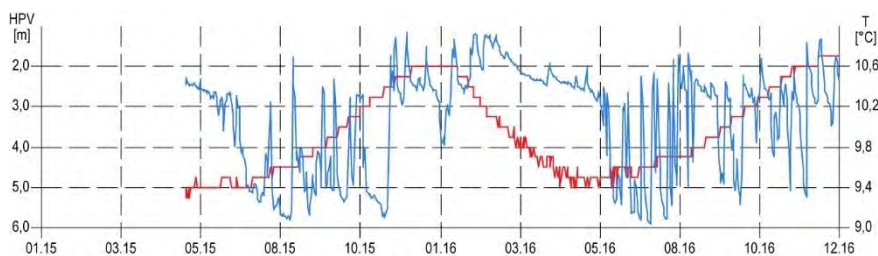


Obr. 4.16.4. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T), zaznamenaný v roku 2016 automatickým hladinomerom na lokalite Červený Kameň; a – automatický hladinomer vo vrte KHG-2, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (Z; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Červený Kameň (indikatív 27100).

Pri hodnotení dlhšieho časového úseku je možné sledovať, že hladina podzemnej vody vo vrte veľmi často mení svoju hĺbku. Predpokladáme, že príčinou je technický problém, súvisiaci so zabudovaním samotného vrtu. I napriek tejto skutočnosti, teplota podzemnej vody má pomerne pravidelný sinusoidálny charakter. Najvyššia teplota je dosahovaná na konci jesenného a začiatku zimného obdobia a naopak, najnižšia teplota v letnom období. Táto skutočnosť vytvára určitý obraz o dopĺňaní podzemnej vody zrážkovými vodami, resp. retardácii v tomto procese.

Aj keď pri interpretácii priebehu hladiny podzemnej vody narážame na určitú neistotu, spôsobenú intenzívnym kolísaním podzemnej vody vo vrte, je možné predpokladať, že minimálne stavy hladiny podzemnej vody sú spojené najmä s letným obdobím. Do značnej miery to však závisí od klimatických pomerov. Celkovo však môžeme konštatovať, že hladina podzemnej vody vykazuje časté zmeny, ktoré trvajú veľmi krátke obdobie. V tejto súvislosti sú zaznamenané najmä jej vzostupy. Treba ale poznamenať, že kvalita nameraných údajov nie je

úmerná technickému vybaveniu vrtu. Zároveň treba priznať, že namerané výsledky môžu byť do určitej miery skreslené.



Obr. 4.16.5. Zmeny úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom na lokalite Červený Kameň vo vrte KHG-2.

c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Červený Kameň s indikatívom 27100. Informácie o zrážkach sme začali preberať od roku 2016. Aktuálne zaznamenaný ročný zrážkový úhrn dosiahol 865,9 mm. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (132,7 mm) a najvyšší denný úhrn 5. augusta (40,4 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 19,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 12. júla do 10. augusta (165,2 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia (od 7. marca do 5 apríla) sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,1 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2016 boli na lokalite zabezpečené tri etapy inklinometrických meraní. Z nameraných výsledkov vyplýva, že aktívna šmyková plocha sa nachádza v hĺbke cca 3,5 m (pod ústím pažnice). Počas jarného merania bola v tomto vrte nameraná mimoriadne vysoká pohybová aktivita. Na úrovni šmykovej plochy došlo počas obdobia monitoringu k deformácii 38,36 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 17,73 mm.rok⁻¹.

Automatickým hladinomerom bolo možné sledovať zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte KHG-2. Výsledky meraní poukazujú na určitý vývoj hĺbky hladiny podzemnej vody, avšak časté a veľmi výrazné zmeny jej úrovne naznačujú, že pri zabudovaní vrtu mohlo dôjsť k prepojeniu viacerých zvodnených horizontov. Na základe priebehu hladiny podzemnej vody predpokladáme, že do monitorovacieho objektu natekajú povrchové a hypodermické vody z vyšších častí vrtu a tým vytvárajú falošný obraz o jej zmenách.

V roku 2017 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v nezmenenom rozsahu a frekvencii ako v roku 2016.

1.4.17. 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. 4.17.1). 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 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.17.1.

Tab. 4.17.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ďačov v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	7	DA-1 až 4, 7, 9, 15	1 – 2* (27. apríl, 30. júl, 26. október)	1 – 2** (27. apríl, 20. júl, 11. november)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	DA-5, DA-8, DA-10	9 (29. január, 30. marec, 28. apríl, 25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 5. september, 30. október)	10 (2. február, 2. marec, 23. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október,)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Lipany (indikatív 59100)	Denné úhrny zrážok	

* – jedna etapa meraní (30. júl) bola realizovaná vo vrtoch DA-15, DA-2, DA-3, DA-4; dve etapy meraní (27. apríl, 26. október) boli realizované vo vrtoch DA-1, DA-7, DA-9;

** – jedno meranie bolo realizované vo vrte DA-9 (27. apríl); dve merania boli realizované vo vrtoch DA-7 (27. apríl, 11. november) a DA-1 (20. júl, 11. november)

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite realizujú v 5 až 7 vrtoch, z ktorých 3 (DA-2 až DA-4) sú situované v samostatnom profile, v strednej časti zosuvného územia. Vrty DA-1 a DA-7 sú situované severovýchodnejšie (obr. 4.17.1). V roku 2015 boli na vybratých (pohybovo aktívnejších) vrtoch DA-1, DA-7, DA-9 realizované dve etapy meraní, vo vrtoch DA-15, DA-2, DA-3, DA-4 jedna etapa (tab. 4.17.2). Podobne bola frekvencia meraní nastavená i v roku 2016. Vo vrte DA-9 bolo zabezpečené len jedno (jarné) meranie a vrty DA-7 a DA-1 boli monitorované dvakrát (jarné/letné a jesenné meranie).



Obr. 4.17.1. Lokalita Dačov – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.17.2; čísla zobrazené pri vektoroch označujú hĺbku zaznamenatej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

V roku 2015, vzhľadom na zistené skutočnosti, že monitorovacie vrty DA-2, 3 a 4 nezachytávajú pohyb na aktívnej šmykovej ploche, sme rozšírili monitorovacie aktivity i do oblastí, ktoré doteraz neboli monitorované, a merania sme zabezpečili v ďalších dvoch funkčných inklinometrických vrtoch (DA-9 a DA-15). Z výsledkov meraní v roku 2015 vyplýva, že najvyšší etapový vektor bol nameraný vo vrte DA-15 (16,76 mm). Tu treba však uviesť, že posledné meranie (pred rokom 2015) bolo vo vrte DA-15 zabezpečené ešte v roku 2012. Azimut nameraného vektora je orientovaný na juhozápad. Vzhľadom na fakt, že etapový vektor zachytáva viacročné obdobie, výpovednejšia ako absolútna hodnota deformácie je priemerná rýchlosť deformácie – $5,64 \text{ mm.rok}^{-1}$.

Vo vrte DA-9 boli v roku 2015 vykonané dve merania – nulté a prvé etapové. Z výsledkov meraní vyplýva, že podobne ako v prípade vrtovej situovanej v juhozápadnej časti obce, i tu dochádza k deformácii (v hĺbke 3,39 m pod terénom), ktorej orientácia nereprezentuje pohyb po svahu. O niečo iná je situácia v hĺbke 6,39 m pod terénom, kde bol nameraný vektor 0,98 mm s orientáciou na juhovýchod.

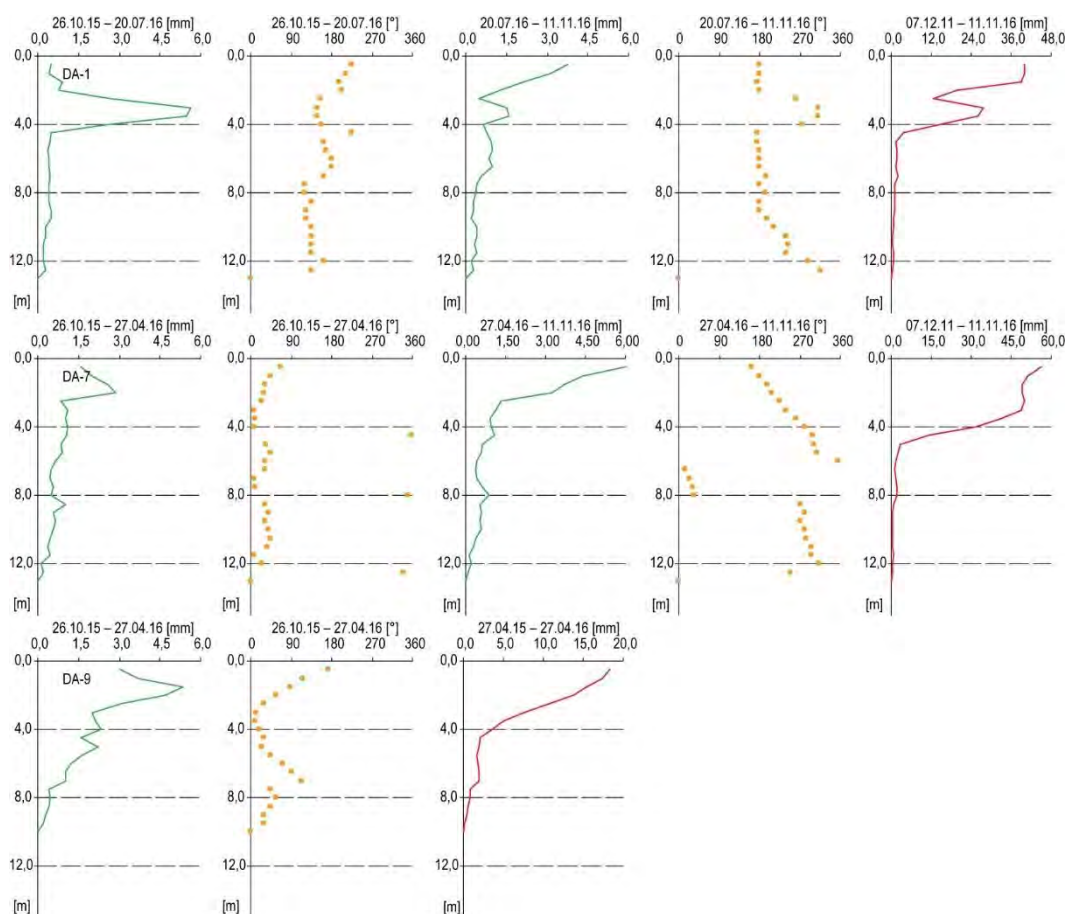
Vo vrte DA-7, ktorý sa nachádza v severovýchodnej časti obce, bol počas prvej etapy (v hĺbke 1,85 m pod terénom) nameraný prírastok deformácie 5,97 mm. Azimut etapovej deformácie mal juho-juhovýchodný smer. Následne počas októbrovej etapy došlo k poklesu pohybovej aktivity (2,21 mm).

V roku 2016 došlo v sledovaných vrtoch (tab. 4.17.2) k celkovému poklesu pohybovej aktivity. Najvyšší vektor bol zaznamenaný vo vrte DA-1. V hĺbke 2,49 m pod terénom bola nameraná etapová deformácia 5,63 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu $7,67 \text{ mm.rok}^{-1}$. Nameraný vektor mal juhovýchodný azimut. Mierne zvýšená pohybová aktivita bola pozorovaná aj vo vrte DA-9. V hĺbke 3,39 m pod terénom bola nameraná deformácia 2,33 mm ($4,63 \text{ mm.rok}^{-1}$). Vo vrte DA-7 prírastky deformácie neprekročili 1 mm. Následne, jesenné meranie potvrdilo klesajúci trend pohybovej aktivity. Vo vrte DA-7, ktorý sa v minulosti prejavoval najaktívnejšie (v období 7. december 2011 – 11. november 2016 dosiahla dlhodobá deformácia v sledovanej hĺbke $50,01 \text{ mm} - 10,14 \text{ mm.rok}^{-1}$), prírastok deformácie počas posledného merania dosiahol 1,34 mm ($2,47 \text{ mm.rok}^{-1}$).

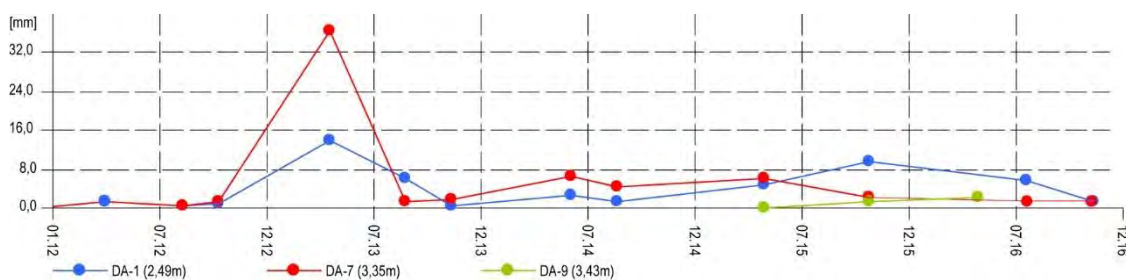
Tab. 4.17.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Ďačov v rokoch 2015 a 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	20.08.14 – 27.04.15			27.04.15 – 26.10.15			26.10.15 – 20.07.16			20.07.16 – 11.11.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
DA-1	2,49	22,43	4,97	285	31,84	9,47	326	26,26	5,63	147	27,75	1,50	311
DA-1	8,99	0,50	1,84	238	1,25	0,76	338	0,92	0,51	124	0,71	0,22	198
DA-7	1,85	50,60	5,97	169	49,97	2,21	268	49,34*	0,85*	25*	50,01**	1,34**	223**
DA-7	7,35	0,61	1,58	178	1,00	0,40	70	1,25*	0,51*	351*	2,11**	0,86**	34**
DA-9	3,39				1,32	1,32	21	3,65*	2,33*	20*			
DA-9	6,39				0,98	0,98	144	1,92*	1,00*	114*			

CD – celková deformácia od nultého merania (07.12.11 – vrty: DA-1 a 7; 27.04.15 – vrt DA-9); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora; * – kontrolné meranie bolo vykonané 27.04.16; ** – etapová deformácia a azimut sú za obdobie 27.04.16 – 11.11.16.



Obr. 4.17.2. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vybraných obdobiach na lokalite Ďačov (názov vrtu je uvedený vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.



Obr. 4.17.3. Prírastky deformácií namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Ďačov počas dlhšieho časového obdobia (2012 – 2016).

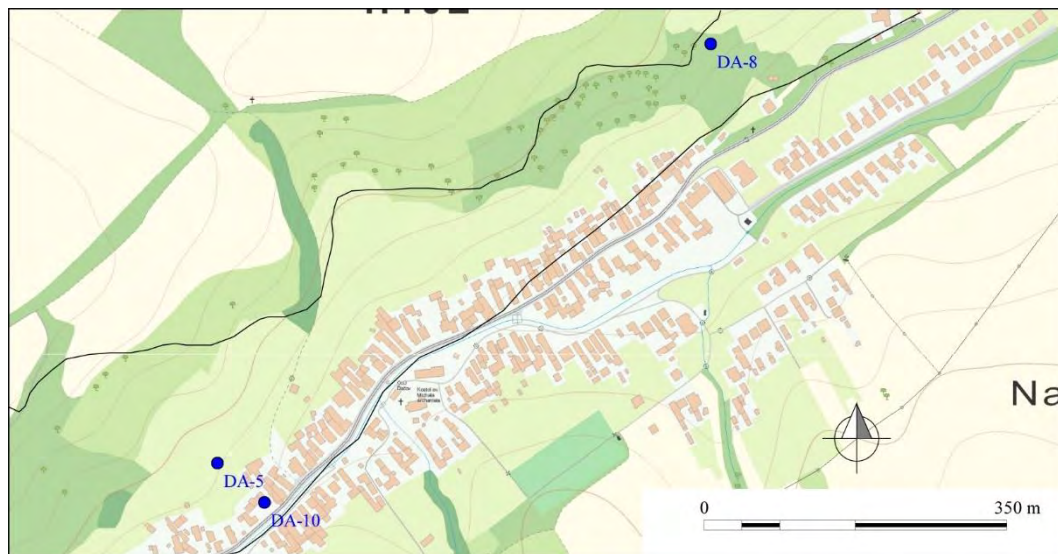
Z dlhodobejšieho pohľadu má zmysel hodnotiť deformácie namerané vo vrtoch DA-1 a DA-7. V oboch vrtoch bol najvýraznejší etapový vektor nameraný v apríli 2013. Vo vrte DA-7 v hĺbke 3,35 m pod terénom bola nameraná etapová deformácia 21,95 mm, ktorej priemerná rýchlosť dosiahla 41,73 mm.rok⁻¹.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Ďačov sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 3 vrtoch (tab. 4.17.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.17.3 a 4.17.4). Počas roka 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte DA-10 (0,35 m pod terénom – 429,71 m n. m. – 29. január). V ostatných vrtoch sa maximálne hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale 0,4 (DA-5) až 4,73 m pod terénom (DA-8). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte DA-8 (min. hladina podzemnej vody s hĺbkou 12,1 m pod terénom bola nameraná dňa 30. októbra). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 4,27 m pod terénom. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte DA-8 (7,37 m).

Tab. 4.17.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2015

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	9	0,35	429,71	29.01.15	1,67	428,39	25.05.15	0,96	429,10	1,32
DA-5	9	0,40	441,71	29.01.15	3,05	439,06	30.10.15	1,77	440,34	2,65
DA-8	9	4,73	432,08	29.01.15	12,10	424,71	30.10.15	10,07	426,74	7,37



Obr. 4.17.4. Lokalita Ďačov – situácia monitorovacích objektov hladiny podzemnej vody; mapový podklad: ZBGIS®.

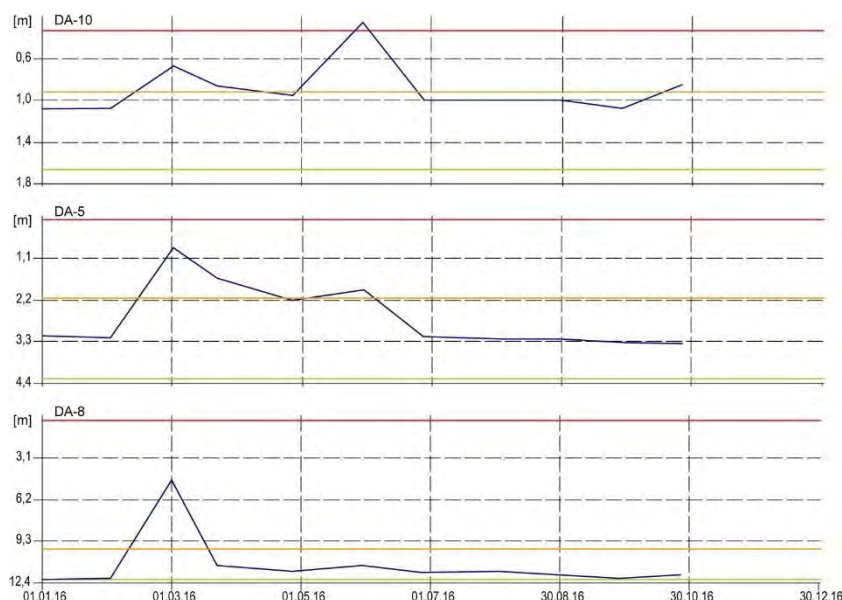
V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach v 3 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte DA-10 (0,26 m pod terénom – 429,80 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. mája. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 0,26 až 4,79 m pod terénom (DA-8). Vyskytovali sa 2. marca (vrty DA-5 a DA-8), ale aj 30. mája (vrt DA-10). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte DA-8 (min. hladina podzemnej vody 12,08 m pod terénom bola nameraná dňa 2. februára). Podobne 2. februára klesla na minimum hladina podzemnej vody i vo vrte DA-10. Vo vrte DA-5 bol

minimálny stav zaznamenaný až 26. októbra. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 4,81 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,55 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,88 (vrt DA-10) do 10,95 m pod terénom (vrt DA-8). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte DA-8 (7,29 m). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2011 do 2015) vyplýva, že dlhodobé maximá boli prekročené vo vrte DA-10 (vzostup o 0,07 m).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2015 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.17.5. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.17.6.

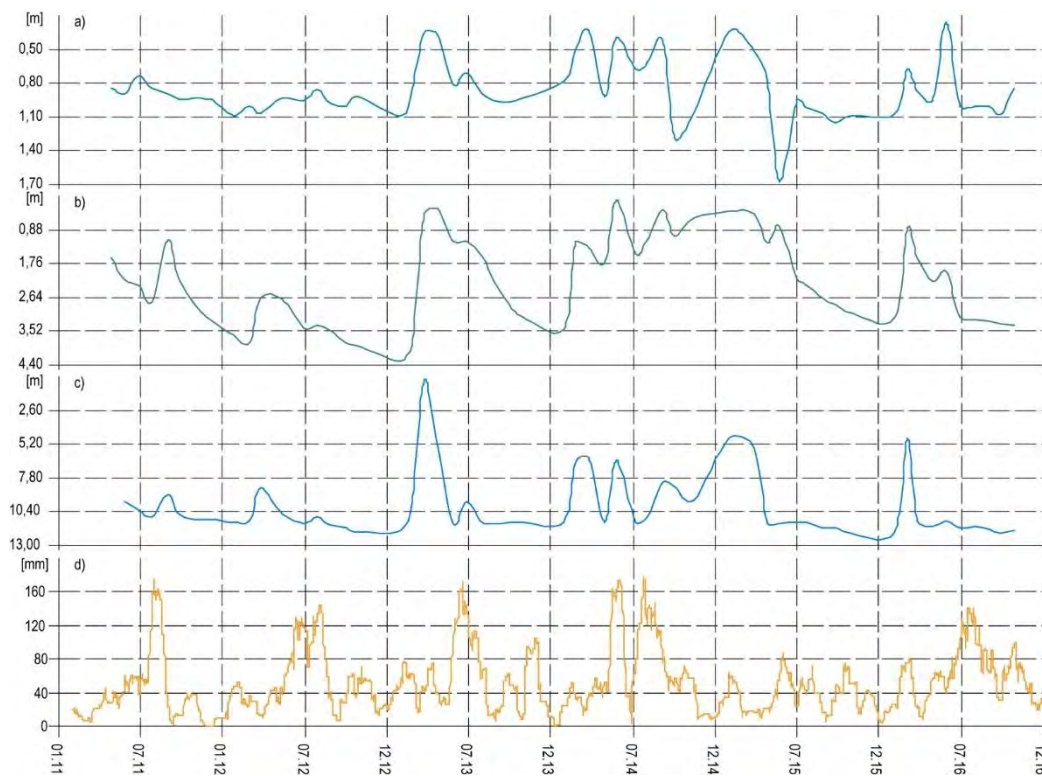
Tab. 4.17.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2016

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	0,26	429,80	30.05.16	1,08	428,98	02.02.16	0,88	429,18	0,82
DA-5	10	0,83	441,28	02.03.16	3,35	438,76	26.10.16	2,61	439,50	2,52
DA-8	10	4,79	432,02	02.03.16	12,08	424,73	02.02.16	10,95	425,86	7,29



Obr. 4.17.5. Vývoj hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch v roku 2016 (modrá) vo vzťahu k dlhodobým ukazovateľom na lokalite Ďačov (červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody za sledované obdobie, oranžová – priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody za sledované obdobie, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody za sledované obdobie).

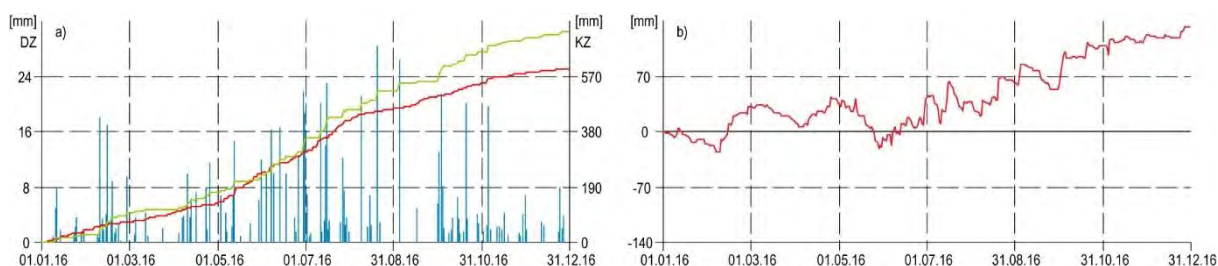
Z dlhodobého hľadiska bolo najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody vo vrtoch namerané v roku 2013. Podobne, hladiny podzemnej vody zaznamenali rekordné úrovne i v aktuálne hodnotenom roku 2016. Vo vrte DA-10 bola nameraná najvyššia (0,33 m pod terénom) a zároveň i najnižšia (1,29 m pod terénom) hladina podzemnej vody za monitorované obdobie. Rovnako, spomenuté maximum hladiny podzemnej vody, namerané vo vrte DA-5, predstavuje zároveň i najvyššiu hladinu podzemnej vody za celé obdobie monitoringu.



Obr. 4.17.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní hladiny podzemnej vody (2011 – 2016) na lokalite Ďačov. Pribeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – DA-10, b – DA-5, c – DA-8, d – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Lipany s indikativom 59100).

c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Lipany s indikativom 59100. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2015 predstavuje 592,88 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 754,8 mm (rok 2014); priemerný mesačný úhrn 49,41 mm a maximálny mesačný úhrn 175,1 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 24. júna 2014 do 24. júla 2014) dosiahol 176,4 mm.



Obr. 4.17.7. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Lipany (indikativ 59100); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2016 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 695,3 mm, čo zodpovedá 117,3 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla 2016 (145,1 mm) a najvyšší denný úhrn 21. augusta 2016 (28,3 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 13,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 30. júna do 30. júla (141,4 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia sumárny zrážkový úhrn dosiahol 2,8 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V posledných rokoch boli merania vykonané na upravenom súbore inklinometrických vrtov. Týmto krokom malo dôjsť k nahradeniu vrtov DA-2 3 a 4, ktoré bolo možné na základe vykonanej analýzy (Ondrejka et al., 2016) označiť za nespoľahlivé. Z výsledkov meraní vyplýva, že väčšina vrtov je pre monitorovanie pohybovej aktivity nevhodná. Najlepšie sa osvedčil vrt DA-7 a čiastočne i vrt DA-1. V roku 2016 bol v oboch spomenutých vrtoch pozorovaný pokles pohybovej aktivity. Jej výraznejšie prejavy boli sledované počas meraní v jarnom a letnom období. Etapové vektory namerané počas jesene 2016 naznačujú priaznivý vývoj stabilitej situácie.

Hladiny podzemnej vody zaznamenali vzostup najmä v zimných, ale aj v jarných mesiacoch. Spôsobené to bolo topením snehovej pokrývky. Celkovo v porovnaní s predchádzajúcim rokom však došlo k poklesu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. 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 hladinomeri. Táto požiadavka sa týka najmä vrtu DA-8, ktorý sa nachádza v najaktívnejšej oblasti.

V zosuvnom území neboli doposiaľ vykonané žiadne sanačné opatrenia. Dlhodobo sledujeme nepriaznivú stabilitnú situáciu vo východnej časti územia v okolí inklinometrického vrtu DA-7. Dlhodobá deformácia v roku 2016 dosiahla už 50,01 mm. Pri prepočte na priemernú rýchlosť je to 10,14 mm za rok. Hladina podzemnej vody vo vrte DA-8, ktorý sa tu nachádza, kolíše v závislosti od klimatických pomerov. K stabilizácii tejto časti obce by prispelo hĺbkové odvodnenie zosuvného územia.

V roku 2017 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach (cca 10 krát ročne) a inklinometrických meraniach (1 až 2-krát za rok).

1.4.18. Lokalita Bardejovská Zábava

Stručná charakteristika lokality

Zosuv, ktorý vznikol v roku 2010 v Bardejove, v mestskej časti Bardejovská Zábava, ohrozuje zástavbu rodinných domov (obr. 4.18.1). 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 prieskumných 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 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.18.1.

Tab. 4.18.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	1	BIJ-1	1 (15. máj)	2 (26. apríl, 10. október)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	BHJ-1, BHJ-3	7 (28. apríl, 25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 25. september, 30. október)	10 (2. február, 2. marec, 23. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Bardejov (indikatív 49120)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na zosuvnej lokalite v katastri obce Bardejovská Zábava sa nachádza jeden inklinometrický vrt. Monitorovaný je od decembra 2011. V roku 2015 bolo zabezpečené jedno meranie, a to 15. mája. Nameraný posledný etapový vektor charakterizuje veľkosť pohybovej aktivity za päť a pol mesiaca. V tomto termíne bola v sledovanej hĺbke 2,11 m pod terénom nameraná deformácia 2,02 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,5 mm.rok⁻¹. V hlbšom horizonte, na úrovni 11,61 m pod terénom, bola nameraná deformácia 0,67 mm (1,49 mm.rok⁻¹). V roku 2016 boli zabezpečené dve merania – jarne a jesenné. Počas jarnej etapy, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu jedenásť a pol mesačného obdobia, bol v hĺbke 2,11 m pod terénom nameraný vektor 2,88 mm (3,03 mm.rok⁻¹). Nasledujúca októbrová etapa priniesla pokles deformácie (1,48 mm; 3,23 mm.rok⁻¹). Za obdobie od decembra 2014 do októbra 2016 dosiahol celkový výsledný vektor 0,67 mm (0,36 mm.rok⁻¹). Nízka hodnota výslednej deformácie je spôsobená rôznorodosťou orientácie jednotlivých vektorov. Napríklad v hĺbke 2,11 m pod terénom sa za posledné dvojročné obdobie striedali vektory s orientáciou na juhovýchod, severozápad a juho-juhozápad (obr. 4.18.2). Okrem toho, že danú situáciu je zo

stabilného hľadiska možné hodnotiť pozitívne, výsledná deformácia vytvára však pre pochybnosti, súvisiace s vystrojením monitorovacieho objektu.

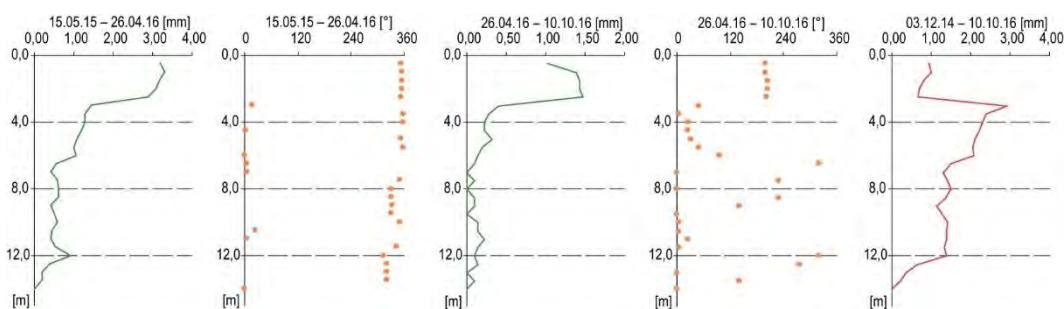


Obr. 4.18.1. Lokalita Bardejovská Zábava – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab.4.15.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.18.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2015 a 2016

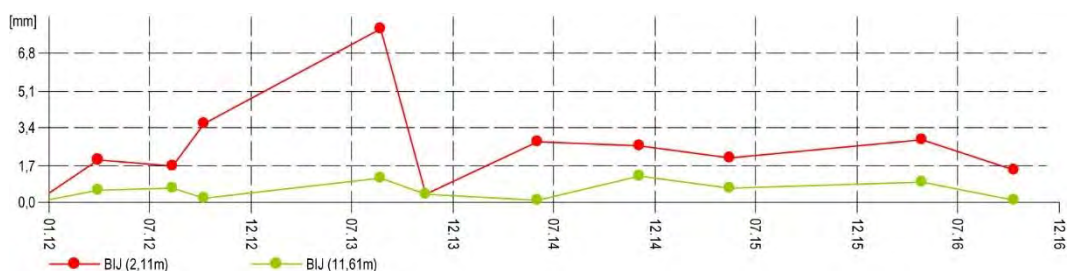
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	02.12.14 – 15.05.15			15.05.15 – 26.04.16			26.04.16 – 10.10.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
BIJ-1	2,11	2,02	2,02	131	1,94	2,88	354	0,67	1,48	202
BIJ-1	11,61	0,67	0,67	23	1,30	0,91	314	1,39	0,10	320

CD – celková deformácia od nultého merania (02.12.14); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora.



Obr. 4.18.2. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte BIJ-1 na lokalite Bardejovská Zábava; zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Z hľadiska dlhodobého vývoja deformácie, prezentovaného na obr. 4.18.3, 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 spádnicie svahu).



Obr. 4.18.3. Prírastky deformácií namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Bardejovská Zábava počas dlhšieho časového obdobia (2012 – 2016).

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Bardejovská Zábava sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch (tab. 4.18.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.18.3 a 4). V roku 2015 bolo zabezpečených 7 kontrolných meraní (28. apríl – 30. október) na oboch pozorovacích vrtoch. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte BHJ-3 (2,52 m pod terénom – 301,07 m n. m. – 30. jún). V druhom monitorovanom vrte BHJ-1 bola dosiahnutá maximálna úroveň hladiny podzemnej vody 28. apríla – 8,79 m pod terénom. Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody klesla vo vrte BHJ-1 – 9,42 m pod terénom – dňa 30. októbra. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 5,87 m pod terénom. Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte BHJ-1 (0,63 m). Dosiahnutá amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje len 44,06 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania.

Tab. 4.18.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2015

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	7	8,79	334,97	28.04.15	9,42	334,34	30.10.15	9,13	334,63	0,63
BHJ-3	7	2,52	301,07	30.06.15	2,70	300,89	30.10.15	2,60	300,99	0,18



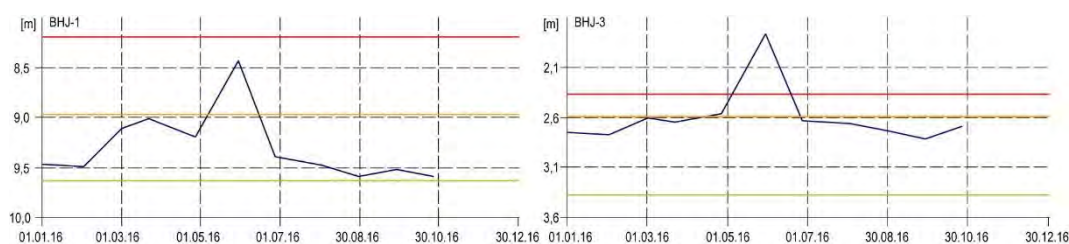
Obr. 4.18.4. Lokalita Bardejovská Zábava – situácia sanačných a monitorovacích objektov (odvodňovacie a piezometrické vrty); obrysy zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a zabezpečených bolo 10 meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte BHJ-3 (1,77 m pod terénom; 301,82 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. mája. Maximálny stav hladiny

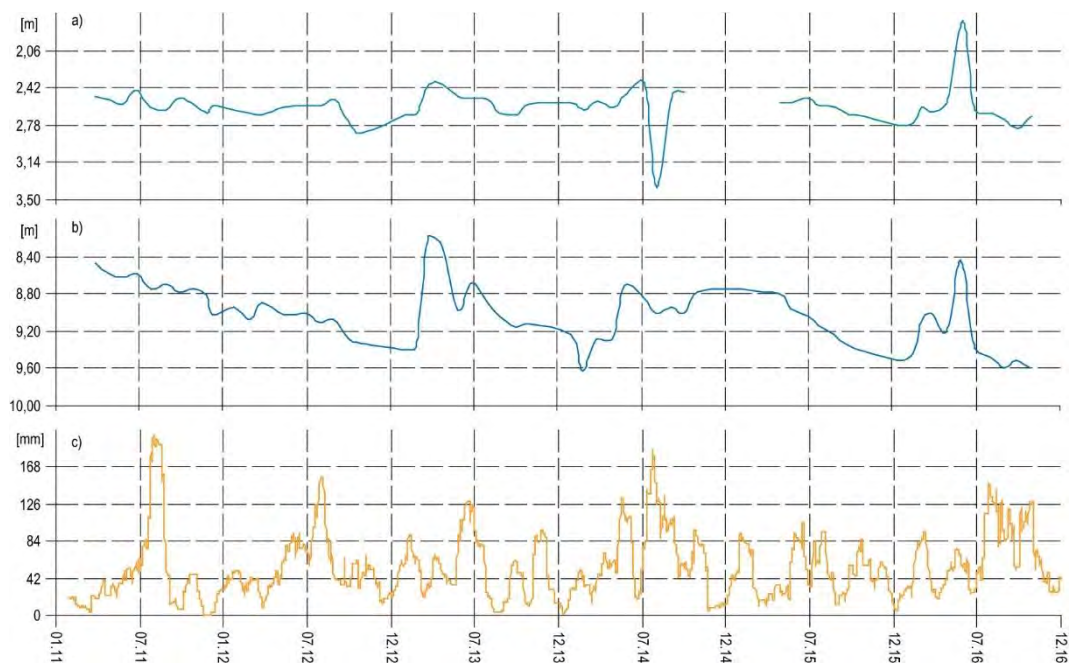
podzemnej vody vo vrte BHJ-1 bol na úrovni 8,44 m pod terénom. V oboch vrtoch boli spomenuté najvyššie hladiny namerané 30. mája. Najhlbšie hladina podzemnej vody klesla vo vrte BHJ-1, ktorý zachytáva hlbší zvodnený horizont (9,59 m pod terénom; 30. augusta). Počas nasledujúceho termínu bola minimálna hladina podzemnej vody nameraná aj vo vrte BHJ-3. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 5,94 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku nepatrný pokles (o 0,07 m). Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 2,59 (vrt BHJ-3) do 9,28 m pod terénom (vrt BHJ-1). Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte BHJ-1 (1,15 m).

Tab. 4.18.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2016

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hvp			Min. úroveň hvp			Priem. úroveň hvp		Max. kolísanie hvp [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
BHJ-1	10	8,44	335,32	30.05.16	9,59	334,17	30.08.16	9,28	334,48	1,15
BHJ-3	10	1,77	301,82	30.05.16	2,81	300,78	28.09.16	2,59	301,00	1,04



Obr. 4.18.5. Zmeny úrovně hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Bardejovská Zábava (porovnané so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania). Červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016.



Obr. 4.18.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2016) na lokalite Bardejovská Zábava. Priebehy hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – BHJ-3, b – BHJ-1, c – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Bardejov (indikatív 49120).

Pri porovnaní nameraných hĺbok hladín podzemnej vody v roku 2016 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2011 do 2015) vyplýva, že dlhodobé maximum bolo prekročené v prípade vrtu BHJ-1 (vzostup o 0,60 m). Prekonaná bola maximálna hladina z prvej polovice

júla 2014 s hodnotou 2,37 m pod terénom. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2016 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.18.5. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.18.6.

Pri hodnotení celého obdobia režimových pozorovaní (2011 až 2016 – obr. 4.18.6), možno konštatovať, že hladina podzemnej vody na zrážkové úhrny reaguje minimálne. Výraznejšie vzostupy hladiny podzemnej vody súviseli s jarným obdobím roku 2013 a aktuálne hodnoteným rokom 2016. V súvislosti s hodnotením režimových ukazovateľov je nutné upozorniť na nízku frekvenciu meraní.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Bardejovská Zábava sú monitorované štyri odvodňovacie vrty (tab. 4.18.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.18.5 a 4.18.6). Počas roka 2015 bolo na jednotlivých vrtoch zabezpečených 6 kontrolných meraní (28. apríl – 25. september). Počas tohto relatívne krátkeho obdobia bola maximálna hodnota výdatnosti zaznamenaná vo vrte HV2 ($0,64 \text{ l.min}^{-1}$ – 25. máj). Išlo o reakciu na zrážkové úhrny zaznamenané v druhej polovici mája. Ostatné vrty boli prakticky celé obdobie suché a len výnimočne (28. apríla) bol zaznamenaný súvislý výtok z vrtu HV4 (maximum – $0,02 \text{ l.min}^{-1}$; v tomto období bola zaznamenaná i maximálna úroveň hladiny podzemnej vody vo vrte BHJ-1). Minimálna výdatnosť bola vo vrte HV2 zaznamenaná 27. júla ($0,56 \text{ l.min}^{-1}$), čo súvisí so zrážkovým deficitom, ktorý sa podpísal i na poklese hladiny podzemnej vody v oboch monitorovaných vrtoch. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu $0,61 \text{ l.min}^{-1}$. Maximálne kolísanie zaznamenané vo vrte HV2 dosiahlo $0,08 \text{ l.min}^{-1}$.

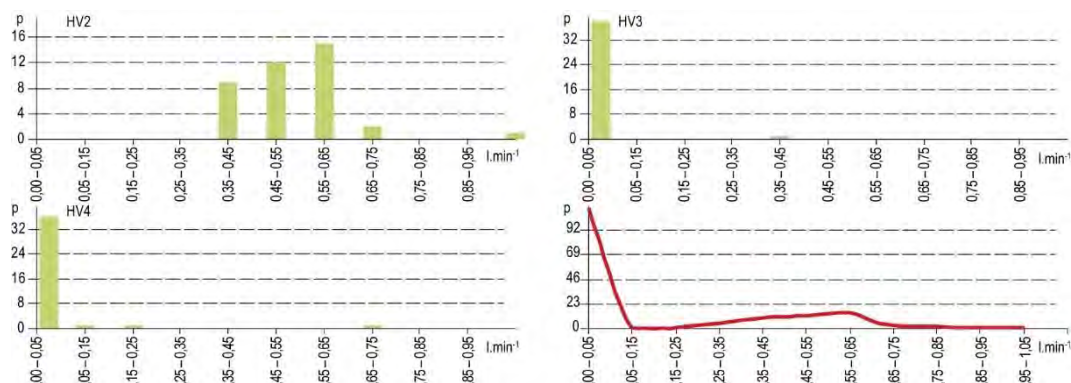
Tab. 4.18.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2015

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		
HV1	4	0,00	28.04.15	0,00	28.04.15	0,00	0,00
HV2	4	0,64	25.05.15	0,56	27.07.15	0,60	0,08
HV3	4	0,00	28.04.15	0,00	28.04.15	0,00	0,00
HV4	4	0,02	28.04.15	0,00	25.05.15	0,01	0,02

V roku 2016 bolo zabezpečených 8 kontrolných meraní, realizovaných v období od 2. februára do 26. októbra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 29. marca na odvodňovacom vrte HV2 ($0,56 \text{ l.min}^{-1}$). Ide o jediný funkčný vrt, teda vrt, na ktorom bol počas monitorovacích meraní zaznamenaný nejaký prietok. Ostatné vrty boli suché počas všetkých meracích termínov. Najnižšia výdatnosť v vrte HV2 bola nameraná 28. septembra s hodnotou $0,38 \text{ l.min}^{-1}$ a priemerná výdatnosť dosiahla $0,46 \text{ l.min}^{-1}$. Pri porovnávaní s predchádzajúcim rokom je možné venovať pozornosť len priemernej výdatnosti z jediného funkčného odvodňovacieho zariadenia (HV-2); oproti vlaňajšiemu roku došlo k poklesu výdatnosti o $0,14 \text{ l.min}^{-1}$.

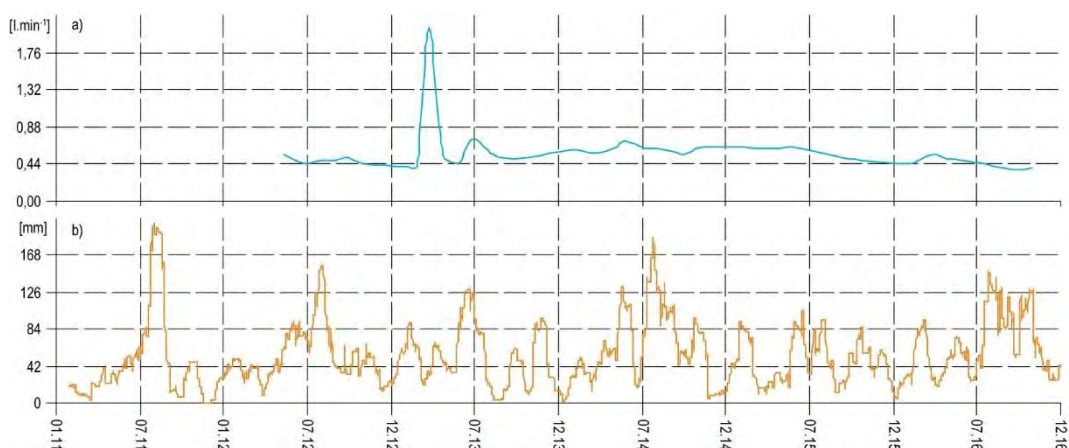
Tab. 4.18.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2016

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		
HV1	8	0,00	02.02.16	0,00	02.02.16	0,00	0,00
HV2	8	0,56	29.03.16	0,38	28.09.16	0,46	0,18
HV3	8	0,00	02.02.16	0,00	02.02.16	0,00	0,00
HV4	8	0,00	01.03.16	0,00	02.02.16	0,00	0,00



Obr. 4.18.7. Štatistické zhodnotenie výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava. Analyzované obdobie: máj 2012 – október 2016; p – početnosť, zelená – výdatnosti v jednotlivých vrtoch (označenie vrtovej je uvedené v grafoch), červená – výdatnosti zaznamenané na všetkých odvodňovacích zariadeniach v rámci lokality.

Zo štatistického spracovania (obr. 4.18.7) je zreteľné, že na odvodňovacích vrtoch prevládajú výdatnosti blízke nule. Vrty sú počas väčšiny termínov merania suché, prípadne je zaznamenané kvapkanie. Jediné zariadenie, ktoré dlhodobo účinne odvádza podzemnú vodu, je už spomenutý vrt HV2. V tomto vrte prevládajú prietoky v intervale 0,55 až 0,65 l.min⁻¹.



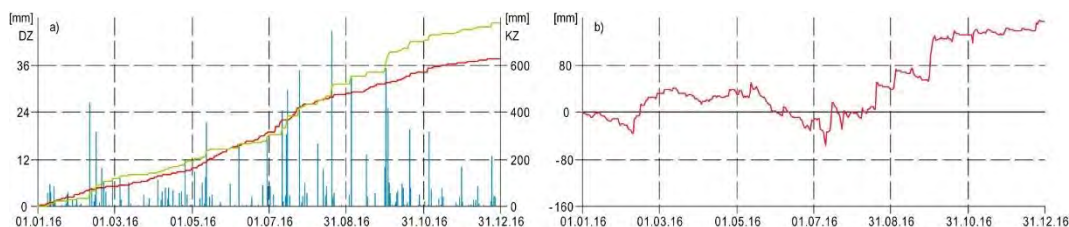
Obr. 4.18.8. Výsledky spracovania dlhodobých (2011 – 2016) výdatností horizontálnych vrtoch na lokalite Bardejovská Zábava; a – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtoch; b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Bardejov (indikatív 49120).

Z dlhodobého hľadiska, prezentovaného na obr. 4.18.8, je vidieť, že najvyššie prietoky boli namerané v druhej polovici marca 2013. Počas tohto merania bol súčasne pozorovaný prietok na troch vrtoch – HV2, HV3 a HV4. Ich spoločná výdatnosť dosiahla 2,06 l.min⁻¹. Celkovo najnižšia sumárna výdatnosť (zo všetkých odvodňovacích vrtoch) bola nameraná na konci septembra v roku 2016. Celkový dlhodobý priemer spoločnej výdatnosti dosiahol 0,58 l.min⁻¹.

d/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Bardejov s indikatívom 49120. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2015 predstavuje 626,14 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 755,2 mm (rok 2014); priemerný mesačný úhrn 52,18 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 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 780,2 mm, čo zodpovedá 124,6 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (154,1 mm) a najvyšší denný úhrn 21. augusta (44,7 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 25,2 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 26. júna do 26. júla (149,7 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, sumárny zrážkový úhrn dosiahol 5,3 mm.



Obr. 4.18.9. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Bardejov (indikatív 49120); a – denné (DZ) a kumulatívne (KZ) zrážkové úhrny (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2016, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok v roku 2016, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V zosuvnom území boli monitorovacie merania zamerané na inklinometrické merania a režimové pozorovania. Z výsledkov inklinometrických meraní vyplýva, že v roku 2016 boli počas dvoch etapových meraní zaznamenané deformácie, presahujúce 2 mm. Výraznejšia pohybová aktivita bola zaznamenaná v máji (za približne jednoročné obdobie – 2,88 mm). Z hľadiska stability je uspokojivý výsledný vektor zaznamenaný v období od decembra 2014 do októbra 2016, ktorý dosahuje hodnotu 0,67 mm.

Priemerná hodnota hladiny podzemnej vody odvodená z výsledkov meraní v roku 2016 sa len nepatrne líši od jej výsledku za rok 2015. Hladina zaznamenaná vo vrte HHJ-1 sa značnú časť hodnoteného roka nachádzala na úrovni, ktorá je blízka dlhodobému minimu. Naopak, vo vrte BHJ-3 sa hladina vyskytovala prakticky počas celého obdobia v blízkosti dlhodobého priemeru a pri májovom termíne meraní prekročila i dlhodobé maximum.

V roku 2017 plánujeme kontrolným inklinometrickým meraním opäť overiť stabilitu zosuvného územia a zabezpečiť režimové pozorovania v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v predchádzajúcom roku.

1.4.19. Lokalita Prešov-Horárska ul.

Stručná charakteristika lokality

Zosuvná lokalita sa nachádza v JZ časti Prešova na Horárskej ulici a postihuje severovýchodne orientovaný svah. Zosuv sa aktivizoval v roku 2010 a predstavuje teleso plošného charakteru, ktoré ohrozuje zástavbu západnej časti ulice. Jeho šírka dosahuje cca 375 m a dĺžka cca 300 m. Monitorovacia sieť pozostáva zo štyroch piezometrických a štyroch inklinometrických vrtov, ktoré sú situované do profilu v južnej polovici svahovej poruchy. Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Tupý et al., 2010a), ako aj z monitorovania v roku 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Monitorovacie aktivity sú zamerané predovšetkým na meranie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie. Na lokalite sa zároveň vykonávajú aj režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody (vo vrte JH-3 je osadený kontinuálny automatický hladinomer). Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.19.1.

Tab. 4.19.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Prešov-Horárska ul. v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	4	JH-1A, JH-2A, JH-3A, JH-4A	2 (7. máj, 27. október)	1 (13. december)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	4	JH-1, JH-2, JH-4	9 (29. január, 30. marec, 28. apríl, 25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 25. september, 21. október)	10 (2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október,)
	1	JH-3 – automatický hladinomer	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prešov-planetárium (indikatív 59160)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa na lokalite realizujú v štyroch inklinometrických vrtoch (JH-1A, JH-2A, JH-3A, JH-4A – obr. 4.19.1). V roku 2015 boli monitorovacie merania zabezpečené počas jarnej a jesennej etapy. Pri jarnej etape, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu od decembra roku 2014 do začiatku mája 2015, bola v rámci sledovaných hĺbkových horizontov nameraná najvyššia etapová deformácia vo vrte JH-1A (1,90 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,50 mm.rok⁻¹). V ostatných vrtoch v sledovaných horizontoch nepresiahli etapové deformácie 0,51 mm. Veľmi podobná situácia, týkajúca sa vývoja pohybovej aktivity, bola zaznamenaná i počas nasledujúcej etapy. Maximálna etapová deformácia bola opäť nameraná vo vrte 1,14 mm (2,41 mm.rok⁻¹). V ostatných vrtoch boli deformácie do 0,67 mm (1,42 mm.rok⁻¹). Zásadný rozdiel medzi jarnou a jesennou etapou je v orientácii nameraných vektorov. Napríklad vo vrte JH-1A v hĺbke 10,02 m pod terénom bola počas jarnej etapy deformácia juhovýchodného smeru, počas septembrovej etapy severozápadného smeru.

Prakticky analogické správanie je pozorovateľné vo všetkých horizontoch, v ktorých vykonávame merania.

V roku 2016 bolo zabezpečené jedno kontrolné meranie v polovici decembra. Najväčšie vektory boli namerané v sledovaných horizontoch vo vrte JH-2A. V hĺbke 4,45 m pod terénom dosiahol prírastok deformácie hodnotu 4,9 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,33 mm.rok⁻¹. Deformácia nad 1,5 mm bola nameraná vo vrte JH-3A v hĺbke 8,37 m pod terénom. V zvyšných dvoch vrtoch boli veľkosti prírastkov deformácie blízke 1 mm. Etapové vektory mali prevažne juho-juhozápadný až juhozápadný azimut (JH-2A, JH-3A – v hĺbke 14,37 m pod terénom, JH-4A; tab. 4.19.2). Menej častý bol juhovýchodný azimut. Orientácia spádnice svahu je na severovýchod. Znamená to, že väčšina nameraných etapových vektorov pravdepodobne priamo nesúvisela so zosuvným pohybom.



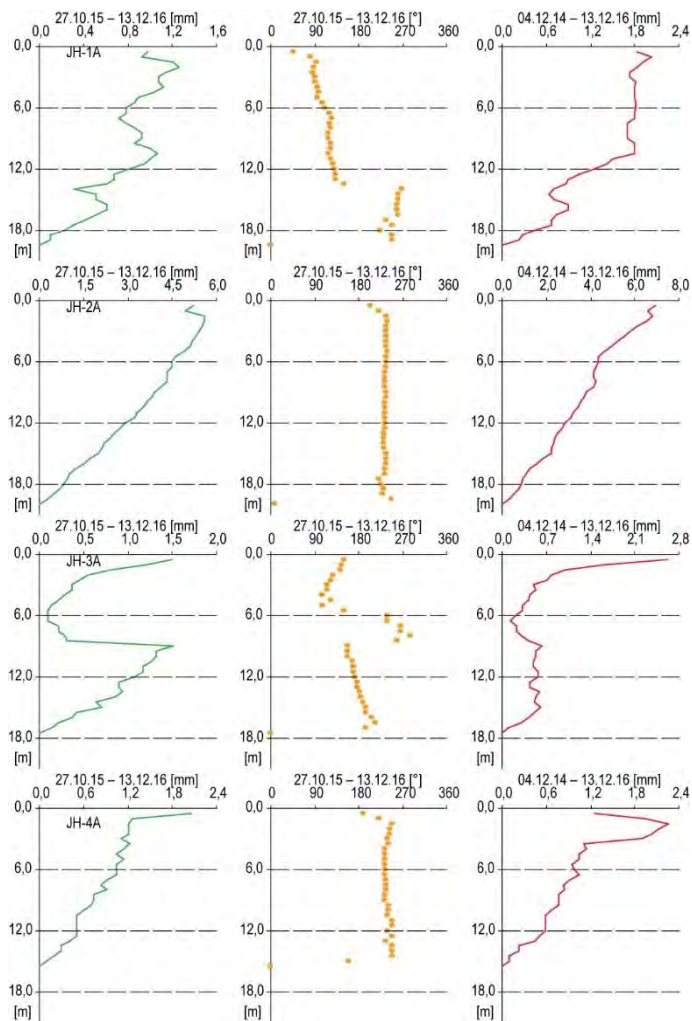
Obr. 4.19.1. Lokalita Prešov-Horárska ul. – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.19.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.19.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Prešov-Horárska ul. v rokoch 2015 a 2016

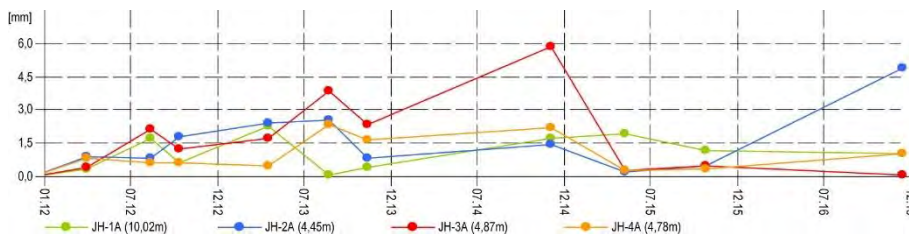
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	04.12.14 – 07.05.15			07.05.15 – 27.10.15			27.10.15 – 13.12.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
JH-1A	10,02	1,90	1,90	160	1,22	1,14	302	1,80	1,06	119
JH-2A	4,45	0,22	0,22	33	0,50	0,51	139	4,63	4,90	239
JH-2A	7,45	0,22	0,22	303	0,14	0,36	116	4,23	4,32	235
JH-2A	14,45	0,20	0,20	240	0,22	0,10	150	2,21	2,00	237
JH-3A	4,87	0,28	0,28	285	0,22	0,50	113	0,32	0,10	150
JH-3A	8,37	0,22	0,22	267	0,90	0,82	344	0,63	1,51	158
JH-3A	14,37	0,14	0,14	285	0,41	0,30	330	0,61	0,71	195
JH-4A	4,78	0,30	0,30	160	0,10	0,32	358	0,95	1,04	233

CD – celková deformácia od nultého merania (04.12.14); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora.

Pri porovnaní nameraných vektorov v dlhšom období je vidieť, že najväčšie etapové deformácie boli zaznamenané v rokoch 2013, 2014 a v aktuálne hodnotenom roku 2016. Počas roka 2015 bol namerané najnižšie hodnoty pohybovej aktivity (obr. 4.19.3).



Obr. 4.19.2. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Prešov-Horárska ul. (označenie vrtovej je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.



Obr. 4.19.3. Dlhodobé (2012 – 2016) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Prešov-Horárska ul.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Prešov-Horárska ul. sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 3 vrtoch (tab. 4.19.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.19.3 a 4). V roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 21. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte JH-1 (2,79 m pod terénom; 348,73 m n. m.; 30. marec). V ostatných vrtoch sa maximálne hladiny podzemnej vody nachádzali v intervale 9,53 (JH-4) až 14,50 m pod terénom (JH-2). Výskyt maximálnych stavov hladiny podzemnej vody bol vo všetkých vrtoch viazaný na 30. marec. Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte JH-2 (min. hladina podzemnej vody 15,92 m pod terénom bola nameraná dňa 21. októbra). Vo vrte JH-4 bola nameraná hladina podzemnej vody (12,89 m pod terénom), ktorá predstavuje minimálny stav za celé monitorovacie obdobie. Priemerná

hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 10,25 m pod terénom. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JH-4 (3,36 m).

Tab. 4.19.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Prešov-Horárska ul. v roku 2015

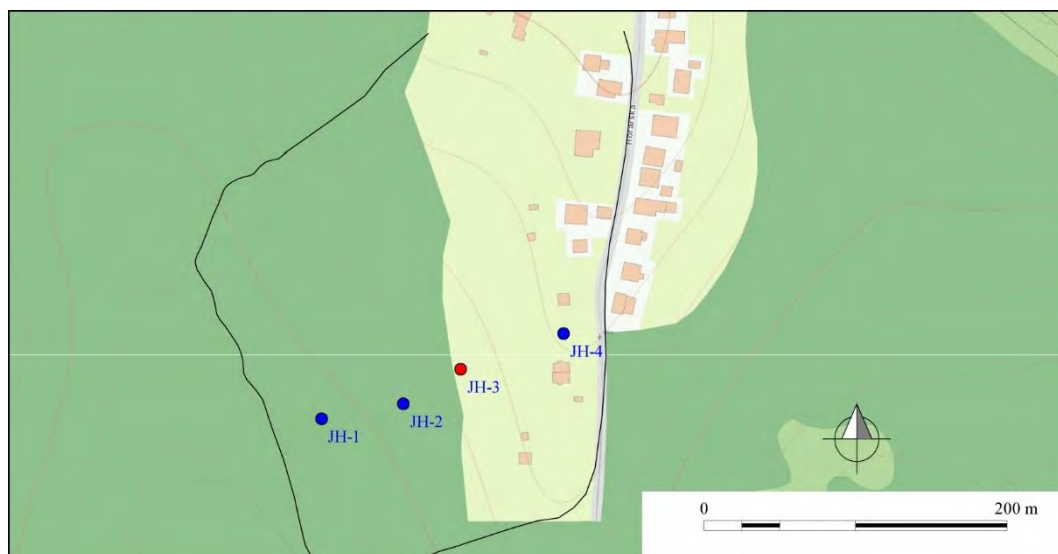
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JH-1	9	2,79	348,73	30.03.15	5,30	346,22	21.10.15	4,12	347,40	2,51
JH-2	9	14,50	331,29	30.03.15	15,92	329,87	21.10.15	15,34	330,45	1,42
JH-4	9	9,53	311,05	30.03.15	12,89	307,69	30.06.15	11,30	309,28	3,36

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach v 3 vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte JH-1 (3,47 m pod terénom – 348,05 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. mája. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 3,47 až 14,78 m pod terénom (JH-2). Vyskytovali sa hlavne 30. mája (aj vo vrte JH-2), ale i 26. októbra (JH-4). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte JH-2 (16,87 m pod terénom; 2. február). Minimálne hladiny podzemnej vody boli vo všetkých vrtoch namerané 2. februára. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 10,45 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,20 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 4,48 (vrt JH-1) do 15,72 m pod terénom (vrt JH-2). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JH-1 (2,75 m).

Celkovo možno konštatovať, že hladiny podzemnej vody zaznamenané v jednotlivých monitorovacích objektoch v roku 2016 oscilovali na úrovni, blízkej dlhodobému priemeru. V prípade vrtu JH-2 bola prekročená dlhoročná minimálna hodnota.

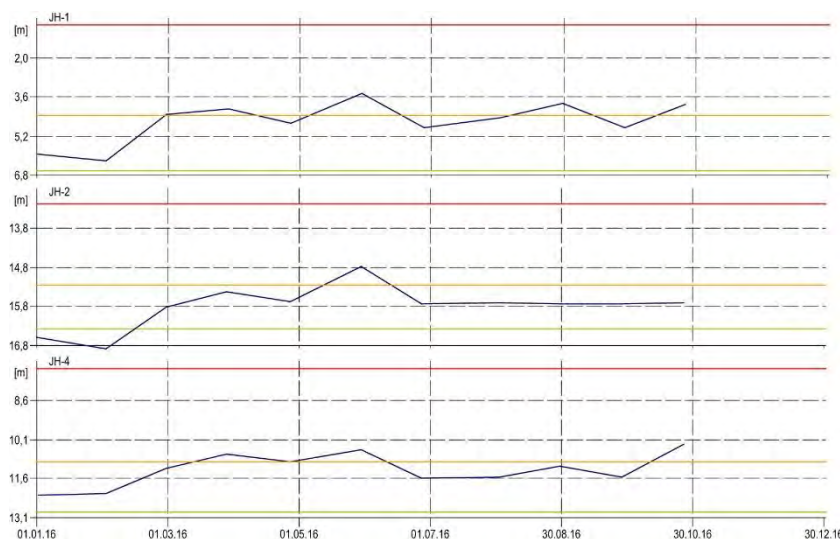
Tab. 4.19.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Prešov-Horárska ul. v roku 2016

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.]	
JH-1	10	3,47	348,05	30.05.16	6,22	345,30	02.02.16	4,48	347,04	2,75
JH-2	10	14,78	331,01	30.05.16	16,87	328,92	02.02.16	15,72	330,07	2,09
JH-4	10	10,28	310,30	26.10.16	12,17	308,41	02.02.16	11,16	309,42	1,89



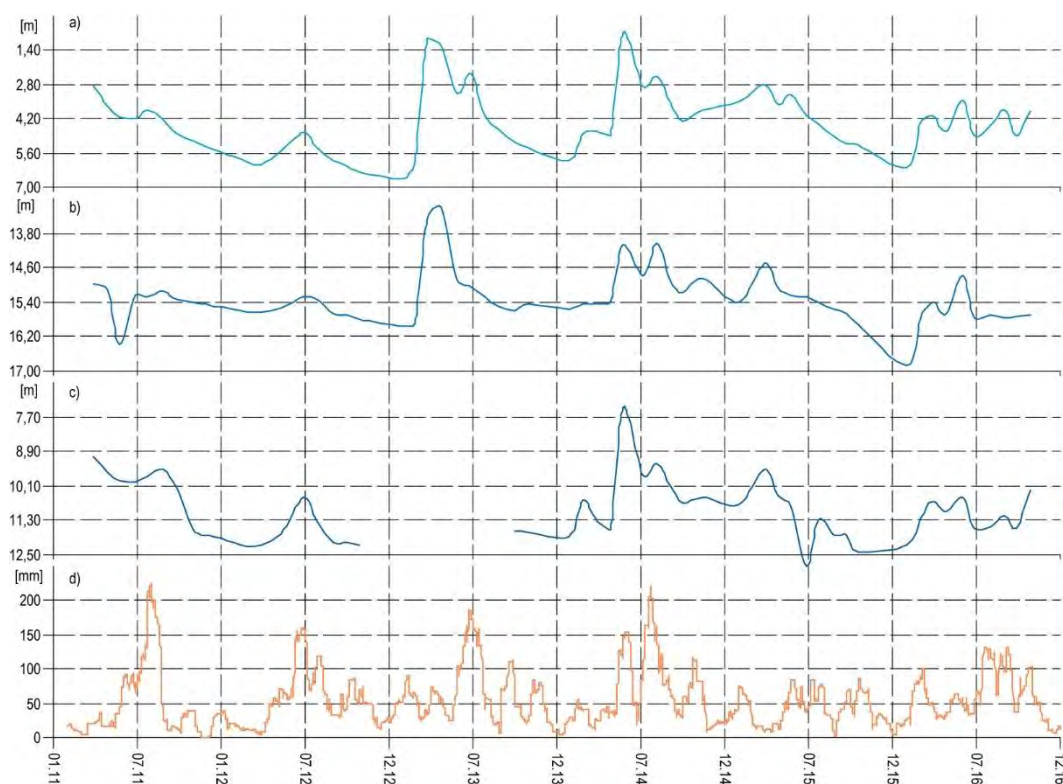
Obr. 4.19.4. Lokalita Prešov-Horárska ul. – situácia monitorovacích objektov hladiny podzemnej vody. Modré body – hladina podzemnej vody meraná pozorovateľom, červený bod – hladina podzemnej vody meraná automatickým hladinomerom (mapový podklad: ZBGIS®).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2016 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní sú znázornené na obr. 4.19.5. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.19.6.



Obr. 4.19.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Prešov-Horárska ul. (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania; červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016).

Z dlhodobjšieho hľadiska zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, prezentovaných na obr. 4.19.6, je možné za významné považovať roky 2013 a 2014. V roku 2013 hladiny podzemnej vody začali stúpať v druhej polovici februára, a roku 2014 boli maximálne hladiny podzemnej vody namerané v jarných mesiacoch po intenzívnych jarných zrážkových úhrnoch.



Obr. 4.19.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2016) z vybraných vrtov na lokalite Prešov-Horárska ul. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtach: a – JH-1, b – JH-2, c – JH-4; d – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prešov-planetárium s indikatívom 59160).

b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Na lokalite Prešov-Horárska ul. je automatickým hladinomerom zabezpečované merania vo vrte JH-3. Počas hodnotených rokov 2015 a 2016 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale.

Vo vrte JH-3 v roku 2015 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 6. marca (3,43 m pod terénom; 332,23 m n. m.). Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody klesla (do hĺbky 10,01 m pod terénom; 325,65 m n. m.) počas 31. decembra. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 7,87 m pod terénom (327,79 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 6,58 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla v roku 2015 hodnotu 0,03 m (0,46 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, sledovanej počas roku 2015 dosiahla 0,05 m.deň⁻¹. Predstavu o vývoji zmien hladiny podzemnej vody počas roka 2015 dokresľujú štatistické ukazovatele 1., 2. a 3. kvartilu. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 6,95 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 8,4 m pod terénom a 3. kvartil 9,53 m pod terénom.

Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná teplota podzemnej vody hodnotu 9,0 °C a jej celková amplitúda 0,10 °C.

Tab. 4.19.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Prešov-Horárska ul. v roku 2015

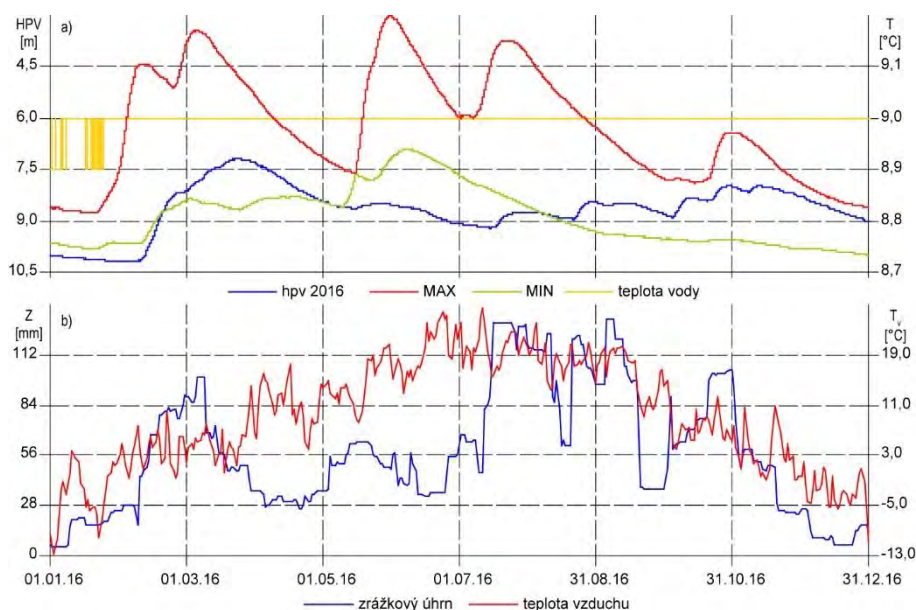
Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
JH-3	8760	3,43	332,23	06.03.15	10,01	325,65	31.12.15	7,87	327,79	6,58

V roku 2016 sa pokračovalo s meraniami v rovnakom režime. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 7,16 m pod terénom (328,50 m n. m.; 23. marec), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles až o 3,73 m. Najvýraznejší vzostup hladiny podzemnej vody bol pozorovaný od 10. februára a trval približne do konca mesiaca. Následne bol pozorovaný pozvoľný nárast hladiny a trval do druhej polovice marca. V nasledujúcom období hladina kolísala v úrovni dlhodobých minimálnych hodnôt, resp. pod ich úrovňou. Mierny vzostup bol pozorovaný len v jesennom období (obr. 4.19.7). Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 10,20 m (325,46 m n. m.), bola dosiahnutá 1. februára. Ide o najnižšiu nameranú úroveň za monitorované obdobie. Oproti predchádzajúcemu roku predstavuje nameraná hladina pokles o 0,19 m. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 8,64 m pod terénom (327,02 m n. m.), čo je v porovnaní s vlaňajším rokom pokles o 0,76 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 3,04 m, čo znamená, že došlo k jej ustáleniu. Maximálna hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,02 m (čo je 0,66 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 8,19 m pod terénom, 2. kvartil 8,57 m pod terénom a 3. kvartil 8,89 m pod terénom.

Priemerná teplota podzemnej vody, podobne ako v roku 2015, dosiahla 9,0 °C.

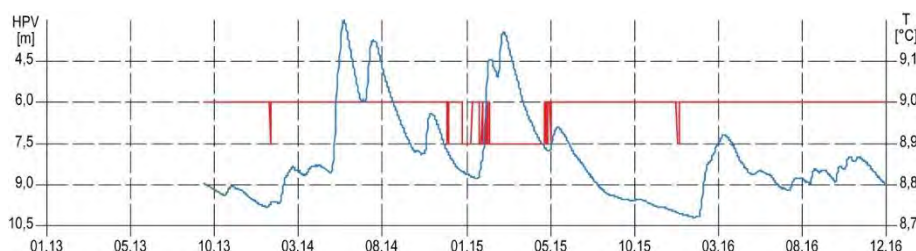
Tab. 4.19.6. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Prešov-Horárska ul. v roku 2016

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.]	
JH-3	8784	7,16	328,50	23.03.16	10,20	325,46	01.02.16	8,64	327,02	3,04



Obr. 4.19.7. Pribeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T) spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, zaznamenaný automatickým hladinomerom na lokalite Prešov-Horárska ul.; a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte JH-3 (červená – dlhodobé maximálne stavy hladiny podzemnej vody; zelená – dlhodobé minimálne stavy hladiny podzemnej vody; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016; žltá – teplota podzemnej vody v roku 2016); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (Z ; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a teploty vzduchu (T_v), na zrážkomernej stanici SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160).

Pri hodnotení celého obdobia monitorovania v tomto vrte je vidieť (obr. 4.19.8), že hladina podzemnej vody kolíše pomerne pravidelne v závislosti od zmien ročných období. Maximálne hladiny podzemnej vody bývajú zaznamenané v jarných mesiacoch. Najvyššia hladina bola nameraná v prvej polovici júna 2014 s hĺbkou 3,02 m pod terénom. V roku 2015 počas 6. marca dosiahla hĺbkou 3,43 m pod terénom. Z dlhodobého hľadiska je významný i aktuálne hodnotený rok 2016, počas ktorého sú zaznamenané najnižšie úrovne hladiny podzemnej vody. Túto skutočnosť je možné posudzovať pozitívne.



Obr. 4.19.8. Dlhodobé (2013 – 2016) zmeny úrovne hladiny (HPV) a teploty (T) podzemnej vody, zaznamenané automatickým hladinomerom, umiestneným vo vrte JH-3 na lokalite Prešov-Horárska ul. Modrá – priebeh zmien hĺbky hladiny podzemnej vody; červená – priebeh zmien teploty podzemnej vody.

c/ Meranie zrážkových úhrnov

Zrážkové úhrny zo stanice Prešov-planetárium s indikatívom 59160 sú opísané pri lokalite Kapušany.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Z nameraných výsledkov vyplýva, že monitorovaný zosuvný svah sa v roku 2016 nachádzal v relatívne stabilnom stave. Dokumentované je to zhodne nepriamymi meraniami,

založenými na sledovaní hlavného zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody, ako aj priamymi, meraním pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie.

V prípade hladín podzemnej vody, sledovaných pozorovateľom, ale aj automatickým hladinomerom, boli počas roku 2016 pozorované úrovne, ktoré je možné z dlhodobého hľadiska označiť ako podpriemerné. Vo viacerých prípadoch boli dosiahnuté minimálne úrovne hladiny za celé obdobie monitorovania.

Pri hodnotení pohybovej aktivity sa vychádzalo z vektorov, charakterizujúcich predchádzajúce trinásť a pol mesačné obdobie. Vo väčšine vrtoch bol zachovaný trend pohybovej aktivity z predchádzajúceho obdobia. Znamená to, že dosiahnuté vektory sa pohybovali prevažne do 1,5 mm. Len v prípade vrtu JH-2A boli namerané vyššie hodnoty deformácie inklinometrickej pažnice. V hĺbke 4,45 m pod terénom bol nameraný vektor 4,9 mm. Orientácia vektorov bola prevažne na juho-juhozápad až juhozápad, ojedinele i juhovýchod, pričom spádnicu svahu je orientovaná na severovýchod. Väčšina nameraných vektorov teda nesúvisí so zosuvným pohybom.

V budúcom roku 2017, vzhľadom na spoločenský význam zosuvnej lokality, plánujeme zabezpečiť jedno kontrolné inklinometrické meranie. Zároveň budeme pokračovať v režimových meraniach s frekvenciou 10 meraní a v zbere a spracovaní údajov z automatického hladinomeru.

1.4.20. 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. 4.20.1). 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 2015 a 2016

V rokoch 2015 a 2016 bola na zosuvnej lokalite pozornosť venovaná výhradne režimovým meraniam. Rozsah a frekvencia monitorovacích aktivít sú uvedené v tab. 4.20.1.

Tab. 4.20.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Čirč v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	Č-1 a Č-3	7 (28. apríl, 25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 24. september, 30. október)	10 (2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	3	Spoločná výdatnosť troch odvodňovacích vrtov (VV-1, VV-2, VV-3)	7 (28. apríl, 25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 24. september, 30. október)	10 (2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanice SHMÚ: Lipany (59100); Malcov (49040)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 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. 4.20.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.20.2 a 4.20.3). 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).

V roku 2015 bolo zabezpečených 7 kontrolných meraní (28. apríl – 30. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte Č-1 (4,18 m pod terénom – 495,10 m n. m.; 28. august). Naopak, najhlbšie pod terén klesla hladina podzemnej vody vo vrte Č-3 dňa 30. októbra (10,71 m). v tomto termíne bola nameraná minimálna hladina aj vo vrte Č-1. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 7,42 m pod terénom. Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte Č-1 (1,09 m).



Obr. 4.20.1. Lokalita Čirč – situácia sanačných a monitorovacích objektov. Obrisy zosuvov podľa Šimekovej et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.20.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč v roku 2015

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	7	4,18	495,10	28.08.15	5,27	494,01	30.10.15	4,72	494,56	1,09
Č-3	7	9,71	495,00	28.04.15	10,71	494,00	30.10.15	10,11	494,60	1,00

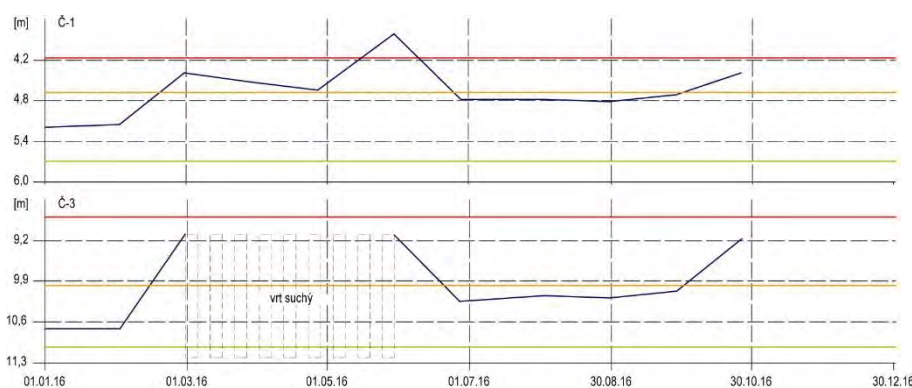
V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach v oboch vrtoch a celkovo bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte Č-1 (3,82 m pod terénom – 495,46 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. mája. Maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte Č-3 bol zaznamenaný 1. marca v hĺbke 9,09 m pod terénom Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte Č-3. Najhlbšie bola nameraná hladina podzemnej vody v hĺbke 10,71 m pod terénom, avšak počas mesiacov marec (meranie realizované 29.) a apríl bol vrt suchý. Minimálne hladiny podzemnej vody v oboch vrtoch boli namerané 2. februára.

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 7,22 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,19 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa pohybovali v rozsahu od 4,61 (vrt Č-1) do 9,84 m pod terénom (vrt Č-3). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte Č-3 (1,62 m). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2013 do 2015) vyplýva, že vo vrte Č-1 bola prekročená dlhodobá maximálna hladina podzemnej vody o 0,36 m.

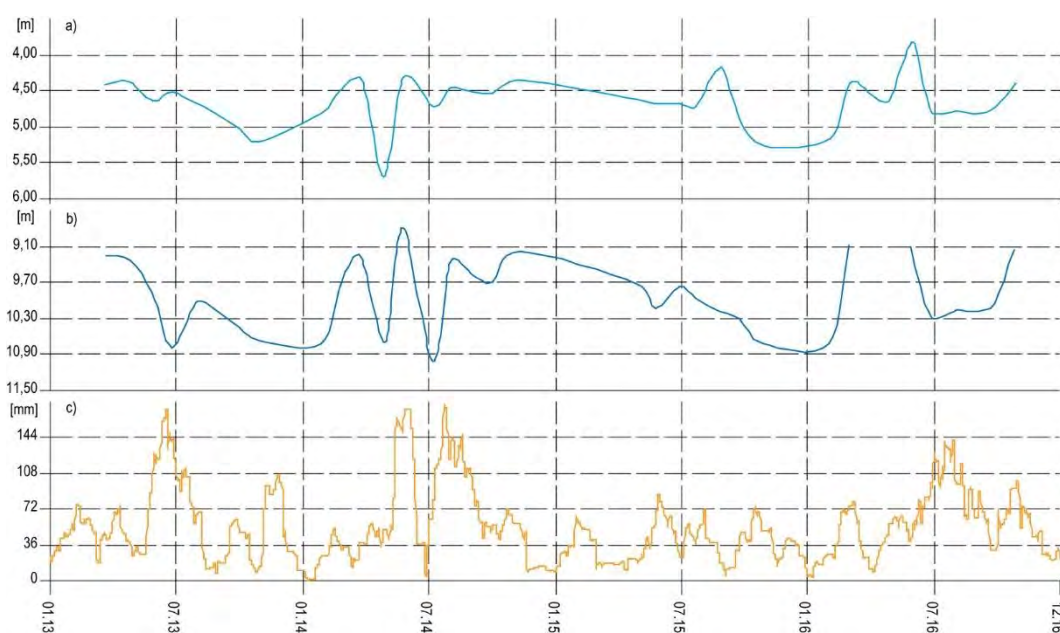
Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v monitorovaných vrtoch v roku 2015 sú na obr. 4.20.2 a jej dlhodobé zmeny spolu s kumulatívnymi zrážkovými úhrnmi sú na obr. 4.20.3.

Tab. 4.20.3. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč v roku 2016

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	3,82	495,46	30.05.16	5,16	494,12	02.02.16	4,61	494,67	1,34
Č-3	10	9,09	495,62	01.03.16	10,71	492,69	02.02.16	9,84	494,44	1,62



Obr. 4.20.2. Vývoj hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2016 vo vzťahu k vybraným dlhodobým ukazovateľom na lokalite Čirč (červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody za sledované obdobie, oranžová – priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody za sledované obdobie, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody za sledované obdobie, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016).



Obr. 4.20.3. Výsledky spracovania dlhodobých (2013 – 2016) meraní hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – Č-1, b – Č-3, c – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Lipany s indikativom 59100).

Z dlhodobého hľadiska je významný práve aktuálne hodnotený rok. Hladina podzemnej vody vo vrte Č-1 prekonal doterajšiu maximálnu úroveň, ale vzhľadom na skutočnosť, že frekvencia meraní je nízka, len 10 meraní za rok, je potrebné upozorniť, že v obdobiach s častejším výskytom intenzívnych zrážok hladiny podzemnej vody mohli vystúpiť i do vyššej úrovne, ako sú uvedené namerané maximálne stavy. Overenie skutočného vývoja hladiny podzemnej vody by umožnila prevádzka automatického hladinomeru s pravidelným hodinovým záznamom.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Čirč je výdatnosť odvodňovacích vrtov pozorovaná na výtokovom potrubí, ktoré odvádza vodu z troch vrtov VV-1, 2 a 3 (tab. 4.20.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.20.4 a 4.20.5). V roku 2015 bolo zabezpečených 7 kontrolných meraní (28. apríl – 30. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 28. apríla ($3,30 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$), v čase poklesu hĺbky hladiny podzemnej vody v oboch piezometrických vrtoch (Č-1 a 3). Zvýšené hodnoty výdatnosti odvodňovacích vrtov súvisia s predchádzajúcim zimným

obdobím, počas ktorého boli prekročené priemerné zrážkové úhrny (odvozené z údajov nameraných v období od januára 2011 až do decembra 2014 na stanici SHMÚ Lipany – indikatív 59100). Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná 30. októbra, kedy bol výtokový objekt suchý ($0,00 \text{ l.min}^{-1}$), čo súvisí s pomerne výrazným zrážkovým deficitom. Spoločná priemerná výdatnosť odvodňovacích objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu $1,15 \text{ l.min}^{-1}$. Celkové kolísanie výdatnosti dosiahlo $3,30 \text{ l.min}^{-1}$.

Tab. 4.20.4. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2015

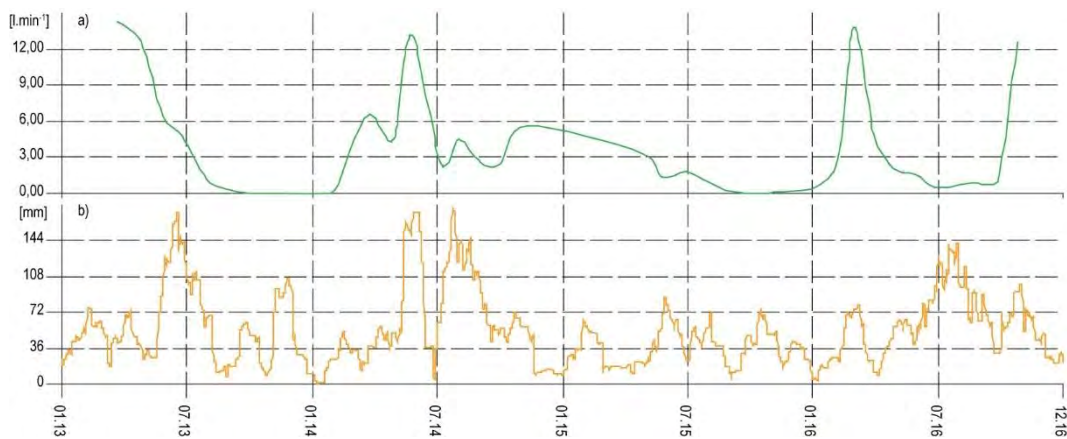
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		[l.min^{-1}]
Výtok	7	3,30	28.04.15	0,00	30.10.15	1,15	3,30

V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 2. februára do 26. októbra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 1. marca s hodnotou $13,80 \text{ l.min}^{-1}$. V tomto období dosahovala maximálna stav hladina podzemnej vody vo vrte Č-3. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná vo 27. júna, čo súvisí so zrážkovým deficitom, ktorý sa začal prejavovať na konci mája a trval počas prvej polovice júna. Z hľadiska hodnotenia efektívnosti odvodňovacieho systému je pozitívne, že ani počas jedného merania neklesla výdatnosť na $0,0 \text{ l.min}^{-1}$. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu $7,99 \text{ l.min}^{-1}$. V porovnaní s predchádzajúcim rokom ide o mimoriadny nárast, a to až o $5,69 \text{ l.min}^{-1}$. Celkové kolísanie výdatnosti dosiahlo $13,29 \text{ l.min}^{-1}$.

Priebeh množstva odvádzanej vody z odvodňovacieho zariadenia v dlhšom časovom horizonte je znázornené na obr. 4.20.4 a štatistické ukazovatele sú znázornené na obr. 4.20.5.

Tab. 4.20.5. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2016

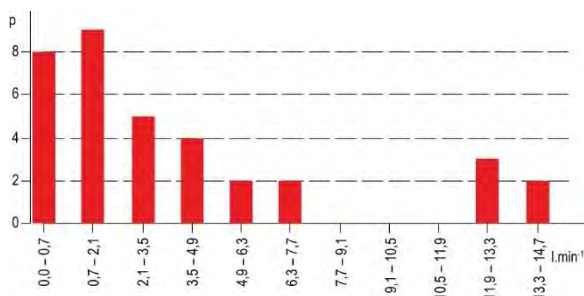
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min^{-1}]	dátum	[l.min^{-1}]	dátum		[l.min^{-1}]
Výtok	10	13,80	01.03.16	0,51	27.06.16	4,00	13,29



Obr. 4.20.4. Výsledky spracovania režimových pozorovaní (2013 – 2016) výdatnosti z odvodňovacieho zariadenia na lokalite Čirč; a – spoločná výdatnosť odvodňovacích zariadení VV-1 až VV-3, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Lipany (indikatív 59100).

Pri analýze dlhšieho obdobia monitorovania výdatnosti na výtokovom objekte je vidieť, že jej kolísanie je priamo 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.

Počas monitorovaného obdobia prevládali hodnoty s prietokom 0,7 až 2,1 l.min⁻¹. Pomerne vysoké zastúpenie majú aj najnižšie výdatnosti (do 0,7 l.min⁻¹). Celkovo sa maximálne výdatnosti vyskytujú najmä počas mesiacov marec až máj. Naopak, výrazne najnižšie výdatnosti boli namerané v januári.



Obr. 4.20.5. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacieho zariadenia na lokalite Čirč. Analyzované obdobie: marec 2013 – október 2016; p – početnosť.

c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Lipany s indikatívom 59100 a Malcov s indikatívom 49040.

Informácia o zrážkových úhrnoch na stanici Lipany je uvedená v podkapitole 1.4.15 (lokalita Dačov). Na stanici Malcov dlhodobý ročný zrážkový priemer, nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2015, dosiahol 641,64 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 814,9 mm (rok 2014); priemerný mesačný úhrn 53,47 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 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 789,0 mm, čo zodpovedá 123,0 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (160,2 mm) a najvyšší denný úhrn 13. júl (41,2 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 21,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 17. júna do 17. júla (157,7 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, sumárny zrážkový úhrn dosiahol 5,9 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Čirč sú monitorovacie aktivity zamerané výlučne na sledovanie najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody. Zároveň je sledovaná i výdatnosť odvodňovacieho zariadenia – spoločná výdatnosť subhorizontálnych odvodňovacích vrtov VV-1 až VV-3. Analyzované sú tiež údaje o zrážkových úhrnoch zo staníc Lipany a Malcov. Na základe získaných údajov priamym meraním, ale aj analýzou klimatologických údajov, je možné dospieť k záveru, že jednotlivé zmeny medzi sledovanými ukazovateľmi priamo korelujú.

V roku 2016 bol pozorovaný pomerne výrazný vzostup priemernej ročnej výdatnosti. V tejto súvislosti treba však poznamenať, že merania sú vykonávané s nízkou frekvenciou a tým pádom spomenutý vzostup nie je jednoznačný.

Na zosuvnej lokalite plánujeme v roku 2017 pokračovať v monitorovacích meraniach v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2016.

1.4.21. Lokalita Žilina-Vranie

Stručná charakteristika lokality

Vranie je mestskou časťou mesta Žilina. Leží na pravej strane rieky Kysuca pred Kysuckou bránou. Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správy zo sanácie (Fekeč et al., 2014h in Šimeková et al., 2014), ako aj monitorovania v roku 2014 a 2015 (Ondrejka, et al., 2015 a 2016). Monitorovacia sieť pozostáva zo šiestich vrtov. Tri vrty sú vybudované ako piezometrické a tri ako inklinometrické.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Na zosuvnej lokalite sa v rokoch 2015 a 2016 sústredila pozornosť na inklinometrické merania. Frekvencia meraní je zhrnutá v tab. 4.18.1.

Tab. 4.21.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Žilina-Vranie v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	3	INV-1, INV-2, INV-3	1 (29. október)	1 (14. september)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Žilina (indikatív 25040)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016

a/ Inklinometrické merania

Na lokalite sa nachádzajú tri vrty, s ktorých dva sú situované pod a jeden nad cestnou komunikáciou (ul. Drozdia). Merania sa realizujú od novembra 2014. V roku 2015 bola najvyššia pohybová aktivita nameraná vo vrte INV-2 (v sledovanej hĺbke 7,41 m pod terénom bol nameraný vektor 3,28 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 3,76 mm.rok⁻¹). Vo vrtoch INV-1 a 3 bol na sledovaných horizontoch (tab. 4.18.2) nameraný približne rovnaký prírastok deformácie. Orientácia jednotlivých vektorov je prevažne na západ, poprípadе na juhozápad. Očakávaný pohyb zosuvného telesa je však v tomto prípade na východ (obr. 4.21.1).

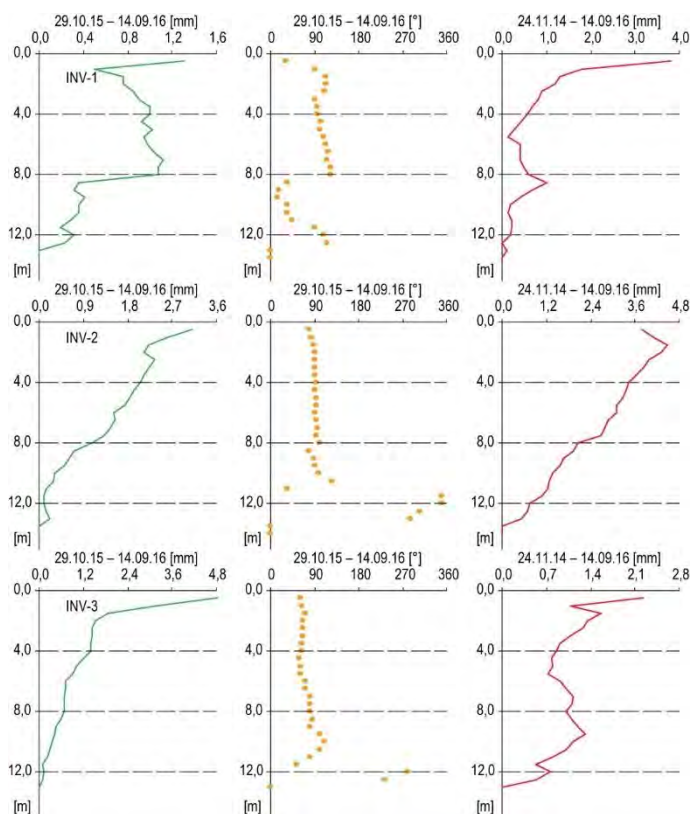
V roku 2016 bolo zabezpečené jedno meranie, ktoré zahŕňa pohybovú aktivitu v období od konca októbra 2015 do polovice septembra 2016. Z výsledkov vyplýva pokles pohybovej aktivity. Maximálna etapová deformácia bola nameraná vo vrte INV-2, kde bola v hĺbke 7,41 m pod terénom nameraná deformácia 1,33 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 1,52 mm.rok⁻¹. Deformácia nad 1 mm bola nameraná aj vo vrte INV-1 v hĺbke 7,19 m pod terénom – 1,08 mm, čo vytvára priemernú rýchlosť pohybu 1,23 mm.rok⁻¹. Najnižšia deformácia bola nameraná vo vrte INV-3 (0,42 mm; 0,48 mm.rok⁻¹). Vektory mali zväčša východný, ojedinele juhovýchodný azimut (obr. 4.21.2), teda v smere spádnicе svahu.

Tab. 4.21.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Žilina-Vranie v rokoch 2015 a 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	15.12.14 – 29.10.15			29.10.15 – 14.09.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
INV-1	7,19	1,62	1,06	229	0,60	1,08	124
INV-2	7,41	3,99	3,28	291	2,68	1,33	93
INV-3	8,70	1,60	1,39	256	1,32	0,42	100

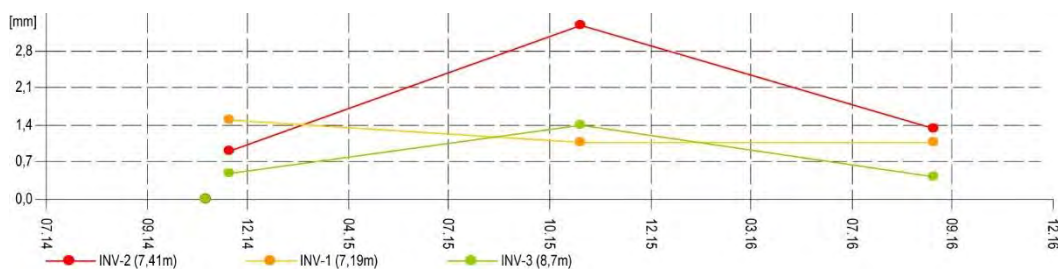


Obr. 4.21.1. Lokalita Žilina-Vranie – výsledky inklinometrických meraní v období rokov 2015 a 2016 (obdobie meracej etapy je v súlade s tab. 4.18.2; číslo zobrazené pri vektore označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.



Obr. 4.21.2. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Žilina-Vranie (označenie vrtu je uvedené vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Pri pohľade na pohybovú aktivitu počas jednotlivých monitorovacích etáp (obr. 4.21.3) je možné konštatovať, že zosuv sa nachádza v relatívne stabilnom stave. Najvyššie deformácie boli namerané vo vrte INV-2, opačne, najnižšie deformácie boli zaznamenané vo vrte INV-3.



Obr. 4.21.3. Dlhodobé (2014 – 2016) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Žilina-Vranie.

c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Žilina s indikatívom 25040. V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 869,10 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas júla (179,1 mm) a najvyšší denný úhrn 2. júla (41,6 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 21,0 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 1. júla do 31. júla (174,1 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,7 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V území sa sústreďuje pozornosť len na monitorovanie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie. V roku 2016 bola na zosuvnej lokalite overená stabilita zosuvného telesa počas septembra. Z výsledkov meraní vyplýva, že zosuvný svah sa v roku 2016 v porovnaní s predchádzajúcim rokom nachádzal v relatívne stabilnom stave. Najvyššia pohybová aktivita bola sledovaná vo vrte INV-2. Azimuty etapových vektorov boli v roku 2016, na rozdiel od predchádzajúceho obdobia, orientované prevažne na východ, teda v smere spádnice svahu. V roku 2017 plánujeme prerušiť monitorovacie merania. Ich obnovenie plánujeme najskôr v roku 2018, prípadne i skôr, ak nastane oprávnené podozrenie zhoršenia stabilitného pomerov v monitorovanom území.

1.4.22. Lokalita Vyšná Hutka

Stručná charakteristika lokality

V obci je značná časť intravilánu ohrozená rozsiahlymi potenciálnymi svahovými poruchami. V roku 2010 sa vo viacerých častiach obce aktivizovali zosuvy, ktoré spôsobili značné škody (poškodenie rodinných domov a miestnej infraštruktúry).

Monitorovacie aktivity sú v tomto rozsiahlom zosuvnom území sústredené do troch oblastí. V severnejšej časti intravilánu, kde došlo k poškodeniu miestnej komunikácie, sa vykonávajú inklinometrické merania (VHI-1) a režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody (VHG-1) a výdatnosti odvodňovacích objektov (HVSHV1 a 2). V strednej časti obce, kde boli pozorované prejavy svahového pohybu najmä na rodinných domoch, sú monitorovacie merania zamerané na sledovanie podpovrchovej deformácie (VHI-2) a zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody (VHG-2). Poslednou monitorovanou oblasťou je Mikov majer, východne od intravilánu obce. Podrobnejšie informácie o monitorovanej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Grman et al., 2010) a sanácie (Fekeč et al., 2014d in Šimeková et al., 2014), ako aj z monitorovania (Ondrejka et al., 2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.22.1.

Tab. 4.22.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšná Hutka v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	5	VHI-1, 2, 3, VHI-1A, 2A	2 (12. máj*, 27. október)	3 (26. apríl, 19. august, 12. december)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	4	VHG-1 až 4	9 (29. január, 26. marec, 29. apríl, 26. máj, 7. júl, 24. júl, 31. august, 5. október, 30. október)	10 (3. február, 1. marec, 30. marec, 28. apríl, 30. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)
	1	VHG-4**	Kontinuálne (každú hodinu)	
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	2	VHSHV-1, VHSHV-2	9 (29. január, 26. marec, 29. apríl, 26. máj, 7. júl, 24. júl, 31. august, 5. október, 30. október)	10 (3. február, 1. marec, 30. marec, 28. apríl, 30. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanica SHMÚ: Vyšný Čaj (indikatív 60100)	Denné úhrny zrážok	

* – vo vrtoch VHI-1A a VHI-2A bol termín realizácie meraní 18. máj 2015; ** – automatický hladinomer bol do vrtu inštalovaný 10. novembra 2016.

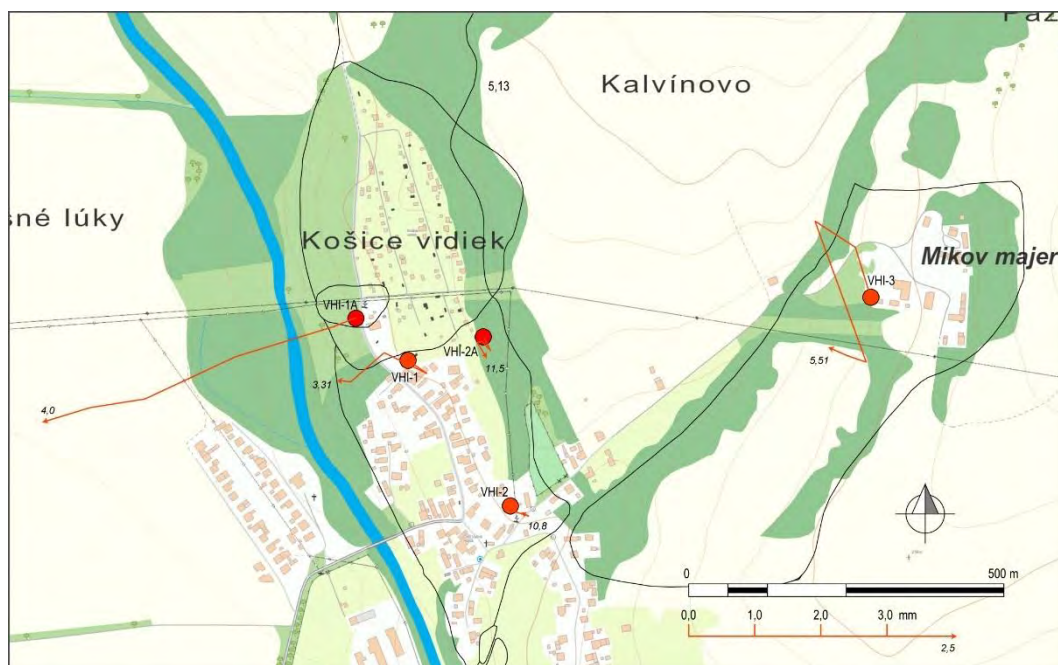
Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania na lokalite Vyšná Hutka boli v rokoch 2015 a 2016 zabezpečené na 5 vrtoch, ktoré sú v rámci obce situované v troch častiach. Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.22.2 a prezentované na obr. 4.22.1, 4.22.2 a 4.22.3.

V roku 2015 boli zabezpečené dve etapy meraní (12. máj a 27. október). Najvyššia pohybová aktivita bola nameraná vo vrte VHI-1A. Počas májovej etapy bol na úrovni šmykovej plochy nameraný vektor 3,56 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie $7,86 \text{ mm.rok}^{-1}$ (s orientáciou na juhozápad). Následne, počas októbrovej etapy bola zaznamenaná akcelerácia pohybovej aktivity s hodnotou 14,60 mm (priemerná rýchlosť deformácie $32,90 \text{ mm.rok}^{-1}$). Azimut nameraného vektora sa voči predchádzajúcej etape prakticky nezmenil a korešponduje i s hodnotami nameranými v predchádzajúcom období. Vysoké hodnoty pohybovej aktivity boli namerané počas jednotlivých meraní aj vo vrte VHI-3. V porovnaní s predchádzajúcim obdobím ide však o mierne upokojenie. V hĺbke 5,51 m pod terénom bola v čase jarného merania zaznamenaná deformácia 7,96 mm ($13,45 \text{ mm.rok}^{-1}$) a neskôr, počas októbrovej etapy 7,30 mm ($15,86 \text{ mm.rok}^{-1}$). Azimuty jednotlivých prírastkov deformácie si počas obdobia monitoringu zachovávajú smer na severozápad.

Vo vrte VHI-1 bol počas posledných troch meraní (na šmykovej ploche v hĺbke 4,81 m pod terénom) pozorovaný vzostupný trend prírastkov deformácie. Pri posledných dvoch meraniach, ktoré boli zabezpečené v roku 2015, sa prírastky deformácií pohybovali v intervale 3,24 – 5,04 mm ($5,47 - 10,94 \text{ mm.rok}^{-1}$). Vo vrtoch VHI-2 a VHI-2A sa namerané etapové prírastky deformácie pohybovali do 2,39 mm (čo predstavovalo priemernú rýchlosť $5,27 \text{ mm.rok}^{-1}$).



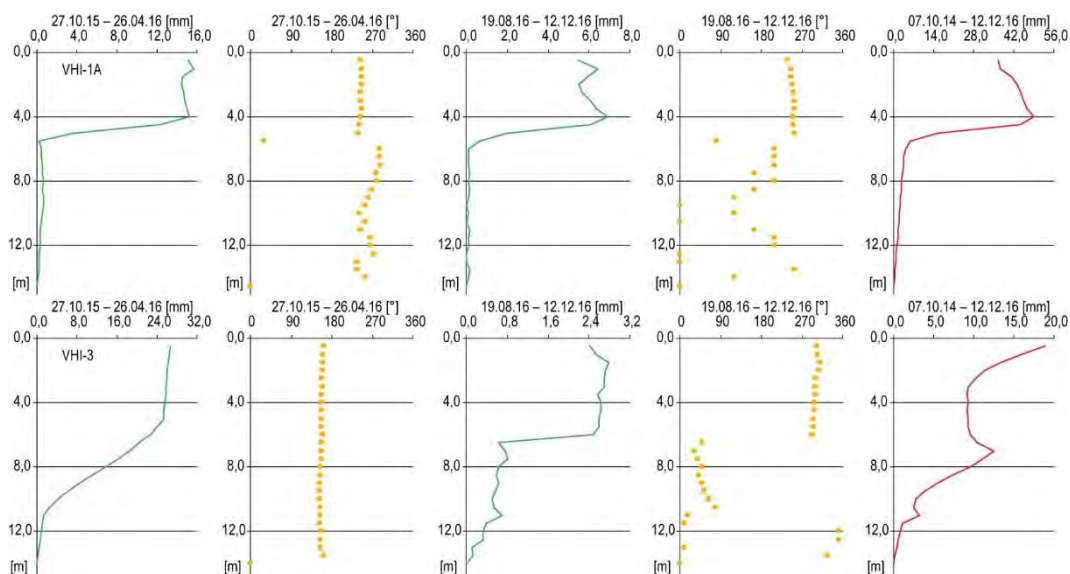
Obr. 4.22.1. Lokalita Vyšná Hutka – výsledky inklinometrických meraní za obdobie rokov 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.22.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrisy zosuvov podľa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.22.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Vyšná Hutka v rokoch 2015 a 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	08.10.14 – 12.05.15			12.05.15 – 27.10.15			27.10.15 – 26.04.16			26.04.16 – 19.08.16			19.08.16 – 12.12.16		
		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 [°]
VHI-1	3,31	3,51	3,51	125	3,77	7,20	296	8,66	6,08	229	9,23	0,61	229	10,68	1,58	275
VHI-1	4,81	3,24	3,24	121	1,80	5,04	303	6,36	5,58	235	6,22	0,30	130	7,41	1,28	271
VHI-1	8,81	0,73	0,73	114	1,03	1,63	321	3,35	3,55	230	3,20	0,40	130	3,49	0,36	276
VHI-1	1,81	3,92	3,92	124	0,58	4,46	301	8,63	8,15	243	6,73	3,29	110	9,05	3,40	282
VHI-1A		4,87	3,70	248	18,76	15,42	253	33,92	15,17	245	42,04	8,46	261	48,94	6,94	253
VHI-2	10,80	0,71	0,71	148	0,61	0,78	280	1,40	1,48	112	3,20	1,89	108	2,44	0,76	297
VHI-2A		2,89	2,39	153	0,81	2,09	317	0,81	0,32	228	0,71	0,22	273	2,97	2,28	149
VHI-3	5,51	7,96	7,96	343	14,36	7,30	303	9,67	22,72	160	9,30	3,14	289	9,53	2,47	294

CD – celková deformácia od nultého merania (08.10.14); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora.

V roku 2016 boli zabezpečené tri meracie etapy – jar, letná a jesenná. Najvýraznejšia pohybová aktivita bola zaznamenaná počas jarnej etapy, ktorá charakterizovala obdobie od konca októbra 2015 do konca apríla 2016. Maximálny vektor v rámci sledovaných šmykových plôch bol nameraný vo vrte HVI-3. Vrt sa nachádza v oblasti Mikovho majera severovýchodne od centra obce. V tomto vrte v hĺbke 5,51 m pod terénom bola nameraná deformácia 22,72 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu $45,57 \text{ mm.rok}^{-1}$. Nameraný vektor mal orientáciu na juho-juhovýchod. V jarnom období boli veľmi vysoké deformácie namerané aj vo vrte VHI-1A. Tento vrt sa nachádza v severovýchodnej časti intravilánu obce. Počas merania bola v hĺbke 4 m od pažnice nameraná deformácia 15,17 mm ($30,43 \text{ mm.rok}^{-1}$). V tomto prípade bol vektor orientovaný na juhozápad. Deformácie nad 5 mm boli namerané aj vo vrte VHI-1 (6,08 mm v hĺbke 3,31 m pod terénom, najvyššia deformácia v rámci sledovaných horizontov bola nameraná v hĺbke 1,81 m pod terénom; tab. 4.22.2).

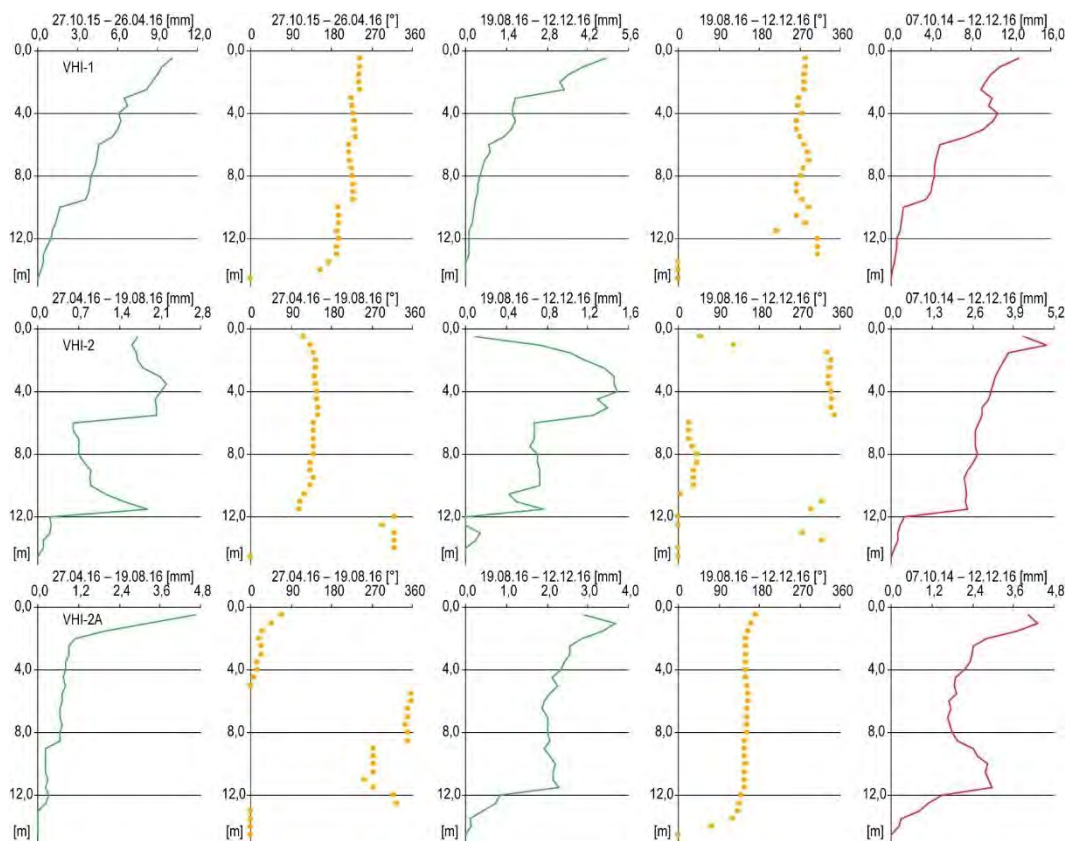


Obr. 4.22.2a. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Vyšná Hutka (názov vrtu je uvádzaný vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Počas letného merania boli zaznamenané podstatne nižšie hodnoty deformácie. I napriek tejto skutočnosti, vo vrte VHI-1A bola nameraná deformácia 8,46 mm ($26,87 \text{ mm.rok}^{-1}$). Nameraný vektor pokračoval približne v rovnakom smere ako na jar. Zvýšená pohybová aktivita bola i vo vrte VHI-3 ($3,14 \text{ mm}$; $9,97 \text{ mm.rok}^{-1}$). V tomto vrte došlo v porovnaní s posledným meraním k pomerne výraznému upokojeniu, zároveň sa však zmenil aj azimut.

Z juhovýchodu sa otočil na západ až severozápad. V ostatných vrtoch boli počas tejto etapy namerané vektory, ktorých hodnoty sú charakteristické pre relatívne stabilné územia.

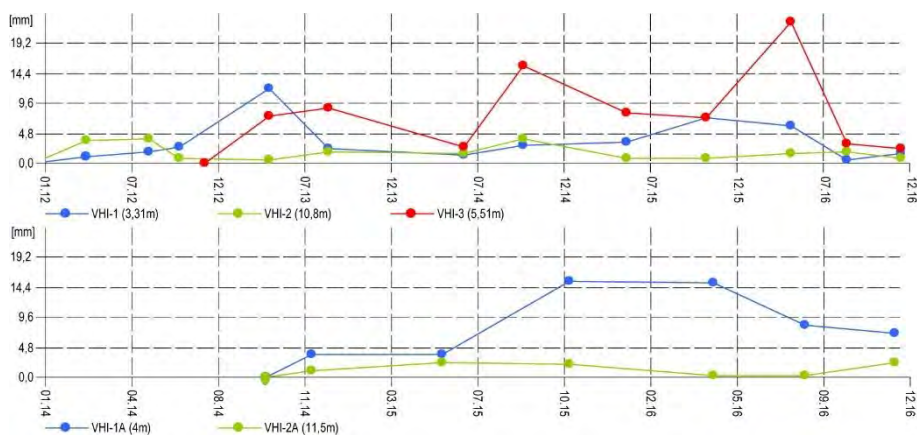
Posledná etapa priniesla potvrdenie stabilizácie pohybovej aktivity. Najvyššia pohybová aktivita bola nameraná opakovane vo vrte VHI-1A. V hĺbke 4 m od ústia pažnice bola nameraná deformácia 6,94 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $22,01 \text{ mm.rok}^{-1}$. Deformácie nad 2 mm boli namerané vo vrtoch VHI-2A a VHI-3. Pomerne veľká deformácia, avšak relatívne plytko pod terénom, bola nameraná aj vo vrte VHI-1.



Obr. 4.22.2b. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Vyšná Hutka (názov vrty je uvádzaný vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Hodnotením výsledných deformácií na šmykových plochách (za obdobie 7. október 2014 – 12. december 2016) možno dospieť k záveru, že najvyšší vektor bol aktuálne dosiahnutý vo vrte VHI-1A (48,94 mm). Ide o mimoriadne aktívnu oblasť, v ktorej sa priemerná rýchlosť deformácie pohybuje na úrovni $22,41 \text{ mm.rok}^{-1}$. V ostatných vrtoch, v dôsledku častých zmien v azimutoch, namerané výsledné vektory len ojedinele dosahujú hodnoty nad 10 mm.

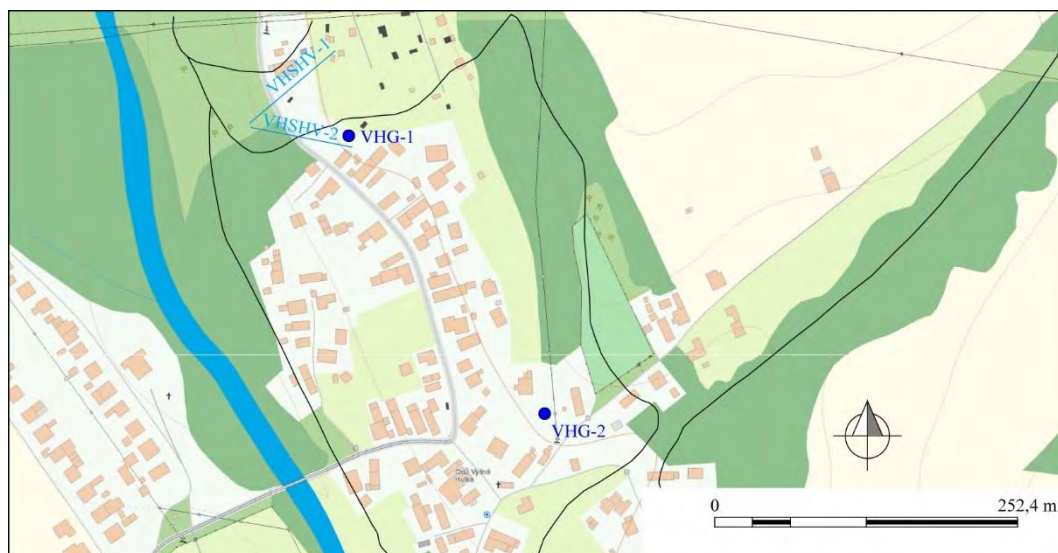
Vývoj deformácie na sledovaných šmykových plochách je prezentovaný na obr. 4.22.3. Z výsledkov monitorovacích meraní vyplýva, že najaktívnejším obdobím sú práve hodnotené roky 2015 a 2016. Najvyššia etapová deformácia bola nameraná vo vrte VHI-3 počas jarnej etapy meraní v roku 2016. Pomerne vysoký prírastok deformácie bol v tomto vrte nameraný i počas jesenného namerania v roku 2014. V skupine novších vrtoch boli najvyššie etapové deformácie namerané vo vrte VHI-1A v októbri 2015 a apríli 2016. Dlhodobu nízke hodnoty sú sledované vo vrte VHI-2A. Na sledovanej šmykovej ploche veľkosť etapového vektora ani v jednom prípade neprekročila 3 mm.



Obr. 4.22.3. Dlhodobé (2014 – 2016) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšná Hutka.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Vyšná Hutka sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 4 vrtoch (tab. 4.22.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.22.3 a 4.22.4). Počas roka 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte VHG-2 (2,65 m pod terénom – 199,76 m n. m. – 26. marec). V ostatných vrtoch sa maximálne hladiny podzemnej vody vyskytovali zhodne počas májového merania. Naopak, najhlbšie pod terénom bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte VHG-4 (min. hladina podzemnej vody 11,60 m pod terénom bola nameraná dňa 30. októbra). Spolu s hladinami nameranými vo vrtoch VHG-2 (3,42 m pod terénom) a VHG-1 (7,33 m pod terénom) ide o minimálne stavy, namerané za celé monitorovacie obdobie. Vrt VHG-3 bol suchý. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 6,78 m pod terénom. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VHG-1 (2,19 m).



Obr. 4.22.4. Lokalita Vyšná Hutka – situácia sanačných a monitorovacích objektov; obrisy zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®

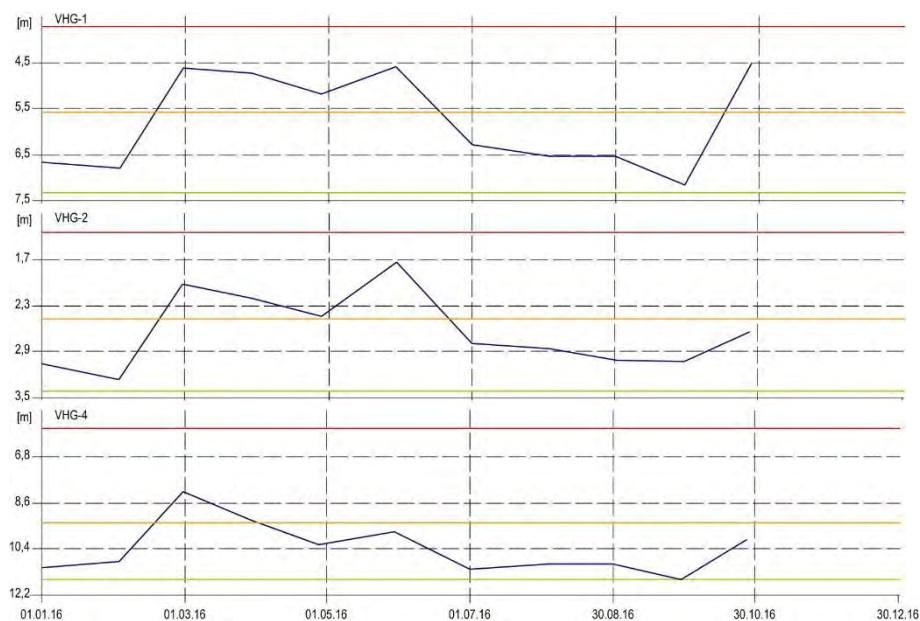
Tab. 4.22.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšná Hutka v roku 2015

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.]	
VHG-1	9	5,14	196,20	26.03.15	7,33	194,01	31.08.15	6,36	194,98	2,19
VHG-2	9	2,65	199,76	26.03.15	3,42	198,99	31.08.15	2,96	199,45	0,77
VHG-3	9	suchý								
VHG-4	9	10,48	244,13	26.03.15	11,60	243,01	30.10.15	11,03	243,58	1,12

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo desiatimi kontrolnými meraniami (3. február – 27. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte VHG-2 (1,73 m pod terénom – 200,68 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. mája. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale 1,73 až 8,18 m pod terénom (VHG-4). V jednotlivých vrtoch sa vyskytovali v rôznom období. Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody nachádzala vo vrte VHG-4. Minimálna hladina bola nameraná dňa 29. septembra v hĺbke 11,60 m pod terénom. Výskyt minimálnych hladín bol vo vrtoch VHG-1 a VHG-4 koncentrovaný na 29. septembra. Vo vrte VHG-2 to bolo ale ešte počas zimného obdobia. Podobne ako v predchádzajúcom období, aj v roku 2016 bol vrt VHG-3 suchý.

Tab. 4.22.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšná Hutka v roku 2016

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.]	
VHG-1	10	4,50	196,84	27.10.16	7,16	194,18	29.09.16	5,70	195,64	2,66
VHG-2	10	1,73	200,68	30.05.16	3,27	199,14	03.02.16	2,60	199,81	1,54
VHG-3	10	suchý								
VHG-4	10	8,18	246,43	02.03.16	11,60	243,01	29.09.16	10,31	244,30	3,42

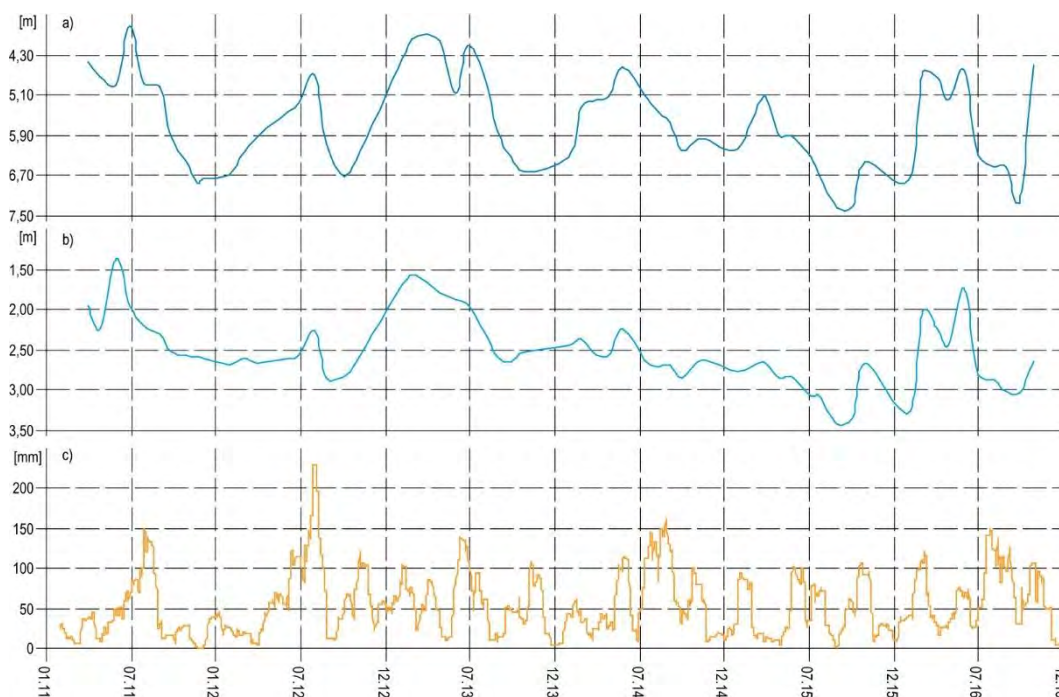


Obr. 4.22.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 na lokalite Vyšná Hutka (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania; červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2016).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 6,21 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,58 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od

2,60 (vrt VHG-2) do 10,31 m pod terénom (vrt VHG-4). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VHG-4 (3,42 m).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2015 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní sú znázornené na obr. 4.22.5. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.22.6.



Obr. 4.22.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2016) z vybraných vrtov na lokalite Vyšná Hutka. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – VHG-1, b – VHG-2, c – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Vyšný Čaj s indikativom 60100).

Z dlhodobého hľadiska mali na stabilitu zosuvného územia najväčší vplyv hladiny podzemnej vody zaznamenané v rokoch 2011 a 2013. Ide o najvyššie úrovne hladiny podzemnej vody namerané za celé monitorované obdobie.

Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú v prevažnej miere zákonité (najmä vo vrte VHG-1) a súvisia s ročným cyklom. Maximálna hladina býva nameraná spravidla na konci jarného, príp. na začiatku letného obdobia. Minimálny stav je typický pre jesenné a zimné obdobie. Vo vrte VHG-2 sa dopĺňanie zásob podzemnej vody prejavuje s väčšou retardáciou ako v prípade vrtu VHG-1, prípadne sa neprejavuje vôbec (obr. 4.22.6).

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Vyšná Hutka sú pozorované 2 odvodňovacie zariadenia (tab. 4.22.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.22.5 a 4.22.6). V roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 26. marca na odvodňovacom vrte VHSHV-1 ($2,02 \text{ l.min}^{-1}$), rovnako ako aj vo vrte VHSHV-2 ($0,26 \text{ l.min}^{-1}$), počas maximálneho stavu hladiny podzemnej vody vo vrte VHG-1. Išlo o reakciu na zvýšené zrážkové úhrny zaznamenané v predchádzajúcom zimnom období. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná vo vrte VHSHV-2 ($0,09 \text{ l.min}^{-1}$ – 31. august), čo súvisí so zrážkovým deficitom, ktorý sa prejavil i poklesom hladiny podzemnej vody v sledovaných vrtoch. Minimálna sumárna výdatnosť bola nameraná 5. októbra ($0,98 \text{ l.min}^{-1}$). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu

1,52 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny pokles (o 0,45 l.min⁻¹). Väčšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VHSHV-1 (1,14 l.min⁻¹).

Tab. 4.22.5. Výsledky merania výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšná Hutka v roku 2015

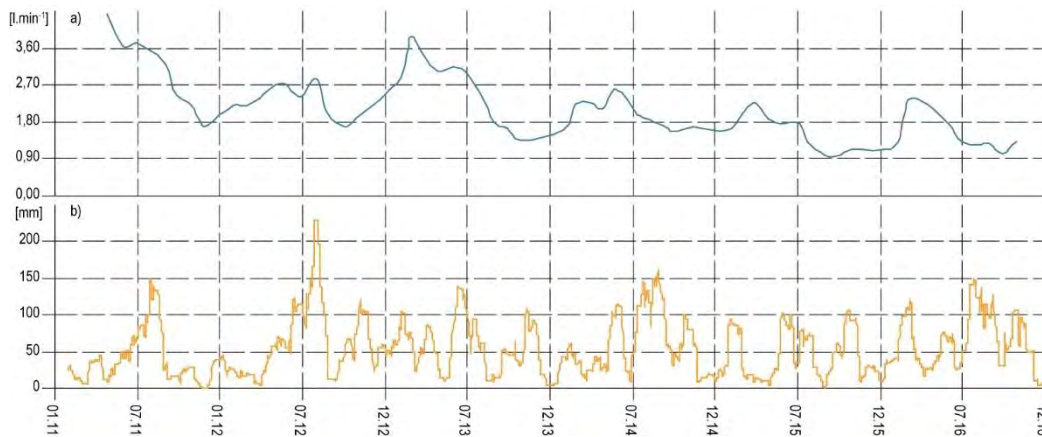
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
VHSHV-1	9	2,02	26.03.15	0,88	05.10.15	1,36	1,14
VHSHV-2	9	0,26	26.03.15	0,09	31.08.15	0,17	0,17

V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní, realizovaných v období od 3. februára do 27. októbra. Vyššia výdatnosť bola nameraná 1. marca na odvodňovacom vrte VHSHV-1 (2,14 l.min⁻¹). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť nameraná 29. septembra s hodnotou 0,91 l.min⁻¹, pričom priemerná ročná výdatnosťou dosiahla 1,42 l.min⁻¹. V rovnakom termíne bola zaznamenaná minimálna výdatnosť aj vo vrte VHSHV-2 (0,25 l.min⁻¹). Minimálne hodnoty súvisia s letným zrážkovým deficitom, ktorý sa prejavil i poklesom hladiny podzemnej vody vo všetkých sledovaných piezometroch. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 1,59 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny nárast (o 0,07 l.min⁻¹). Výraznejšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VHSHV-1 (1,23 l.min⁻¹).

Priebeh množstva odvádzanej vody, spolu zmenami hladiny podzemnej vody je znázornený na obr. 4.22.7 a štatistické vyjadrenie množstiev odvádzanej vody je znázornené na obr. 4.22.8.

Tab. 4.22.6. Výsledky merania výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšná Hutka v roku 2016

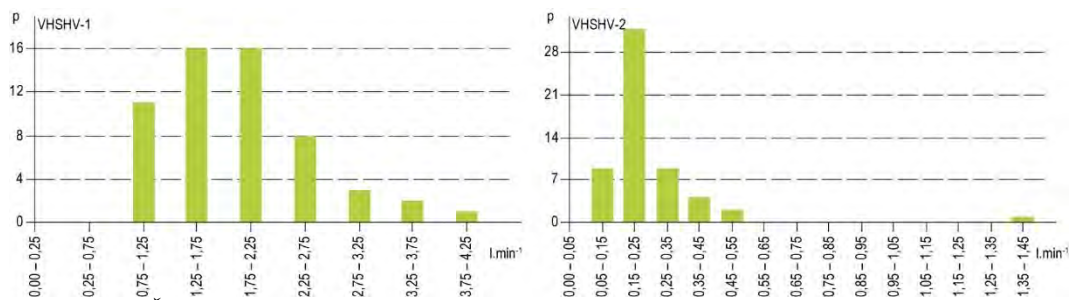
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
VHSHV-1	10	2,14	01.03.16	0,91	29.09.16	1,42	1,23
VHSHV-2	10	0,25	28.04.16	0,11	29.09.16	0,17	0,14



Obr. 4.22.7. Výsledky spracovania výdatnosti odvodňovacích vrtov na lokalite Vyšná Hutka; a – spoločná výdatnosť z odvodňovacích zariadení VHSHV-1 a 2, b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Vyšný Čaj s indikativom 60100).

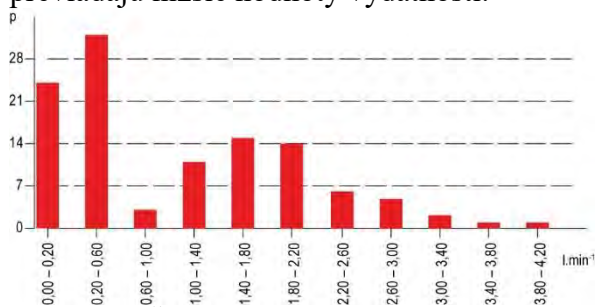
Pri posudzovaní dlhšieho časového obdobia, podobne ako v prípade aktuálne hodnoteného roka, zmeny výdatnosti priamo súvisia s kolísaním hladiny podzemnej vody. Maximálna hodnota spoločnej výdatnosti bola zaznamenaná na začiatku monitorovania (28. apríl 2011 – 4,44 l.min⁻¹; VHSHV-1 – 4,02 l.min⁻¹; VHSHV-2 – 0,42 l.min⁻¹). Naopak, najnižšia hodnota výdatnosti bola nameraná v roku 2015 počas októbrového merania (5. október 2015 – 0,98 l.min⁻¹; VHSHV-1 – 0,88 l.min⁻¹; VHSHV-2 – 0,10 l.min⁻¹). Z nameraných hodnôt vyplýva, že odvodňovacie vrty sa na znižovaní hladiny podzemnej vody podieľajú i počas

suchých období. Zároveň treba poznamenať, že počas päťročného obdobia monitoringu je jasne pozorovateľný trend postupného poklesu hodnôt spoločnej výdatnosti (obr. 4.22.7).



Obr. 4.22.8. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšná Hutka. Analyzované obdobie: apríl 2011 – október 2016; p – početnosť nameraných výdatností v odvodňovacích vrtoch.

Na základe štatistickej analýzy je možné sledovať zastúpenie hodnôt nameraných prietokov počas monitorovaného obdobia na jednotlivých odvodňovacích vrtoch. Podstatne vyššie výdatnosti sú pozorované na vrte VHSHV-1. Mierne prevládajú hodnoty od 1,25 do 2,25 $l.min^{-1}$. Vo vrte VHSHV-2 je efektivita odvádzania podzemných vôd o niečo nižšia. Prevládajúce hodnoty výdatnosti sú v intervale 0,15 až 0,25 $l.min^{-1}$ a len vzácné sa vyskytujú hodnoty nad 1 $l.min^{-1}$ (obr. 4.22.8). Pri hodnotení celej lokality (obr. 4.22.9) je vidieť, že prevládajú nižšie hodnoty výdatností.



Obr. 4.22.9. Štatistické zhodnotenie výdatnosti zo všetkých odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšná Hutka. Analyzované obdobie: apríl 2011 – október 2016; p – početnosť nameraných výdatností v odvodňovacích vrtoch.

d/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Vyšný Čaj s indikatívom 60100.

Informácia o zrážkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.1 (lokalita Nižná Myšľa).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Z nameraných ukazovateľov v roku 2016 možno za alarmujúcu považovať pretrvávajúce vysoké hodnoty prírastkov deformácie vo viacerých inklinometrických vrtoch. V roku 2016 bola najnepriaznivejšia situácia vo vrtoch VHI-3 a VHI-1A. Jarná etapová deformácia vo vrte VHI-3 presahovala 20 mm a vo vrte VHI-1A 15 mm. Kým vo vrte VHI-3 je výsledná deformácia v dôsledku výraznej heterogenity etapových azimutov na úrovni 9,5 mm, vo vrte VHI-1A majú jednotlivé etapové vektory výlučne jeden smer a výsledná deformácia sa blíži 50 mm. Tento stav je možné označiť za kritický, tak z hľadiska stability územia v okolí monitorovacieho objektu, ako aj z hľadiska priechodnosti vrtu. Vrt sa nachádza v severovýchodnej časti intravilánu obce. Pohybová aktivita sledovaná vo vrte VHI-3 postihuje samostatnú zosuvnú oblasť, situovanú vo východnej časti intravilánu obce, označenú ako Mikov majer.

Režimovými pozorovaniami hladiny podzemnej vody bol pozorovaný jej vzostup oproti predchádzajúcemu roku. Hladiny podzemnej vody v jednotlivých piezometroch počas roka

2016 oscilovali v blízkosti dlhodobých priemerných úrovní. V ani jednom prípade neboli prekročené dlhodobé maximálne hodnoty. Z dlhodobého hľadiska je pozorovaný trend mierneho zostupu. Tento jav, ale vo väčšej miere, je pozorovaný aj v prípade odvodňovacích zariadení. V roku 2016 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k miernemu poklesu spoločnej priemernej výdatnosti. Zároveň bola zaznamenaná i najnižšia spoločná výdatnosť za celé monitorované obdobie.

Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody, ale i výdatnosti odvodňovacích vrtov, sú determinované klimatickými faktormi, najmä však zimnými a jarnými zrážkovými úhrnmi.

V roku 2017 je plánované pokračovanie v monitorovacích meraniach s frekvenciou režimových pozorovaní v mesačnom intervale (desať meraní za rok) a meraní metódou presnej inklinometrie dvakrát za rok.

1.4.23. Lokalita Varhaňovce

Stručná charakteristika lokality

Svahy v obci Varhaňovce postihujú svahové deformácie rôzneho charakteru. V roku 2010 sa aktivizovali zosuvy v dvoch častiach obce; na ľavom a na pravom brehu potoka Oľšavec, vo východnej časti obce. Pozornosť je venovaná zosuvu, ktorý sa nachádza v juhovýchodnej časti katastra obce a ohrozuje miestnu kolóniu. Zosuv má prúdový tvar s dĺžkou cca 535 m a šírkou cca 270 m.

Monitorovacie merania sú v poslednom období zamerané výlučne na režimové pozorovania v jedinom funkčnom piezometrickom vrte. Bližšie informácie o lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Tupý et al., 2010a), ako i monitorovania za rok 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.23.1.

Tab. 4.23.1. Prehľad monitorovacích aktivít uskutočnených na lokalite Varhaňovce v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
InSAR	1	obec Varhaňovce – zostupná dráha: 141 prirodzených odrážáčov (PO); – vzostupná dráha č. 102: 119 PO	cca 52 (cca 2x2 snímky za mesiac)	
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	VV-6	9 (29. január, 30. marec, 28. apríl, 25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 25. september, 21. október)	10 (2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Ploské (indikatív 59340)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

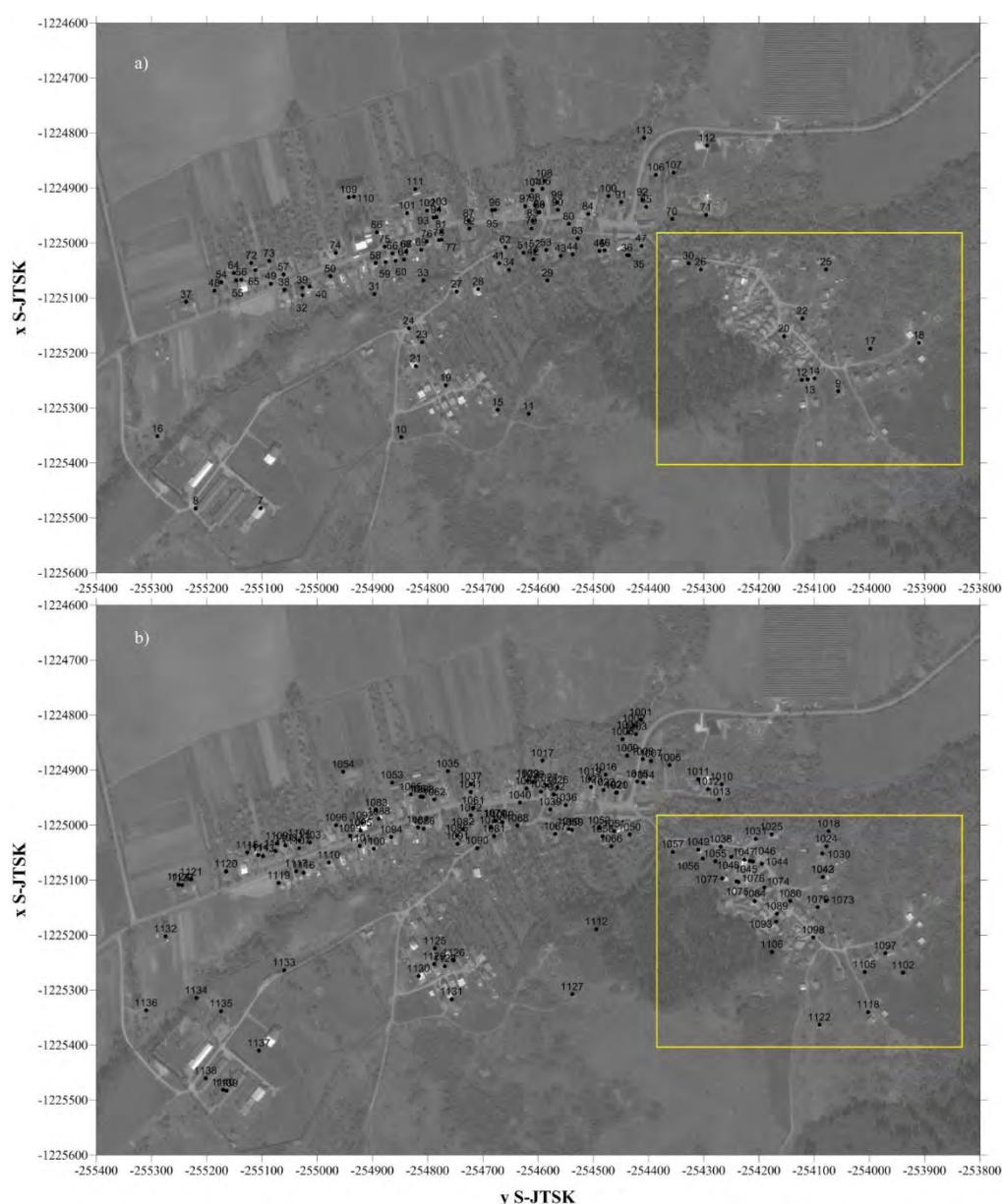
a/ Radarová interferometria (InSAR)

V roku 2015 bola na monitorovanie tohto zosuvného územia využitá metóda diaľkového prieskumu Zeme – InSAR (výsledky sú spracované v správe Papčo a Bakoň, 2016). Ide o územie, v ktorom bola v minulosti pohybová aktivita sledovaná metódou presnej inklinometrie. V dôsledku mimoriadne vysokej pohybovej aktivity došlo ku kritickým deformáciám vo všetkých monitorovacích objektoch. Jednotlivé inklinometrické vrty boli postupne počas krátkeho časového intervalu „ustrihnuté“. Základnou výhodou aplikovanej metódy, založenej na diaľkovom prieskume Zeme je, že pre stanovenie veľkosti pohybovej aktivity nie je nevyhnutné budovať novú monitorovaciu sieť, využívajú sa prirodzené (existujúce) odrazné body (najčastejšie objekty technosféry – obr. 4.23.1).

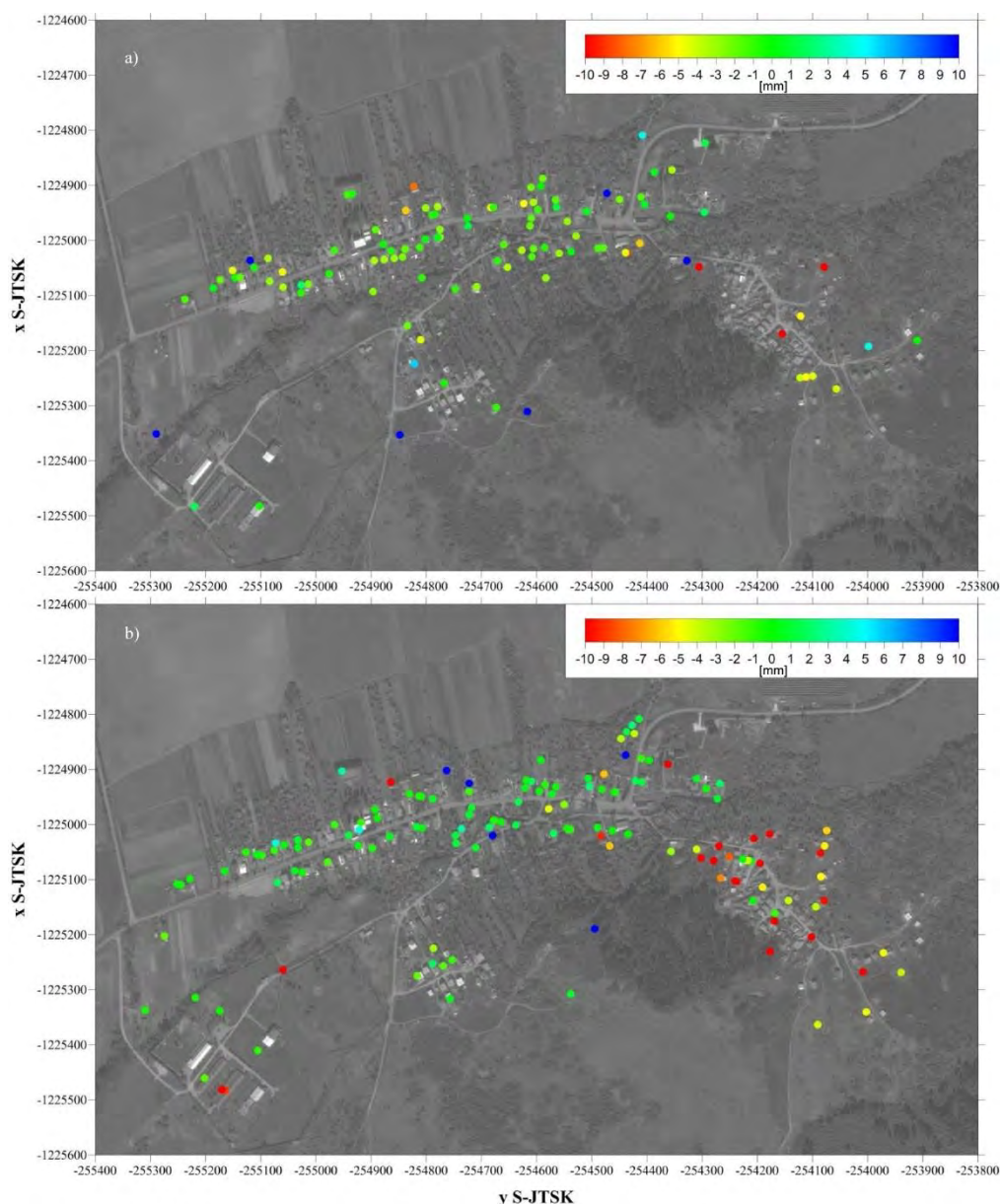
Tab. 4.23.2. Rýchlosti pohybu detegovaných prirodzených odrážačov na lokalite Varhaňovce

Zostupná dráha						Vzostupná dráha	
Bod	Rýchlosť pohybu v LOS [mm.rok-1]	Bod	Rýchlosť pohybu v LOS [mm.rok-1]	Bod	Rýchlosť pohybu v LOS [mm.rok-1]	Bod	Rýchlosť pohybu v LOS [mm.rok-1]
1018	-5,90	1048	-8,20	1080	-3,90	9	-4,00
1024	-5,20	1049	-4,10	1084	-0,20	12	-3,90
1025	-17,20	1055	-26,10	1089	-1,00	13	-5,10
1030	-9,80	1056	-38,10	1093	-19,30	14	-4,20
1031	-22,30	1057	-3,00	1097	-4,80	17	4,30
1038	-20,30	1073	-9,70	1098	-15,40	20	-13,80
1043	-5,00	1074	-5,30	1102	-3,50	22	-5,00
1044	-11,50	1075	-20,80	1105	-39,20	25	-10,90
1045	0,20	1076	-13,30	1106	-31,20	26	-11,00
1046	-4,10	1077	-7,30	1118	-4,70	30	50,00
1047	0,20	1079	-3,70	1122	-4,20		

Poznámka: označenia bodov sú totožné s obr. 2.23.1 (Papčo a Bakoň, 2016)



Obr. 4.23.1. Technológiou InSAR detegované prirodzené odrážače na lokalite Varhaňovce; a – vzostupná dráha (č. 102), b – zostupná dráha (č. 153), žltý rámik – ohraničenie záujmového územia (Papčo a Bakoň, 2016).



Obr. 4.23.2. Rýchlosť pohybu prirodzeného odrážača v smere dráhy lúča v mm.rok^{-1} na lokalite Varhaňovce; a – vzostupná dráha (č. 102), b – zostupná dráha (č. 153; Papčo a Bakoň, 2016)

Z analýzy údajov zaznamenaných v rámci územia obce Varhaňovce je vidieť (obr. 4.23.2), že centrálna časť obce (údolie rieky Olšavec) je relatívne stabilná, homogénna, s minimálnym výskytom bodov, ktoré môžu indikovať lokálne deformácie (v niektorých prípadoch môže ísť o výsledok vyššieho šumu v interferometrickej fáze – Papčo a Bakoň, 2016). V juhovýchodnej časti obce, konkrétne v oblasti kolónie, je dokumentovaný výraznejší pokles územia. Posuny na jednotlivých odrážačoch (bodoch) dosahujú rýchlosti prevažne do 10 mm.rok^{-1} , v niektorých extrémnych prípadoch však až do 40 mm.rok^{-1} . Treba však pripomenúť, že pri interpretácii výsledkov analýzy bol k dispozícii nižší počet prirodzených odrážačov (najmä v prípade vzostupnej dráhy – obr. 4.23.2a). Zároveň bola na odrážačoch zaznamenaná väčšia nestabilita a nehomogenita v čase a v priestore, nižšie hodnoty koherencie, väčšie výškové rozdiely voči referenčnému DMR a neprirodzené striedanie výzdvihového a poklesového charakteru pohybu polohovo blízkych odrážačov. Z porovnania výsledkov jednotlivých dráh bolo lepšie pokrytie prirodzenými odrážačmi (vzhľadom k priaznivej vzájomnej pozícii) dosiahnuté pri zostupnej dráhe (obr. 4.23.2b).

Nižší počet detegovaných prirodzených odrážačov je spôsobený jednak menším rozlíšením vstupných snímok z družice Sentinel-1 a tiež zníženou homogenitou odrazných objektov v najkritickejšej oblasti (juhovýchodná oblasť obce – malé, resp. nespevnené budovy, časté zmeny strešnej krytiny).

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

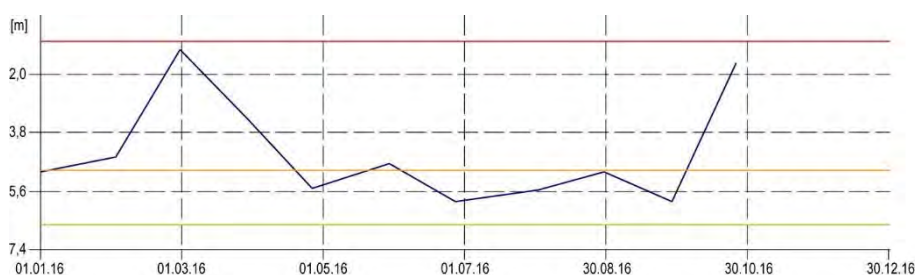
Na zosuvnej lokalite boli počas prieskumu v roku 2010 (Tupý et al., 2010a) vybudované 3 piezometrické vrty. V súčasnosti je z nich funkčný len jeden. Ostatné vrty boli poškodené – zapchaté (štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.23.3 a 4). Počas roka 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 21. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná 29. januára (5,12 m pod terénom – 311,56 m n. m.). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (1,01 m pod terénom, zaznamenanou dňa 22. marca 2013), nedošlo v roku 2015 k jej prekročeniu. Naopak, najhlbšie pod terén sa hladina podzemnej vody vyskytovala 28. augusta (6,04 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 5,57 m pod terénom. Kolísanie hladiny podzemnej vody malo veľkosť 0,92 m.

Tab. 4.23.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Varhaňovce v roku 2015

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.]	
VV-6	9	5,12	311,56	29.01.15	6,04	310,64	28.08.15	5,57	311,11	0,92

V aktuálne hodnotenom roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná v hĺbke 1,24 m pod terénom (315,44 m n. m.). Tento stav hladiny podzemnej vody bol pozorovaný 1. marca. Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody dostala 27. júna (5,94 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 4,36 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pomerne výrazný vzostup, a to až o 1,22 m. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 4,70 m.

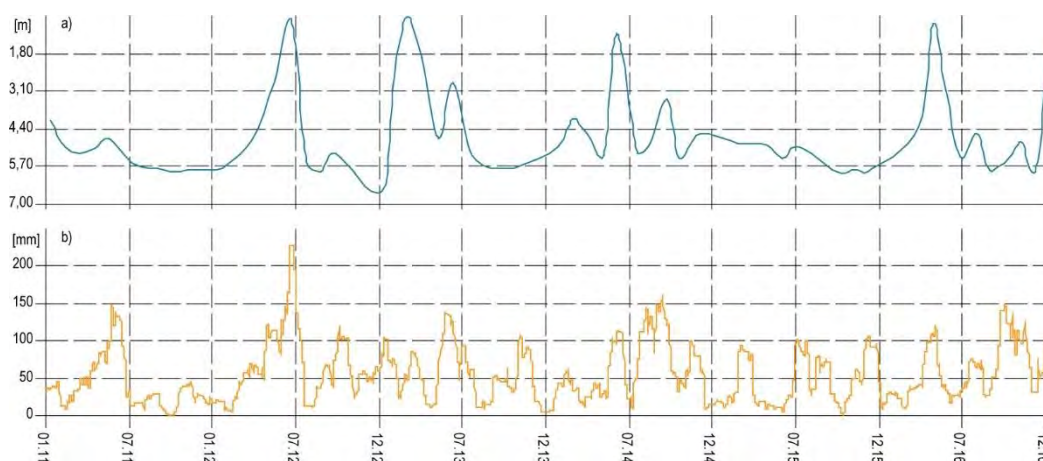
Priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2016 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.23.3. Priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie je znázornený na obr. 2.23.4.



Obr. 4.23.3. Zmeny úrovně hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 (modrá) na lokalite Varhaňovce (porovnanie so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania: červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody).

Tab. 4.23.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Varhaňovce v roku 2016

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.]	
VV-6	10	1,24	315,44	01.03.16	5,94	310,74	27.06.16	4,36	312,33	4,70



Obr. 4.23.4. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2016) na lokalite Varhaňovce. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrte: a – VV-6, b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Ploské s indikativom 59340).

Pri hodnotení záznamov dlhšieho časového obdobia je pozorovateľná periodicita výskytu „náhlych“ vzostupov hladiny podzemnej vody. Vyskytujú sa nepravidelne v jarnom až letnom období, v závislosti do klimatických ukazovateľov.

c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Ploské s indikativom 59340. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2015 predstavuje 625,22 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 757,6 mm (rok 2012); priemerný mesačný úhrn 52,10 mm a maximálny mesačný úhrn 230,0 mm (júl 2012). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 29. júna 2012 do 29. júla 2012) dosiahol 230,0 mm.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 744,9 mm, čo zodpovedá 119,1 % dlhodobého priemeru, a teda ide o vlhký rok. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (150,2 mm) a najvyšší denný úhrn 10. februára (42,0 mm). Najsuchším mesiacom bol september s 31,1 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 26. júna do 26. júla (150,5 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, sumárny zrážkový úhrn dosiahol 3,3 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2016 bol monitorovaný len hlavný zosuvotvorný faktor – hladina podzemnej vody. Z meraní vyplýva, že v roku 2016 došlo, v porovnaní s predošlým rokom, k výraznému vzostupu hladiny podzemnej vody. Tento vzostup súvisí so skutočnosťou, že v roku 2015 bol zaznamenaný mimoriadne priaznivý vývoj hladiny podzemnej vody. Zmeny hladiny podzemnej vody v roku 2016 nadväzujú na výsledky z obdobia rokov 2012 až 2014. Poukazujú na pomerne pravidelné kolísanie v dôsledku klimatických pomerov s výskytom jarných a letných maximálnych stavov.

V roku 2015 bolo na lokalite zabezpečené monitorovanie pohybovej aktivity pomocou diaľkového prieskumu Zeme, metódou InSAR. Výsledky preukázali zvýšenú pohybovú aktivitu v oblasti zosuvu v juhovýchodnej časti obce Varhaňovce. V extrémnych prípadoch boli na sledovaných odrážačoch dosiahnuté rýchlosti, ktoré dosahujú až do 40 mm.rok⁻¹. Treba však poznamenať, že na výslednej rýchlosti sa prejavili i isté technologické obmedzenia, ktoré sú determinované napríklad i kvalitatívnymi charakteristikami odrážača – najčastejšie strešnou krytinou.

V roku 2017 plánujeme pokračovať v režimových meraniach s mesačnou frekvenciou (10 meraní za rok).

1.4.24. 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 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.24.1.

Tab. 4.24.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	2	VČI-1, VČI-2	2 18. máj, 23. október)	2 6. apríl, 29. september)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	VČHG-2, VČHG-3	9 (29. január, 26. marec, 29. apríl, 26. máj, 7. júl, 24. júl, 28. august, 5. október, 30. október)	10 (3. február, 1. marec, 30. marec, 28. apríl, 31. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	4	VČSHV-1 až 4	9 (29. január, 26. marec, 29. apríl, 26. máj, 7. júl, 24. júl, 28. august, 5. október, 30. október)	10 (3. február, 1. marec, 30. marec, 28. apríl, 31. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Vyšný Čaj (indikatív 60100)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa realizujú v dvoch vrtoch (VČI-1 a 2; obr. 4.24.1), ktoré sú situované neďaleko miestneho cintorína. Výsledky meraní sú zhrnuté v tab. 4.24.2.

V roku 2015 boli zabezpečené dve etapy meraní. Počas prvého (jarného) merania, ktoré charakterizuje pohybovú aktivitu za približne sedem mesačné obdobie, boli v oboch vrtoch na úrovni sledovaných horizontov namerané relatívne priaznivé hodnoty deformácie. Etapové vektory totiž ani v jednom z monitorovaných objektov nepresiahli 1 mm. Ich orientácia bola na sever až severo-severovýchod. K nárastu etapovej deformácie prišlo počas nasledujúceho októbrového merania. Vo vrte VČI-1 v hĺbke 6,23 m pod terénom bola nameraná deformácia 2,02 mm (čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,68 mm.rok⁻¹) s azimutom 130°. Vo vrte VČI-2

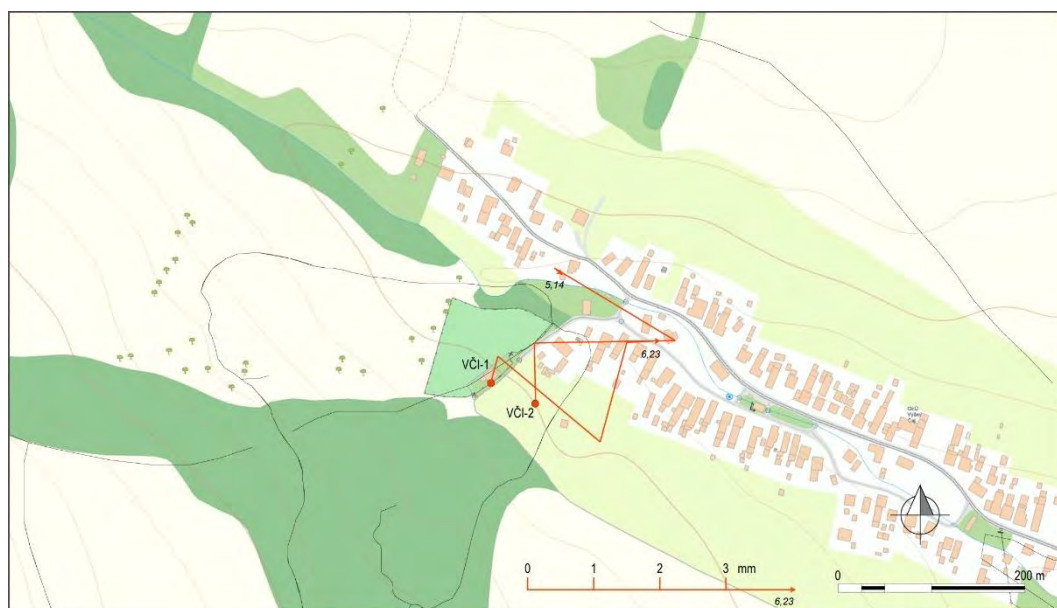
v hĺbke 5,14 m pod terénom dosiahol etapový prírastok deformácie 2,13 mm. Azimuty mali juhovýchodný (VČI-1) a severozápadný (VČI-2) smer.

V roku 2016 sa pokračovalo v rovnakom režime ako v predchádzajúcom období. Z nameraných výsledkov, ktoré sú prezentované na obr. 4.24.1, 4.24.2, a 4.24.3, vyplýva celkový pokles pohybovej aktivity. Počas jarného merania, ktoré v sebe zahŕňa deformácie necelého polročného obdobia, dosiahli etapové prírastky od 1,22 (VČI-2) do 1,56 mm (VČI-1). Nasledujúce meranie potvrdilo vzostupný trend pohybovej aktivity. Namerané deformácie ani v jednom prípade nepresiahli hodnotu 0,5 mm. Priaznivý stabilitný vývoj potvrdzujú i azimuty nameraných vektorov. Počas jarného merania mal pohyb severozápadnú až severo-severovýchodnú orientáciu, no počas nasledujúcej jesennej etapy došlo k zmene, vektory smerovali na východ až juhovýchod. Výsledné deformácie na šmykových plochách za posledné dva roky dosiahli od 1,9 mm (VČI-1) do 2,6 mm (VČI-2).

Tab. 4.24.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2015 a 2016

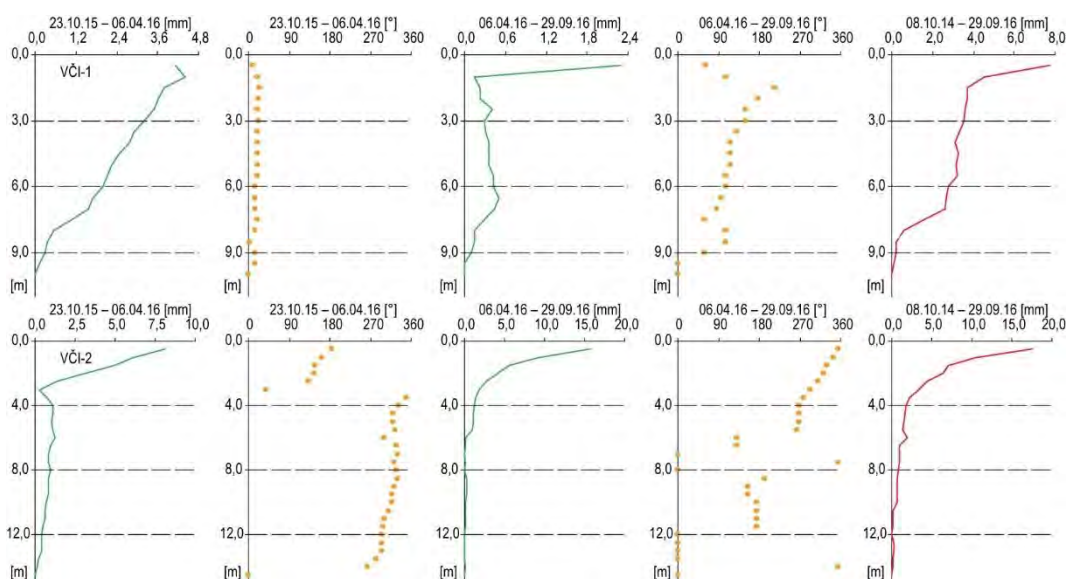
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	07.10.14 – 18.05.15			18.05.15 – 23.10.15			23.10.15 – 06.04.16			06.04.16 – 29.09.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
VČI-1	6,23	0,42	0,42	15	1,89	2,02	130	2,16	1,56	15	2,60	0,45	87
VČI-2	5,14	0,92	0,92	359	2,33	2,13	89	1,91	1,22	301	1,90	0,10	130

CD – celková deformácia od nultého merania (08.10.14); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora.



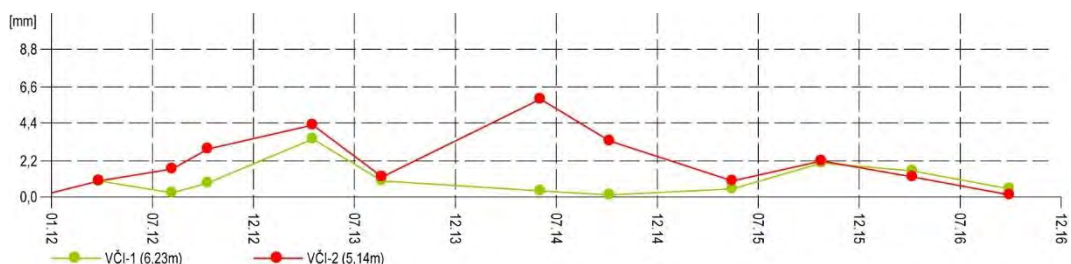
Obr. 4.24.1. Lokalita Vyšný Čaj – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.24.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrisy zosuvov podľa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

Z vývoja analyzovaných parametrov na obr. 4.24.2 predpokladáme, že vo vrte VČI-1 sa šmyková plocha nachádza v hĺbke 7 m od ústia pažnice (6,23 m pod terénom), vo vrte VČI-2 je to o niečo plytšie, v hĺbke 6 m od ústia pažnice (5,14 m pod terénom).



Obr. 4.24.2. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za celé monitorované obdobie (zelená – výsledná deformácia, červená – maximálna etapová deformácia, modrá – sumárna etapová deformácia).

Vývoj deformácie na sledovaných šmykových plochách, prezentovaných na obr. 4.24.3 naznačuje, že najvyššia pohybová aktivita bola nameraná počas júnovej etapy v roku 2014. Počas tejto jarnej etapy bola vo vrte VČI-2 nameraná deformácia 5,85 mm. Azimut vektoru nameranej deformácie bol orientovaný na juhozápad. Počas posledných troch meraní majú hodnoty etapových vektorov klesajúcu tendenciu.



Obr. 4.24.3. Dlhodobé (2012 – 2016) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšný Čaj.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Vyšný Čaj sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v dvoch vrtoch (tab. 4.24.1.; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.24.3 a 4).

Tab. 4.24.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2015

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	9	3,58	251,11	29.04.15	5,01	249,68	30.10.15	4,22	250,47	1,43
VČHG-3	9	2,43	252,91	26.03.15	4,06	251,28	05.10.15	3,45	251,89	1,63

V aktuálne hodnotenom roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte VČHG-3 (2,43 m pod terénom – 252,91 m n. m. – 26. marec). Vo vrte VČHG-2 sa maximálna hladina podzemnej vody nachádzala v hĺbke 2,41 m pod terénom. Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte VČHG-2. Minimálna hladina podzemnej vody bola nameraná 30. októbra v hĺbke 5,01 m pod terénom. Minimálne úrovne hladiny podzemnej vody namerané na konci októbra predstavujú zároveň najhlbšie hladiny za celé monitorované

obdobie (obr. 4.24.5). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 3,84 m pod terénom. Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VČHG-3 (1,63 m).

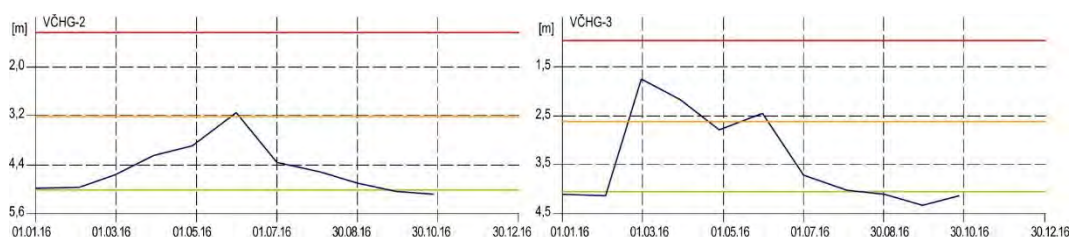


Obr. 4.24.4. Lokalita Vyšný Čaj – situácia sanačných a monitorovacích objektov; obrysy zosuvov podľa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

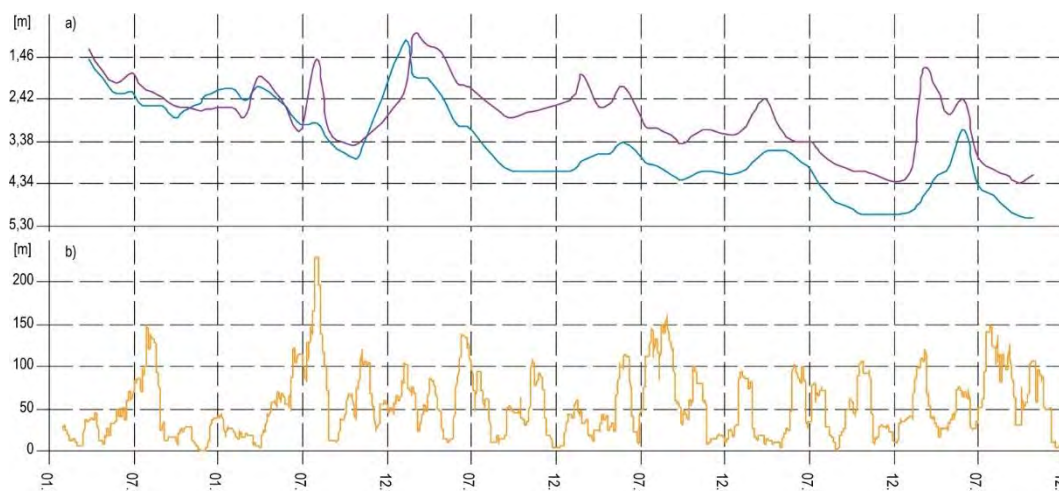
V aktuálne hodnotenom roku 2016 bolo v oboch vrtoch zabezpečených po 10 kontrolných meraní (3. február – 27. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte VČHG-3 v hĺbke 1,76 m pod terénom (253,58 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 1. marca. Vo vrte VČHG-2 bola maximálna hladina 3,12 m pod terénom nameraná 31. mája. V tomto vrte sa vyskytovala aj najhlbšia hladina podzemnej vody (5,12 m pod terénom; 27. októbra). Výskyt minimálnej hladiny podzemnej vody vo vrte VČHG-3 bol pozorovaný už na konci septembra. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 3,92 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku len nepatrná zmena (pokles o 0,09 m). Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 3,36 (vrt VČHG-3) do 4,49 m pod terénom (vrt VČHG-2). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VČHG-3 (2,57 m). Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2011 do 2015) vyplýva, že v oboch vrtoch boli prekročené dlhodobé minimálne stavy – VČHG-2 (pokles o 0,11 m) a VČHG-2 (pokles o 1,06 m).

Tab. 4.24.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2016

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	3,12	251,57	31.05.16	5,12	249,57	27.10.16	4,49	250,20	2,00
VČHG-3	10	1,76	253,58	01.03.16	4,33	251,01	29.09.16	3,36	251,98	2,57



Obr. 4.24.5. Vývoj hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2016 (modrá) vo vzťahu k vybraným ukazovateľom na lokalite Vyšný Čaj (červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody za sledované obdobie, oranžová – priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody za sledované obdobie, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody za sledované obdobie).



Obr. 4.24.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní hladiny podzemnej vody (2011 – 2016) na lokalite Vyšný Čaj. Pribeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – VČHG-2 – modrá; VČHG-3 – fialová, b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Vyšný Čaj s indikativom 60100).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2016 sú znázornené na obr. 4.24.5. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody spolu s kumulatívnymi zrážkami za obdobie rokov 2011 až 2016 je znázornený na obr. 4.24.6.

Pri pohľade na dlhodobý vývoj hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch na obr. 4.24.6 je vidieť, že po odvrtní vrtu, resp. na začiatku monitorovania sa nachádzali približne v jednej hĺbkovej úrovni. K diferenciacii hĺbok došlo až neskôr (čo môže súvisieť s vybudovaným hĺbkovým odvodnením). V oboch prípadoch však možno sledovať podobný vývoj. Maximálne stavy boli namerané v zimných mesiacoch roku 2013, od kedy majú prevažne zostupný trend.

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Vyšný Čaj sú pozorované štyri odvodňovacie zariadenia (tab. 4.24.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.24.5 a 6). Počas roka 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 29. apríla na odvodňovacom vrte VČSHV-4 ($1,64 \text{ l.min}^{-1}$) v čase kulminácie hladiny podzemnej vody vo vrte VČHG-2. Vo vrte VČSHV-3 sa maximálne prietoky vyskytovali v rovnako počas apríla a vo vrtoch VČSHV-1 a 2 v druhej polovici marca. Treba však podotknúť, že vrty VČSHV-1, 2 a 3 boli väčšinou suché, prípadne z nich voda len kvapkala. Maximálna sumárna výdatnosť všetkých monitorovaných odvodňovacích zariadení bola nameraná 29. apríla. Minimálna výdatnosť, vzhľadom na skutočnosť, že až 3 vrty boli počas roka prevažne suché, bola merateľná len vo vrte VČSHV-4 ($0,96 \text{ l.min}^{-1}$ – 30. október), čo súvisí so zrážkovým deficitom v letnom a jesennom období, ktorý sa prejavil i poklesom hladín podzemnej vody v oboch sledovaných vrtoch (VČHG-2 a 3). Minimálna sumárna výdatnosť bola zaznamenaná na konci októbra ($0,96 \text{ l.min}^{-1}$). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu $1,57 \text{ l.min}^{-1}$. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané opäť vo vrte VČSHV-2 ($1,58 \text{ l.min}^{-1}$).

V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 3. februára do 27. októbra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 1. marca na odvodňovacom vrte VČSHV-2 ($4,56 \text{ l.min}^{-1}$). Podobne, ako v predchádzajúcom roku, 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

2016 to bolo až počas 7 meraní. Z uvedeného vyplýva, že hodnotenie ostatných ukazovateľov je obtiažne, a tak pozornosť venujeme skutočne nameraným hodnotám.

Tab. 4.24.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2015

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	9	0,34	26.03.15	0,00	29.01.15	0,04	0,34
VČSHV-2	9	1,58	26.03.15	0,00	28.08.15	0,20	1,58
VČSHV-3	9*	0,24	29.04.15	0,00	29.01.15	0,04	0,24
VČSHV-4	9*	1,64	29.04.15	0,96	30.10.15	1,30	0,68

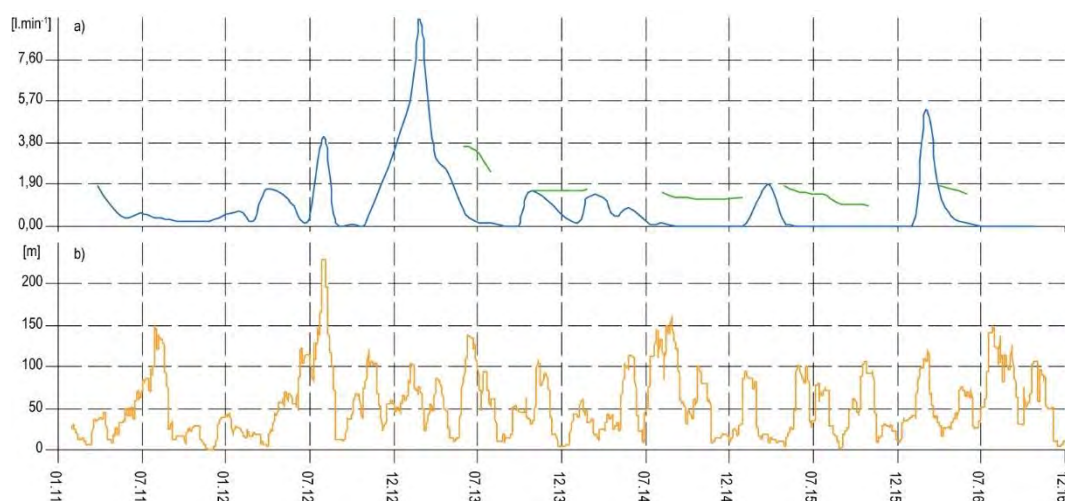
* – prietok bol počas viacerých termínov režimových pozorovaní nemerateľný, ústia vrtov boli zatopené vodou.

Minimálna nameraná výdatnosť dosiahla hodnotu 0,18 l.min⁻¹ (VČSHV-3; 30. máj). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 2,42 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o 0,84 l.min⁻¹. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VČSHV-2 (4,56 l.min⁻¹).

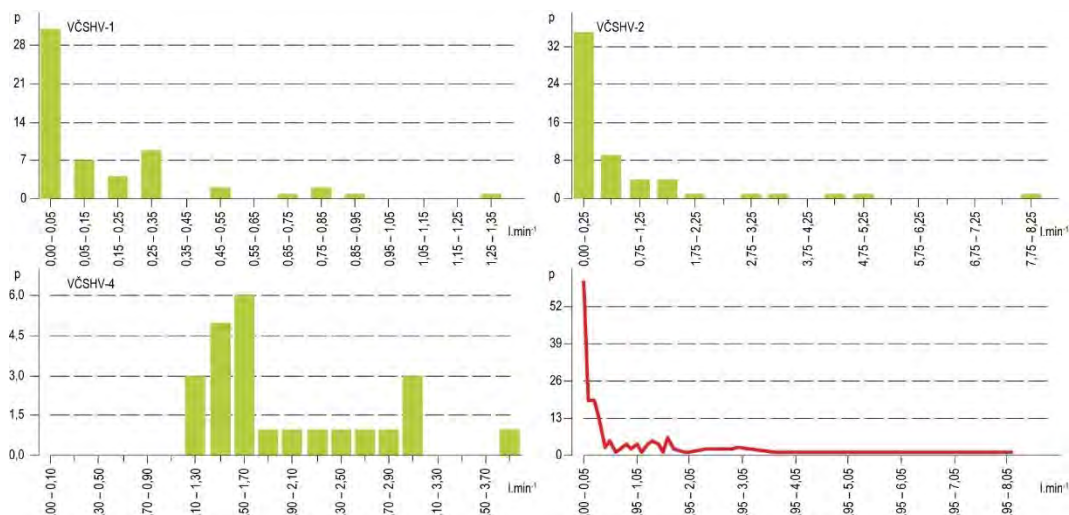
Tab. 4.24.6. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2016*

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	0,76	01.03.16	0,00	03.02.16	0,12	0,76
VČSHV-2	10	4,56	01.03.16	0,00	03.08.16	0,63	4,56
VČSHV-3	10*	0,76	30.03.16	0,18	30.05.16	0,48	0,58
VČSHV-4	10*	1,26	30.05.16	1,07	30.03.16	1,18	0,19

* – prietok bol počas viacerých termínov režimových pozorovaní nemerateľný, ústia vrtov boli zatopené vodou.



Obr. 4.24.7. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní výdatnosti odvodňovacích vrtov (2011 – 2016) na lokalite Vyšný Čaj. Priebehy spoločnej výdatnosti odvodňovacích vrtov: a – VČSHV-1 a 2 – modrá; VČSHV-3 a 4 – zelená, b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Vyšný Čaj s indikativom 60100).



Obr. 4.24.8. Štatistické zhodnotenie výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj. Analyzované obdobie: marec 2011 – október 2016; p – početnosť, zelená – výdatnosti v jednotlivých vrtoch, červená – výdatnosti zaznamenané na všetkých odvodňovacích zariadeniach v rámci lokality.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné konštatovať, že maximálna výdatnosť bola nameraná v roku 2013 (priebehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení spolu so zrážkovými úhrnmi sú znázornené na obr. 4.24.7). Na základe porovnania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a zmien výdatnosti odvodňovacích zariadení je možné usúdiť, že veľkosť objemu odvádzanej vody je úmerná výške hladiny podzemnej vody. Z tohto hľadiska je možné drenážne objekty hodnotiť ako efektívne. Ako však už bolo spomenuté, vážny nedostatok predstavuje nedostatočne dimenzované potrubie, ktorého úlohou je odvádzanie vôd zo zbernej šachty. Tento nedostatok sa prejavuje kumuláciou vody v zbernej šachte, čím sa znižuje efektívnosť odvodňovacích vrtov (VČSHV-3 a 4).

Počas monitorovaného obdobia výrazne prevládali nízke výdatnosti v rozsahu 0,00 až 0,5 l.min⁻¹ (obr. 4.24.8).

d/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Vyšný Čaj s indikatívom 60100.

Informácia o zrážkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.1 (lokalita Nižná Myšľa).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Pri porovnaní nameraných výsledkov s prechádzajúcim rokom, došlo v roku 2016 k pozitívnemu vývoju režimových ukazovateľov. Priemerné hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody zaznamenali mierny pokles, zároveň boli dosiahnuté historické minimálne stavy. Pokles hladiny podzemnej vody sa v monitorovaných piezometroch prejavuje prakticky od začiatku monitorovaného obdobia, resp. od roku 2013, kedy boli namerané najvyššie stavy hladiny podzemnej vody, vďaka čomu je možné sledovať dlhodobý zostupný trend.

Pri hodnotení hĺbkovej drenáže, ktorá výraznou mierou ovplyvňuje stabilitu zosuvného územia, opakovane upozorňujeme, že vďaka nevhodne dimenzovanému potrubiu, ktoré odvádzava vodu do recipienta, dochádza k jej kumulácii v zbernej šachte a tým pádom i k strate účinnosti tohto sanačného opatrenia.

Pohybová aktivita počas hodnoteného roku 2015 dosahovala v sledovaných horizontoch maximálne 1,56 mm.

V roku 2016 je plánované pokračovať v monitorovacích meraniach. Rozsah a frekvencia režimových pozorovaní a inklinometrických meraní budú zachované ako v roku 2015.

1.4.25. Lokalita Nižná Hutka

Stručná charakteristika lokality

Rozsiahle zosuvné územie postihuje značnú časť intravilánu obce. Monitorovacie aktivity sa sústreďujú prevažne na zosuv, ktorý vznikol v roku 2010 v severnej časti obce a ohrozoval početnú zástavbu rodinných domov, ako aj miestny kostol.

Celá monitorovacia sieť je rozdelená do troch samostatných častí v rámci intravilánu obce. Od roku 2014 sa merania vykonávajú na šiestich inklinometrických, dvoch piezometrických a troch odvodňovacích objektoch. Dva odvodňovacie vrty sa nachádzajú v severnej časti obce a jeden v južnej časti obce. Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu a sanácie (Grman et al., 2010, Grman et al., 2012, Fekeč et al., 2014g in Šimeková et al., 2014), ako aj z monitorovania z roku 2011 (Ondrejka et al., 2012).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.25.1.

Tab. 4.25.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Nižná Hutka v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	6	VHI-1, 1A, 2, 2A, 3, 3A	2 (18. máj, 27. október)	2 (6. apríl, 29. september)
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	NHG-1, 2	9 (29. január, 26. marec, 29. apríl, 26. máj, 7. júl, 24. júl, 31. august, 5. október, 30. október)	10 (3. február, 1. marec, 30. marec, 28. apríl, 31. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	5	NHSHV-1 až 5	9 (29. január, 26. marec, 29. apríl, 26. máj, 7. júl, 24. júl, 31. august, 5. október, 30. október)	10 (3. február, 1. marec, 30. marec, 28. apríl, 31. máj, 1. júl, 3. august, 31. august, 29. september, 27. október)
Meranie zrážkových úhrnov	2	Stanica SHMÚ: Vyšný Čaj (indikatív 60100)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

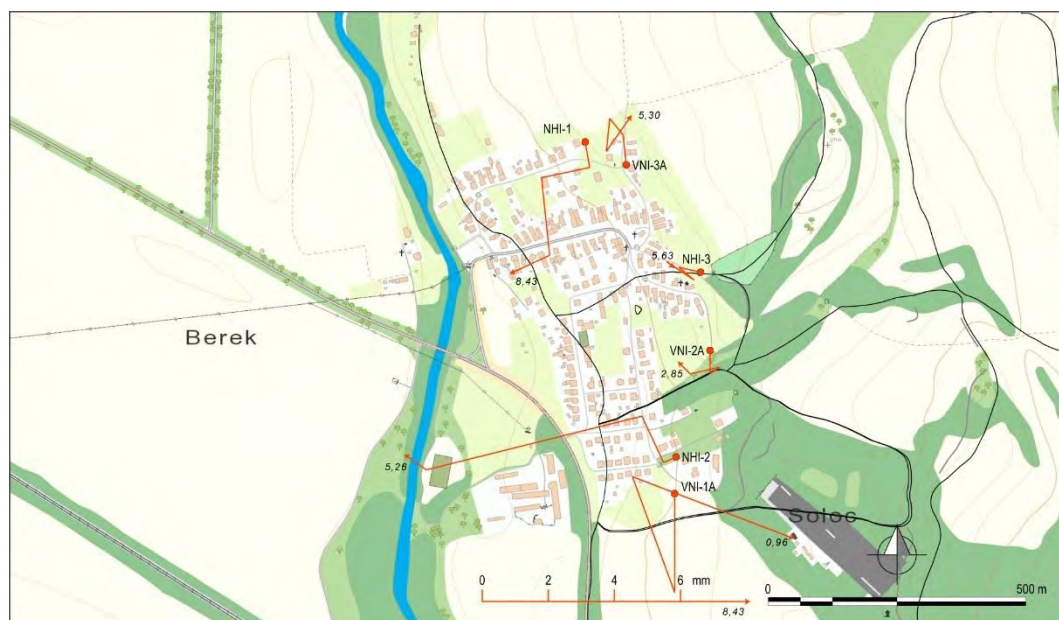
Inklinometrické merania v rokoch 2015 a 2016 boli zabezpečované na všetkých 6 vrtoch. Počas oboch rokov boli zabezpečené zhodne dve etapy meraní – jarná a jesenná etapa. V roku 2015 boli počas jarného merania, ktoré charakterizuje prírastky deformácie v období od októbra 2014 do mája 2015, v sledovaných hĺbkových úrovniach dosahované hodnoty do 1 mm (tab. 4.25.2). O niečo vyššie hodnoty deformácie boli namerané počas jesennej etapy. Vo vrte NHI-1A bola plytko pod terénom v hĺbke 0,96 m nameraná etapová deformácia 2,7 mm (6,01 mm.rok⁻¹). Nameraný vektor mal južný azimut. Etapové prírastky deformácie nad 1 mm boli namerané aj vo vrtoch NHI-2 (1,55 mm; 3,45 mm.rok⁻¹), NHI-1 (1,49 mm; 3,32 mm.rok⁻¹) a NHI-3A (1,06 mm; 2,36 mm.rok⁻¹). Vektory v týchto vrtoch mali juhozápadný až

severozápadný smer. V ostatných sledovaných vrtoch nepresiahli etapové vektory 0,65 mm. Prevládajúci smer týchto vektorov bol na severozápad.

Tab. 4.25.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Nižná Hutka v rokoch 2015 a 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	08.10.14 – 12.05.15			12.05.15 – 23.10.15			23.10.15 – 06.04.16			06.04.16 – 29.09.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
NHI-1	8,43	0,78	0,78	170	1,71	1,49	258	3,59	2,36	174	4,50	1,22	245
NHI-1A	0,96	1,53	0,30*	180	1,61	2,70	180	2,97	3,73	340	2,72	5,13	111
NHI-1A	8,46	0,36	0,40*	180	0,81	0,51	349	0,92	0,14	45	1,32	0,40	0
NHI-2	5,26	0,41	0,41	246	1,61	1,55	335	7,55	6,72	256	8,12	0,71	305
NHI-2A	2,85	0,60	0,70*	180	0,36	0,36	56	1,20	0,92	257	1,53	0,42	315
NHI-2A	5,85	0,58	0,28*	135	0,10	0,50	53	0,81	0,72	236	1,03	0,22	243
NHI-3	5,63	0,67	0,67	283	0,30	0,60	130	1,08	1,00	304	0,89	0,20	130
NHI-3	10,13	0,22	0,22	193	0,50	0,32	148	0,61	0,58	279	0,51	0,10	40
NHI-3A	5,30	1,48	0,91*	354	1,82	0,64	321	0,82	1,00	186	2,01	1,22	35
NHI-3A	8,30	1,02	0,86*	36	1,41	0,57	315	0,57	1,02	191	1,40	1,04	17
NHI-3A	11,80	0,36	0,51*	79	1,41	1,06	311	1,28	0,20	90	2,08	0,81	330

CD – celková deformácia od nultého merania (08.10.14); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora; * – meracia etapa trvala od 03.12.14 do 12.05.15.

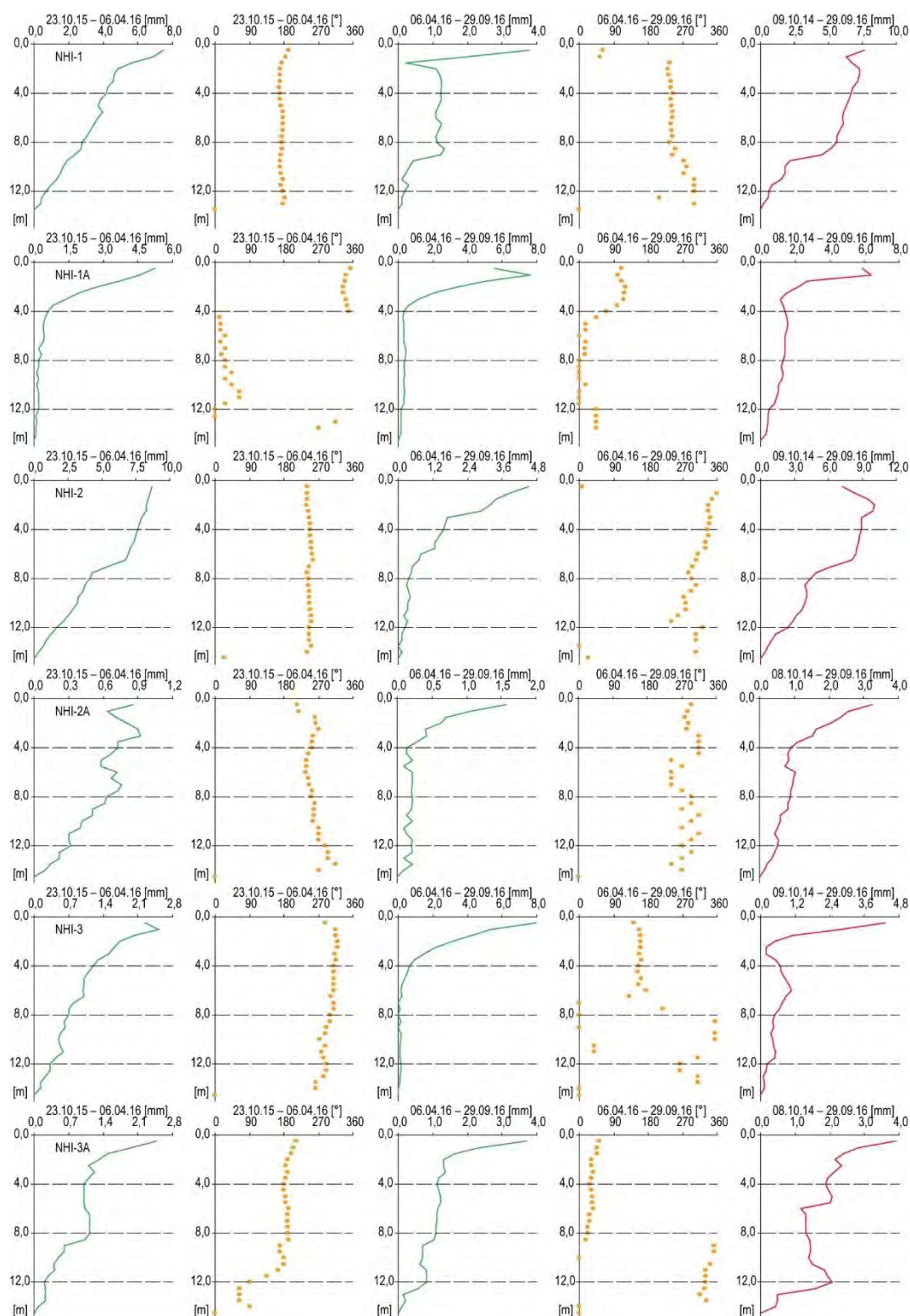


Obr. 4.25.1. Lokalita Nižná Hutka – výsledky inklinometrických meraní za roky 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.25.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrisy zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

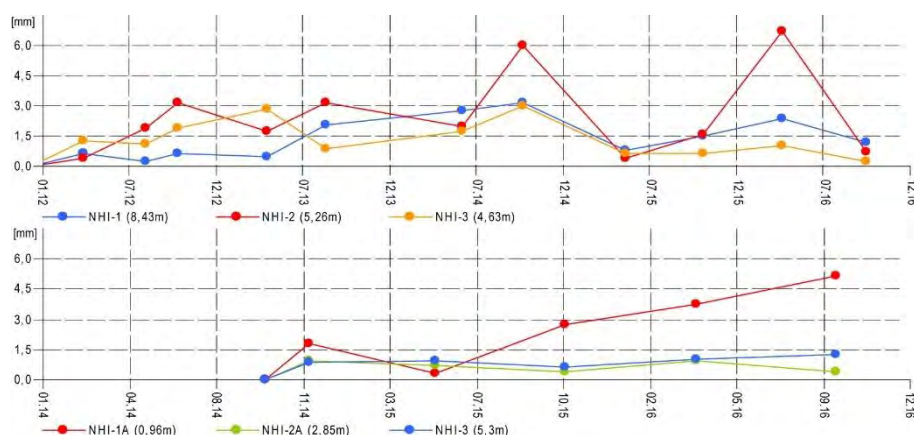
V roku 2016, počas jarného merania, došlo vo väčšine sledovaných horizontoch len k miernemu nárastu pohybovej aktivity, výnimkou je však vrt NHI-2, v ktorom bol v hĺbke 5,26 m pod terénom nameraný vektor s hodnotou 6,72 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 14,78 mm.rok⁻¹. Počas jarnej etapy boli prírastky deformácie nad 1 mm namerané aj v ostatných vrtoch – najväčšie vo vrtoch NHI-1A (v hĺbke 0,96 m pod terénom; vektor 3,73 mm; 8,20 mm.rok⁻¹) a NHI-1 (v hĺbke 8,43 m pod terénom; vektor 2,36 mm; 5,19 mm.rok⁻¹). Azimuty týchto vektorov smerovali od juhovýchodu až po severozápad.

Pri poslednej etape meraní bol na sledovaných úrovniach, a to vo väčšine prípadov, nameraný pokles pohybovej aktivity. Výnimku predstavoval len horizont pozorovaný relatívne plytko pod terénom vo vrte NHI-1A (5,13 mm). Etapové prírastky nad 1 mm boli namerané ešte aj vo vrtoch NHI-1 a NHI-3A. Najvyššia hodnota celkovej deformácie za sledované obdobie (od 8. októbra 2014 do 29. septembra 2016) bola zaznamenaná vo vrte HNI-2 v hĺbke

5,26 m pod terénom. Výsledný vektor dosiahol dĺžku 8,12 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 4,1 mm.rok⁻¹.



Obr. 4.25.2. Priebehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Nižná Hutka (označenie vrtovej je vľavo hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.



Obr. 4.25.3. Dlhodobé (2012 – 2016) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Nižná Hutka.

Pri posudzovaní nameraných etapových deformácií za dlhšie obdobie (obr. 4.25.3) je možné vo vybratých hĺbkach sledovať, že najvyššie hodnoty boli zaznamenané práve počas aktuálne hodnoteného roku 2016 a čiastočne i v jeseni roku 2014. Dlhodobo sú najvyššie hodnoty sledované vo vrte HNI-2 a naopak, najnižšie prírastky deformácie sa prejavujú vo vrtoch NHI-2A a NHI-3.

b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

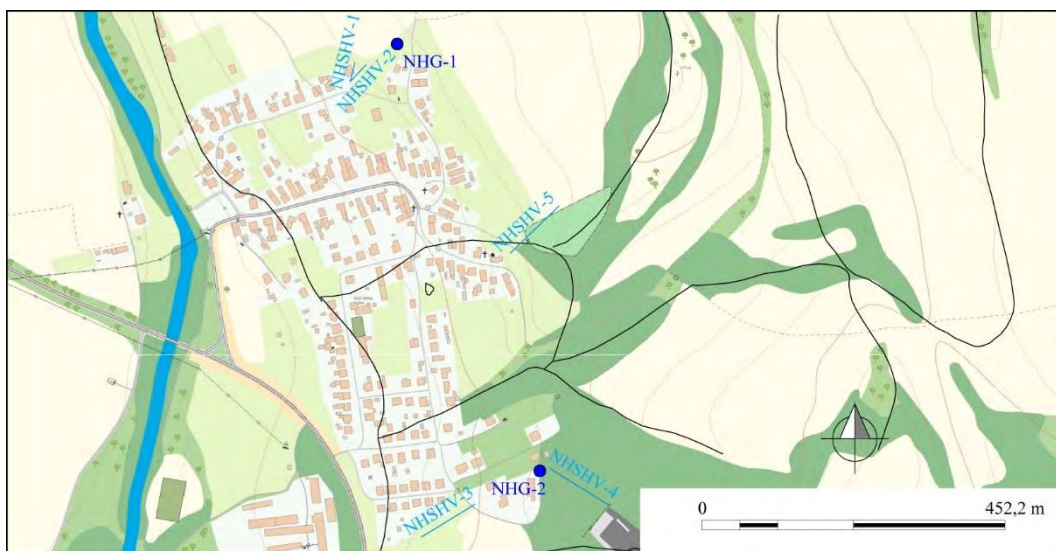
Na lokalite Nižná Hutka sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch (tab. 4.25.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.25.3 a 4.25.4). Monitorovaná hladina podzemnej vody vo vrte NHG-2 je ovplyvnená čerpaním (podzemnú vodu využíva majiteľ pozemku, na ktorom je vrt situovaný). Z dôvodu ovplyvňovania prirodzeného kolísania hĺbky hladiny podzemnej vody namerané výsledky nehodnotíme.

V roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október). Vo vrte NHG-1 bola maximálna hladina podzemnej vody zaznamenaná 29. apríla (4,58 m pod terénom; 215,54 m n. m.). Najnižšia hladina podzemnej vody bola zaznamenaná 30. októbra (6,67 m pod terénom). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 5,56 m pod terénom. Celkove je možné aktuálnu hĺbku hodnotiť ako podpriemernú (obr. 4.25.5). Kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 2,09 m.

Tab. 4.25.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Hutka v roku 2015

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.]	
NHG-1	9	4,58	215,54	29.04.15	6,67	213,45	30.10.15	5,56	214,56	2,09
NHG-2	9	HPV ovplyvnená čerpaním (majiteľom pozemku)								

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach desiatimi kontrolnými etapami (3. február – 27. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná v hĺbke 4,33 m pod terénom; 220,12 m n. m. počas 31. mája. Následne hladina podzemnej vody pomerne výrazne klesla a počas nasledujúcich meraní bol vrt suchý. Najhlbšie pod terénom bola hladina nameraná dňa 1. marca (6,51 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody odvodená z piatich meraní dosiahla v roku 2016 hĺbku 5,45 m pod terénom. V skutočnosti sa jej priemerná hĺbka nachádzala podstatne hlbšie. V tejto súvislosti treba poznamenať, že v roku 2016 bol prvý krát zaznamenaný stav, kedy hladina podzemnej vody klesla pod úroveň dna vrtu. Tento stav bol počas hodnoteného obdobia celkovo pozorovaný až počas piatich meraní. Z hľadiska hodnotenia stabilitných pomerov v priestore monitorovaného vrtu je možné danú skutočnosť vnímať vysoko pozitívne.

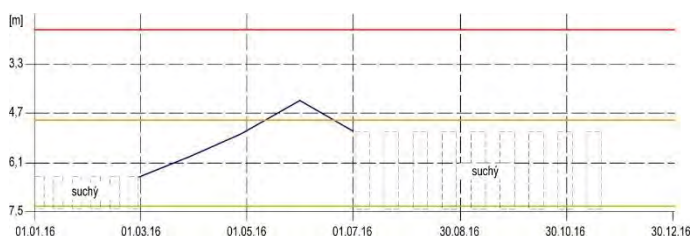


Obr. 4.25.4. Lokalita Nižná Hutka – situácia sanačných a monitorovacích objektov; obrysy zosuvov podľa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

Priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2016 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, je znázornený na obr. 4.25.5. Vývoj zmien hĺbky hladiny podzemnej vody spolu s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie je znázornený na obr. 4.25.6.

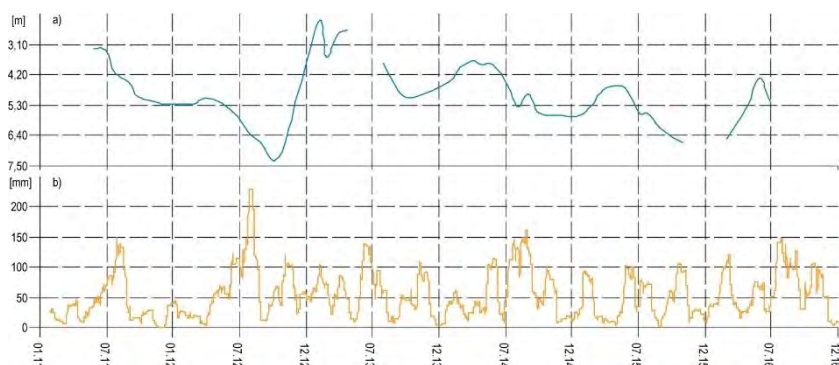
Tab. 4.25.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Hutka v roku 2016

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.]	
NHG-1	10	4,33	220,12	31.05.16	suchý					
NHG-2	10	HPV ovplyvnená čerpaním (majiteľom pozemku)								



Obr. 4.25.5. Zmeny úrovně hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2016 (modrá) na lokalite Nižná Hutka vo vrte NHG-1 (porovnanie s dlhodobými štatistickými ukazovateľmi: červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody).

Z dlhodobého hľadiska vývoja zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte NHG-1 je významné zimné obdobie roku 2013. V tomto období bol zaznamenaný maximálny stav hladiny podzemnej vody. Od tohto termínu dochádza k postupnému poklesu hladiny podzemnej vody. V roku 2016 bol pokles tak výrazný, že ho nebolo možné sledovať, hladina podzemnej vody klesla pod úroveň dna vrtu. Z priebehu dlhodobých zmien hladiny podzemnej vody je vidieť, že jej kolísanie do značnej miery súvisí so striedaním ročných období. Hladina pomerne pravidelne stúpa na konci zimného a začiatku jarného obdobia. Minimálne hladiny sú pozorované na konci jesenného a počas zimného obdobia (obr. 4.25.6).



Obr. 4.25.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2016) na lokalite Nižná Hutka; a – priebeh hladiny podzemnej vody vo vrte NHG-1, b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Vyšný Čaj s indikatívom 60100).

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Merania výdatnosti sa realizujú na dvoch samostatných stanovištiach, ktoré sú od seba vzdialené cca 700 m. Na prvom stanovišti, v severnej časti obce, sú vybudované dva odvodňovacie vrty (NHSHV-1 a 2), ktoré odvádzajú podzemnú vodu zo severovýchodnej časti (z odlučnej oblasti) zosuvu (ktorý sa aktivizoval v roku 2010; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.25.5 a 4.25.6).

Tab. 4.25.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Hutka v roku 2015

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		
NHSHV-1	9	4,04	30.10.15	1,66	07.07.15	2,35	2,38
NHSHV-2	9	1,70	07.07.15	0,52	29.04.15	1,26	1,18
NHSHV-3	9	2,28	26.05.15	0,00	31.08.15	0,53	2,28
NHSHV-5	9	0,00	29.01.15	0,00	29.01.15	0,00	0,00
NHSHV-1	9	4,04	30.10.15	1,66	07.07.15	2,35	2,38

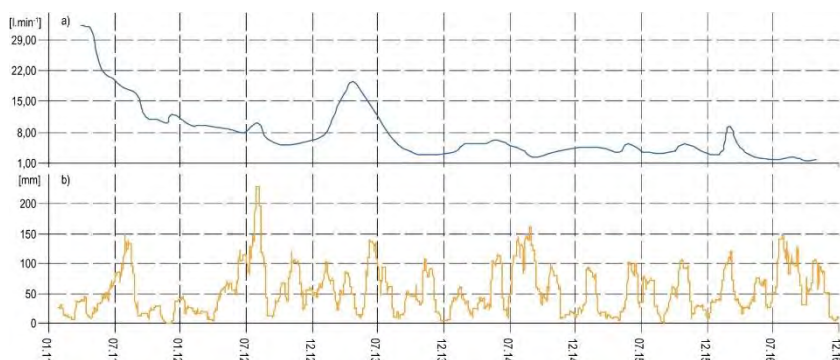
Počas roka 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 30. októbra na odvodňovacom vrte NHSHV-1 (4,04 l.min⁻¹), v období poklesu hĺbky hladiny podzemnej vody (sledovanej v jedinom funkčnom vrte NHG-1). Išlo o reakciu na zvýšené zrážkové úhrny zaznamenané v predchádzajúcom období (od 9. do 18. októbra). V ostatných vrtoch sa maximálne prietoky vyskytovali najmä koncom januára (NHSHV-5; v tomto období bol maximálny prietok nameraný i na vrtoch S-3, S-4 a S-5; ktoré nie sú zaradené do monitorovacieho systému). Vrt NHSHV-5 bol počas všetkých meraní suchý. Podobne, počas troch meraní bol suchý i vrt NHSHV-3. Minimálne výdatnosti na vrtoch, na ktorých bolo možné počas všetkých meraní pozorovať prietok, boli dosiahnuté v júli a októbri. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu 4,14 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,23 l.min⁻¹. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte NHSHV-1 (2,38 l.min⁻¹).

Tab. 4.25.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Hutka v roku 2016

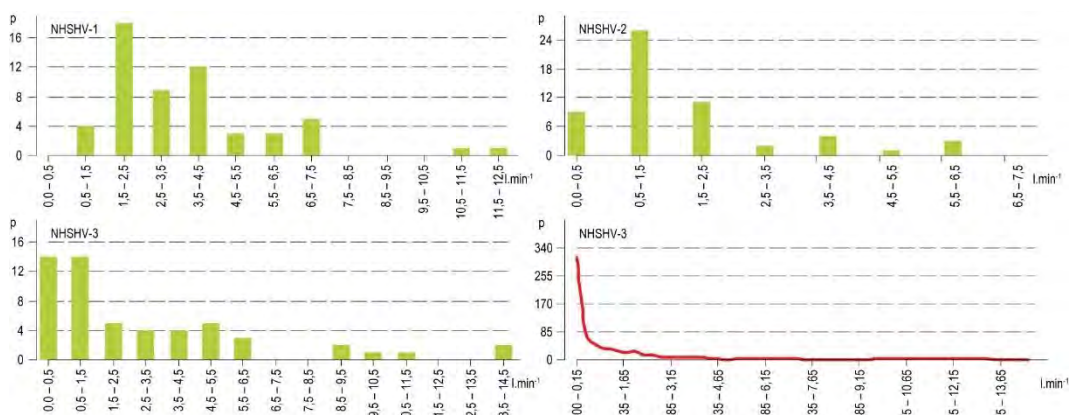
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
NHSHV-1	8	6,88	01.03.16	1,10	31.08.16	2,22	5,78
NHSHV-2	8	1,71	01.03.16	0,00	01.07.16	0,63	1,71
NHSHV-3	10	1,96	27.10.16	0,00	03.02.16	0,91	1,96
NHSHV-5	10	0,00	03.02.16	0,00	03.02.16	0,00	0,00

V roku 2016 bolo zabezpečených 8 až 10 kontrolných meraní. Merania sa realizovali v období od 3. februára do 27. októbra. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 1. marca na odvodňovacom vrte NHSHV-1 (6,88 l.min⁻¹). V tomto vrte bola najnižšia výdatnosť nameraná 31. augusta s hodnotou 1,1 l.min⁻¹ a priemerná výdatnosť dosiahla 2,22 l.min⁻¹. Okrem spomenutého vrtu boli ostatné vrty minimálne počas jedného merania suché. Najčastejšie bol suchý vrt NHSHV-5 – počas všetkých monitorovacích termínov. Priemerné hodnoty výdatnosti

vtrov NHSHV-2 a 3 sa pohybovali v intervale 0,63 až 0,91 l.min⁻¹. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu 3,75 l.min⁻¹, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny pokles (o 0,38 l.min⁻¹). Kolísanie výdatnosti v jedinom trvale tečúcom subhorizontálnom vrte NHSHV-1 dosiahlo hodnotu 5,78 l.min⁻¹. Priebeh množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení spolu s kumulatívnymi zrážkami je znázornený na obr. 4.25.7. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení je na obr. 4.25.8.



Obr. 4.25.7. Výsledky spracovania výdatnosti odvodňovacích vrtov na lokalite Nižná Hutka; a – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov na lokalite; b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Vyšný Čaj s indikativom 60100).



Obr. 4.25.8. Štatistické zhodnotenie výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Hutka. Analyzované obdobie: marec 2011 – október 2016; p – početnosť, zelená – výdatnosti v jednotlivých vrtoch (označenie vrtov je uvedené v grafoch), červená – výdatnosti zaznamenané na všetkých odvodňovacích zariadeniach v rámci lokality.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné pozorovať postupný trend poklesu nameraných hodnôt výdatnosti. V septembri 2016 boli namerané najnižšie sumárne prietoky odvádzanej podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Zo štatistického spracovania nameraných výdatností (obr. 4.25.7) vyplýva, že na odvodňovacích zariadeniach výrazne prevládajú nízke hodnoty v rozsahu 0,0 až 0,76 l.min⁻¹. Maximálne prietoky boli dosiahnuté v mesiacoch apríl a marec.

d/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Vyšný Čaj s indikativom 60100.

Informácia o zrážkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.1 (lokalita Nižná Myšľa).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Režimové pozorovania sa vykonávajú v jednom piezometrickom vrte. Priebeh hladiny podzemnej vody počas roka 2016 poukázal na priaznivý vývoj stabilitných pomerov. Hladina

prvýkrát v monitorovanom období klesla pod úroveň dna vrtu. Pokles hladiny podzemnej vody je pozorovaný už dlhšie obdobie. Tomuto vývoju zodpovedá i priebeh sumárnej výdatnosti z odvodňovacích vrtov.

Inklinometrické merania, ktoré boli v roku 2016 zabezpečené počas dvoch etáp, poukázali na nárast pohybovej aktivity. Rok 2016, z pohľadu dlhodobého vývoja deformácie na šmykových plochách, možno považovať za najaktívnejší. Namerané boli celkovo najvyššie hodnoty za celé monitorované obdobie. I keď etapové prírastky deformácie priamo nepoukazujú na akútny rozvoj svahového pohybu, v oblasti vrtu NHI-2 je sledovaná deformácia, ktorá za približne dvojročné obdobie dosiahla 8,12 mm.

V roku 2017 plánujeme zachovať rovnaký sortiment monitorovacích metód ako v roku 2016. Frekvencia meraní zostane v porovnateľná s rokom 2016.

1.4.26. Lokalita Ruská Nová Ves

Stručná charakteristika lokality

Obec Ruská Nová Ves leží v severovýchodnej časti Košickej kotliny v doline Hradného potoka. Aktívny zosuv, ktorý sa nachádza SV od Ruskej Novej Vsi, vznikol po extrémnych zrážkach zaznamenaných v máji a júni roku 2010. Výsledkom pokračujúcej aktivity v roku 2011 bolo poškodenie vyše 20 chat, niekoľkých obytných budov, prístupových ciest, ihriska, inžinierskych sietí, studní, plotov, lesného porastu a pod. (Petro et al., 2012). Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia (Ondrejka et al., 2015, ale aj Inžinierskogeologickej mapy 1 : 10 000 (Petro et al., 1984).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.26.1.

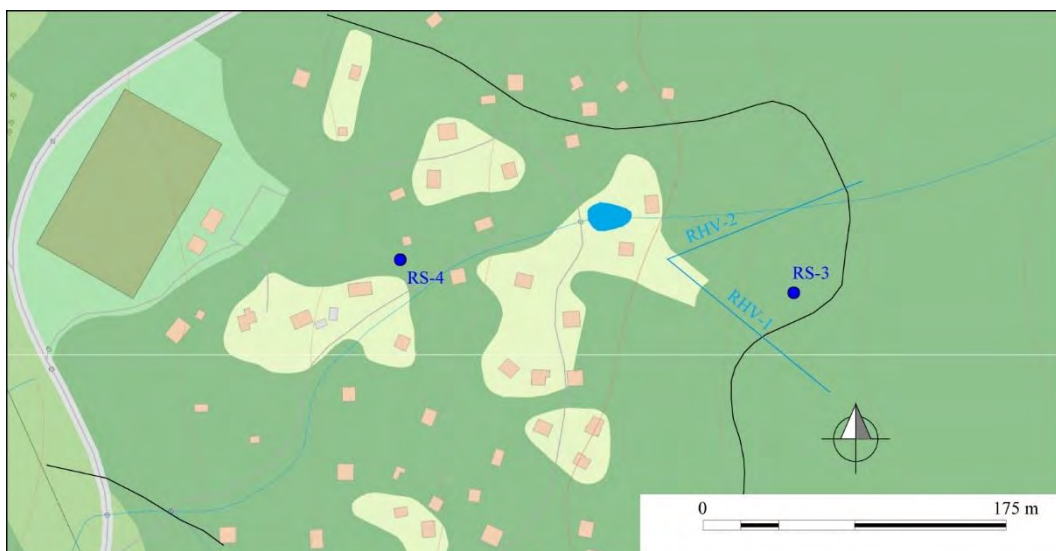
Tab. 4.26.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ruská Nová Ves v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	1	RS-6	1 (21. august)	0
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	2	RS-3, RS-4	8 (26. marec, 28. apríl, 25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 24. september, 21. október)	10 (2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	2	RVH-1, RVH-2	8 (26. marec, 28. apríl, 25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 24. september, 21. október)	10 (2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Prešov-planetárium (59160)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Ruská Nová Ves sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch (tab. 4.26.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.26.2 a 4.26.3). Prvý vrt (RS-3) sa nachádza v odľučnej a druhý (RS-4) v prechodovej oblasti (obr. 4.26.1). V roku 2015 bolo zabezpečených 8 kontrolných meraní (26. marec – 21. október) v oboch pozorovacích vrtoch. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte RS-4 (1,05 m pod terénom – 482,25 m n. m. – 26. marec). Vo vrte RS-3 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 1,90 m pod terénom. Naopak, minimálna hladina podzemnej vody (nameraná vo vrte RS-3) bola zaznamenaná dňa 23. júla. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla v roku 2015 3,46 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,52 m. Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte RS-4 (4,30 m).

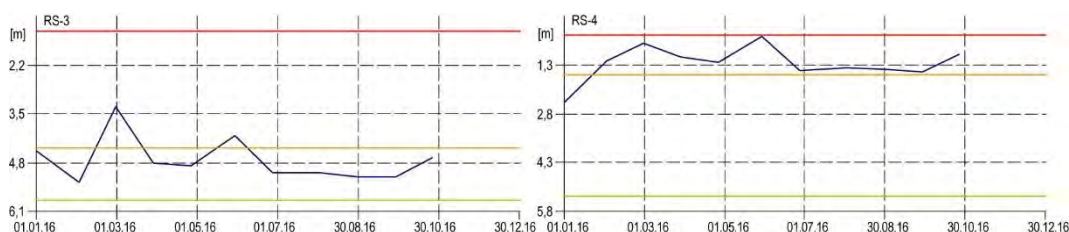


Obr. 4.26.1. Lokalita Ruská Nová Ves – situácia sanačných a monitorovacích objektov; ohraničenie zosuvu podľa Grecha (2012), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.26.2. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2015

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.]	
RS-3	8	1,90	506,70	28.08.15	5,82	502,78	23.07.15	4,13	504,47	3,92
RS-4	8	1,05	482,25	26.03.15	5,35	477,95	24.09.15	2,79	480,51	4,30

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach v obroch vrtoch a zabezpečených bolo 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Bližšie k terénu sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte RS-3 (0,44 m pod terénom – 508,16 m n. m.). Tento vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 30. mája. Maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte RS-4 bol zaznamenaný 1. marca (3,33 m pod terénom). Najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte RS-4 2. februára (5,33 m pod terénom od 2. februára). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 2,95 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,51 m. Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody sa v jednotlivých vrtoch pohybovali v rozsahu od 1,13 (vrt RS-3) do 4,76 m pod terénom (vrt RS-4). Výraznejšie kolísanie podzemnej vody bolo pozorované vo vrte RS-4 (2,00 m). Pri porovnaní nameraných údajov z roku 2016 s údajmi získanými pri predchádzajúcom monitorovaní (roky 2012 až 2015) vyplýva, že vo vrte RS-4 bola dosiahnutá hodnota dlhodobého maxima. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.26.2. a dlhodobé zmeny spolu s kumulatívnymi zrážkami na obr. 4.26.3.

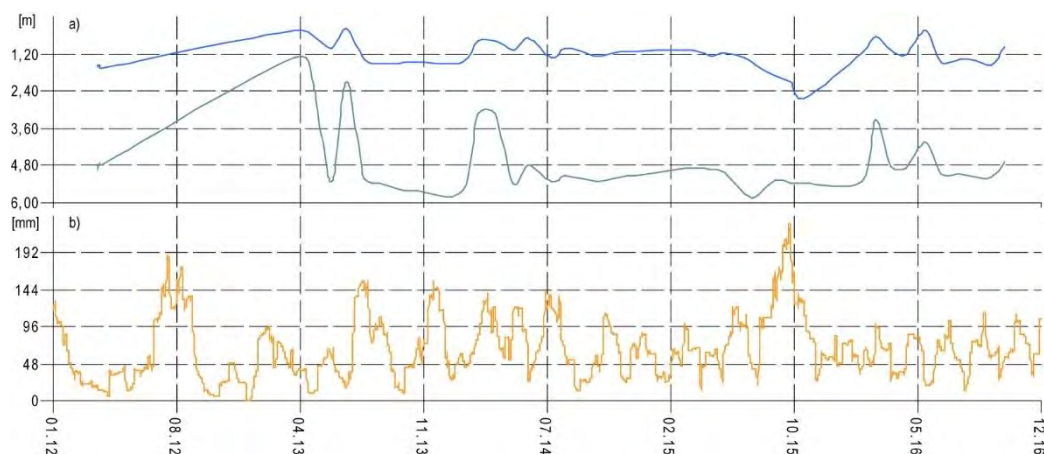


Obr. 4.26.2. Vývoj hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2016 (modrá) vo vzťahu k vybraným ukazovateľom na lokalite Ruská Nová Ves (červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody za sledované obdobie, oranžová – priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody za sledované obdobie, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody za sledované obdobie).

Tab. 4.26.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2016

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.]	
RS-3	10	0,44	508,16	30.05.16	1,54	507,06	28.09.16	1,13	507,47	1,10
RS-4	10	3,33	479,97	01.03.16	5,33	477,97	02.02.16	4,76	478,54	2,00

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (posledné tri roky) je možné pozorovať, že na začiatku monitorovacích meraní sa hladiny podzemnej vody nachádzali v oboch vrtoch v blízkosti terénu. Na konci jarného obdobia 2013 však došlo vo vrte RS-4 k poklesu (obr. 4.26.3).



Obr. 4.26.3. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2012 – 2016) na lokalite Ruská Nová Ves; a – priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch RS-3 a RS4, b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prešov-planetárium s indikativom 59160).

c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Ruská Nová Ves sú pozorované 2 odvodňovacie zariadenia (tab. 4.26.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.26.4 a 4.26.5). Počas roka 2015 bolo zabezpečených 8 kontrolných meraní (26. marec – 21. október). Najvyššia výdatnosť bola v oboch prípadoch nameraná 26. marca (RHV-2 – 2,45 l.min⁻¹, RHV-1 – 0,98 l.min⁻¹). Namerané maximálne výdatnosti je možné spojiť s topením snehovej pokrývky a výdatnými a intenzívnymi zrážkami z konca januára. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná vo vrte RHV-1 (na úrovni kvapkania – v období od 23. júla do 24. septembra), čo súvisí so zrážkovým deficitom, ktorý sa prejavil poklesom hladiny podzemnej vody (vo vrte RS-4). Minimálna sumárna výdatnosť bola zaznamenaná 24. septembra (0,29 l.min⁻¹). Sumárna priemerná výdatnosť oboch meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu 1,11 l.min⁻¹. Výraznejšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte RHV-2 (2,17 l.min⁻¹).

Tab. 4.26.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2015

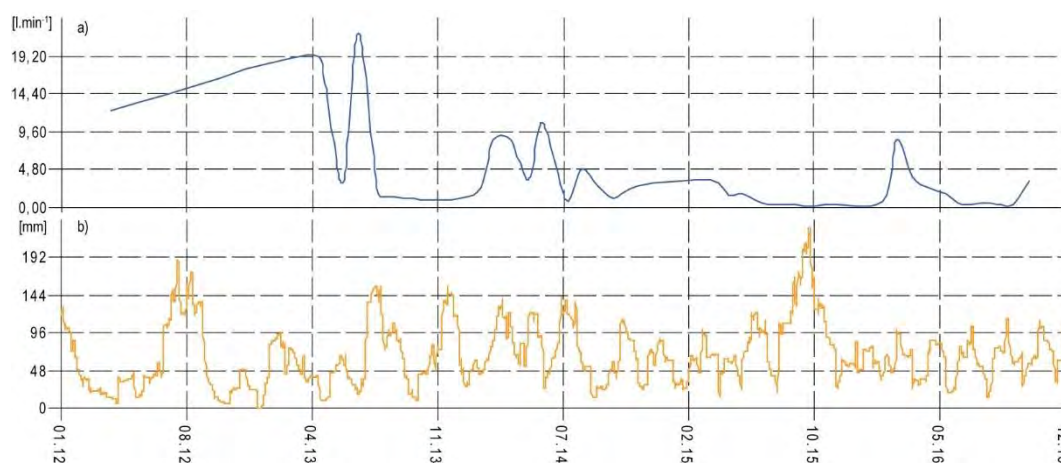
Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat. [l.min ⁻¹]	Max. kolísanie výdat. [l.min ⁻¹]
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
RHV-1	8	0,98	26.03.15	0,01	23.07.15	0,33	0,97
RHV-2	8	2,45	26.03.15	0,28	24.09.15	0,78	2,17

V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Vyššia výdatnosť bola nameraná vo vrte RHV-2 (8,08 l.min⁻¹) počas marcového merania. V tomto termíne bola nameraná ja najvyššia sumárna výdatnosť (8,59 l.min⁻¹). V tomto období bol pozorovaný i vzostup hladiny podzemnej vody v oboch piezometrických vrtoch. Vo vrte RHV-1 bola maximálna výdatnosť nameraná 27. apríla (0,61 l.min⁻¹), teda v čase zostupu hladiny podzemnej vody.

Minimálne výdatnosti oboch vrtov boli zhodne zaznamenané na konci mesiaca jún. Vo vrte RHV-1 bolo v tomto termíne pozorované len kvapkanie – tento stav pretrval až do konca októbra). Vo vrte RHV-2 sa minimálna výdatnosť pohyboval na úrovni $0,4 \text{ l.min}^{-1}$. Pokles výdatnosti súvisí so zrážkovým deficitom, zaznamenaným v letných mesiacoch. Sumárna priemerná výdatnosť oboch meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu $2,25 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o $1,14 \text{ l.min}^{-1}$). Výraznejšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte RHV-2 ($7,68 \text{ l.min}^{-1}$). Priebehy množstva odvádzanej vody z vybratých odvodňovacích zariadení spolu s kumulatívnymi zrážkami sú znázornené na obr. 4.26.4.

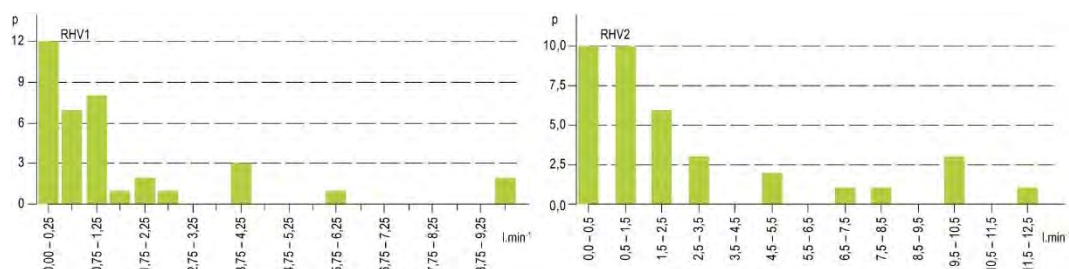
Tab. 4.26.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2016

Bod	Počet meraní	Max. výdatnosť		Min. výdatnosť		Priemer. výdat.	Max. kolísanie výdat.
		[l.min ⁻¹]	dátum	[l.min ⁻¹]	dátum		
RHV-1	10,00	0,61	27.04.16	0,00	27.06.16	0,18	0,61
RHV-2	10,00	8,08	01.03.16	0,40	27.06.16	2,07	7,68



Obr. 4.26.4. Výsledky spracovania dlhodobých (2012 – 2016) výdatností horizontálnych vrtov na lokalite Ruská Nová Ves; a – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov; b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prešov-planetárium s indikativom 59160).

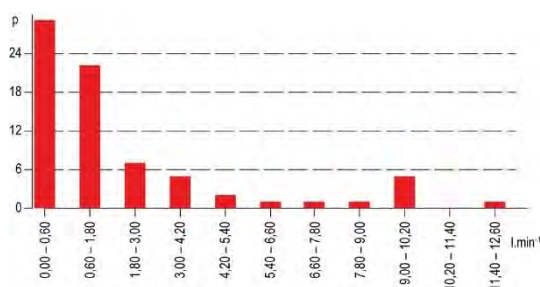
Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je pozorovateľný postupný pokles výdatnosti odvodňovacích vrtov. Maximálne výdatnosti boli pozorované v roku 2013. Dňa 26. júna 2013 bola zaznamenaná výdatnosť $22,08 \text{ l.min}^{-1}$. Pomerne vysoké hodnoty spoločnej výdatnosti boli pozorované i v zimnom a jarnom období roku 2012 (od 12,24 do $19,22 \text{ l.min}^{-1}$). Po roku 2013 došlo k pomerne výraznému poklesu sledovaných prietokov z odvodňovacích vrtov, pričom najnižšia hodnota bola nameraná 24. septembra 2015. Vysoké hodnoty prevládajú v mesiacoch marec, apríl a máj. Naopak, nízke prietoky sa vyskytujú najmä v mesiaci október.



Obr. 4.26.5. Štatistické zhodnotenie výdatnosti jednotlivých odvodňovacích zariadení na lokalite Ruská Nová Ves. Analyzované obdobie: marec 2012 – október 2016; p – početnosť.

Zo štatistického spracovania na obr. 4.26.5 a 4.26.6 je vidieť, že v oboch vrtoch prevládajú veľmi nízke hodnoty výdatnosti. Najmä v prípade vrtu RVH-2 je pozitívnou skutočnosťou, že pomerne vysoké zastúpenie majú aj výdatnosti väčšie ako 1 l.min^{-1} . V súvislosti so štatistickým

hodnotením treba podotknúť, že vstupný súbor výsledkov meraní zachytáva krátke časové obdobie a navyše, pozorovania sú zabezpečované s nízkou frekvenciou, z tohto dôvodu má uvedené hodnotenie len orientačný charakter.



Obr. 4.26.6. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Ruská Nová Ves. Analyzované obdobie: marec 2012 – október 2016; p – početnosť

d/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Prešov-planetárium s indikatívom 59160.

Informácia o zrážkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.9 (lokalita Fintice).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Od roku 2016 je pozornosť venovaná výlučne len režimovým ukazovateľom. Dlhodobé zabezpečované inklinometrické merania sa ukázali ako nespoľahlivé. Meranie výdatnosti potvrdilo, že vybudované odvodňovacie vrty sú funkčné, navyše v roku 2016 došlo k nárastu sumárnej priemernej výdatnosti. Treba však poznamenať, že z dlhodobého pohľadu dochádza k postupnému poklesu. Porovnaním medzi nameranými hĺbkami hladiny podzemnej vody a veľkosťami výdatnosti sa ukázal pomerne úzky vzťah, čo znamená, že prietok odvodňovacích vrtov kolíše v závislosti od výšky hladiny podzemnej vody.

V roku 2017 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach v nezmenenej frekvencii, to znamená, že bude zabezpečených 10 etáp.

1.4.27. Lokalita Košice-Krásna

Stručná charakteristika lokality

Zosuvné územie postihuje ľavý breh Hornádu, nad ulicou 1. mája. Jedná sa o rozsiahle potenciálne zosuvné územie, v ktorom sa v roku 2010 aktivovali tri menšie zosuvy, z ktorých jeden spôsobil i rozsiahlejšie materiálne škody.

Monitorovacie merania sú zamerané na sledovanie režimu hladiny podzemnej vody a prejavy pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie. Monitorovacie objekty sú sústredené do najcitlivejších oblastí zosuvu. V oblasti vzniknutých zosuvov boli vybudované dva piezometrické vrty (KHG-1 a 2) a jeden inklinometrický vrt (KI-1). V päte svahu, ako okamžité protihavarijné opatrenie, bol vybudovaný odvodňovací subhorizontálny vrt (KSHV-1). Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Grman et al., 2010), sanácie (Fekeč et al., 2014e in Šimeková et al., 2014), ako aj z monitorovania (Ondrejka et al., 2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.27.1.

Tab. 4.27.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Košice-Krásna v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie Objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	1	KI-1	1 (18. máj)	1 (12. december)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Košice-letisko (indikatív 60120)	Denné úhrny zrážok	

*vrty sú permanentne suché

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Inklinometrické merania

Na zosuvnej lokalite sa inklinometrické merania vykonávajú vo vrte KI-1 (obr. 4.27.1). V roku 2015 bolo zabezpečené jedno kontrolné meranie, a to v druhej polovici mája. Etapová deformácia v sledovanom horizonte 2,77 m pod terénom dosiahla hodnotu 1,24 mm ($2,05 \text{ mm.rok}^{-1}$) a jej orientácia mala severovýchodný smer, teda opačne, ako je smer spádnice svahu. V hlbšom horizonte (5,77 m pod terénom; obr. 4.27.2) bola nameraná etapová deformácia 0,91 mm.

V roku 2016 bolo zabezpečené jedno kontrolné meranie, ktorého výsledky charakterizujú pohybovú aktivitu v období dvadsiatich mesiacov. Z výsledkov vyplýva, že oproti predchádzajúcemu meraniu došlo len k veľmi miernemu nárastu etapovej deformácie. V hĺbke 2,77 m pod terénom bola nameraná deformácia 1,48 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $0,94 \text{ mm.rok}^{-1}$. V hlbšie sledovanom horizonte, ktorý sa nachádza 5,77 m pod terénom, dosiahol etapový prírastok 0,98 mm ($0,63 \text{ mm.rok}^{-1}$). Ak porovnáваме rýchlosti deformácie z posledných dvoch meracích etáp, môžeme konštatovať jej pomerne výrazný pokles. Zároveň je možné si všimnúť i zmenu orientácie nameraných vektorov. Kým v minulom roku mali vektory severovýchodný smer, v aktuálne hodnotenom roku sú orientované na západ. Výsledná deformácia za posledné dvojročné obdobie v oboch sledovaných horizontoch dosahuje zhodne 1,12 mm ($0,51 \text{ mm.rok}^{-1}$).

Monitorovacie aktivity sú však sústredené len do oblasti, ktorá sa reaktivizovala roku 2010, v rámci rozsiahleho frontálneho zosuvu, a teda namerané výsledky nie je možné extrapolovať na celé zosuvné územie.

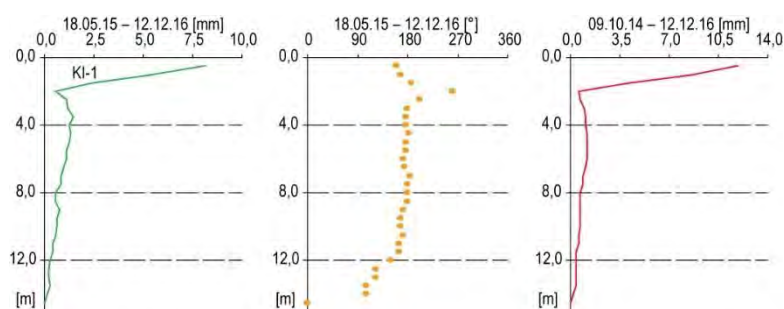


Obr. 4.27.1. Lokalita Košice-Krásna – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.27.2; číslo zobrazené pri poslednom etapovom vektore označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Grman et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®.

Tab. 4.27.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Košice-Krásna v rokoch 2015 a 2016

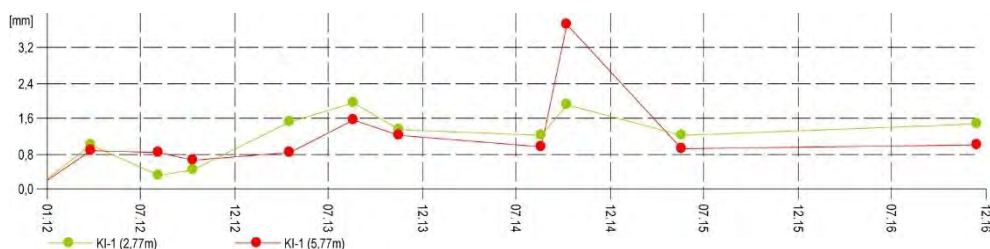
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	09.10.14 – 18.05.15			18.05.15 – 12.12.16		
		CD [mm]	CD [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
KI-1	2,77	1,24	1,24	46	1,12	1,48	178
KI-1	5,77	0,91	0,91	66	1,12	0,98	174

CD – celková deformácia od nultého merania (09.10.14); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora.



Obr. 4.27.2. Priebiehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte KI-1 na lokalite Košice-Krásna; zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

Z dlhodobého hľadiska možno za najaktívnejšie obdobie považovať rok 2014. Počas októbrového merania bol v hĺbke 5,77 m pod terénom nameraný vektor 3,72 mm, ktorý charakterizuje pohybovú aktivitu obdobia od augusta 2014 do októbra 2014. Azimut nameranej deformácie mal severo-severozápadný smer.



Obr. 4.27.3. Dlhodobé (2012 – 2016) prírastky deformácie namerané v sledovaných horizontoch metódou presnej inklinometrie na lokalite Košice-Krásna

d/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Košice-letisko s indikatívom 11968. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 2011 do 31. decembra 2015 predstavuje 588,22 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 714,8 mm (rok 2014); priemerný mesačný úhrn 49,02 mm a maximálny mesačný úhrn 149,9 mm (júl 2011). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 11. mája 2013 do 10. júna 2013) dosiahol 199,7 mm.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 724,7 mm, čo zodpovedá 123,2 % dlhodobého priemeru, a teda ide o veľmi vlhký rok. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas októbra (114,8 mm) a najvyšší denný úhrn 10. februára (38,4 mm). Najsuchším mesiacom bol apríl s 16,3 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 19. júna do 19. júla (124,0 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia, sumárny zrážkový úhrn dosiahol 7,2 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V rozsiahlom zosuvnom území sú monitorovacie aktivity sústredené len na oblasť zosuvu, ktorý sa aktivoval v roku 2010. Z hľadiska hodnotenia nameraných deformácií metódou presnej inklinometrie je možné konštatovať, že po roku 2014, kedy boli namerané najvyššie deformácie za celé monitorovacie obdobie (počas 11 meracích etáp), bolo pri poslednom meraní pozorované pretrvávajúce stabilné pokojné obdobie. V roku 2017 plánujeme prerušiť monitorovacie aktivity v zosuvnom území.

1.4.28. 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 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.28.1.

Tab. 4.28.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Šenkvice v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	3	PVZS-1, PVZS-2, PVZS-3	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Modra (indikatív 18060)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

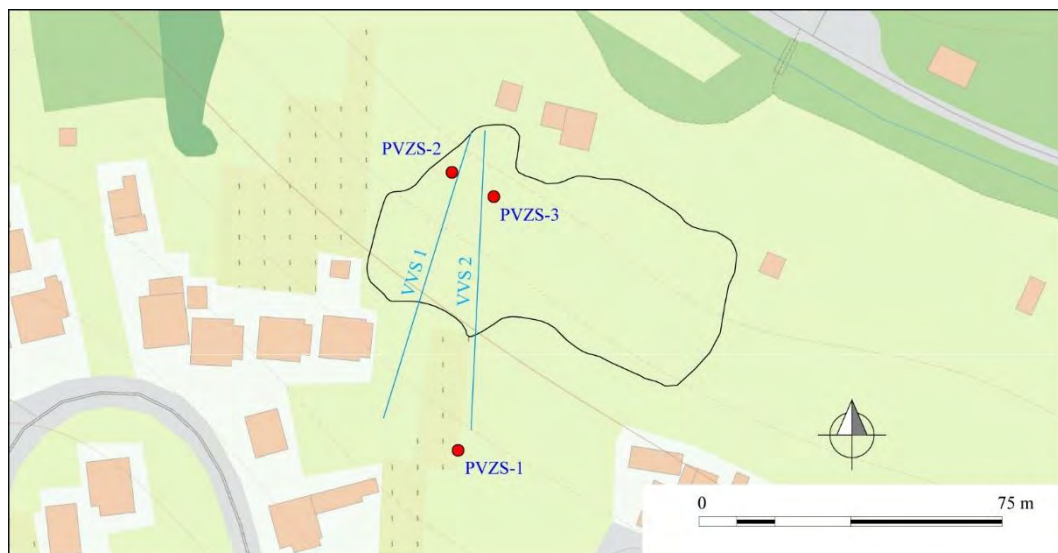
a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami

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 (obr. 4.28.1). Počas hodnotených rokov 2015 a 2016 boli zariadenia v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale (rok 2015: 8760 záznamov; rok 2016: 8784 záznamov; tab. 4.28.2 a 4.28.3).

Vo vrte PVZS-1 bola v roku 2015 maximálna hladina podzemnej vody (9,21 m pod terénom; 155,94 m n. m.) nameraná 7. júla. V období, ktoré predchádzalo tomuto stavu, mala hladina vzostupný charakter, avšak vyskytovali sa kratšie etapy, kedy bol zaznamenaný jej pokles. Následne, po dosiahnutí maximálneho stavu, hladina podzemnej vody klesala až do prvej polovice októbra, kedy dosiahla minimálnu úroveň (11,40 m pod terénom; 153,75 m n. m.; 12. októbra). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 10,72 m pod terénom (154,43 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 2,19 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla v roku 2015 až 0,71 m (32,42 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe kolísania hladiny podzemnej vody, sledovanej počas roku 2015, dosiahla 0,05 m.deň⁻¹. Znamená to, že hladina podzemnej vody má pomerne dynamický charakter. Predstavu o vývoji zmien hladiny

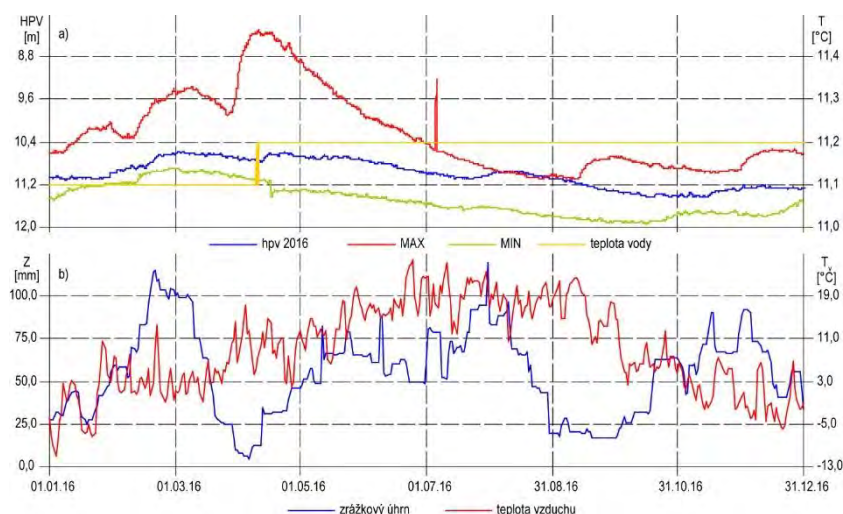
podzemnej vody počas hodnoteného roka, dokresľujú štatistické ukazovatele 1., 2. a 3. kvartilu. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 10,25 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 10,96 m pod terénom a 3. kvartil 11,18 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody bola meraná s rovnakou frekvenciou ako jej hĺbka. Jej zmeny boli počas roka však minimálne (amplitúda 0,1 °C). Priemerná teplota dosiahla hodnotu 11,1 °C.



Obr. 4.28.1. Lokalita Šenkvice – monitorovacia sieť piezometrických vrtov vystrojených automatickými hladinomerami a odvodňovacie vrtý (mapový podklad: ZBGIS®).

V roku 2016 sa pokračovalo v rovnakom režime meraní. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná v hĺbke 10,58 m pod terénom (154,57 m n. m.; 2. marec), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 1,37 m. K jej dosiahnutiu došlo po jej pomalom miernom vzostupe. Na približne rovnakej úrovni sa udržala pomerne dlho, kedy začala pozvoľna klesať (obr. 4.28.2). Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 11,44 m (153,71 m n. m.), bola dosiahnutá 17. októbra (oproti predchádzajúcemu roku je pozorovaná len veľmi malá zmena – pokles o 0,04 m). Následne, vplyvom vyšších zrážkových úhrnov, hladina podzemnej vody mierne stúpla. Jej priemerná hĺbka v roku 2016 dosiahla 11,00 m pod terénom (154,15 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny pokles (o 0,28 m). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala len na úrovni 0,86 m.



Obr. 4.28.2. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T), zaznamenaný v roku 2016 automatickým hladinomerom na lokalite Šenkvice; a – automatický hladinomer umiestnený vo vrte PVZS-1, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň – SHMÚ Modra s indikatívom 18060) a teploty vzduchu, na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikatív 18050).

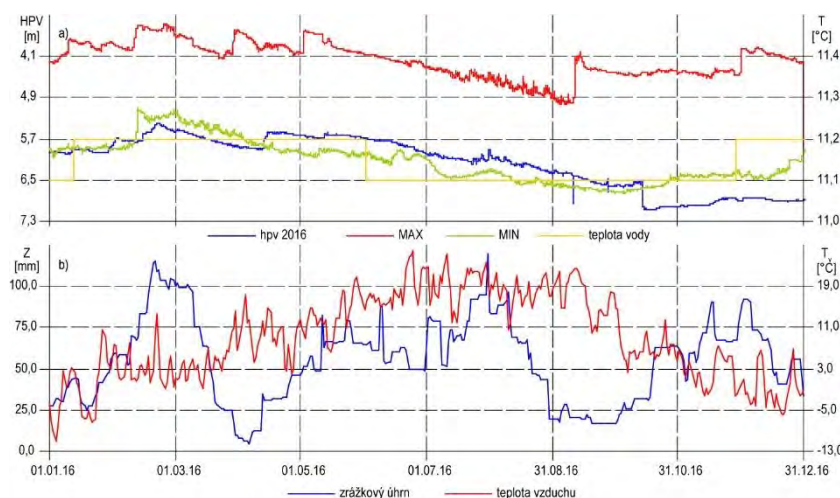
V porovnaní s predchádzajúcim rokom tak došlo k jej výraznému ustáleniu. Priemerná denná hodnota kolísania dosiahla 0,03 m za deň, čo poukazuje tiež na pokles dynamiky zmien hĺbky podzemnej vody v tomto vrte. Maximálna nameraná hodinová zmena podzemnej vody predstavovala 0,01 m (čo je 1,16 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 10,72 m pod terénom, 2. kvartil 11,02 m pod terénom a 3. kvartil 11,26 m pod terénom.

Zmeny teploty podzemnej vody mali rovnaký charakter ako v predchádzajúcom roku (priemerná teplota dosiahla 11,2 °C).

Tab. 4.28.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Šenkvice v roku 2015

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PVZS-1	8760	9,21	155,94	07.07.15	11,40	153,75	12.10.15	10,72	154,43	2,19
PVZS-2	8760	3,46	149,94	26.02.15	6,71	146,69	24.09.15	5,20	148,20	3,25
PVZS-3	8760	6,28	146,48	17.01.15	7,67	145,09	25.09.15	7,16	145,60	1,39

Vo vrte PVZS-2 bola v roku 2015 maximálna hladina podzemnej vody nameraná 26. februára (3,46 m pod terénom; 149,94 m n. m.). Išlo o reakciu na výdatnejšie zrážky z predchádzajúceho obdobia. Od konca februára až do prvej polovice júla mala hladina mierne zostupný trend s občasnými vzostupmi, spojenými najmä s intenzívnejšími zrážkovými udalosťami. V období letných mesiacov začala hladina pomerne prudko klesať. Najhlbšie hladina podzemnej vody klesla počas 24. septembra, a to do hĺbky 6,71 m pod terénom (146,69 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 5,20 m pod terénom (148,20 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 3,25 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla v roku 2015 až 0,22 m (6,77 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe zmien hladiny podzemnej vody, sledovanej počas roku 2015, dosiahla 0,09 m.deň⁻¹. Znamená to, že hladina podzemnej vody má pomerne dynamický charakter. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 4,01 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 4,91 m pod terénom a 3. kvartil 6,33 m pod terénom.



Obr. 4.28.3. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T), zaznamenaný v roku 2016 automatickým hladinomerom na lokalite Šenkvice; a – automatický hladinomer umiestnený vo vrte PVZS-2, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň – SHMÚ Modra s indikativom 18060) a teploty vzduchu, na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikativ 18050).

Maximálna hodnota teploty podzemnej vody – 11,2 °C – bola nameraná 1. januára. Najnižšia teplota s hodnotou 10,9 °C bola zaznamenaná 2. augusta. Počas hodnoteného

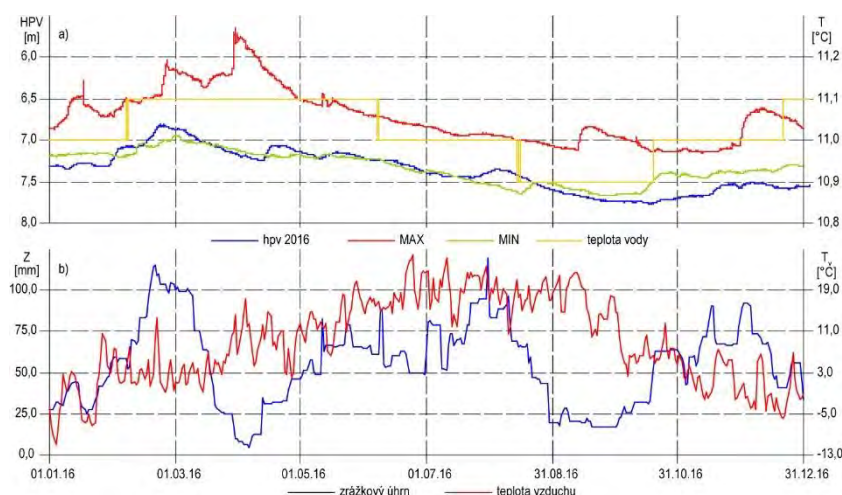
obdobia dosiahla priemerná teplota hodnotu 11,1 °C. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas hodnoteného roka dosiahla 0,30 °C.

V roku 2016 maximálna hladina podzemnej vody vystúpila do hĺbky 5,40 m pod terénom (148,00 m n. m.) počas 22. februára. V porovnaní s predchádzajúcim rokom je to pokles o 1,94 m. Zaznamenaný vzostup hladiny podzemnej vody (obr. 4.2.8.3) podobne ako vo vrte PVZS-1 súvisel s intenzívnymi februárovými zrážkami. Kumulatívny tridsaťdňový zrážkový úhrn počas 21. februára dosiahol 115,5 mm. Minimálna hladina podzemnej vody bola dosiahnutá 17. októbra, a to s hĺbkou 7,08 m (146,32 m n. m.; oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 0,37 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 6,15 m pod terénom (147,25 m n. m.), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,95 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 1,68 m. Priemerná denná hodnota kolísania predstavovala 0,05 m.deň⁻¹. V tejto súvislosti treba uviesť, že hladina podzemnej vody pomerne výrazne osciluje, najvýraznejšie sa to prejavilo počas letných mesiacov. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala až 0,53 m (čo tvorí až 31,55 % celkovej ročnej amplitúdy). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 5,73 m pod terénom, 2. kvartil 5,99 m pod terénom a 3. kvartil 6,59 m pod terénom. Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla 11,1 °C.

Tab. 4.28.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Šenkvice v roku 2016

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
PVZS-1	8784	10,58	154,57	02.03.16	11,44	153,71	17.10.16	11,00	154,15	0,86
PVZS-2	8784	5,40	148,00	22.02.16	7,08	146,32	17.10.16	6,15	147,25	1,68
PVZS-3	8784	6,81	145,95	23.02.16	7,77	144,99	17.10.16	7,37	145,39	0,96

Vo vrte PVZS-3 bola maximálna hladina podzemnej vody v roku 2015 nameraná 17. januára (6,28 m pod terénom; 146,48 m n. m.). Od tohto termínu až do začiatku marca pomerne intenzívne kolísala. Od marca do druhej polovice septembra mala klesajúci charakter, ktorý vystriedal mierny vzostup. Najhlbšie hladina podzemnej vody klesla počas 25. septembra (do hĺbky 7,67 m pod terénom; 145,09 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 7,16 m pod terénom (145,60 m n. m.). Ročná



Obr. 4.28.4. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T), zaznamenaný v roku 2016 automatickým hladinomerom na lokalite Šenkvice; a – automatický hladinomer umiestnený vo vrte PVZS-3, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň – SHMÚ Modra s indikativom 18060) a teploty vzduchu, na stanici SHMÚ Modra-Piesok (indikativ 18050).

amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 1,39 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla v roku 2015 až 0,28 m (20,14 % celkovej amplitúdy hĺbky hladiny podzemnej vody v hodnotenom roku). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe zmien hladiny podzemnej vody, sledovanej

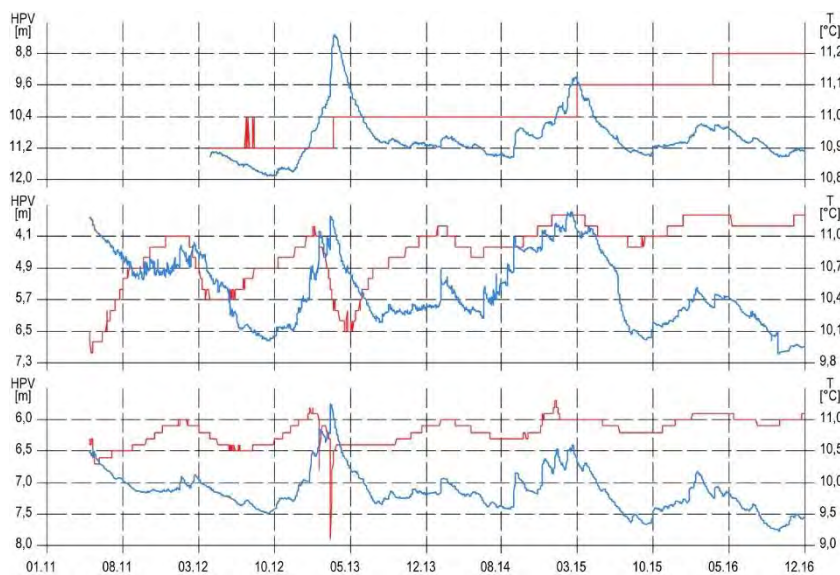
počas roku 2015, dosiahla $0,03 \text{ m.deň}^{-1}$. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 6,78 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 7,3 m pod terénom a 3. kvartil 7,47 m pod terénom.

Maximálna hodnota teploty podzemnej vody bola nameraná 10. januára ($11,3^\circ\text{C}$). Najnižšia teplota s hodnotou $10,8^\circ\text{C}$ bola zaznamenaná 12. júla. Počas hodnoteného obdobia dosiahla priemerná hodnota teploty $10,9^\circ\text{C}$. Celková amplitúda zmien teploty podzemnej vody počas hodnoteného roka dosiahla $0,50^\circ\text{C}$.

V roku 2016 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 6,81 m pod terénom (145,95 m n. m.; 23. február), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,53 m. Vývoj hladiny vo vrte PVZS-3 sa do značnej miery zhoduje so zmenami v plytšom horizonte, sledovanom vo vrte PVZS-2 (obr. 4.28.4). Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 7,77 m (144,99 m n. m.), bola dosiahnutá 17. októbra. Oproti predchádzajúcemu roku ide o nepatrný pokles (o 0,1 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 7,37 m pod terénom (145,39 m n. m.), čo je pri konfrontácii s vlaňajším rokom pokles o 0,21 m. Hladina podzemnej vody počas celého roka sa pohybovala na úrovni dlhodobého minima (obr. 4.28.4). Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 0,96 m. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k jej miernemu ustáleniu. Priemerná denná hodnota kolísania dosiahla 0,03 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 0,02 m (2,08 % celkovej ročnej amplitúdy). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 7,18 m pod terénom, 2. kvartil 7,36 m pod terénom a 3. kvartil 7,57 m pod terénom.

Teploty podzemnej vody kolísali v intervale $11,1^\circ\text{C}$ (6. február) až $10,9^\circ\text{C}$ (14. august). Priemerná teplota v hodnotenom roku dosiahla $11,0^\circ\text{C}$.

Z dlhodobého hľadiska 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 najmä v roku 2013. Relatívne malé zmeny boli namerané v rokoch 2012 a 2014, ale čiastočne aj 2016. Pozorovateľný je i trend zostupu hladiny podzemnej vody, a to najmä vo vrtoch, ktoré sú situované v spodnej časti svahu (PVZS-2 a 3). Výraznejší pokles hĺbky hladiny podzemnej vody je pozorovaný po realizácii stabilizačno-drenážneho rebra. V roku 2016 boli v spomenutých vrtoch zaznamenané najnižšie hodnoty úrovne hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Pomerne rapídne sa zmenil aj teplotný režim podzemnej vody. Pôvodná, pomerne výrazná amplitúda, sa v oboch vrtoch zmenila len na zanedbateľné kolísanie, dosahujúce hodnoty niekoľkých desiatin stupňa.

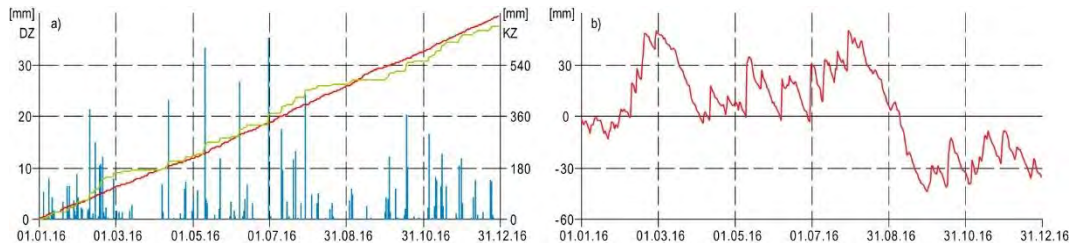


Obr. 4.28.5. Dlhodobé (2011 – 2016) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi na lokalite Šenkvice.

Automatické hladinometry sú umiestnené vo vrtoch: a – PVZS-1, b – PVZS-2, c – PVZS-3; modrá – priebeh hladiny podzemnej vody; červená – teplota podzemnej vody.

c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Modra s indikatívom 18060. Dlhodobý ročný zrážkový priemer nameraný v období od 1. januára 1990 do 31. decembra 2015 predstavuje 707,29 mm a maximálny ročný úhrn v tomto období dosiahol 1093,7 mm (rok 2010); priemerný mesačný úhrn 58,94 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. 4.28.6. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Modra (indikatív 18060); a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2016 (modrá – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1990 – 2015); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2016.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 628,9 mm, čo zodpovedá 88,9 % dlhodobého priemeru, a teda ide o suchý rok. V roku 2016 bol najvyšší mesačný úhrn nameraný počas júla (119,3 mm) a najvyšší denný úhrn 2. júla (35,2 mm). Najsuchším mesiacom bol september s 16,9 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 1. júla do 31. júla (119,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia sumárny zrážkový úhrn dosiahol 4,5 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na zosuvnej lokalite sú zabezpečované kontinuálne režimové pozorovania v troch vrtoch. Vďaka záznamom z automatických hladinomerov máme pomerne presné informácie o stave hladiny podzemnej vody. V roku 2016 bolo pozorované klesnutie priemernej ročnej hladiny podzemnej vody vo všetkých vrtoch. Hladiny podzemnej vody odrážajú vývoj klimatických faktov, pozorovaných na stanici SHMÚ Modra. Maximálne stavy boli zaznamenané najmä v zimných mesiacoch. Merania potvrdzujú pozitívny účinok vybudovanej drenáže (najmä stabilizačno-drenážneho rebra; menej však hĺbkového odvodnenia prostredníctvom subhorizontálnych odvodňovacích vrtov). Žiaľ, ani v roku 2016 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 2017 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach, zabezpečovaných automatickými hladinomerami.

1.4.29. Lokalita Petrovany

Stručná charakteristika lokality

Obec Petrovany leží v severnej časti Košickej kotliny, na východnom brehu Torysy. Zosuv sa aktivizoval v júni 2010 a ohrozuje niekoľko rodinných domov. Prevažná časť obce leží na kvartérnych (holocénnych) uloženinách rieky Torysy. Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Tupý et al., 2011) a tiež z monitorovania (Ondrejka et al., 2014).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v roku 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.29.1.

Tab. 4.29.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Petrovany v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	1	PJ-7	1 (29. júl)	1 (21. november)
Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení	3	PHV-1, PHV-2, PHV-3	8 (26. marec, 28. apríl, 25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 24. september, 21. október)	10 (2. február, 1. marec, 29. marec, 27. apríl, 30. máj, 27. jún, 2. august, 30. august, 28. september, 26. október)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Prešov-planétarium (59160)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a dlhšie časové obdobie

a/ Inklinometrické merania

Monitorovacie aktivity sa vykonávajú na jednom inklinometrickom vrte, ktorý je situovaný nad odľučnou hranou aktívneho zosuvu (obr. 4.29.1) a na odvodňovacích objektoch. V roku 2015 bola v horizonte 7,5 m od pažnice nameraná etapová deformácia 2,24 mm s azimutom na SSV (40°; protichodná orientácia ako v predchádzajúcej etape). Nameraná deformácia predstavuje pohybovú aktivitu za obdobie august 2014 až júl 2015, teda približne jeden rok.

V roku 2016 bolo meranie realizované v druhej polovici novembra. V sledovanej hĺbke bola nameraná deformácia 0,61 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 0,46 mm.rok⁻¹. Azimut nameranej deformácie bol orientovaný na severozápad. Celková deformácia v tomto horizonte (po 6 etapách meraní) dosiahla 1,2 mm a sumárna hodnota čiastkových vektorov, zaznamenaných počas jednotlivých etáp, 7,32 mm.

Tab. 4.29.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Petrovany v rokoch 2015 a 2016

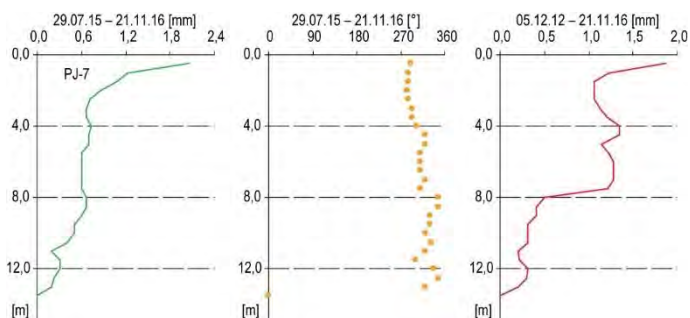
Bod	Hĺbka pod ter. [m]	19.08.14 – 29.07.15			29.07.15 – 21.11.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
PJ-7	7,5	1,02	2,24	40	1,20	0,61	311

CD – celková deformácia od nultého merania (05.12.12); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora.

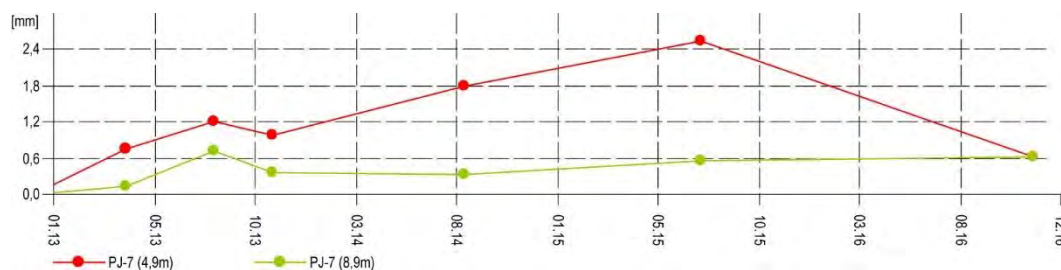


Obr. 4.29.1. Lokalita Petrovany – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2015 a 2016 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.29.2; číslo zobrazené pri vektore označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®.

Skutočnosť, že výsledná deformácia (nameraná za celé monitorované obdobie) predstavuje len 15,4 % z celkovej dĺžky etapových vektorov (trajektória sledovaného bodu), nepriamo poukazuje na nízky stupeň spoľahlivosti monitorovaného objektu. Namierané prírastky deformácie nedávajú skutočný obraz o veľkosti pohybovej aktivity v danej oblasti, pretože monitorovací objekt je situovaný mimo zosuvné teleso (aktivizované v roku 2010). I napriek uvedeným zisteniam predpokladáme, vychádzajúc z výsledkov nameraných etapových vektorov, najmä ich sumárnych hodnôt, že šmyková plocha (?) je v hĺbke 7,5 m pod terénom (obr. 4.29.2). Vývoj deformácií počas dlhšieho obdobia je prezentovaný na obr. 4.29.3.



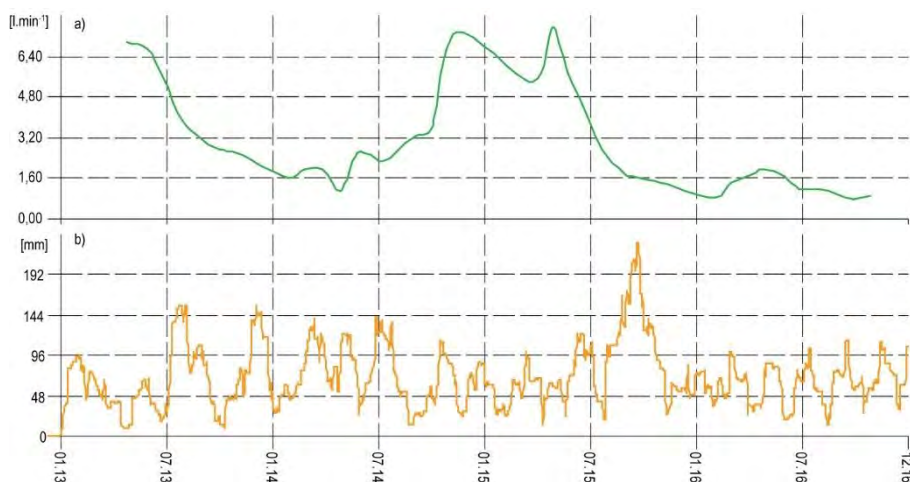
Obr. 4.29.2. Priebehy deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte PJ-7 na lokalite Petrovany; zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice, oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.



Obr. 4.29.3. Dlhodobé (2013 – 2016) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Petrovany.

b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Petrovany sú pozorované 3 odvodňovacie vrty (tab. 4.29.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.29.3 a 4.29.4). V roku 2015 bolo zabezpečených 8 kontrolných meraní (26. marec – 21. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 28. apríla na odvodňovacom vrte PHV-2 ($5,06 \text{ l.min}^{-1}$). Vzhľadom na nízku frekvenciu meraní nie je možné jasne stanoviť vzťah medzi výdatnosťou a zrážkovými úhrnmi, avšak na základe dostupných informácií predpokladáme, že išlo o reakciu na intenzívnejšie zrážky zaznamenané v predchádzajúcom období (na konci januára a počas februára). V rovnakom termíne bola nameraná i maximálna sumárna výdatnosť všetkých monitorovaných odvodňovacích zariadení ($7,56 \text{ l.min}^{-1}$). V ostatných vrtoch (PHV-1 a 3) boli maximálne prietoky namerané 26. marca, teda krátko po zvýšených zrážkových úhrnoch. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná vo vrte PHV-1, ktorý bol od 28. augusta suchý, resp. voda z neho len kvapkala. Táto skutočnosť súvisí so zrážkovým deficitom, ktorý sa v oblasti začal prejavovať od druhej polovice mája. Minimálna sumárna výdatnosť bola zaznamenaná 21. októbra ($1,47 \text{ l.min}^{-1}$). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu $4,00 \text{ l.min}^{-1}$. Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte PHV-2 ($4,26 \text{ l.min}^{-1}$ – obr. 4.29.4).



Obr. 4.29.4. Výsledky spracovania režimových pozorovaní (2013 – 2016) na lokalite Petrovany; a – spoločná výdatnosť odvodňovacích zariadení; b – zrážkové úhrny (kumulatívne zrážky za 30 dní s postupom 1 deň zaznamenané na stanici SHMÚ Prešov-planetárium; indikatív 59160).

Tab. 4.29.3. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Petrovany v roku 2015

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		
PHV-1	8	1,39	26.03.15	0,00	28.08.15	0,83	1,39
PHV-2	8	5,06	28.04.15	0,80	21.10.15	2,41	4,26
PHV-3	8	1,68	26.03.15	0,07	23.07.15	0,76	1,61

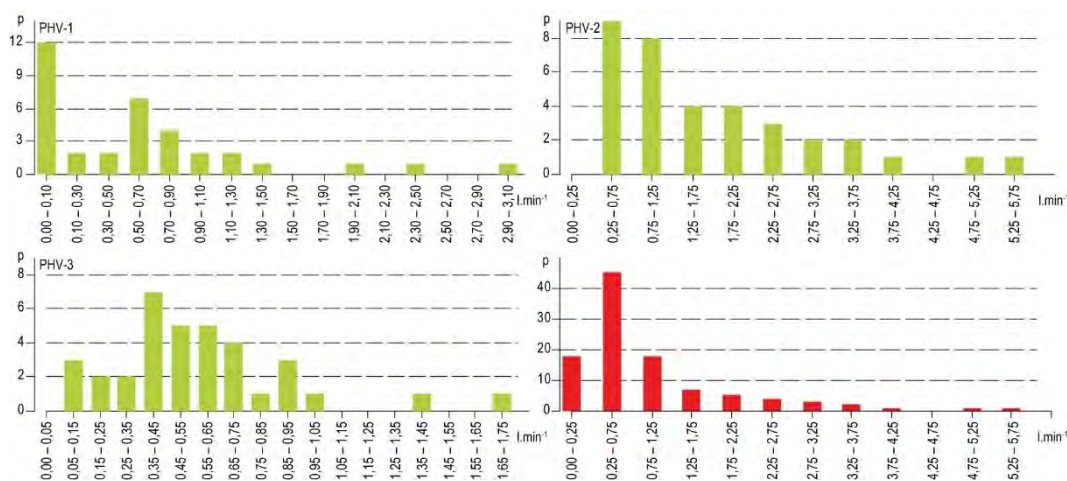
V roku 2016 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (2. február – 26. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná vo vrte PHV-2 ($5,06 \text{ l.min}^{-1}$) počas aprílového merania. V ostatných vrtoch bola maximálna výdatnosť nameraná na konci marca. Minimálne výdatnosti na jednotlivých vrtoch boli zaznamenávané postupne v druhej polovici roka. Najskôr vo vrte PHV-3 (na konci júla; $0,07 \text{ l.min}^{-1}$), neskôr v auguste bolo vo vrte PHV-1 pozorované kvapkanie a nakoniec v druhej polovici októbra klesol prietok aj vo vrte PHV-2 ($0,8 \text{ l.min}^{-1}$). Sumárna priemerná výdatnosť oboch meraných objektov v roku 2016 dosiahla hodnotu $1,27 \text{ l.min}^{-1}$, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o $2,73 \text{ l.min}^{-1}$). Výraznejšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte PHV-2 ($7,68 \text{ l.min}^{-1}$). Priebehy množstva odvádzanej vody

z vybratých odvodňovacích zariadení spolu s kumulatívnymi zrážkami sú znázornené na obr. 4.26.4.

Tab. 4.29.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Petrovany v roku 2016

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		
PHV-1	10	0,12	01.03.16	0,00	02.02.16	0,02	0,12
PHV-2	10	0,90	27.04.16	0,42	28.09.16	0,59	0,48
PHV-3	10	1,01	27.04.16	0,35	28.09.16	0,65	0,66

Maximálne výdatnosti boli na lokalite pozorované v rokoch 2013 (25. apríla bola nameraná spoločná výdatnosť 6,93 l.min⁻¹) 2014 (13. novembra; 7,37 l.min⁻¹) a nakoniec 2015 (28. apríla; 7,56 l.min⁻¹). Od posledného spomenutého termínu mala nameraná výdatnosť klesajúcu tendenciu (obr. 4.29.4). Z trojice vrtov možno za najefektívnejší považovať PHV-2, na ktorom prevládajú výdatnosti v intervale 0,25 – 0,75 l.min⁻¹, ojedinele sa však vyskytujú i prietoky nad 5 l.min⁻¹ (obr. 4.29.5).



Obr. 4.29.5. Štatistické zhodnotenie výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Petrovany. Analyzované obdobie: apríl 2013 – október 2016; p – početnosť, zelená – výdatnosti v jednotlivých vrtoch (označenie vrtov je uvedené v grafoch), červená – výdatnosti zaznamenané na všetkých odvodňovacích zariadeniach v rámci lokality.

c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo staníc SHMÚ Prešov-planetárium s indikatívom 59160.

Informácia o zrážkových úhrnoch je uvedená v podkapitole 1.4.9 (lokalita Fintice).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2016 pokračoval trend klesajúcej výdatnosti z druhej polovice roka 2015, vďaka čomu bola nameraná i nižšia hodnota sumárnej priemernej výdatnosti. Maximálna spoločná výdatnosť bola nameraná na konci apríla (1,96 l.min⁻¹). Kladne je možné hodnotiť skutočnosť, že namerané prietoky z vrtov PHV-2 a PHV-3 ani počas jedného merania neklesli pod 0,35 l.min⁻¹. Žiaľ, vrt PHV-1 bol od mája suchý. Nedostatkem monitorovania režimových ukazovateľov je nízka frekvencia meraní.

Metódou presnej inklinometrie bol v porovnaní s predchádzajúcim rokom pozorovaný pokles pohybovej aktivity. Vierohodnosť nameraných výsledkov, vzhľadom na situovanie inklinometrického vrtu, je nízka. Vrt sa totiž nachádza mimo telesa zosuvu. Pre získanie spoľahlivých informácií o pohybovej aktivite zosuvného územia je potrebné doplniť pozorovaciu sieť o nové inklinometrické vrty, ktoré by boli situované priamo v telese zosuvu.

V súčasnej situácii sa nevieme s istotou vyjadriť k skutočnej pohybovej aktivite zosuvného telesa. V roku 2017 plánujeme pokračovať v monitorovacích meraniach v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v predchádzajúcom roku.

1.4.30. Lokalita Kral'ovany

Stručná charakteristika lokality

Monitorovaný zosuv sa nachádza v katastri obce Kral'ovany, miestnej časti Kral'ovany-Rieka, v priestore kameňolomu (Kral'ovany II). Skalný zosuv sa výrazne aktivizoval v marci 2013 a ohrozuje územie, v ktorom je plánovaná realizácia údolného variantu diaľnice D1 (úsek Turany – Hubová).

Monitorovacie aktivity v roku 2016 boli zabezpečované v sieti inklinometrických vrtov a geodetických bodov, ktoré boli vybudované počas doplnkového prieskumu pre Národnú diaľničnú spoločnosť a. s. (V-2/INK, V-3/INK, V-4/INK a V-5/INK) a tiež počas protihavarijných opatrení (V-6/INK – Liščák et al., 2014). V území zároveň zabezpečujeme režimové pozorovania pomocou automatického hladinomeru. Viac informácií o zosuvnej lokalite je súčasťou správy z prieskumu (Liščák et al., 2013) a tiež aj monitorovania (Ondrejka et al., 2015).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v roku 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.30.1.

Tab. 4.30.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Kral'ovany v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Inklinometrické	5	V-2/INK, V-3/INK*, V-4/INK*, V-5/INK*, V-6/INK	3 (13. marec, 12. jún, 21. september)	1 a 3** (2. február, 9. máj, 4. október)
Terestrické geodetické meranie a fotogrametrické snímkovanie	9 pozorovaných	640, 686, 687, R1, R3, P1 až P4	1 (8. máj)	1 (1. júl)
	3 vzťazné	550, 638, 5002		
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	1	V-2/HG	Kontinuálne (každú hodinu)	
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Kral'ovany (indikatív 24120)	Denné úhrny zrážok	

* – roku 2015 boli inklinometrické merania zabezpečené len 13.03.15; ** – vo vrte V6-INK.

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016

a/ Terestrické geodetické meranie a fotogrametrické snímkovanie

Monitorovanie pohybovej aktivity prebieha na existujúcich geodetických bodoch Národnej diaľničnej spoločnosti, a.s. (NDS) a pozorovacích bodoch vybudovaných v rámci riešenia úlohy Monitoring pohybovej aktivity skalného zosuvu v Kral'ovanoch (Šimeková et al., 2014). V roku 2015 boli merania realizované 8. mája. Cieľom bolo určiť etapové diskkrétne a plošné vodorovné a výškové posuny na zosuve Kral'ovany. Bodové diskkrétne merania boli realizované technológiami terestrickej geodézie, plošné merania terénnych plôch boli realizované metódami fotogrametrie. Merania aj vyhodnotenie posunov nadviazali na predošlé merania (Fraštia, 2016).

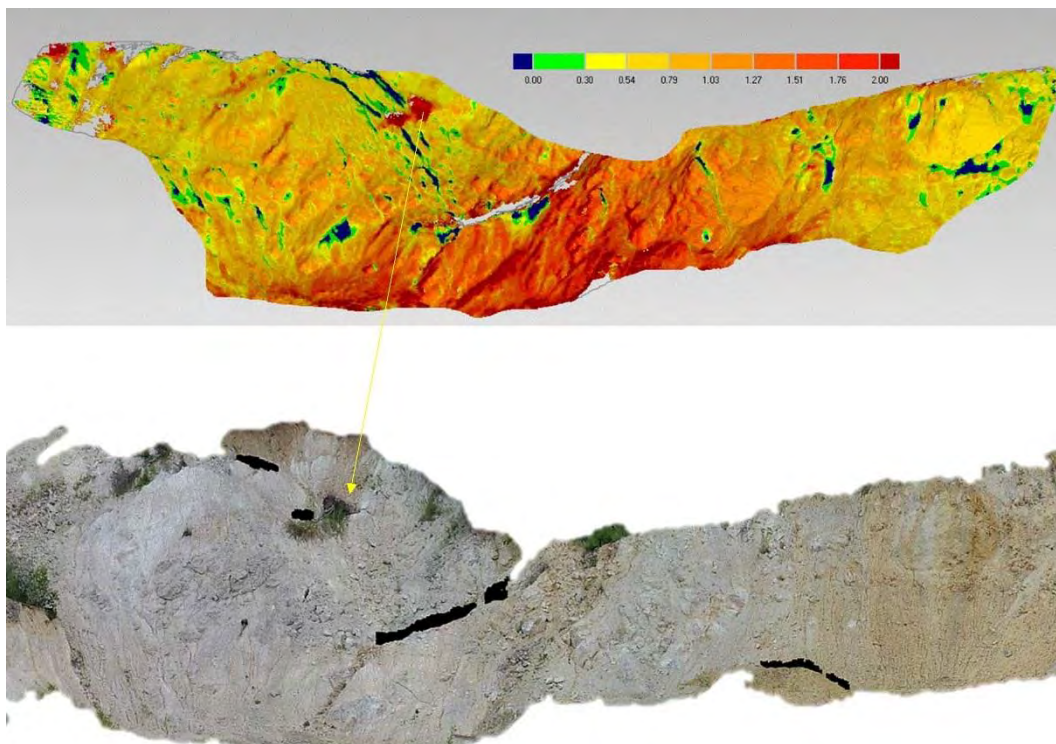


Obr. 4.30.1. . Lokalita Kral'ovany – situácia monitorovaných objektov a vektory ich pohybu.

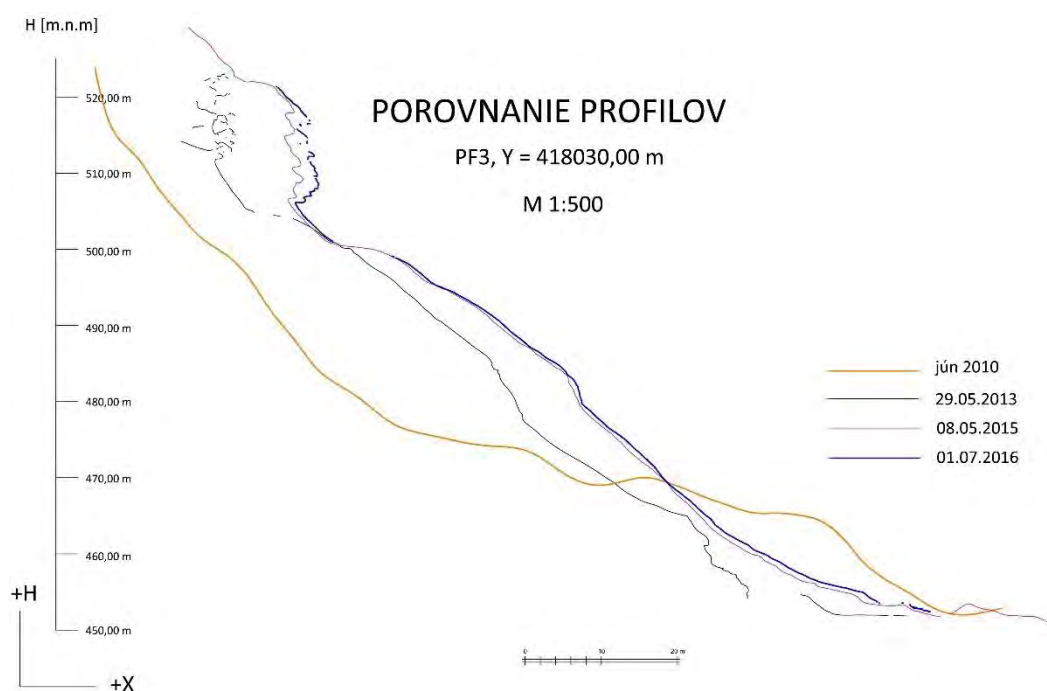
Výsledky monitoringu z roku 2015 potvrdzujú pretrvávajúcu pohybovú aktivitu skalného zosuvu. Naďalej pokračuje pohyb monitorovacích bodov NDS 640 a 686. Bod 640 (obr. 4.30.1) má vektor pohybu smerom na „Veľké jazero“, pričom horizontálna zložka pohybu v smere osi „x“ vyjadrená ako rozdiel medzi 10. a nultou etapou (rok 2010) dosiahla 5836 mm, v smere osi „y“ je zanedbateľná (0,024 mm). Medzi 10. a 7. etapou (26. máj 2014) rozdiel v horizontálnej zložke pohybu v smere osi „x“ dosiahol 0,17 m, čo predstavuje rýchlosť pohybu cca 0,47 mm.deň⁻¹. Do augusta 2013 sa pohyb vyznačoval relatívne veľkou rýchlosťou (až 1 cm.deň⁻¹), takže môžeme konštatovať spomalenie pohybu. V bode 686 rozdiel medzi 10. a nultou etapou (2010) v smere osi „x“ je 520 mm, medzi 10. a 7. etapou je to 15 mm.

Body siete ŠGÚDŠ (R1 až R3, P1 až P4) okrem bodu 1004 boli vybudované v rámci úlohy Monitoring pohybovej aktivity skalného zosuvu v Kral'ovanoch (Šimeková et al., 2014) na základe detailného poznania mechanizmu pohybu jednotlivých blokov a nultá etapa meraní na týchto bodoch sa uskutočnila 3. októbra 2014. Porovnanie merania z 8. mája 2015 s nultou etapou (teda rozdiel približne 7 mesiacov) potvrdilo aktívny pohyb na všetkých bodoch s výrazne prevažujúcou zložkou v smere osi „x“. Najvýraznejší pohyb bol v súlade s očakávaniami zaznamenaný na bode R3 – 501 mm, čo predstavuje rýchlosť posunu južným smerom približne 4,1 mm.deň⁻¹. Tento bod zaznamenal aj pomerne výrazný pokles 276 mm za obdobie približne 7 mesiacov, čiže viac ako 1 mm.deň⁻¹, čo je alarmujúce zistenie.

Veľké priestorové zmeny boli v území lomu zaznamenané i v roku 2016. Najväčšie posuny boli namerané nad západnou lomovou stenou (bod R3 – posun 1060 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 922,02 mm.rok⁻¹) a na bode 640, ktorý sa nachádza v centrálnej časti zosuvného územia (posun 543,87 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 472,65 mm.rok⁻¹). Za zmienku stojí i posun nameraný počas monitorovaného obdobia na geodetickom bode (P4). Tento bod sa nachádza v blízkosti (cca na úrovni) vodnej plochy – „Veľkého jazera“. Namerané posuny poukazujú na možný pohyb po hlbších šmykových (deformačných) zónach.



Obr. 4.30.2. Prírastky a úbytky skalného masívu na skalnom zosuve Kral'ovany-Rieka (porovnanie medzi májom 2015 – júlom 2016).



Obr. 4.30.3. Profil PF5 v centrálnej časti zosuvu; vývoj deformácie v rámci jednotlivých etáp merania (v období jún 2010 až júl 2016).

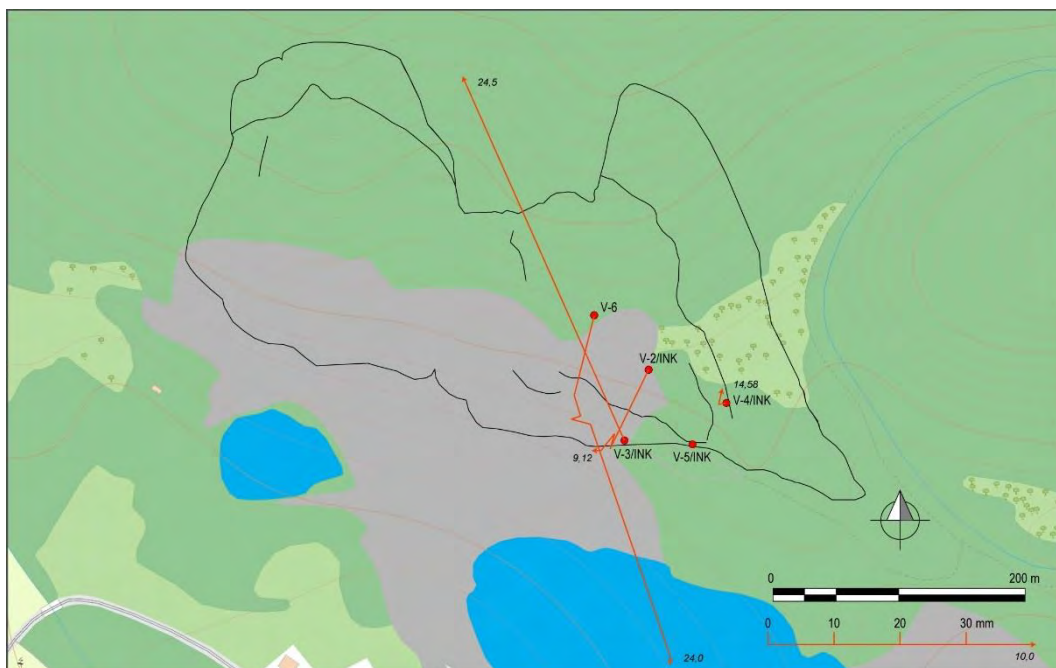
O výraznej pohybovej aktivite povrchu svedčí aj rozdielová mapa generovaná z pozemnej fotogrametrie obr. 4.30.2). Ako najaktívnejšia sa javí centrálna časť deformácie, v ktorej posuny určitých blokov dosahujú veľkosť až 1 m za sledované obdobie. Na ortofotosnímke bolo zostavených desať profilov PF-1 až PF-10 (Fraštia, 2016). Pre ilustráciu uvádzame profil PF5 (obr. 4.30.3), z ktorého je zrejmé, že prakticky celá stena opusteného lomu, ktorá

predstavuje čelo zosuvu výšky 30 m, sa pomerne rovnomerne posúva smerom na juh, teda k „Veľkému jazeru“, pričom ročná amplitúda posunu je približne 1 až 2 m.

b/ Inklinometrické merania

Na lokalite sa v rokoch 2015 a 2016 monitorovacie aktivity metódou presnej inklinometrie vykonávali v 4 vrtoch. Pozícia jednotlivých vrtoch, ako aj veľkosť pohybovej aktivity, sú zrejmé zo situácie na obr. 4.30.4.

V roku 2015 boli vykonané 3 etapy meraní, pričom hlavná pozornosť bola sústredená na vrty, v ktorých boli namerané zvýšené hodnoty etapových vektorov (V-2/INK a V-6/INK). Počas prvej etapy, kedy boli merania zabezpečené na všetkých vrtoch, boli vysoké etapové prírastky namerané na vrtoch V-2/INK a V-6/INK (deformácie na sledovaných šmykových plochách boli v rozsahu od 13,28 do 26,89 mm) a o niečo nižšie vo vrte V-5/INK (deformácie na sledovaných šmykových plochách boli v rozsahu od 5,75 do 6,95 mm). Najnižšia deformácia bola nameraná vo vrte V-4/INK. Vektory, namerané na šmykových plochách, mali prevažne južný smer. Výnimkou je vektor nameraný vo vrte V-4/INK, ktorý má západnú orientáciu.



Obr. 4.30.4. Lokalita Kraľovany – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2015 a 2016 (obdobia meracích etáp sú v súlade s tab. 4.30.2; číslo zobrazené pri vektoroch označuje hĺbku zaznamenananej deformácie v m; mapový podklad: ZBGIS®).

Tab. 4.30.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Kraľovany v rokoch 2015 a 2016

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	17.07.14 – 13.03.15			13.03.15 – 12.06.15			12.06.15 – 21.09.15		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
V-2/INK	9,12	13,28	13,28	206	10,92	2,40	17	14,22	3,34	219
V-2/INK	30,12	2,64	2,64	335	5,02	2,69	15	3,62	2,02	213
V-3/INK		1,75	1,75	336						
V-4/INK	14,58	1,17	1,17	260						
V-6/INK		26,89	26,89	163	46,78	22,41	126	63,60	17,18	132
V-6/INK		21,55	21,55	187	26,60	5,06	185	27,51	1,53	242
V-6/INK		12,47	12,47	194	15,34	3,26	163	16,04	1,49	252

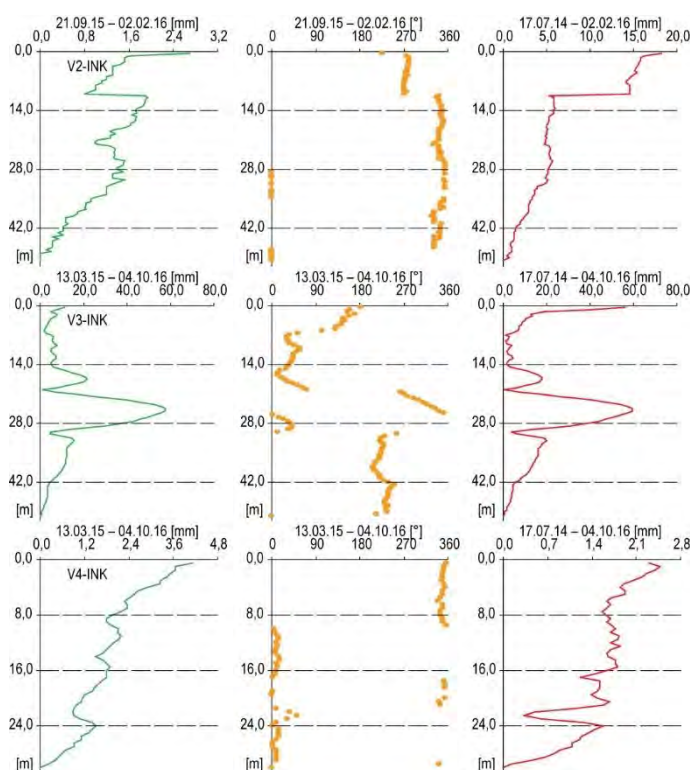
Počas nasledujúcej júnovej etapy, kedy boli merania zabezpečované len vo vrtoch V-2/INK a V-6/INK, bola zvýšená pohybová aktivita nameraná len vo vrte V-6/INK. Na

šmykovej ploche v hĺbke 5,5 m pod terénom bola nameraná deformácia 23,66 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť až 94,90 mm.rok⁻¹. Podobne mimoriadne vysoká hodnota prírastku etapovej deformácie bola nameraná aj počas septembrového merania (19,93 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 72,01 mm.rok⁻¹). Celková deformácia v sledovanom hĺbkovom horizonte 5,5 m pod terénom dosiahla za obdobie od októbra 2014 do septembra 2015 hodnotu 68,11 mm. Namerané vektory v tomto horizonte mali prevažne juhovýchodný smer.

Pokračovanie tab. 4.30.2

Bod	Hĺbka pod ter. [m]	21.09.15 – 02.02.16			02.02.16 – 09.05.16			09.05.16 – 04.10.16		
		CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]	CD [mm]	ED [mm]	A [°]
V-2/INK	9,12	14,64	0,80	270	*	*	*			
V-2/INK	30,12	4,96	1,40	356	*	*	*			
V-3/INK								59,63	57,88**	336**
V-4/INK								1,80	1,90**	13**
V-6/INK		53,09	11,81	298	114,87	62,67	162	115,62	2,53	228
V-6/INK		25,95	2,51	59	70,99	45,04	185	72,67	1,90	213
V-6/INK		16,42	3,01	105	52,65	37,01	161	53,44	0,81	180

CD – celková deformácia od nultého merania (17.07.14 – vrty: V2-INK, V3-INK, V4-INK, V5-INK; 10.10.14 – vrt V6-INK); ED – etapová deformácia; a – azimut etapového vektora; * – kritická deformácia; ** – nameraná etapová deformácia a azimut je za obdobie 13.03.15 – 04.10.16.



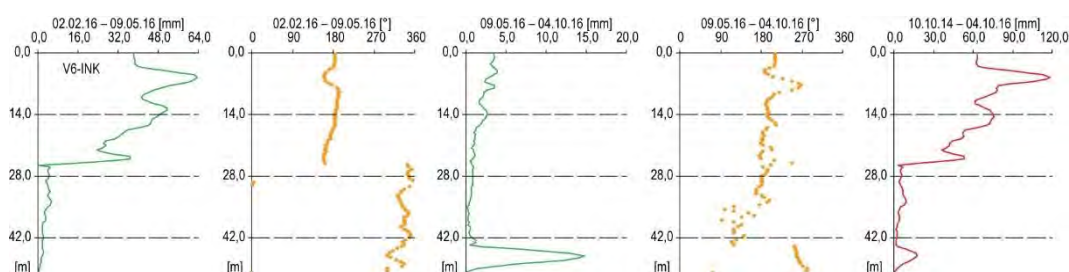
Obr. 4.30.5a. Priebiehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Kralovany (názvy vrtov sú uvedené v ľavom grafe hore); zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.

V roku 2016 boli jednotlivé monitorovacie merania rozložené do troch termínov. Tri etapy však boli zabezpečené len vo vrte V-6/INK.

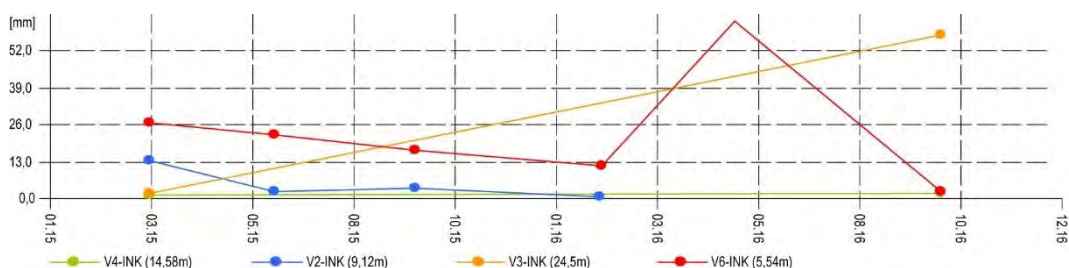
Najvyššie hodnoty etapových vektorov boli namerané vo vrtoch V3-INK a V6-INK. Vo vrte V3-INK bol najväčší prírastok deformácie nameraný počas októbrového merania. V hĺbke 24 m bola zaznamenaná etapová deformácia 57,88 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 37,00 mm.rok⁻¹. Výsledná deformácia, zaznamenaná počas monitorovaného obdobia (17. júl 2014 – 4. október 2016) dosiahla v sledovanej hĺbke dokonca 59,63 mm. Priemerná rýchlosť deformácie v monitorovanom období dosiahla 26,87 mm.rok⁻¹. Pomerne vysoká

deformácia bola zaznamenaná i vo vrte V6-INK; v období od 2. februára 2016 do 9. mája 2016 bola v hĺbke 24 m nameraná deformácia 37,01 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť $139,45 \text{ mm.rok}^{-1}$. V nasledujúcom období došlo k výraznému poklesu pohybovej aktivity. Celková deformácia, za celé obdobie monitoringu (17. júl 2014 – 4. október 2016) dosiahla v sledovanej hĺbke 53,44 mm. Výsledná priemerná rýchlosť ($26,90 \text{ mm.rok}^{-1}$) je teda veľmi blízka tej, ktorá bola nameraná vo vrte V3-INK.

V roku 2016 bola zároveň dokumentovaná kritická deformácia vo vrte V2-INK. V tomto vrte bola 2. februára nameraná deformácia 0,80 mm. Výsledná deformácia na šmykovej ploche v hĺbke 9,12 m pod terénom počas tohto termínu dosiahla 14,64 mm. Následne, počas 9. mája bola približne v hĺbke 9 m pod terénom zaznamenaná kritická deformácia – nepriechnosť vrtu. Predpokladáme, že v čase medzi jednotlivými etapami došlo k veľmi výraznej deformácii – niekoľko desiatok mm. Zároveň sa tiež prikláňame k záveru, vzhľadom i na poznatky z iných vrtov, že deformácie sa v monitorovanom prostredí prejavujú náhle a krátkodobo. Pravdepodobne to súvisí i so samotným geologickým prostredím – masívne skalné horninové prostredie.



Obr. 4.30.5b. Priebiehy deformácie inklinometrických pažníc vo vybraných obdobiach na lokalite Kral'ovany; zelená – etapová deformácia inklinometrickej pažnice (dĺžka etapy je vyznačená nad grafom), oranžová – azimuty nameraných vektorov v jednotlivých hĺbkových úrovniach, červená – výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie obdobie monitorovania.



Obr. 4.30.6. Prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Kral'ovany.

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom

Na lokalite Kral'ovany bol 10. februára 2015 inštalovaný automatický hladinomer do vrtu V-2/HG. Počas hodnotených rokov 2015 a 2016 bolo zariadenie v nepretržitej prevádzke, teda zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sa zaznamenávali v hodinovom intervale (rok 2015: 7038 záznamov; rok 2016: 8784 záznamov).

Hladina podzemnej vody začala výraznejšie stúpať v prvej polovici marca a následne 14. apríla bola nameraná maximálna hladina podzemnej vody (8,47 m pod terénom; 490,97 m n. m.). Od tohto termínu až do začiatku októbra mala zostupný charakter. Najhlbšie hladina podzemnej vody klesla počas 6. novembra (do hĺbky 9,16 m pod terénom; 490,28 m n. m.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 8,93 m pod terénom (490,51 m n. m.). Ročná amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovala 0,69 m. Maximálna nameraná zmena hladiny podzemnej vody v priebehu jednej hodiny dosiahla v roku 2015 len 0,04 m (čo tvorí 5,80 % celkových ročných zmien hĺbky

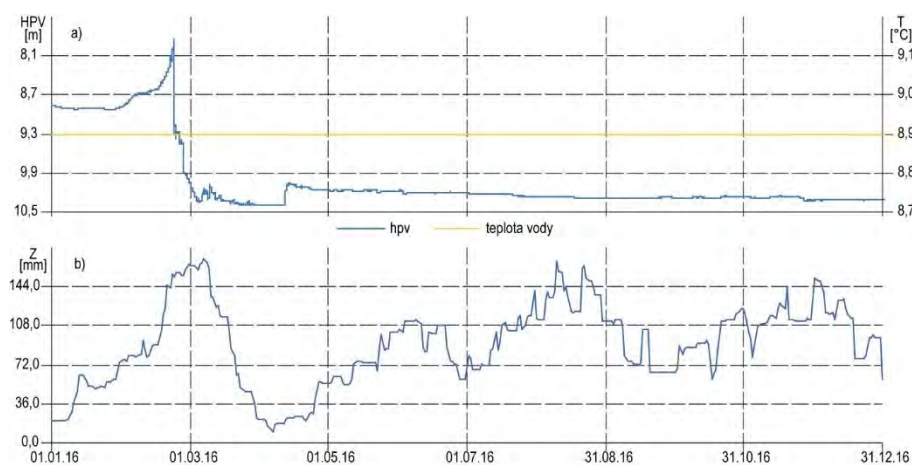
hladiny podzemnej vody). Priemerná denná hodnota kolísania, odvodená na základe zmien hladiny podzemnej vody, sledovanej počas roku 2015, dosiahla 0,01 m.deň⁻¹. Znamená to, že hladina podzemnej vody má mimoriadne nízku dynamiku zmien. Predstavu o vývoji hladiny podzemnej vody počas hodnoteného roka dokresľujú štatistické ukazovatele 1., 2. a 3. kvartilu. Zo súboru nameraných hodnôt predstavuje 1. kvartil 8,82 m pod terénom, 2. kvartil (medián) 8,94 m pod terénom a 3. kvartil 9,09 m pod terénom.

Teplota podzemnej vody bola meraná v rovnakých intervaloch ako hĺbka. Počas celého roka sa teplota podzemnej vody držala na úrovni 8,9 °C.

Tab. 4.30.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kral'ovany v roku 2015

Bod	Počet mer.	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter.	nad mor.	dátum merania	pod ter.	nad mor.	dátum merania	pod ter.	nad mor.	
V2/HG	7782	8,47	490,98	14.03.15	9,16	490,29	06.10.15	8,93	490,52	0,69

Merania automatickým hladinomerom boli zabezpečované od 10. februára 2015.



Obr. 4.30.7. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (HPV) a teploty vody (T), zaznamenaný v roku 2016 automatickým hladinomerom na lokalite Kral'ovany; a – automatický hladinomer umiestnený vo vrte V-2/HG, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (Z; súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Kral'ovany s indikativom 24120.

V roku 2016 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná v hĺbke 7,83 m pod terénom (491,61 m n. m.; 23. február), čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom vzostup o 0,64 m. Z grafu na obr. 4.30.7 je však vidieť jej zaujímavý priebeh. Po dosiahnutí maximálneho stavu hladina prudko klesla a na približne rovnakej úrovni sa udržala až do konca roka. Minimálna hladina podzemnej vody, s hĺbkou 10,40 m (489,04 m n. m.), bola dosiahnutá 29. marca (oproti predchádzajúcemu roku ide o pokles o 1,24 m). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2016 dosiahla 10,03 m pod terénom (489,41 m n. m.), čo je v porovnaní s vlaňajším rokom pokles o 1,10 m. Amplitúda ročných zmien sa v hodnotenom roku nachádzala na úrovni 2,57 m, čo v porovnaní s predchádzajúcim rokom je výrazná zmena. Priemerná denná hodnota kolísania dosiahla 0,04 m za deň. Maximálna nameraná hodinová zmena hladiny podzemnej vody predstavovala 1,01 m (čo je až 39,30 % celkových ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). 1. kvartil z nameraných hĺbok hladín podzemnej vody sa nachádza na úrovni 10,17 m pod terénom, 2. kvartil 10,26 m pod terénom a 3. kvartil 10,28 m pod terénom. Teplota podzemnej vody sa počas celého obdobia držala na úrovni 8,9 °C.

Náhla zmena hladiny nastala v období, v ktorom došlo k porušeniu inklinometrickej pažnice vo vrte V2-INK. Je odôvodnené predpokladať, že obidve udalosti spolu súvisia. I táto

skutočnosť potvrdzuje, že priebeh zmien v prípade monitorovaných parametrov má veľmi náhly charakter.

Tab. 4.30.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kraľovany v roku 2016

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.]	
V2/HG	8784	7,83	491,61	23.02.16	10,40	489,04	29.03.16	10,03	489,41	2,57

c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané z rovnomennej stanice SHMÚ – Kraľovany s indikatívom 24120. Zrážkový priemer nameraný v roku 2015 predstavuje 918,50 mm; priemerný mesačný úhrn 83,50 mm a maximálny mesačný úhrn 207,9 mm (november 2015). Maximálny tridsaťdňový úhrn (zaznamenaný v období od 2. novembra 2015 do 2. decembra 2015) dosiahol 220,2 mm.

V roku 2016 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 1126,70 mm. Najvyšší mesačný úhrn bol nameraný počas februára (152,1 mm) a najvyšší denný úhrn 21. augusta (39,8 mm). Najsuchším mesiacom bol marec s 35,4 mm zrážok. Tridsaťdňové kumulatívne zrážky dosiahli maximum v období od 7. februára do 8. marca (169,3 mm) a naopak, počas najsuchšieho tridsaťdňového obdobia sumárny zrážkový úhrn dosiahol 10,8 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2016 bol na lokalite zabezpečený súbor geodetických meraní, ktoré boli doplnené inklinometrickými meraniami a v jednom vrte sa automatickým hladinomerom sledovali zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody. Z nameraných výsledkov vyplýva, že havarijný zosuv z marca 2013 je stále mimoriadne aktívny. Potvrdzujú to rovnako geodetické merania, ako aj inklinometrické merania. Na šmykových plochách bola najvyššia deformácia nameraná vo vrtoch V3-INK a V6-INK. V oboch prípadoch nameraná deformácia naznačuje mimoriadnu aktivitu územia. V roku 2016 bola zároveň dokumentovaná aj kritická deformácia vo vrte V2-INK.

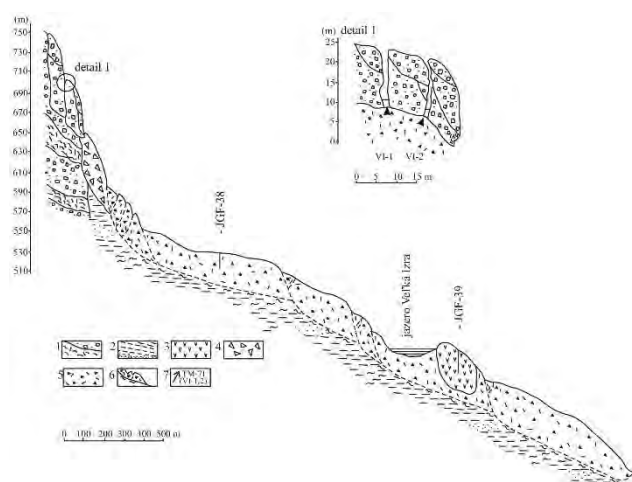
Meranie hladiny podzemnej vody je zabezpečované len v jednom vrte, ktorý sa nachádza na severnej lomovej stene. Náhla zmena hladiny v tomto vrte bola zaznamenaná práve v období, ktoré súviselo s porušením inklinometrickej pažnice vo vrte V2-INK. Je teda možné predpokladať, že pomerne výrazný vzostup hladiny podzemnej vody prispel k nárastu deformácie na šmykovej ploche.

V roku 2017 plánujeme ponechať pôvodný sortiment a frekvenciu monitorovacích aktivít z roku 2016.

1.4.31. 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. 4.31.1), 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. 4.31.1. 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 2015 a 2016 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Veľká Izra sa v roku 2015 aj 2016 uskutočnili po tri odčítania hodnôt deformácií, zaznamenaných prístrojmi TM-71 (tab. 4.31.1, tab. 4.31.2). Aj v roku 2016 pokračoval zber údajov o zrážkach zo stanice SHMÚ Slanská Huta.

Tab. 4.31. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Izra v rokoch 2015 a 2016

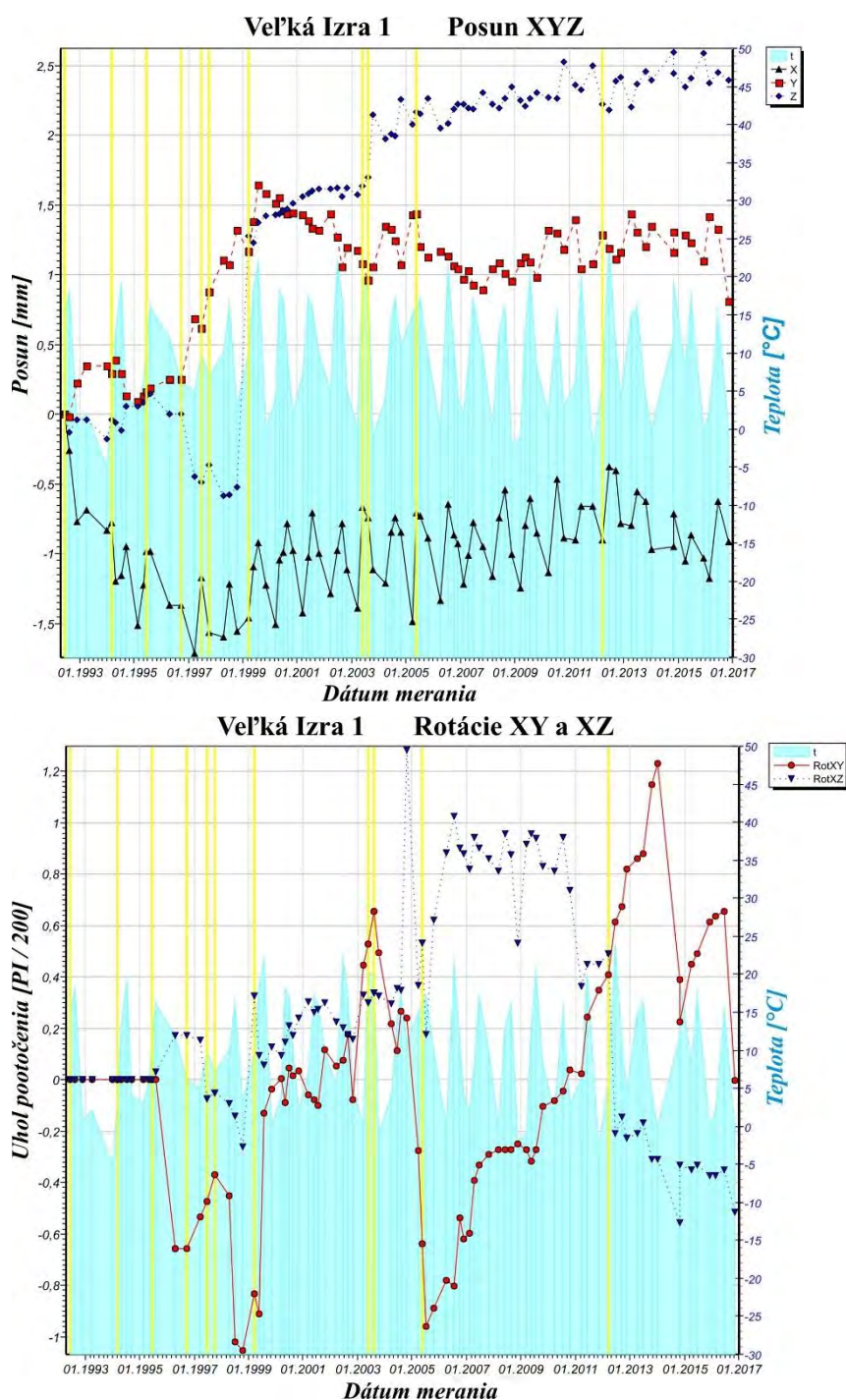
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	VI-1 (horný)	2015 – 3x (13. apríl, 1. júl, 16. december)
			2016 – 3x (29. február, 4. júl, 18. november)

a/ Meranie deformácií dilatometrami

V roku 2015 pokles horného bloku stagnoval na hodnote 2,591 mm, otváranie trhliny a šmykový posun pozdĺž nej opäť stagnovali na celkových hodnotách cca 1 mm (1,033 mm a 1,10 mm; obr. 4.31.2).

Merania v roku 2016 preukázali stagnáciu pohybu vo všetkých troch osiach (x – rozširovanie trhliny, y – šmykový posun pozdĺž trhliny, z – pokles bloku voči masívu). Celkové otvorenie pukliny bolo namerané 0,914 mm. Šmykový posun pozdĺž trhliny bol 0,810 mm a pokles bloku voči masívu dosiahol hodnotu 2,392 mm.

Priemerný ročný pokles bloku za 24,4 rokov monitorovania dosiahol 0,051 mm. Rotácie v rovinách XY a XZ nie sú významné.



Obr. 4.31.2. 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 31.12.2005 na stanici SHMÚ v Slanskej Hute (indikatív 51160) je 725,7 mm. V roku 2015 ročný zrážkový úhrn dosiahol hodnotu 640,4 mm, čo predstavuje 88,25 % (ide o suchý rok). V roku 2016 bol zrážkový úhrn 864,1 mm (čo predstavuje 119,1 % dlhodobého úhrnu a charakterizuje rok ako vlhký).

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

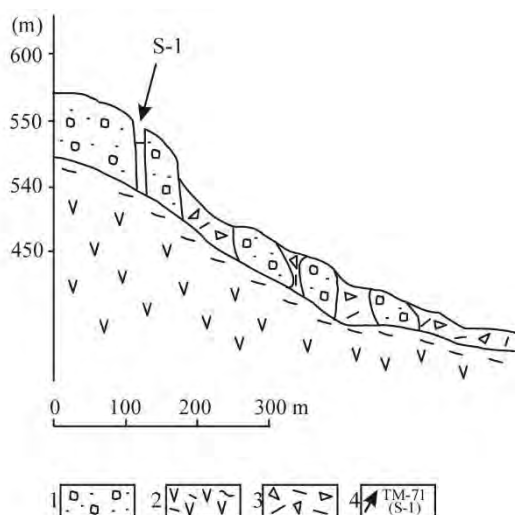
Výsledky doterajších meraní potvrdzujú pozvoľné poklesávanie vrchného monitorovaného bloku voči masívu (celkovo 2,591 mm), dlhodobú stagnáciu (od roku 2010) šmykového pohybu bloku pozdĺž trhliny a dlhodobú osciláciu pomalého otvárania a zatvárania trhliny v rozmedzí cca 0,4 – 1,4 mm.

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 3 až 4-krát ročne.

1.4.32. 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 sever 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. 4.32.1).



Obr. 4.32.1. 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 2015 a 2016 a ich celkové zhodnotenie

Hodnoty posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 sa v roku 2015 odčítali dvakrát (1x prestavenie), v roku 2016 trikrát (1x prestavenie; tab. 4.32.1). V oboch rokoch pokračoval aj zber údajov zo zrážkomernej stanice SHMÚ Dargov.

Tab. 4.32. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Sokol v rokoch 2015 a 2016

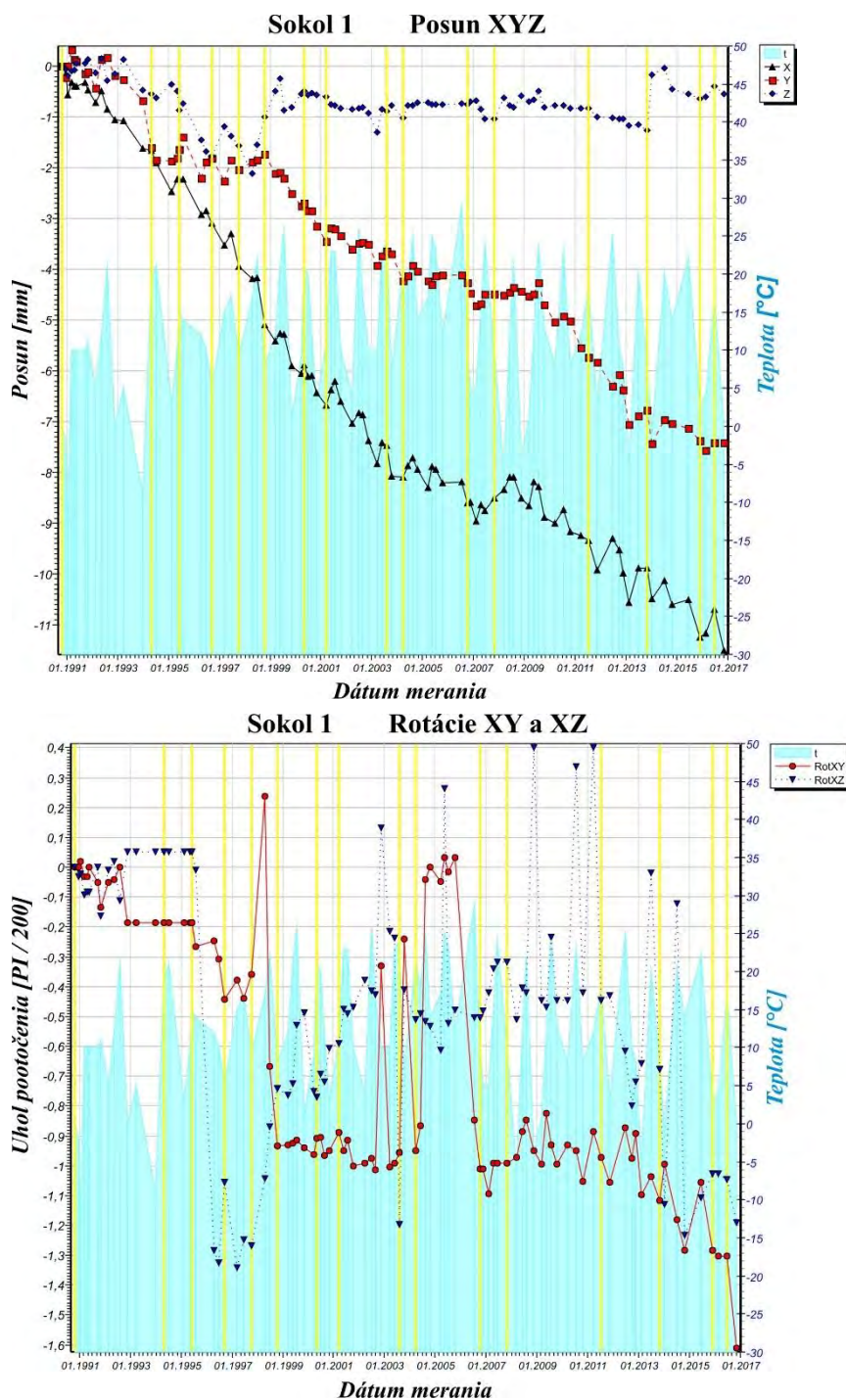
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	S-1	2015 – 2x (1. júl, 16. december*)
			2016 – 3x (29. február, 4. júl*, 7. november)

* – prestavenie prístroja

a/ Meranie deformácií dilatometrom

Trend narastania pohybu sa v rokoch 2015 a 2016 preukázal v dvoch meraných smeroch (x, y). V smere osi z bola zaznamenaná stagnácia pohybu. Celový pokles bloku sa ustálil na hodnote 0,550 mm. Otváranie sa trhliny (os x) v roku 2015 sa zväčšilo o 0,638 mm a v roku 2016 o 0,261 mm. Celkové otvorenie pukliny dosahuje 11,517 mm. Šmykový posun bloku

pozdlž trhliny (os y) sa ustálil na celkovej hodnote 7,415 mm. Rotácia bloku v oboch rovinách, vodorovnej XY a vertikálnej XZ , nepresahuje 2 gr.



Obr. 4.32.2. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Sokol (prístroj S-1). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x , y a z v mm), Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v $\pi/200$ grádov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

b/ Merania zrážkových úhrnov

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Dargov v roku 2015 dosiahol 506,0 mm a v roku 2016 stúpil až o 271,6 mm na 777,6 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

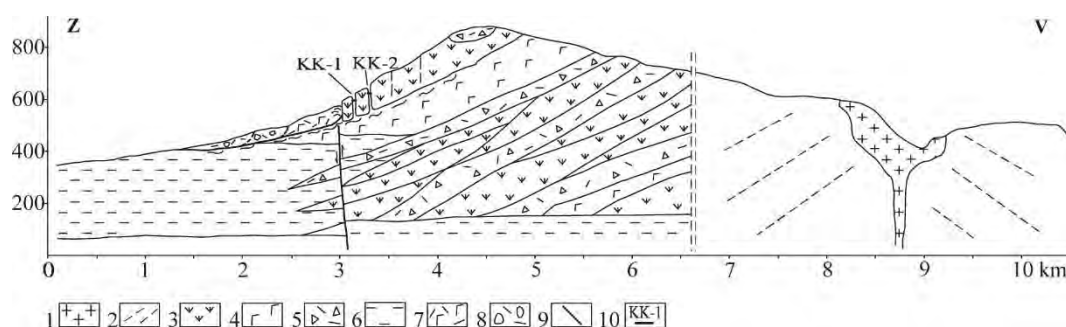
V rokoch 2015 a 2016 pokračoval pomalý pokles bloku voči masívu, ktorý sa ustálil na hodnote 0,550 mm. Dlhodobý trend šmykového posunu bloku pozdĺž trhliny, ako aj jej otváranie, pokračovali aj v rokoch 2015 a 2016. Celkový šmykový posun dosiahol ku koncu roka 2016 7,415 mm a celkové otvorenie trhliny 11,517 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.

1.4.33. 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. 4.33.1).



Obr. 4.33.1. Inžinierskogeologický rez stratovulkánom Strechový vrch so svahovou deformáciou a vyznačením osadenia dilatometrov TM-71 na lokalite Košický Klečenov (prístroje KK-1 a KK-2). 1 – intrúzia dioritového porfyritu, 2 – striedanie lávových prúdov a pyroklastík, 3 – andezitový lávový prúd, 4 – pyroklastiká (nečlenené), 5 – redeponované andezitové pyroklastiká, 6 – neogénne íly, 7 – redeponované andezitové tufy, 8 – ílovito-úlomkovitá suť, 9 – aktívny zlom, 10 – lokalizácia dilatometrov KK-1 a KK-2.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016 a ich celkové zhodnotenie

V uvedených rokoch sa na lokalite vykonalo šesť odčítaní deformácií na oboch dilatometroch (KK-1 3-krát v roku 2015 s 1 prestavením a 3-krát v roku 2016 s 3 prestaveniami; KK-2 3-krát v roku 2015 s 1 prestavením a 3-krát v roku 2016 – tab. 4.33.1). V rokoch 2015 a 2016 pokračoval zber údajov zo zrážkomernej stanice Herľany.

Tab. 4.33. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Košický Klečenov v rokoch 2015 a 2016

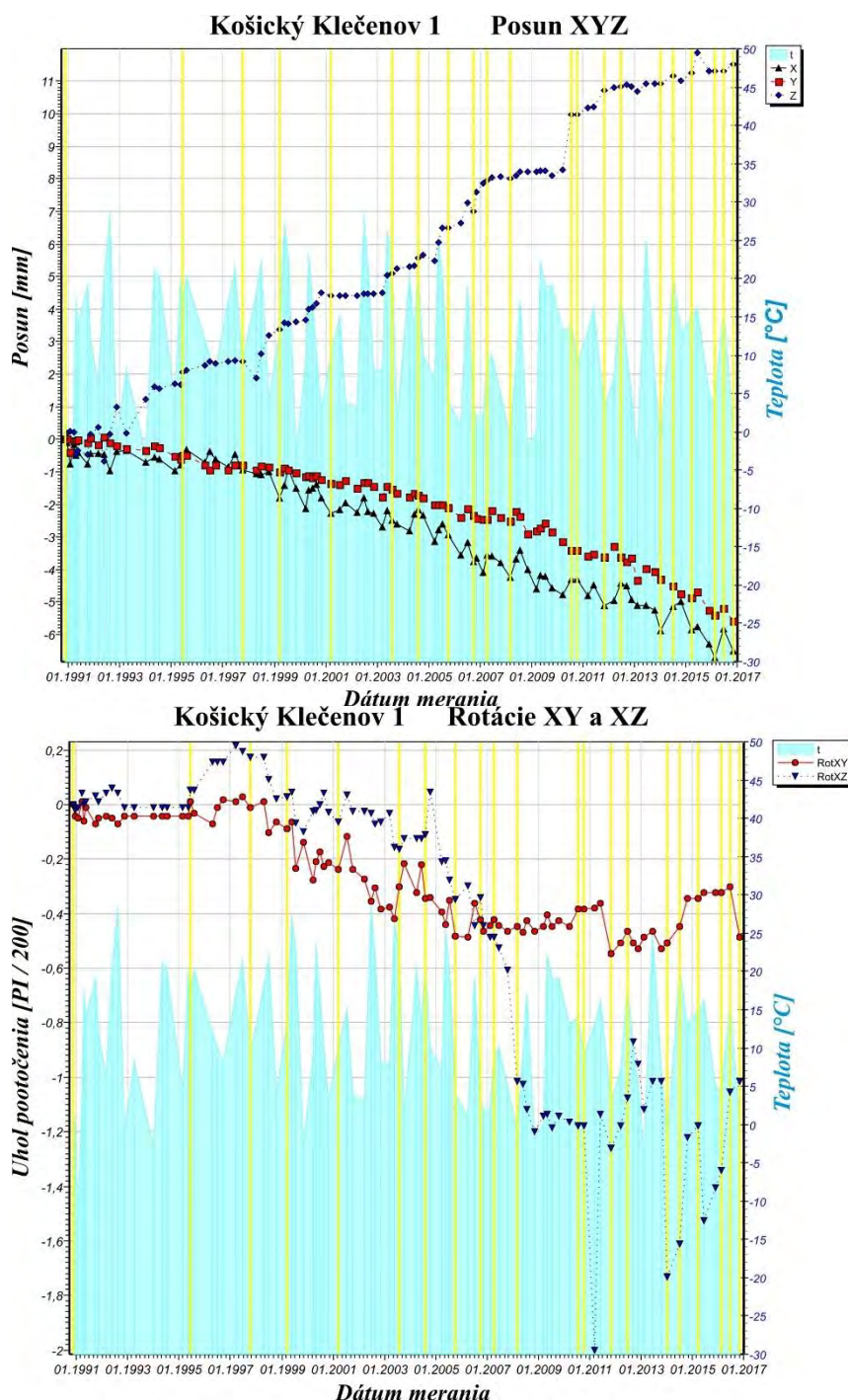
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	2	KK-1 (dolný)	2015 – 3x (13. apríl*, 1. júl, 16. december)
			2016 – 3x (29. februára*, 4. júla*, 18. novembra*)
		KK-2 (horný)	2015 – 3x (13. apríl*, 1. júl, 16. december)
			2016 – 3x (29. februára, 4. júla, 18. novembra)

* – prestavenie prístroja

a/ Meranie deformácií dilatometrami

V rokoch 2015 a 2016 prístroj KK-1 (dolný) preukázal pokračujúci trend pohybu spodného (okrajového) bloku v smere všetkých troch osí, avšak s rozdielnou intenzitou (obr. 4.33.2). Najvýraznejším bol šmykový posun pozdĺž spodnej trhliny, ktorý narástol v rokoch 2015 o 0,262 mm a v roku 2016 o 0,336 mm. Celkový šmykový posun je 5,581 mm.

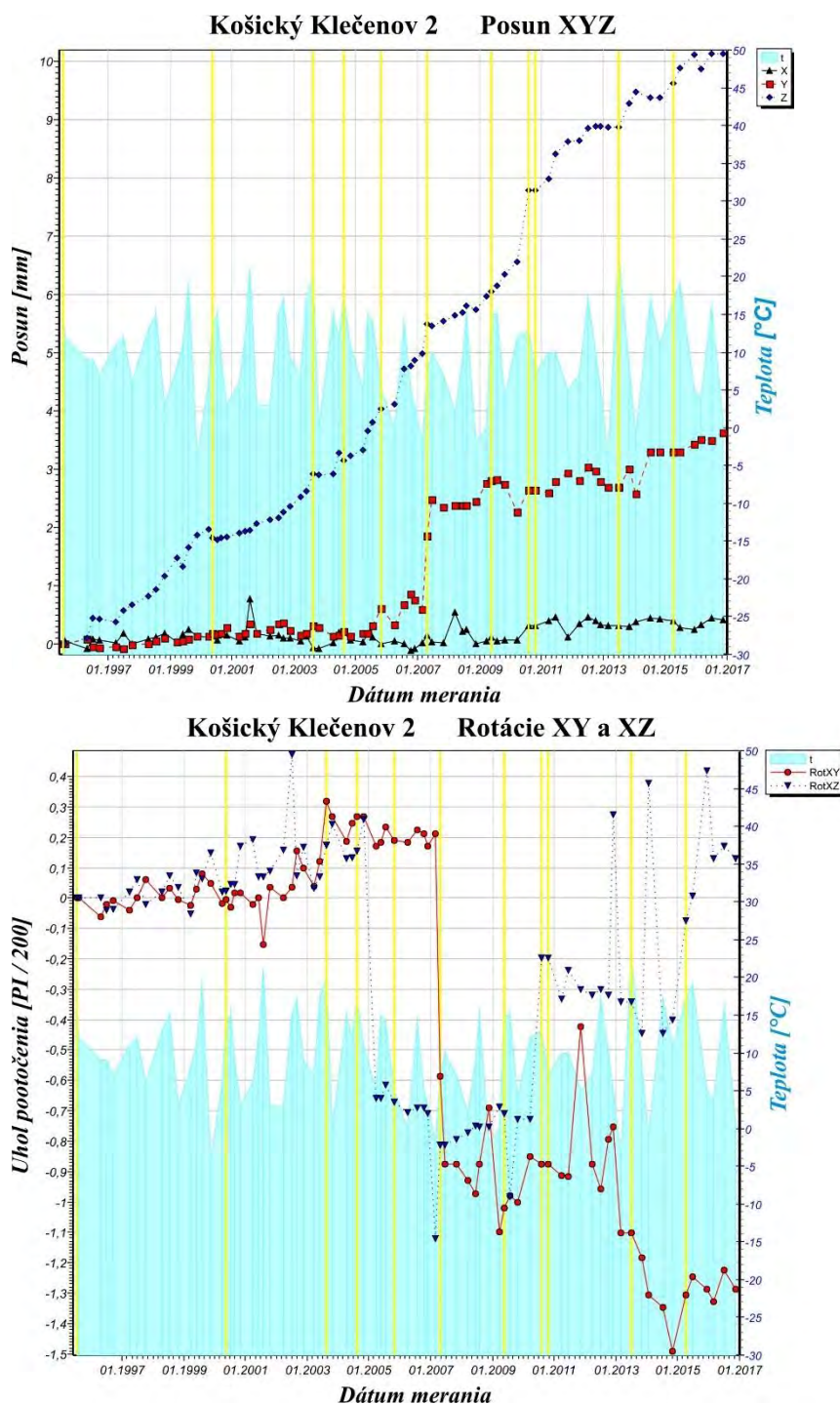
Spodná trhlina rozšírila na celkových 6,517 mm. Pokles bloku dosiahol (v roku 2015 0,304 mm, v roku 2016 0,199 mm) celkovo 11,506 mm.



Obr. 4.33.2. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Košický Klečenov (prístroj KK-1). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm), Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v $\pi/200$ grádov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

Merania prístrojom KK-2 v posledných dvoch rokoch preukázali významnejší pohyb len v smere osi z (obr. 4.33.3). Pokles vrchného bloku narástol o 0,762 mm (v roku 2016 o 0,024 mm) na celkových 10,123 mm. V roku 2015 sa trhlina zúžila o 0,171 mm, v roku 2016 sme zaznamenali jej stagnáciu. Priemerná rýchlosť poklesu bloku od roku 1995 je

0,475 mm.rok⁻¹. V porovnaní so spodným blokom (0,442 mm.rok⁻¹) je to o málo rýchlejší pokles.



Obr. 4.33.3. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Košický Klečenov (prístroj KK-2). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm), Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v $\pi/200$ grádov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja.

Z dlhodobého hľadiska obidva prístroje TM-71 (KK-1 a KK-2) preukazujú kontinuálny vertikálny pohyb voči sebe i voči masívu (obr. 1.165 a 1.166). 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 2015 predstavoval hodnotu 545,5 mm a v roku 2016 744,7 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Celkový šmykový posun od roku 1990 narástol v roku 2015 na 5,245 mm a v roku 2016 jeho hodnota dosiahla 5,581 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti $0,21 \text{ mm.rok}^{-1}$. Rozšírenie trhliny v roku 2015 narástlo o 1,313 mm a v roku 2016 o 0,225 mm na celkových 6,517 mm. Najmenej výrazným pohybom bol pokles spodného bloku (v smere osi z), ktorý narástol v roku 2015 o 0,304 mm a v roku 2016 o 0,199. Celkový pokles bloku za posledné dva roky dosiahol hodnotu 0,503 mm, celkovo 11,506 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti $0,442 \text{ mm.rok}^{-1}$.

Merania prístrojom KK-2 (monitoruje pohyb horného bloku voči horninovému masívu). V rámci jednotlivých smerov výrazne prevláda pokles, ktorý v roku 2015 narástol o 0,762 mm a v roku 2016 o 0,024 mm, na celkových 10,123 mm. Blok klesá rýchlosťou $0,475 \text{ mm.rok}^{-1}$, t. j. rýchlejšie, než blok spodný. Šmykový posun bloku pozdĺž trhliny narástol za posledné dva roky na celkových 3,610 mm, otváranie trhliny stagnovalo, resp. sa trhlina trochu zúžila.

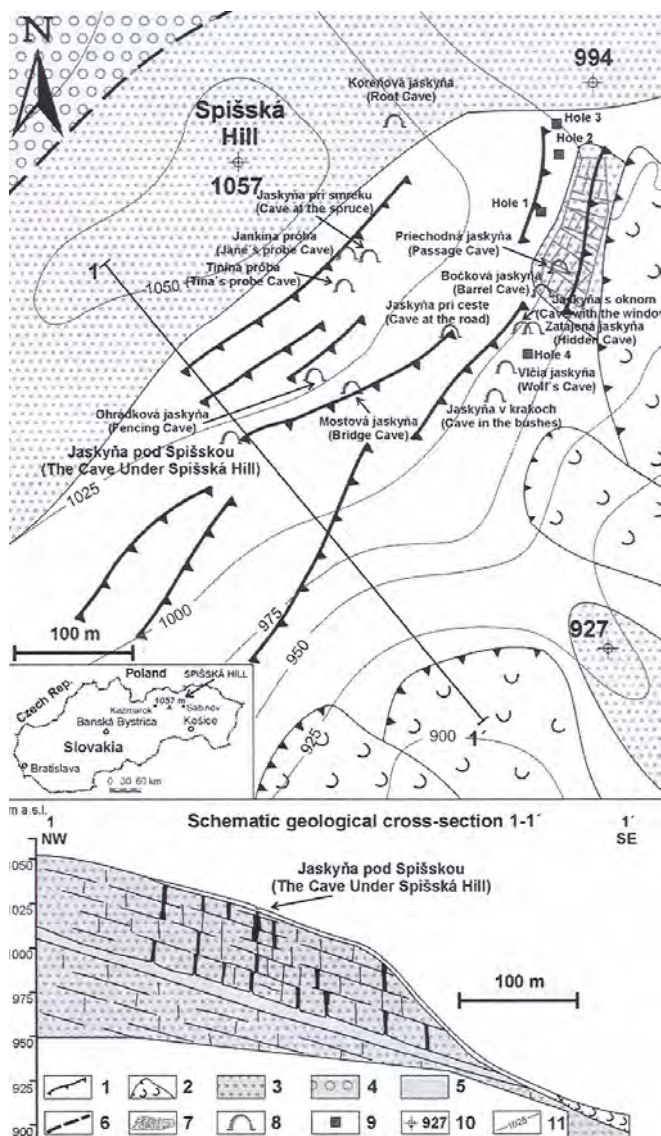
Rotácie oboch blokov neprekročili 2 gr. za celé obdobie monitorovania, t. j. za 26 (KK-1), resp. 21,3 rokov (KK-2). Spodný blok vykazuje veľmi slabú rotáciu vo vertikálnej rovine (v smere S-J), horný blok v horizontálnej rovine.

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.

1.4.34. Lokalita Jaskyňa pod Spišskou

Stručná charakteristika lokality

Lokalita je situovaná na severovýchodnom okraji Levočských vrchov, SSV 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 pieskovecch 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. 4.34.1). V hlavnej chodbe severovýchodnej (spišskej) časti jaskyne bol v apríli 2007 inštalovaný jeden dilatometer TM-71.



Obr. 4.34.1. Geologická mapa blízkeho okolia Jaskyne pod Spišskou s vyznačením ďalších jaskýň a priečny rez 1 – 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 – hrubolavovitý flyš (pieskovce s tenkými polohami ílovcov), 4 – hrubolavovitý flyš s konglomerátmi, 5 – predpokladaná poloha tenkolavovitého 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 2015 a 2016 a ich celkové zhodnotenie

Na lokalite Jaskyňa pod Spišskou sa v roku 2015 aj v roku 2016 uskutočnili tri odčítania hodnôt posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 (tab. 4.34.1). V roku 2016 sa pokračovalo v preberaní údajov o mesačných úhrnoch zrážok zo stanice SHMÚ Brezovica nad Torysou.

Tab. 4.34. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Jaskyňa pod Spišskou v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)
	Počet	Označenie	
Dilatometer TM-71	1	JS-1	2015 – 3x (5. máj, 1. júl, 7. september)
			2016 – 3x (6. apríl, 21. júl, 15. november)

a/ Meranie deformácií dilatometrami

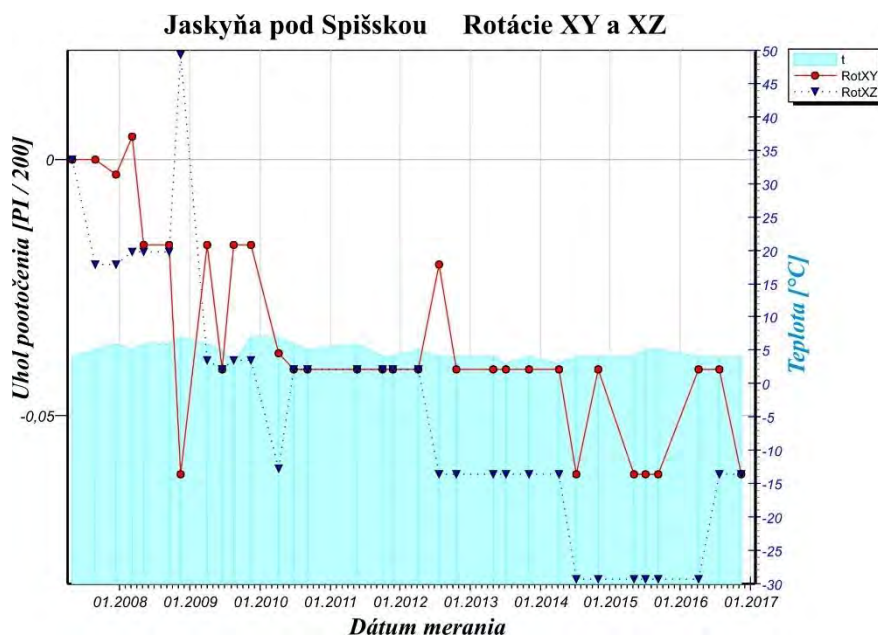
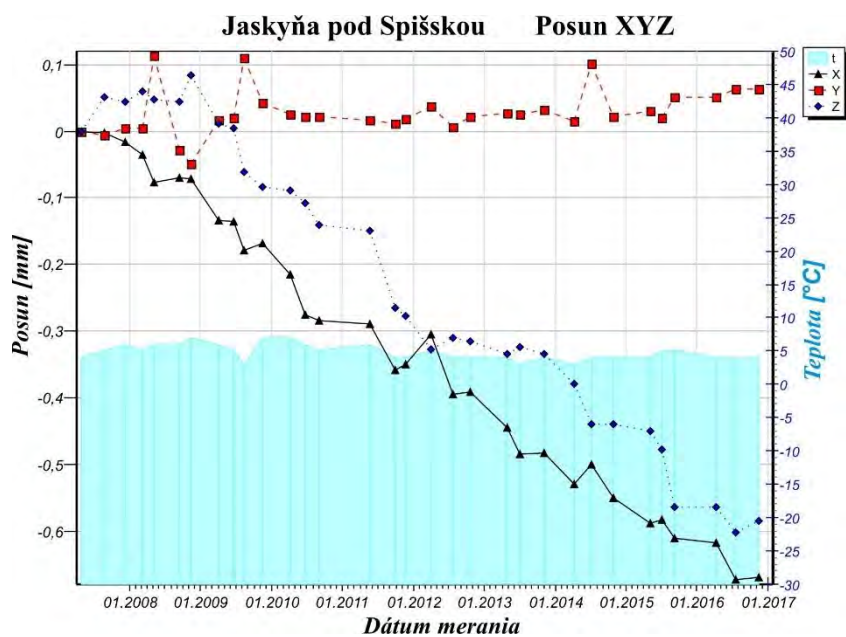
Merania v rokoch 2015 aj 2016 preukázali doterajší trend pohybu v smere osi x (otváranie trhliny), aj v smere osi z (pokles bloku). Otvorenie v roku 2015 vzrástlo o 0,060 mm, v roku 2016 o 0,059 mm, na celkových 0,670 mm. Trhlina sa rozširuje rýchlosťou 0,070 mm.rok⁻¹. Celkový pokles ku koncu 2016 dosiahol 0,584 mm. Poklesávanie pokračuje rýchlosťou priemerne o 0,061 mm.rok⁻¹. Doterajší šmykový pohyb (os y) dlhodobo (od roku 2010) stagnuje na úrovni od 0,01 – 0,06 mm. Rotácie bloku nie sú zatiaľ významné (obr. 4.34.2).

b/ Meranie zrážkových úhrnov

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Brezovica nad Torysou (indikatív 59040) dosiahol v roku 2015 503,2 mm, v roku 2016 stúpol na 701,3 mm.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Napriek pomerne krátkej dobe monitorovania (9,6 rokov) bol meraniami potvrdený trend pomalého poklesávania monitorovaného bloku a rozširovania trhliny. 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 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 3 až 4-krát ročne. Predbežné výsledky monitorovania lokality (do polovice roku 2011) boli publikované formou článku v časopise Mineralia Slovaca, výsledky meraní do konca roku 2012 formou prednášky (Petro et al., 2013).



Obr. 4.34.2. 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).

1.4.35. Lokalita Banská Štiavnica

Stručná charakteristika lokality

Monitorovaný zárez sa nachádza nad cestou II. triedy č. 524 medzi Banskou Štiavnicou a Štiavnickými Baňami v dĺžke cca 80 m s výškou do 12 m. Na lokalite sa od roku 1995 vykonávajú monitorovacie pozorovania metódami fotogrametrie, ktoré sa od roku 2000 doplnili geodetickými i dilatometrickými meraniami vo vybraných úsekoch východnej steny zárezu. Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia (napr. Iglárová et al., 2011). Od roku 2014 je monitorovanie metódami fotogrametrie a geodézie pozastavené.

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.35.1.

Tab. 4.35. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Banská Štiavnica v rokoch 2015 a 2016

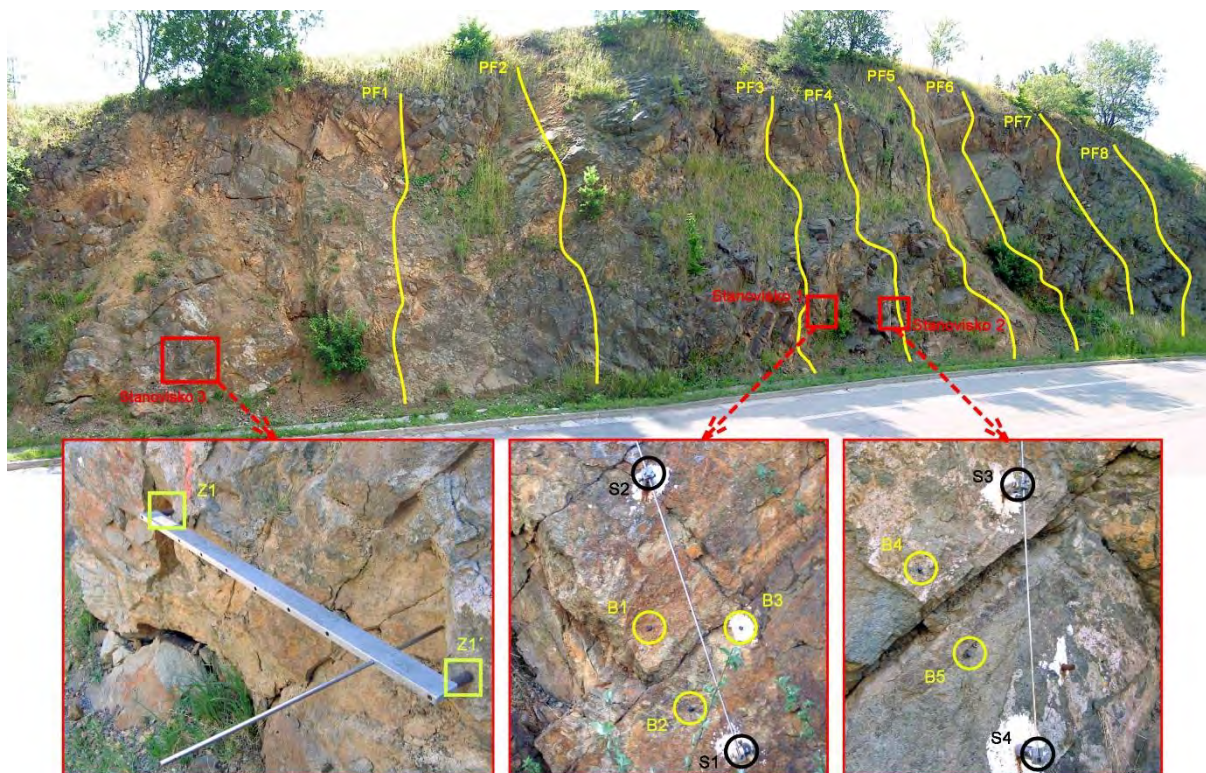
Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Dilatometrické merania: - Dilatometer Somet - Meradlo posuvov	5	B1, B2, B3, B4, B5	1 (16. júl)	1 (26. september)
	4	S1, S2, S3, S4	2 (16. júl)	2 (26. september)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 40260)	Mesačné úhrny zrážok	
Meranie počtu mrazových dní	1	Stanica SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 11901)	Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Dilatometrické merania

a1/ Dilatometer Somet

Merania sa vykonávajú na dvoch stanovištiach, inštalovaných v južnej časti svahu (horninový blok s nainštalovanými bodmi tretieho stanovišťa sa zrútil). Na prvom stanovišti sa premeriavajú body, umiestnené na blokoch, oddelených výraznou diskontinuitou s orientáciou smeru sklonu 326° a sklonom 44° (bod B1 je na jednom bloku a body B2 a B3 na druhom). Na druhom stanovišti sa meria pohyb bodov B4 a B5, umiestnených na blokoch, oddelených puklinou so smerom sklonu 350° a sklonom 50° (obr. 4.35.1).



Obr. 4.35.1 Rozmiestnenie pozorovaných profilov a bodov na monitorovanom úseku zárezu cesty pri Banskej Štiavnici. PF1 až PF8 – profily pre stereofotogrametrické merania (od roku 2011 zostavované na základe údajov z optického skenovania), od roku 2014 sú merania pozastavené.

Stanovište 1: pozorovacie body B1, B2 a B3 pre merania dilatometrom Somet; pozorovacie body S1 a S2 pre merania meradlom posuvov;

Stanovište 2: pozorovacie body B4 a B5 pre merania dilatometrom Somet; pozorovacie body S3 a S4 pre merania meradlom posuvov;

Stanovište 3: body Z1 a Z1' na upevnenie meradla mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny – po vypadnutí skalného bloku sa od jari 2009 nemeria.

V roku 2016 bolo pozorované na oboch stanovištiach nevýrazné zúženie dĺžky meracích profilov. Na stanovišti č. 1 zmena merania zmeny dĺžky profilu dosiahlo medzi meracími bodmi B1 – B2 hodnotu -0,20 mm, medzi meracími bodmi B1 – B3 hodnotu -0,24 mm. Na stanovišti č. 2, medzi bodmi B4 – B5, bolo pozorované zúženie meraného profilu o -0,23 mm. Hodnota korekčného merania, na ktoré slúži profil medzi bodmi B2 – B3 (na stanovišti 1), dosiahla v ročnom cykle 2015 – 2016 zmenu -0,46 mm. Korekčné meranie slúži na eliminovanie vplyvov teplotných zmien v horninovom masíve, meracom prístroji ako aj teplote vzduchu a spôsobe merania, ktorým je napr. prítlak dilatometra k meracím bodom. Výsledky monitorovania meradlom Somet v roku 2016 indikujú buď systémovú chybu merania, resp. významný vplyv rozdielnych teplotných pomerov na stav horninového masívu a meracieho zariadenia počas zberu dát.

Vzhľadom na výsledky meraní od počiatku monitorovania v roku 2001 možno konštatovať, že na obidvoch stanovištiach je pozorovaný trend rozvoľňovania skalných blokov (obr. 4.35.1). Na stanovišti č. 1 v profile B1 – B2 celkové rozvoľnenie pozorovanej diskontinuity v horninovom masíve dosiahlo 0,39 mm, v profile B1 – B3 je celkové rozvoľnenie od počiatku pozorovania v rozsahu 0,77 mm. Na stanovišti č. 2 v profile B4 – B5 výsledky meraní prezentujú stagnáciu pohybu pozorovaného bloku.

a2/ Meradlo posuvov

Meracie body pre aplikáciu meraní meradlom posuvov sú inštalované na rovnakých horninových blokoch, ako body pre meradlo Somet.

Z dlhodobého merania hodnoty meraní vykazujú značný rozptyl hodnôt v dôsledku vplyvu teplotných zmien, významne vplývajúcich na konštrukčný materiál meradla a tým aj presnosť meraní. Oproti meraniu z roku 2015 bol na stanovišti č. 1 zaznamenaný relatívny posuv medzi bodmi S1 – S2 o 0,12 mm. Meraním relatívnej vzdialenosti medzi bodmi S3 – S4 (stanovisko 2) bol zistený od 2015 posuv o 1,34 mm, ktorý však predstavoval elimináciu pohybu z roku 2015 (v tomto monitorovacom cykle bol pozorovaný posuv o -1,38 mm). Z dlhodobého hľadiska možno na obidvoch stanovištiach pozorovať veľmi nevýrazný trend rozširovania puklín (obr. 4.35.2). Z dôvodu citlivosti prístroja na chyby merania sú výsledky získané touto metódou ťažko interpretovateľné v prostredí nevýrazných posuvov horninových blokov.

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 40260) v roku 2015 dosiahol hodnotu 742,9 mm, v roku 2016, počas mesiacov október a november došlo k výpadku meraní. Za desať mesiacov (január – september a december) dosiahol zrážkový úhrn hodnotu 866,3 mm. Priemerný počet mrazových dní za zimné obdobia rokov 2000/2001 až 2007/2008 je 110,5 (podľa meraní stanice SHMÚ Banská Štiavnica, indikatív č. 11901). V zime 2014/2015 predstavoval 96 dní (86,88 % dlhodobého priemeru) a v zime 2015/2016 75 dní (67,87 % dlhodobého priemeru).

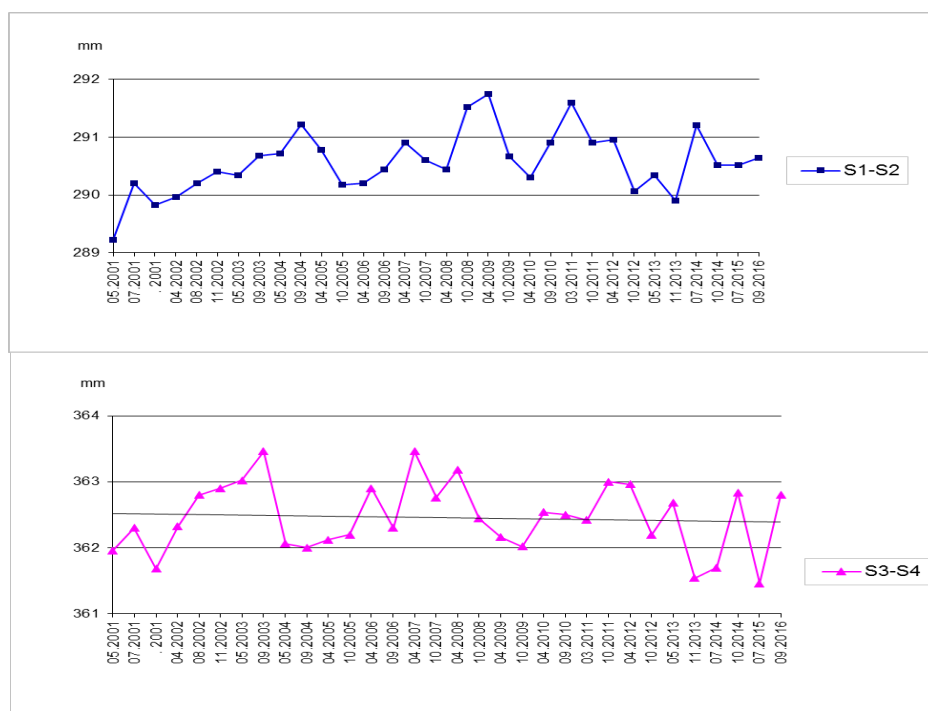
Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Fotogrametrické a terestrické geodetické merania poskytujú lepšiu detekciu nestabilných častí, čím prispievajú k zefektívneniu monitoringu, vzhľadom na ich finančnú náročnosť však nie sú realizované od roku 2014.

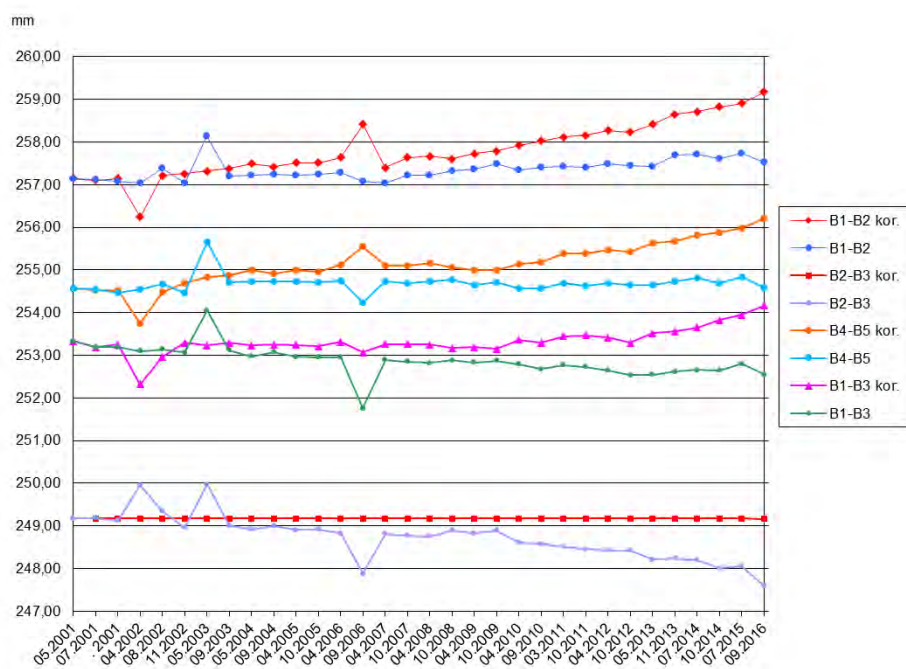
Dilatometrickými meraniami bolo zaznamenané pomalé rozvoľňovanie horninových blokov. Pri meraniach meradlom Somet boli zaznamenané celkové hodnoty posuvov od počiatku monitorovania intenzívnejšie na stanovišti 1 (profil B1-B3 o 0,77 mm), oproti meraniam na stanovišti 2 (profil B4-B5), kde je možné konštatovať stagnáciu posuvov rozvoľneného bloku. Pri použití meradla posuvov boli získané merania značne skreslené vplyvom teplotného faktora. Vzhľadom na nižšiu presnosť meraní, ktoré sú výrazne ovplyvnené teplotnými faktormi, navrhujeme ukončenie monitorovania touto metódou a pohyb blokov pozorovať len dilatometrom Somet.

Vzhľadom na skutočnosť, že hrozba uvoľnenia horninových blokov a ich pádu na cestnú komunikáciu stále pretrváva, predovšetkým v horných častiach monitorovaného cestného zárezu, je potrebné pokračovať v monitorovacích pozorovaniach i v budúcnosti.

A.



B:



Obr. 4.35.2. Výsledky dlhodobého merania posuvu blokov na lokalite Banská Štiavnica; 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 B2-B3, situovanými na jednom samostatnom horninovom bloku).

1.4.36. 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. 4.34.1), 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. 4.36.1. Situovanie meradla mikromorfologických zmien povrchu horniny na skalnej stene oproti katastrofálnemu handlovskému zosuvu (lokalita Handlová-Baňa)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Posledné realizované meranie mikromorfologických zmien na lokalite bolo v roku 2016. Prehľad termínov meraní za posledné dva roky je v tab. 4.36.1.

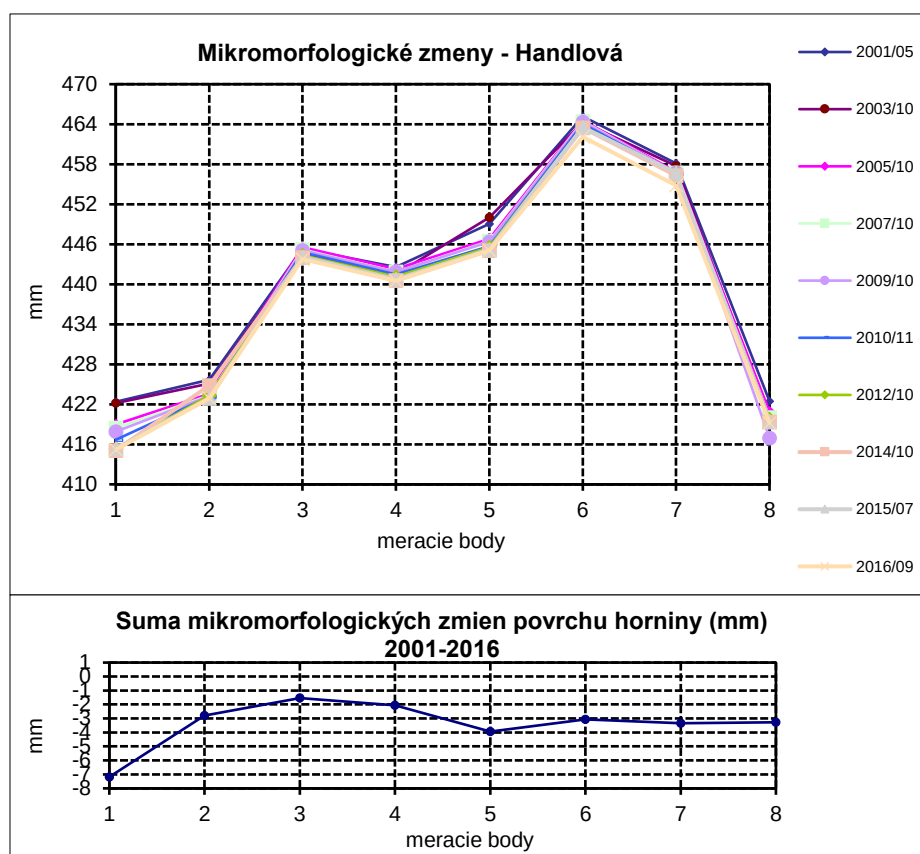
Tab. 4.36. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Baňa v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)	8	1 Stanovište MZ	1 (15. júl)	1 (23. september)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania boli v roku 2016 realizované 23. septembra a v roku 2015 15. júla. V bode 2 bola zaznamenaná výrazná zmena v konfigurácii meraného profilu (číslovanie bodov je vždy zľava od 1 do 8 pri orientácii čelom k masívu) -1,88 mm a v bode 6 -1,44 mm za obdobie leto 2015 až jeseň 2016 (obr. 4.34.2). Celkový priemerný ročný úbytok dosiahol -0,55 mm. Priemerný úbytok za celé monitorované obdobie (15 rokov) predstavuje -3,40 mm. Z obr. 4.34.2 vyplýva, že v rámci celého sledovaného profilu je ústup masívu relatívne rovnomerný, iba v bode 1 dosiahol ústup masívu hodnotu -7,18 mm.



Obr. 4.36.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2001 – 2016) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Handlová-Baňa (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 2001 – 2016).

b/ Merania zrážkových úhrnov

Informácie o zrážkových pomeroch na lokalite sú spracované pri opise lokalít Handlová-Morovnianske sídlisko a Handlová-Kunešovská cesta.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

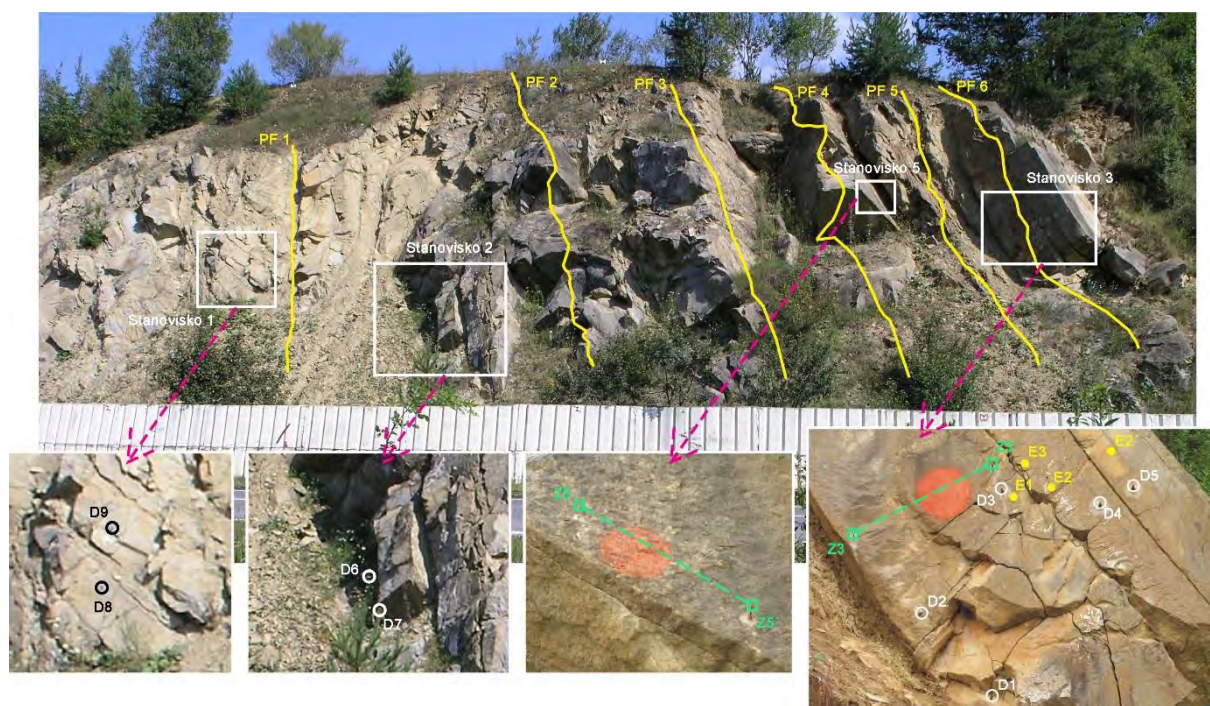
Výraznejší úbytok materiálu bol zaznamenaný v roku 2016 na ľavom okraji meraného profilu, v dôsledku čoho došlo k zmene jeho konfigurácie. Aj keď uvedený odkryv bezprostredne neohrozuje žiadny objekt infraštruktúry, odporúčame pokračovať v hodnotení zvetrávania a rozvoľňovania, keďže ide o jedinú lokalitu tufov, pozorovanú v rámci monitoringu. Najbližšie meranie mikromorfologických zmien, na základe ktorého bude možné posúdiť ďalší vývoj procesu zvetrávania, bude realizované v roku 2017.

1.4.37. Lokalita Demjata

Stručná charakteristika lokality

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

Monitorovacie pozorovania, sústredené na južnú časť východnej steny zárezu, sa na lokalite vykonávali metódami fotogrametrie od roku 1995. Od roku 2000 sa rozsah meraní rozšíril o dilatometrické pozorovania vo vybraných úsekoch monitorovanej steny zárezu a obnovili sa i merania mikromorfologických zmien skalnej steny (obr. 4.37.1). V súčasnosti je aplikácia fotogrametrických metód monitorovania pozastavená. Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia (napr. Iglárová et al., 2011).



Obr. 4.37.1. 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 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.37.1.

Tab. 4.37. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Demjata v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Dilatometrické merania:				
- Dilatometer Somet	6	E1, E2, E3, E2', E4, E5	1 (7. október)	1 (28. september)
- Meradlo posuvov	7	D1, D2, D3, D4, D5, D8, D9a	1 (7. október)	1 (28. september)
Mikromorfológické zmeny povrchu horniny (MZ)	16	2 stanovišťa MZ	1 (28. október)	1 (28. september)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Kapušany (59220)	Mesačné úhrny zrážok	
Meranie počtu mrazových dní	2	Stanice SHMÚ Bardejov (11962), Prešov-vojsko (11955)	Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

V roku 2016 fotogrametrické meranie na lokalite nebolo realizované. Frekvencia fotogrametrických meraní je pozastavená vzhľadom na rozsah monitorovaných lokalít v podsystéme 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie a s tým spojených nárokov na využitie finančných prostriedkov.

a/ Dilatometrické merania

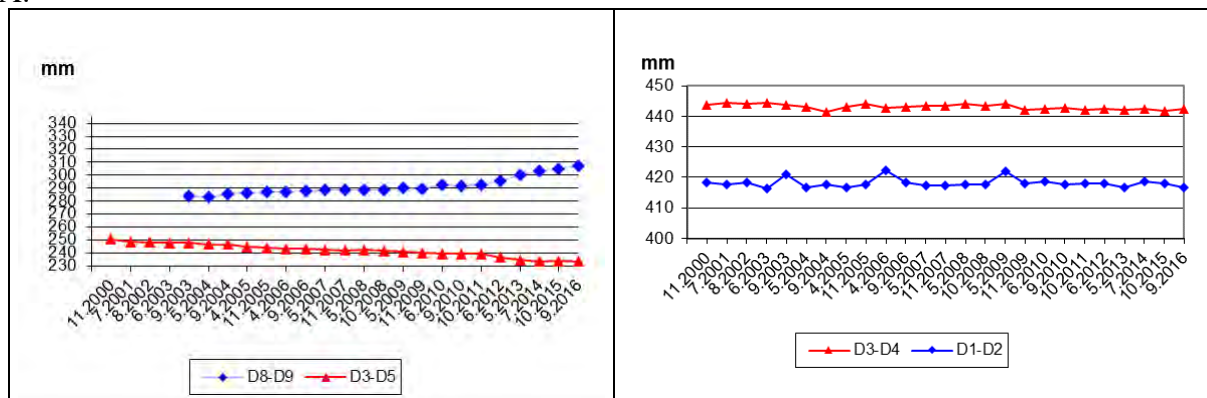
a1/ Dilatometer Somet

Merania sa vykonávajú na stanovišti č. 3 (obr. 4.35.1), 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.

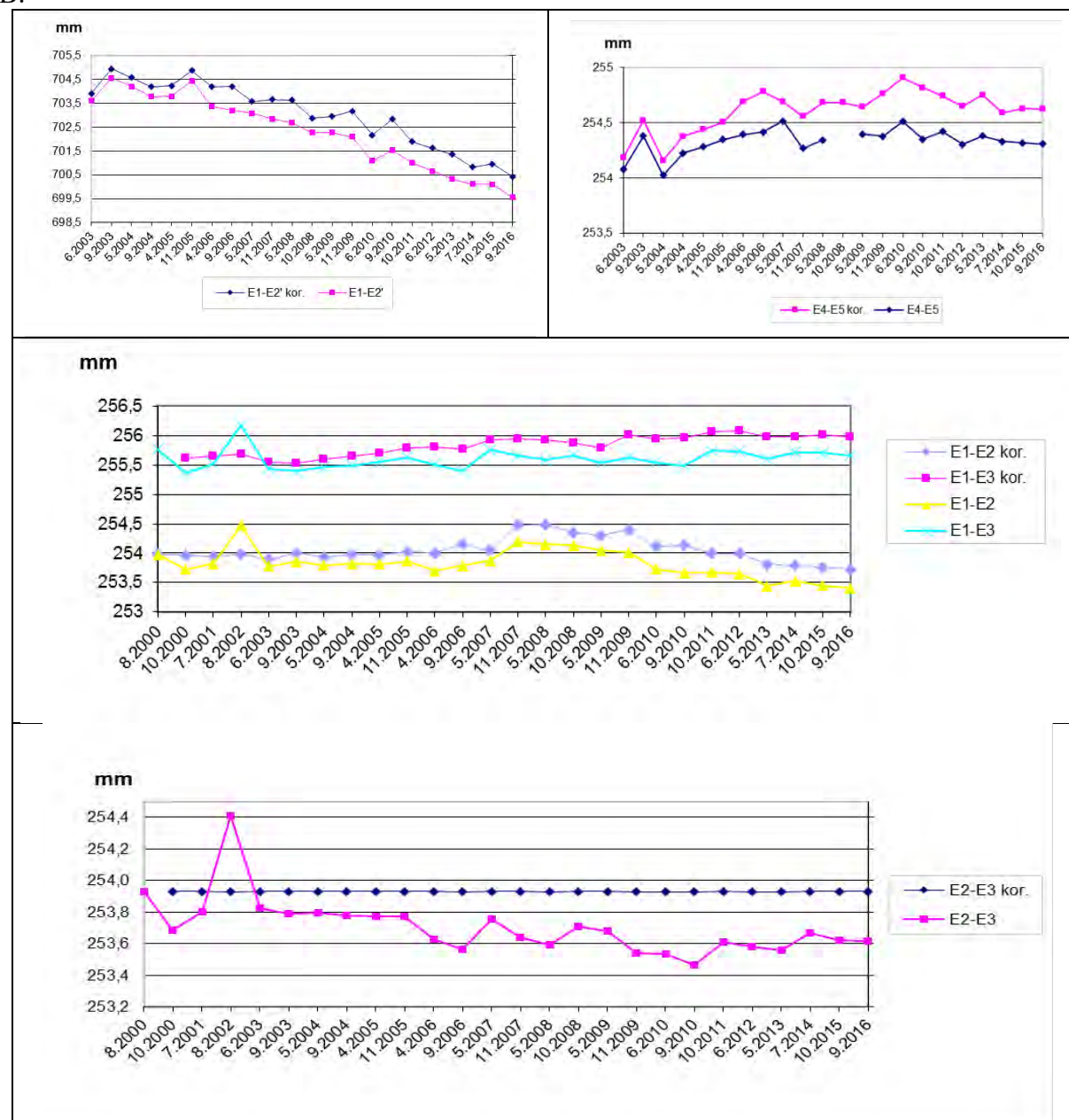
Pokračovanie pohybov skalných lavíc v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu (stanovište 3) bolo zistené aj v roku 2016. V ročnom monitorovacom cykle bol zaznamenaný pohyb uvoľneného horninového bloku v podloží okrajovej lavice na profile E1 – E2 veľkosti 0,035 mm, profil E1 – E3 vykázal posuv 0,04 mm. Samotná okrajová lavica (profil E1 – E2') sa v monitorovacom cykle roku 2016 posunula nepatrne o 0,55 mm. V porovnaní s rokom 2015 sa posuv vrchnej okrajovej lavice zintenzívnil (v roku 2015 bolo v profile E1 – E2' zaznamenaný posuv 0,005 mm), a naopak, v jej podloží pohyb pokračoval menej intenzívne (v profile E1 – E2 bol zaznamenaný posuv 0,078 mm a v profile E1 – E3 posuv 0,013 mm).

Merania realizované v protihľadej strane zárezu na profile E4 – E5 (stanovište č. 4) v roku 2016 zaznamenali nepatrnú zmenu šírky diskontinuity – jej zúženie o 0,01 mm, rovnako ako v predchádzajúcom roku 2015, kedy bol evidovaný posuv taktiež o 0,01 mm; obr. 4.37.2).

A:



B:



Obr. 4.37.2. 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

Meracie body pre aplikáciu meraní meradlom posuvov sú inštalované na stanovišti č. 3 (zhodnom so stanovišťom pre dilatometer Somet), na ktorom sú inštalované body D1, D2, D3, D4, D5 a na stanovišti č. 1 (body D8 a D9 – obr. 4.37.2). 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 2016 bolo na stanovišti č. 3 pozorované zintenzívnenie pohybu uvoľnenej okrajovej lavice, sprevádzaný útlmom pohybov lavice v jej podloží. Medzi bodmi D3 – D5, ktoré kontrolujú posuvy okrajovej lavice stanovišťa 3, bolo pozorované rozvoľnenie o 0,66 mm, na rozdiel od roku 2015, kedy bol zaznamenaný posuv (zúženie) o 0,32 mm. Meranie profilu medzi bodmi D3 – D4, ktorý zaznamenáva pohyb horninového bloku v podloží okrajovej lavice, dokumentovalo v ročnom monitorovacom cykle 2016 zúženie o 0,66 mm, pričom v roku 2015 bolo naopak zaznamenané rozvoľnenie o 0,58 mm.

Na stanovišti č. 1 pretrvávajúca nezvratný trend uvoľňovania skalného bloku, ohrozenie cestnej premávky však nepredpokladáme. Rozvoľňovanie diskontinuity medzi bodmi D8 – D9 pokračovalo aj v roku 2016 s podobnou intenzitou ako v roku 2015. Zaznamenané bolo rozšírenie diskontinuity o 1,88 mm, v predchádzajúcom roku sa puklina rozšírila o 2,12 mm (obr. 4.37.2)

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. 4.37.1).

Meraniami bolo v profile 3 zaznamenané celkové priemerné „pribúdanie“ materiálu (za 8 rokov monitoringu) v masíve +0,07 mm a v profile 5 +0,43 mm (obr. 4.37.3). V porovnaní s meraním 2015 bolo v profile 3 zaznamenané priemerné „pribúdanie“ materiálu +0,01 mm a v profile 5 úbytok -0,125 mm. Najbližšie meranie je plánované na rok 2017.

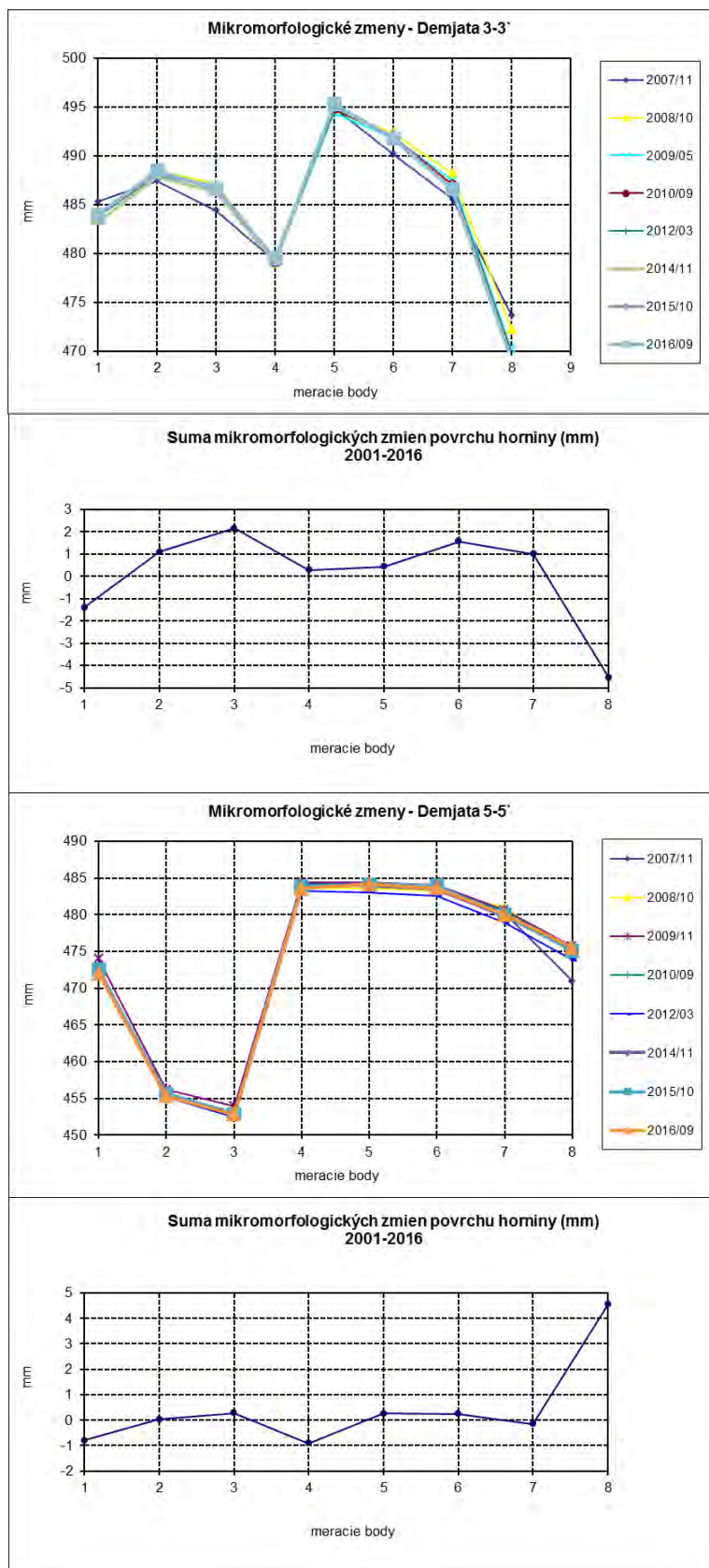
d/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Kapušany (indikatív 59220) v roku 2015 dosiahol hodnotu 519,7 mm. V roku 2016 stúpol úhrn zrážok na hodnotu 605,3 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.

Počet mrazových dní v zime 2014/2015 bol 100 dní, t. j. 88,11 % dlhodobého priemeru na stanici Bardejov a 102 dní, t. j. 84,91 % dlhodobého priemeru na stanici Prešov-vojsko.

V zime 2015/2016 bol počet mrazových dní na stanici Bardejov 88 (77,53 % dlhodobého priemeru) a na stanici Prešov-vojsko 81 dní (67,42 % dlhodobého priemeru).



Obr. 4.37.3. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 – 2016) 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 2017 pri relatívnom pozorovaní zmien v rámci masívu, a to predovšetkým dilatometriou, doplnenou o informácie meraní mikromorfologických zmien skalnej steny.

1.4.38. 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. 4.38.1), podliehajúcich intenzívnemu zvetrávaniu a potenciálne znižovanie stability skalnej steny, sa pravidelne pomocou meradla mikromorfologických zmien monitoruje rýchlosť zvetrávacích procesov.



Obr. 4.38.1. Umiestnenie stanovišťa na meranie mikromorfologických zmien povrchu odkrytého zárezu štátnej cesty – lokalita Starina (foto L. Petro, 2009).

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Mikromorfologické merania sa realizovali raz ročne. V rokoch 2015 a 2016 bol zabezpečený zber klimatických ukazovateľov (tab. 4.38.1).

Tab. 4.38. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Starina v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 (21. október)	1 (30. november)
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 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

V roku 2016 sa uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu pomocou meradla mikromorfologických zmien. V porovnaní s rokom 2015 bola v profile zaznamenaná veľmi výrazná zmena v celej konfigurácii meraného profilu. Priemerný úbytok za obdobie 13 mesiacov bol -4,68 mm. V ílovcových polohách bol zaznamenaný výrazný ústup masívu – bod 3 -8,44 mm, bod 7 zhodne -4,8 mm. V bode 6 sme zaznamenali prírastok +22,84 mm, čo signalizuje, že v dohľadnej dobe dôjde k vypadnutiu úlomku. Priemerný úbytok za celé sledované obdobie (21 rokov) dosiahol -37,09 mm, pričom najväčšia hodnota úbytku bola pozorovaná v ílovcovej polohe v bode 7, t.j. -97,34 mm, v bode 6, t.j. -82,88 mm, v bode 3 -65,12 mm (obr. 4.38.2). Táto skutočnosť indikuje akcelerované zvetrávanie cestného zárezu v ílovcových členoch. Pieskovcové polohy vykazujú za sledované obdobie 21 rokov úbytok materiálu približne -2 mm až na bod 8, v ktorom došlo na prelome 2015/2016 k vypadnutiu úlomku, takže úbytok tu dosiahol -44,70 mm.

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

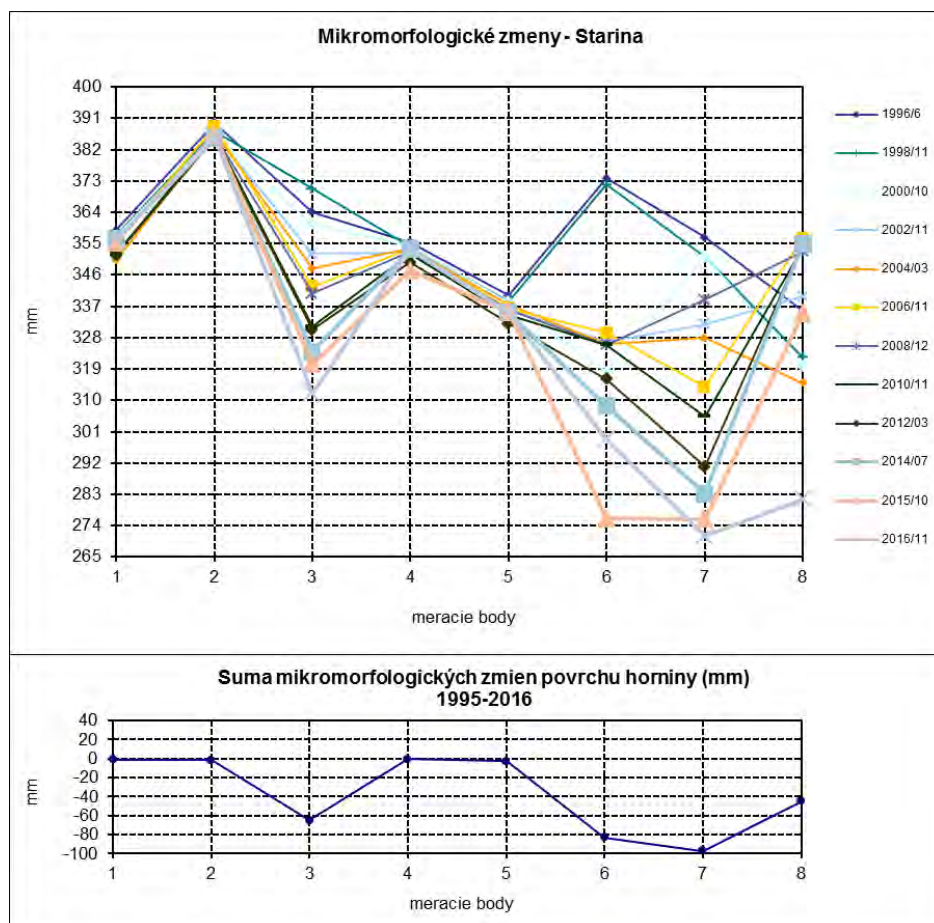
Podľa meraní na stanici SHMÚ Starina (indikatív 43320) zrážkový úhrn za rok 2015 predstavoval 604,3 mm a v roku 2016 jeho hodnota stúpala na 876,4 mm.

Merania počtu mrazových dní (s minimálnou teplotou nižšou ako 0 °C) na stanici Kamenica nad Cirochou (indikatív 11993) preukázali v zime 2014/2015 celkovo 102 mrazových dní a v zime 2015/2016 ich počet klesol na 76 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 rozdielnom 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 2017.



Obr. 4.38.2. Výsledky dlhodobého merania (1995 – 2016) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Starina (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 1995 – 2016).

1.4.39. Lokalita Slovenský raj-Pod večným dažďom

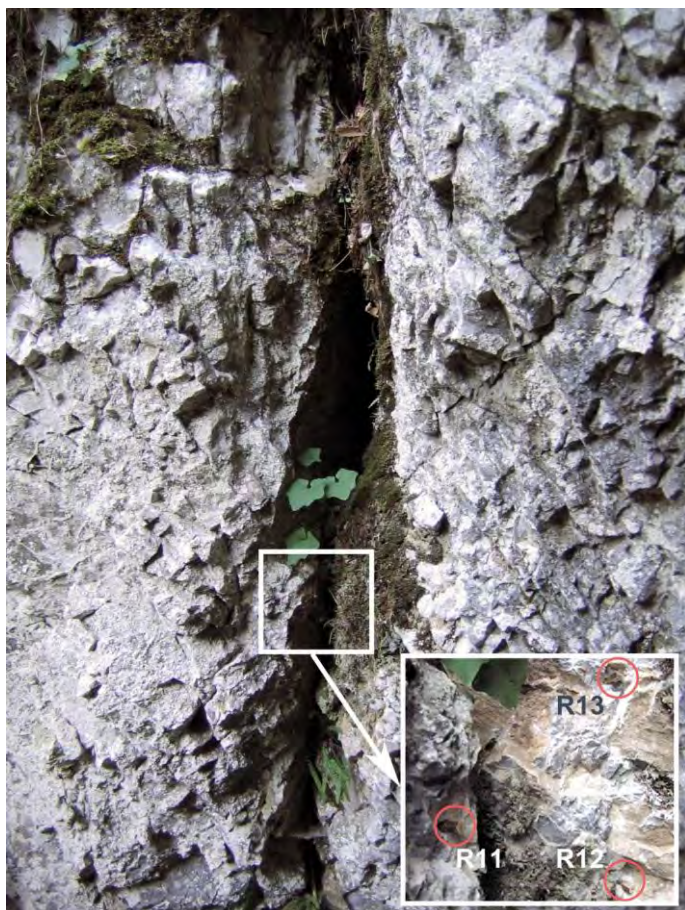
Stručná charakteristika lokality

V prielome Hornádu bol na pozorovanie vybratý rozsiahly skalný blok, nachádzajúci sa nad turistickým chodníkom v miestach označenej zastávky „Pod večným dažďom“. Lokalita sa nachádza cca 2500 m od vstupu do doliny. Potenciálne nestabilný skalný blok je rozsiahly (niekoľko desiatok metrov na šírku i výšku), pozostáva z viacerých samostatných blokov a jeho kontúry sú v dôsledku hustého zalesnenia miestami nejasné.

Z geologického hľadiska sa skalný blok nachádza v prostredí strednotriasových lagunárnych wettersteinských vápencov, patriacich k stratenskému príkrovu (Mello et al., 2000).

Na rozsiahlom skalnom bloku boli zriadené dve monitorovacie stanovišťa, na ktorých boli inštalované pozorovacie body pre merania dilatometrom Somet.

Na stanovišti, nachádzajúcom sa v spodnej časti skalného bloku (nad turistickým chodníkom), bola inštalovaná trojica bodov. Body R12 a R13 sa nachádzajú na jednom bloku a bod R11 na bloku, oddelenom výraznou diskontinuitou so smerom sklonu 52° a sklonom 70° . Na povrchu skalnej steny je diskontinuita otvorená v rozsahu od 3 do 15 cm, smerom do hĺbky masívu sa postupne zatvára (obr. 4.39.1).



Obr. 4.39.1. Umiestnenie pozorovacích bodov R11, R12 a R13 (Stanovište 1) pre merania dilatometrom Somet na lokalite Pod večným dažďom (Slovenský raj)

Druhé stanovište sa nachádza v hornej časti skalného bloku. Ide o strmú skalnú stenu, na ktorej sa nainštalovali dva body (R14 a R15), oddelené výraznou, nepriaznivo uklonenou diskontinuitou so smerom sklonu 282° a sklonom 87° (obr. 4.39.2).



Obr. 4.39.2. Umiestnenie pozorovacích bodov R14 a R15 (Stanovište 2) pre merania dilatometrom Somet na lokalite Pod večným dažďom (Slovenský raj)

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Dilatometrické merania sa na lokalite Slovenský raj – Pod večným dažďom vykonávajú prístrojom Somet s ročnou frekvenciou. Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016, sú zhrnuté v tab. 4.39.1.

Tab. 4.39. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Slovenský raj – Pod večným dažďom v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Dilatometrické merania Dilatometer Somet	3	R11, R12, R13 (stanovisko 1)	1 (6. október)	1 (27. september)
	2	R14, R15 (stanovisko 2)	1 (6. október)	1 (27. september)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Hrabušice (56100)	Mesačné úhrny zrážok	
Meranie počtu mrazových dní	2	Stanica SHMÚ Spišské Vlachy (11949)	Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Dilatometrické merania

Merania realizované v roku 2016 na oboch stanovištiach nezaznamenali prakticky žiaden posuv pozorovaných horninových blokov, zmeny šírky meraných profilov v zásade eliminovali posuvy zaznamenané v roku 2015 (obr. 4.39.3). Na stanovišti č. 1 v spodnej časti skalného bloku bol v ročnom monitorovacom cykle 2016 pozorovaný nepatrný pohyb -0,046 mm v profile bodov R11 a R12, pričom v roku 2015 namerané rozdiely na tomto profile dosiahli 0,11 mm. Rovnako zmena vzdialenosti medzi bodmi R11 a R13 dosiahla v roku 2016 -0,032 mm, v roku 2015 bola dokumentovaná zmena dĺžky profilu o 0,068 mm.

Na druhom stanovišti (body R14 a R15) bola zaznamenaná v roku 2016 zmena dĺžky profilu – zúženie o -0,11 mm, ktorá taktiež eliminovala posuv zaznamenaný v roku 2015 (+0,19 mm). Na základe vykonaného merania možno konštatovať stabilný stav pozorovaných blokov. Predpokladáme, že pozorované zmeny šírky diskontinuít vplyvajú predovšetkým zo zmien teplotných pomerov, na čo poukazuje aj dynamika dĺžky profilu R12 – R13 skonštruovaného na jednom samostatnom neporušenom bloku stanovišťa č.1.

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Hrabušice (indikatív 56100) v roku 2015 dosiahol 496,0 mm a v roku 2016 hodnotu 744,4 mm, čo je nárast o 248,4 mm.

Počet mrazových dní, zaznamenaných na stanici SHMÚ Spišské Vlachy (indikatív 11949) bol v zime 2014/2015 123 dní a v zime 2015/2016 klesol na 121 dní.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Dilatometrické merania na lokalite nevykazujú podstatné zmeny šírky pozorovaných diskontinuít, zhodnotenie trendov pohybu si vzhľadom na nízku frekvenciu meraní vyžaduje dlhší čas monitorovania. V prípade zistenia významnejších posuvov v ďalších cykloch monitorovania skalných blokov je potrebné informovať orgány miestnej samosprávy a Správu Národného parku.



Obr. 4.39.3. Výsledky merania posuvu blokov na lokalite Pod večným dažďom 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 R12 – R13, situovanými na jednom samostatnom horninovom bloku).

1.4.40. 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. 4.40.1). 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. 4.40.1. 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 2015 a 2016

V roku 2016 sme realizovali jedno meranie, v roku 2015 tiež jedno meranie. Pokračoval zber údajov o zrážkových úhrnoch a teplote vzduchu – počet mrazových dní. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite v rokoch 2015 a 2016 je zhrnutý v tab. 4.40.1.

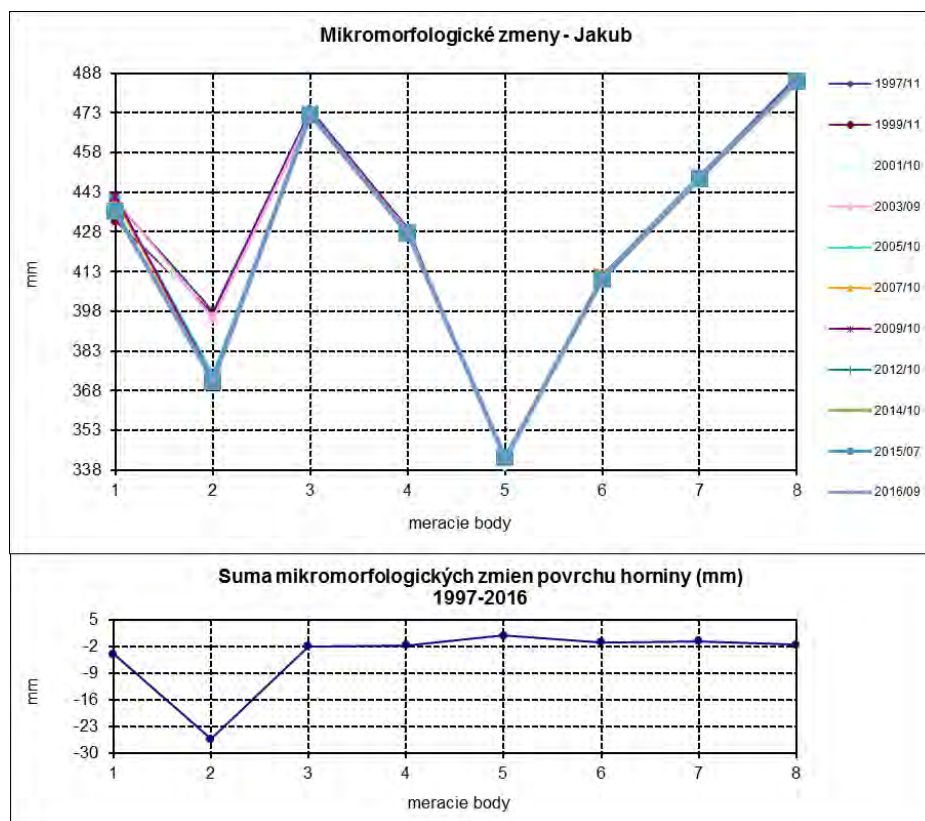
Tab. 4.40. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Jakub v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 (15. júla)	1 (26. septembra)
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 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania v roku 2015 boli uskutočnené 15. júla a v roku 2016 26. septembra. V roku 2016, v porovnaní s letom 2015, bola nameraná približne rovnaká zmena v konfigurácii meraného profilu vo všetkých bodoch s výnimkou bodov 6 (+0,76 mm) a 7 (+0,44 mm). Počas periódy 14 mesiacov dosiahol priemerný prírastok vďaka týmto dvom excesom +0,21 mm, pričom priemerný úbytok za celé sledované obdobie (19 rokov) predstavoval v roku 2016 hodnotu -4,49 mm (obr. 4.40.2). Tento výsledok je výrazne ovplyvnený úbytkom materiálu v bode 2 (-26,30 mm), keď v roku 2005 vypadol zo steny väčší fragment.



Obr. 4.40.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1997 – 2016) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Jakub (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 1997 – 2016).

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300) v roku 2015 dosiahol hodnotu 792,2 mm, čo pri dlhodobom priemere 855,15 mm predstavuje 92,64 % (išlo teda o normálny rok). V roku 2016 bol zrážkový úhrn 949,5 mm (111,03 %, – vlhký rok).

Počet mrazových dní na stanici SHMÚ v Banskej Bystrici na Zelenej ul. (indikatív 11898) v zime 2014/2015 bol 82 dní, čo pri dlhodobom priemere 105 dní (priemer odvodený z obdobia rokov 2000/2001 až 2007/2008) predstavuje 78,10 % a v zime 2015/2016 klesol na 74 dní, čo predstavuje 70,48 % z dlhodobého priemeru.

Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite sa z dlhodobého hľadiska prejavuje relatívne rovnomerné zvetrávanie horninového masívu, až na vypadnutie fragmentu v bode 2 (rok 2005). Vzhľadom na bezprostredný kontakt skalnej steny s trasou železnice je potrebné v roku 2017 pokračovať v meraniach so zameraním sa na prognózu možných uvoľnení nestabilných úlomkov a blokov horniny.

1.4.41. Lokalita Bratislava-Železná studnička

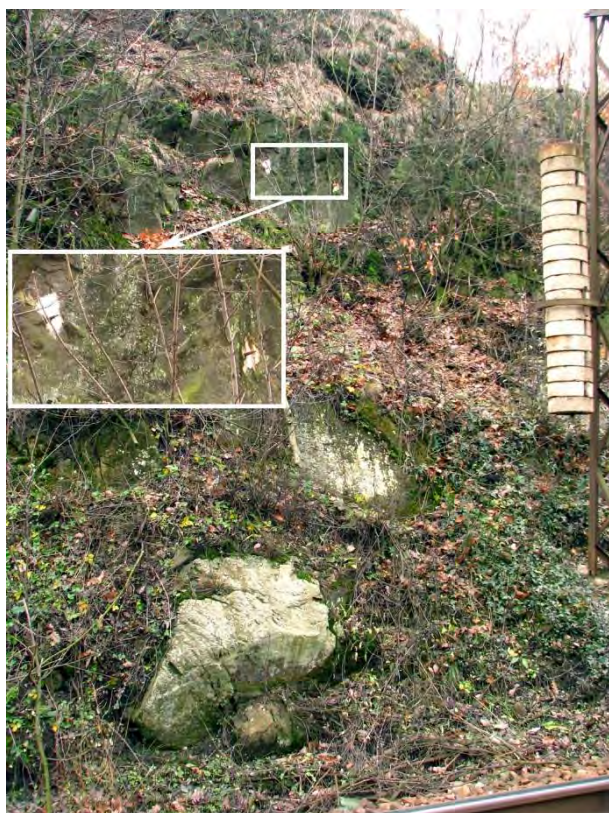
Stručná charakteristika lokality

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. 4.41.1) 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. 4.41.1. 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 2015 a 2016

V roku 2016 bol zabezpečený zber klimatologických faktorov – zrážkové úhrny, teploty vzduchu, a najmä počty mrazových dní. V roku 2015 sa merania mikromorfologických zmien realizovali v októbri, v roku 2016 v novembri. Monitorovacie aktivity, realizované na lokalite v rokoch 2015 a 2016 sú v zhrnuté tab. 4.41.1.

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

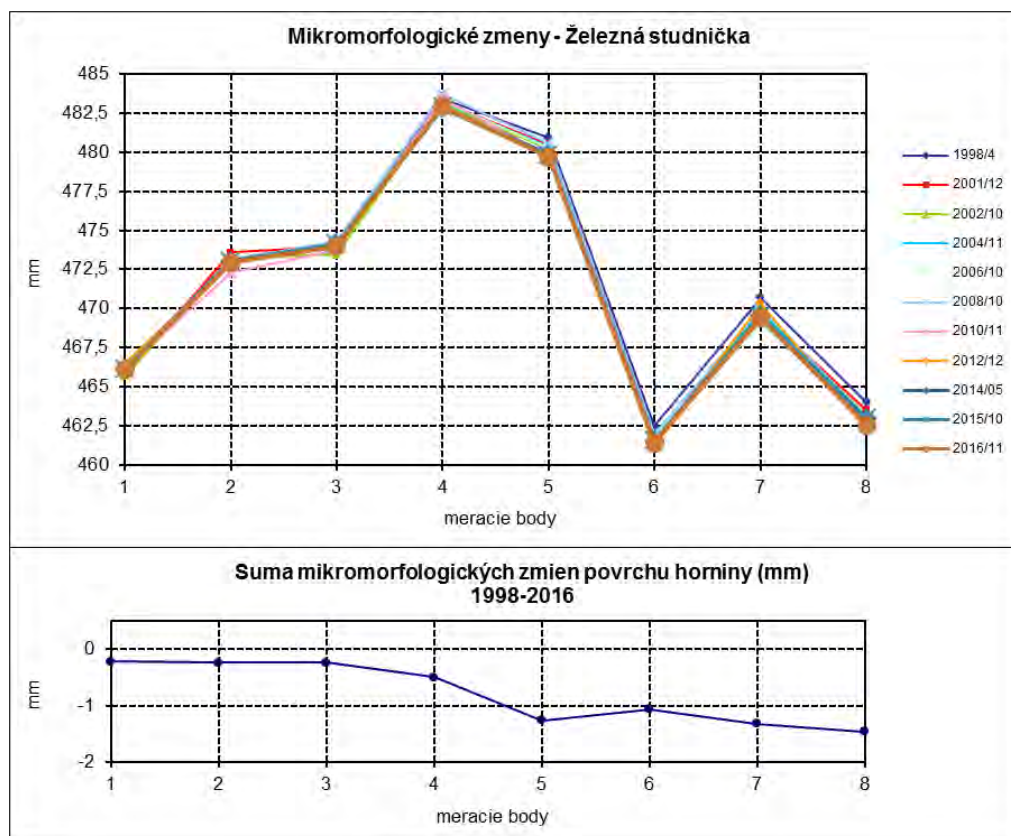
V roku 2016 sa uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu so severnou orientáciou pomocou meradla mikromorfologických zmien. Celkový priemerný úbytok za 18 rokov sledovania dosiahol – 0,79 mm; priemerný ročný úbytok za sledované obdobie je -0,044 mm (obr. 4.41.1), pričom výraznejší úbytok, presahujúci -1,2 mm, je charakteristický pre body 5 až 8. Oproti roku 2015 sme zaregistrovali mierne zrýchlený priemerný úbytok masívu (-0,105 mm) oproti priemernému ročnému úbytku (-0,044 mm).

Tab. 4.41. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bratislava-Železná studnička v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Mikromorfolo- gické zmeny povrchu horniny	8	1 stanovište MZ	1 (25. október)	1 (24. november)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080)	Denné úhrny zrážok	
Meranie Počtu mrazových dní	2	Stanice SHMÚ: Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) Bratislava-Koliba (indikatív 11813)	Dni s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C	

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 17080) v roku 2015 dosiahol 612,0 mm a v roku 2016 stúpól na hodnotu 772,7 mm.



Obr. 4.41.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1998 – 2016) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Bratislava-Železná studnička (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 1998 – 2016).

Počet mrazových dní zaznamenaných na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina (indikatív 11810) v zime 2014/2015 bol 47 a v zime 2015/2016 klesol na 46 dní, čo je o 1 mrazový deň menej. Na stanici SHMÚ Bratislava – Koliba (indikatív 11813) bolo počas zimy 2014/2015 zaznamenaných 50 mrazových dní a rovnaký počet bol aj počas zimy 2015/2016.

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. 4.41.2. Napriek tomu, vzhľadom na kontakt vysokej skalnej steny s frekventovanou železničnou traťou, je potrebné v roku 2017 pokračovať v sledovaní rozvoja procesu zvetrávania s rovnakou frekvenciou a zamerať sa na možné parciálne prejavy nestability na skalnej stene.

1.4.42. 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 stanovištia na meranie mikromorfologických zmien – stanovište 2 a stanovište 3 (obr. 4.42.1).



Obr. 4.42.1. Situovanie stanovišť 2 a 3 na lokalite Pezinská Baba na meranie mikromorfologických zmien povrchu horniny na svahu odrezu cesty

Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2015 a 2016

Podobne ako i v prípade ostatných lokalít, na ktorých sú monitorovacie aktivity zamerané predovšetkým na merania mikromorfologických zmien, boli posledné merania realizované v roku 2015, ako aj v roku 2016. V roku 2016 bola pozornosť venovaná zberu a analýze klimatologických ukazovateľov. Súhrnný prehľad monitorovacích aktivít, realizovaných v rokoch 2015 a 2016 je zhrnutý v tab. 4.42.1.

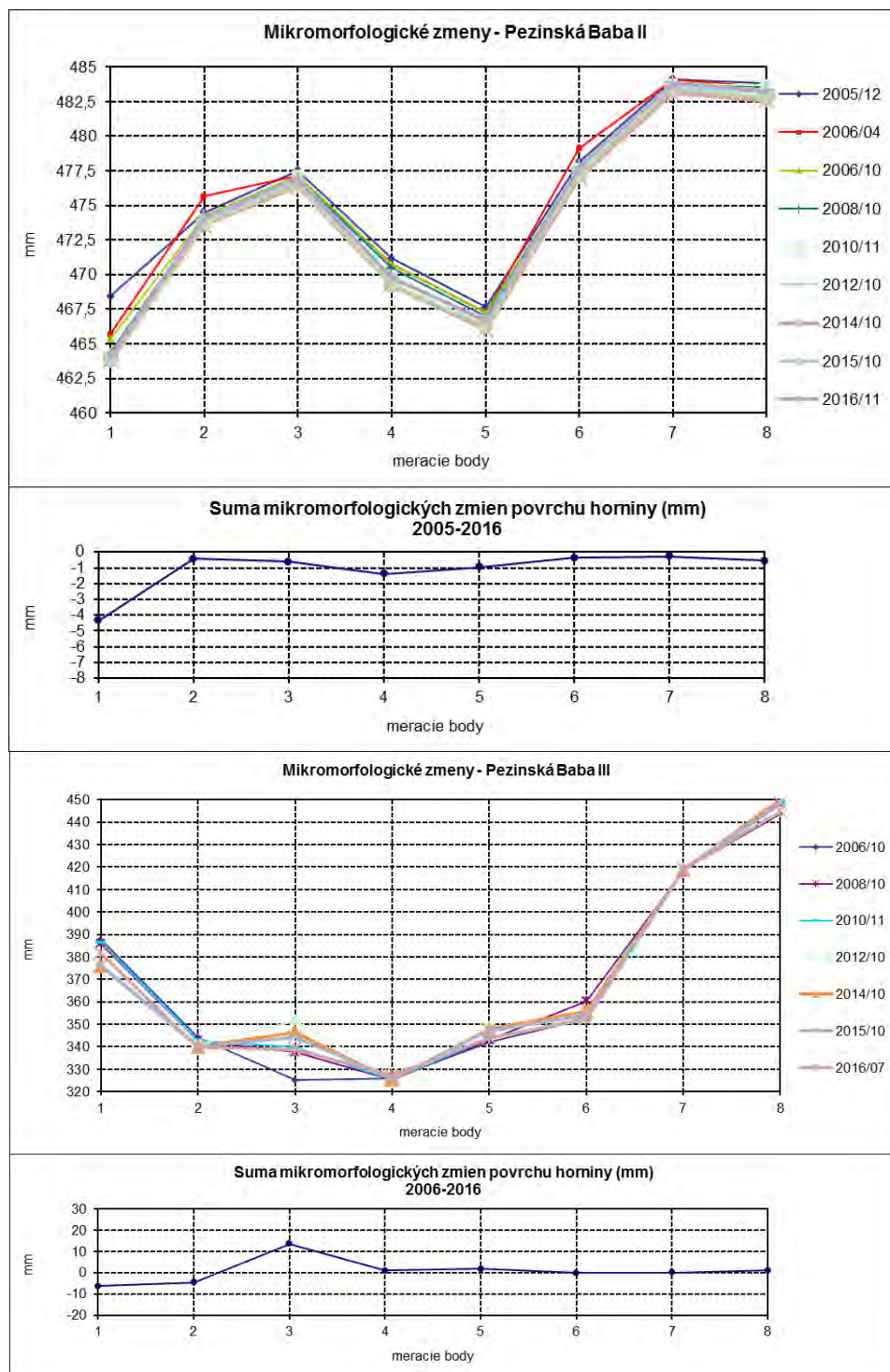
Tab. 4.42. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Pezinská Baba v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	Rok 2015	Rok 2016
Mikromorfologické zmeny povrchu horniny	16	2 stanovištia MZ	1 (23. októbra)	1 (24. novembra, PII 13. júla, PIII)
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 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania mikromorfologických zmien

V rokoch 2015 a 2016 sa uskutočnil vždy 1 cyklus meraní zmien povrchu skalnej steny pomocou meradla mikromorfologických zmien na profiloch II a III.



Obr. 4.42.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2005 – 2016) mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny na lokalite Pezinská Baba. Spodné grafy: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 2005 – 2016).

Na profile II (obr. 4.42.2) bol v roku 2016 v porovnaní s rokom 2015 zaznamenaný prírastok horninového masívu (+0,40 mm). Tento vývoj zodpovedá trendu zistenému v roku 2015 a signalizuje odlupovanie pozdĺž plôch bridličnatosti. Priemerná hodnota ročného úbytku za celé sledované obdobie (11 rokov) predstavuje -0,1 mm. Celkový priemerný úbytok na profile II je -1,11 mm.

V porovnaní s rokom 2015 bola zaznamenaná výraznejšia zmena v konfigurácii profilu III. V bode 3 toho profilu došlo k výraznému úbytku -5,36 mm, v bode 8 -3,86 mm, čo signalizuje odlúpnutie väčšieho fragmentu. Naopak, v bode 1 sme zaregistrovali výrazný prírastok horninového masívu +5,24 mm. V rámci celého profilu III priemerná hodnota ústupu masívu v porovnaní s rokom 2015 dosiahla -1,02 mm. Ročný priemer „rozpínania“ na tomto stanovišti predstavuje hodnotu +0,095 mm a priemerné rozpínanie za celé monitorované obdobie (10 rokov) hodnotu +0,945 mm (obr. 4.42.2). Vďaka uvedeným skutočnostiam je možné v blízkej dobe očakávať výraznejší úbytok v dôsledku vypadnutia väčšieho fragmentu či bloku horninového masívu.

b/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Pernek (indikatív 16180) v roku 2015 dosiahol 611,2 mm a v roku 2016 bol 734,5 mm, čo je nárast o 123,3 mm zrážok za rok.

Počet mrazových dní v zime 2014/2015 bol 88 (stanica Modra-Piesok, indikatív 11833), v zime 2015/2016 ich bolo zaznamenaných 71.

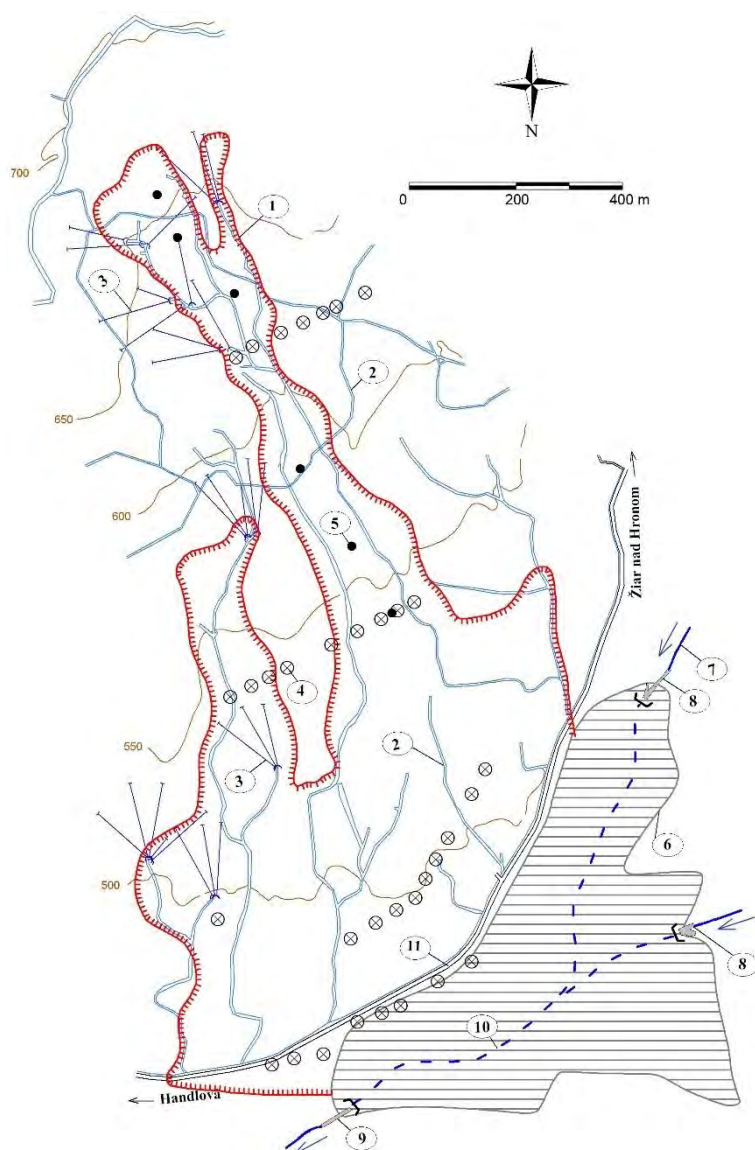
Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Vzhľadom na priamy kontakt skalnej steny odrezu s frekventovanou cestnou komunikáciou, ktorá je na viacerých úsekoch postihnutá aj zosúvaním, považujeme za potrebné v roku 2017 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.

1.4.43. Lokalita Stabilizačný násyp Handlová

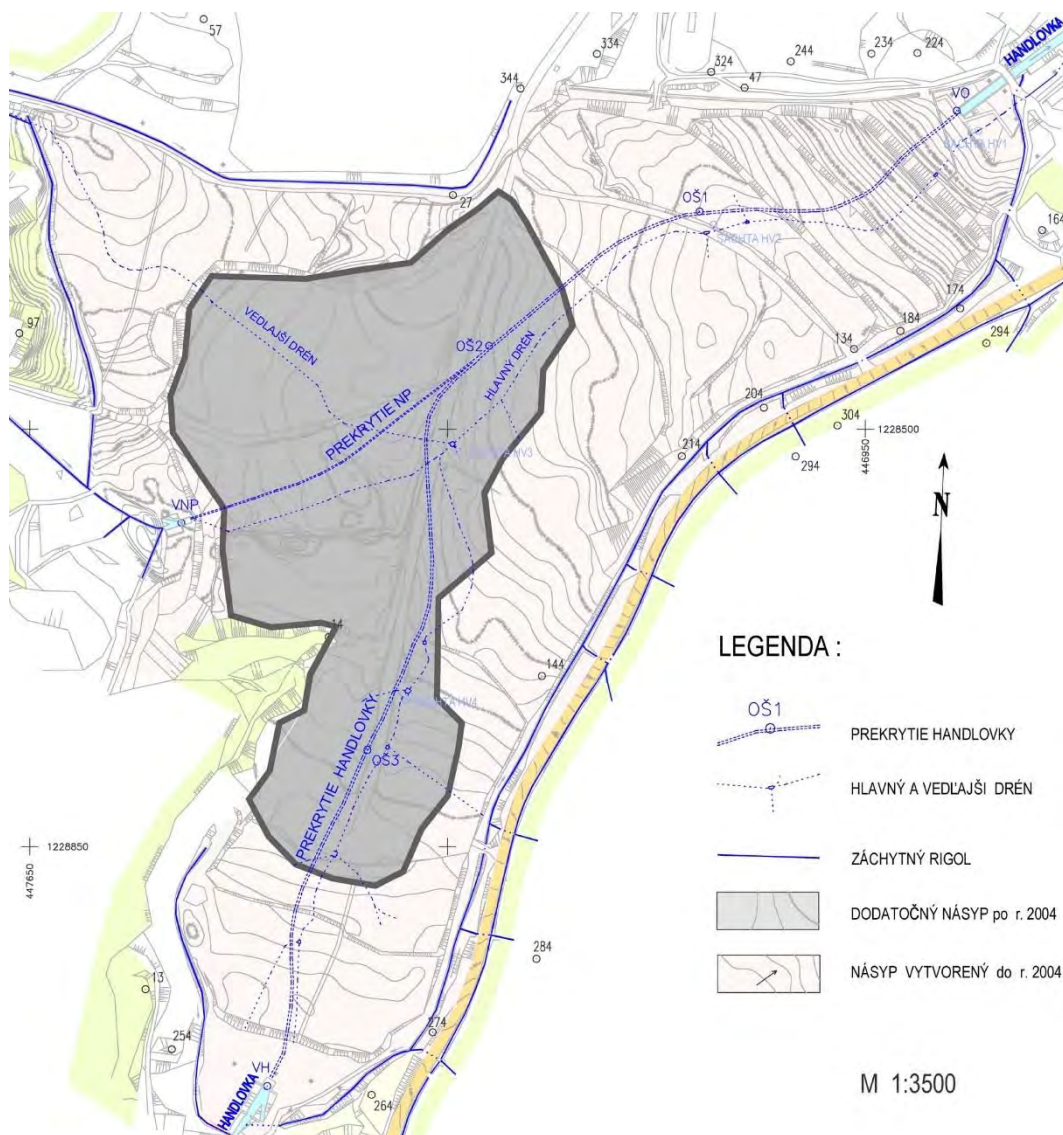
Stručná charakteristika lokality

Po katastrofálnom zosuve na východnom svahu rieky Handlovky, ktorý vznikol v decembri 1960 a viackrát sa aktivizoval, a po preukázaní nestability ďalších úsekov svahov na obidvoch brehoch Handlovky, vznikla nutnosť stabilizácie celého územia v priestore pod Svetlým vrchom. Ako najvhodnejšie opatrenie bola vybraná realizácia Stabilizačného násypu, ktorý sa po preložení vôd Handlovky a Nepomenovaného potoka do potrubia začal navázať z banskej hlušiny, vznikajúcej pri ťažbe v bani Handlová. Stabilizačný násyp (SN) rozopiera obidva zosuvné svahy a má stabilizačný účinok na prevádzku štátnej cesty I. triedy i bezpečnosť obytnej zástavby v najbližšom okolí (obr. 4.43.1).



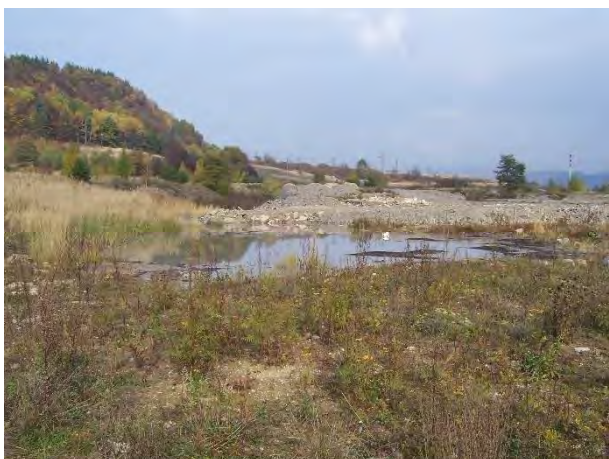
Obr. 4.43.1. Lokalita Handlová – situovanie Stabilizačného násypu na úpätí svahu katastrofálneho zosuvu z roku 1960/1961. 1 – morfológické ohraničenie katastrofálneho zosuvu, 2 – povrchové odvodňovacie rigoly, 3 – horizontálne odvodňovacie vrtý, 4 – geodetické body, 5 – inklinometrické vrtý, 6 – ohraničenie 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. 4.41.2). Žiaľ, v poslednom období dochádza k nekoordinovanému ukladaniu rôznych nevhodných materiálov v rôznych častiach násypu (obr. 4.43.3).



Obr. 4.43.2. Aktuálny stav dosypávania Stabilizačného násypu po roku 2004.

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



Obr. 4.43.3. 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 2015 a 2016

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2015 a 2016 na lokalite Stabilizačný násyp Handlová, sú zhrnuté v tab. 4.43.1.

Tab. 4.43.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v rokoch 2015 a 2016

Metódy monitorovania	Monitorovacie objekty		Počet uskutočnených meraní (dátum merania)	
	Počet	Označenie	2015	2016
Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody	12	M-1, M-2, M-3, N-1, N-2, N-3, N-4, NV-105, NV-7, NV-8, PV-107, PV-4	9 (1x za mesiac)	12 (1x za mesiac)
	25	H-1, H-2, H-3, H-4, H-5, H-6, H-7, IN-1, IN-2, IN-3A, IN-4, INV-4, MP-1, NV-109, NV-110, NV-111, NV-112, NV-14, PV-109, PV-110, PV-111, PV-112, PV-14, PV-19A, PV-19B	35 (2x za mesiac)	53 (1x za týždeň)
Meranie zrážkových úhrnov	1	Stanica SHMÚ: Handlová (indikatív 30080)	Denné úhrny zrážok	

Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2015 a 2016 a za dlhšie obdobie pozorovania

a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite je na sledovanie režimových ukazovateľov využívaných 27 monitorovacích objektov. Ich situovanie je znázornené na obr. 4.43.4. Dvanásť objektov je monitorovaných v mesačnom a 25 v týždennom režime. 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).

V roku 2015 bolo v 25 vrtoch zabezpečených 35 kontrolných meraní (3. január – 26. december) a v 12 pozorovacích vrtoch bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní. Maximálna hladina podzemnej vody bola podobne ako v predchádzajúcom roku nameraná vo vrte N-1 (0,02 m pod terénom – 489,23 m n. m. – 3. január). V ostatných vrtoch sa maximálne hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale 0,30 (M-2) až 18,09 m pod terénom (H-6). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody nachádzala vo vrte H-6 (min. hladina podzemnej vody 18,14 m pod terénom bola nameraná dňa 28. novembra). Priemerná

hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 8,16 m pod terénom. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte PV-19A (7,31 m).

Tab. 4.43.2. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2015

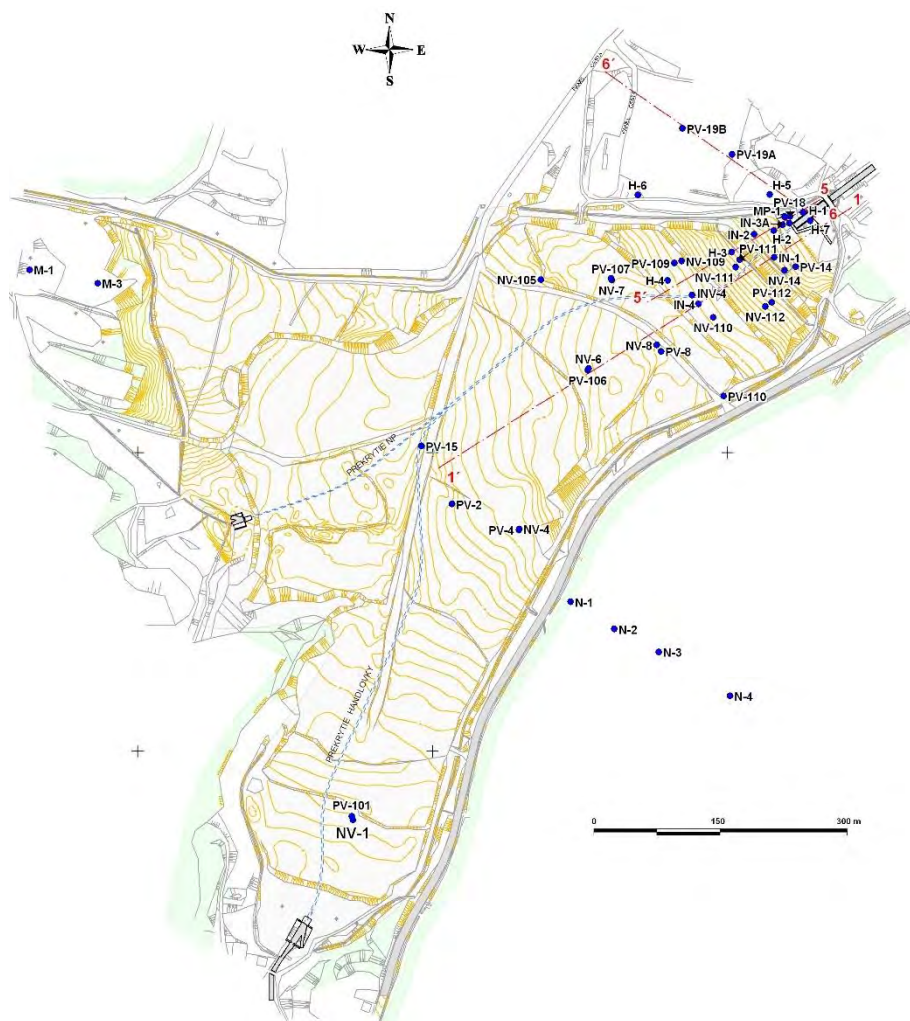
Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
H-1	35	2,69	452,20	21.11.15	5,06	449,83	12.09.15	4,83	450,06	2,37
H-2	35	9,30	452,17	03.01.15	9,88	451,59	31.10.15	9,72	451,75	0,58
H-3	35	5,90	463,90	03.01.15	8,76	461,04	14.11.15	7,81	461,99	2,86
H-4	35	14,14	463,91	02.05.15	14,55	463,50	26.09.15	14,30	463,75	0,41
H-5	35	4,52	456,32	03.01.15	8,10	452,74	14.11.15	7,51	453,33	3,58
H-6	35	18,09	456,23	02.05.15	18,14	456,18	28.11.15	18,11	456,21	0,05
H-7	35	3,35	450,63	05.12.15	3,89	450,09	31.10.15	3,78	450,20	0,54
IN-1	35	5,76	457,30	02.05.15	7,17	455,89	31.10.15	6,78	456,28	1,41
IN-2	35	2,26	460,87	05.12.15	2,76	460,37	10.10.15	2,55	460,58	0,50
IN-3A	35	8,41	452,19	03.01.15	8,97	451,63	26.09.15	8,82	451,78	0,56
IN-4	35	11,30	465,78	03.01.15	18,10	458,98	21.11.15	14,84	462,24	6,80
INV-4	35	12,38	464,73	05.12.15	13,32	463,79	24.10.15	13,14	463,97	0,94
M-1	9	1,93	514,80	03.01.15	4,67	512,06	31.10.15	3,85	512,88	2,74
M-2	9	0,30	539,55	03.01.15	2,15	537,70	31.10.15	1,31	538,54	1,85
M-3	9	1,50	506,39	03.01.15	3,99	503,90	31.10.15	2,78	505,11	2,49
MP-1	35	2,43	457,62	21.11.15	2,81	457,24	12.09.15	2,57	457,48	0,38
N-1	9	0,02	489,23	03.01.15	0,99	488,26	03.10.15	0,41	488,84	0,97
N-2	9	0,91	494,64	03.01.15	2,56	492,99	03.10.15	1,86	493,69	1,65
N-3	9	0,62	498,14	03.01.15	2,29	496,47	03.10.15	1,56	497,20	1,67
N-4	9	0,48	506,68	03.01.15	4,34	502,82	31.10.15	2,55	504,61	3,86
NV-105	9	10,60	474,39	31.10.15	11,50	473,49	03.10.15	10,99	474,00	0,90
NV-109	35	8,23	468,95	03.01.15	8,47	468,71	14.11.15	8,36	468,82	0,24
NV-110	35	6,12	470,95	05.12.15	12,94	464,13	21.11.15	11,02	466,05	6,82
NV-111	35	8,72	461,66	05.12.15	9,08	461,30	13.06.15	9,04	461,34	0,36
NV-112	35	9,22	461,90	02.05.15	9,66	461,46	26.12.15	9,47	461,65	0,44
NV-14	35	6,85	456,14	03.01.15	7,31	455,68	10.10.15	7,08	455,91	0,46
NV-7	9	15,96	466,45	03.01.15	17,10	465,31	28.11.15	16,45	465,96	1,14
NV-8	9	11,81	471,46	02.05.15	12,45	470,82	01.08.15	12,15	471,12	0,64
PV-107	9	15,12	467,23	03.01.15	16,46	465,89	28.11.15	15,72	466,63	1,34
PV-109	35	8,46	468,58	03.01.15	8,89	468,15	13.06.15	8,71	468,33	0,43
PV-110	35	10,05	466,96	03.01.15	10,74	466,27	05.12.15	10,28	466,73	0,69
PV-111	35	8,00	461,97	05.12.15	8,65	461,32	29.08.15	8,53	461,44	0,65
PV-112	35	9,25	461,02	16.05.15	12,63	457,64	17.10.15	11,86	458,41	3,38
PV-14	35	3,52	458,29	05.12.15	4,78	457,03	10.10.15	4,36	457,45	1,26
PV-19A	35	6,65	460,24	05.12.15	13,96	452,93	10.10.15	13,27	453,62	7,31
PV-19B	35	1,11	473,75	02.05.15	7,99	466,87	11.07.15	6,11	468,75	6,88
PV-4	9	9,16	481,82	03.01.15	9,61	481,37	03.10.15	9,45	481,53	0,45

V aktuálne hodnotenom roku 2016 sa pokračovalo v meraniach v 37 vrtoch a zabezpečených bolo 53 kontrolných meraní (2. január – 30. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná opätovne vo vrte N-1 (0,33 m nad terénom – 489,58 m n. m.). Tento extrémne vysoký stav hladiny podzemnej vody bol vo vrte pozorovaný 5. marca. Pozitívna vztlaková úroveň bola vo vrte pozorovaná aj na konci júla a začiatkom decembra. Nad terén vystúpila hladina podzemnej vody aj vo vrte N-4 5. júna (0,26 m nad terénom; 507,42 m n. m.). Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa nachádzali v intervale -0,33 až 17,69 m pod terénom (vrt H-6). Vyskytovali sa od 16. januára (vrt NV-14) do 22. októbra (napr. vrt H-4), výrazne však dominoval termín 5. marec. Počas tohto merania bola maximálna hladina nameraná až v 17 vrtoch. Pomerne výrazné zastúpenie maximálnych stavov bolo i počas dvoch februárových termínov meraní (13. február – maximum vo 8 vrtoch a 20. február – maximum v 4 vrtoch). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte H-6 (min. hladina podzemnej vody 18,12 m pod terénom bola nameraná dňa 2. januára). Minimálne hladiny podzemnej vody boli v jednotlivých vrtoch zaznamenávané v rôznych termínoch, prakticky počas celého roka. 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 počas januárových meraní. Ide o vrty

H-4, H-6, PV-109, INV-4, PV-110, NV-7, PV-107, M-1 a NV-8. Vo väčšine vrtov sa ale vyskytovali v letnom a jesennom období, najčastejšie 1. októbra. V roku 2016 boli 2 vrtoch pozorované, že pozemné vody klesli pod úroveň dna vrtu – vrty boli teda suché (počas 2 meraní, vrty H-4 a PV-109).

Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2016 hĺbku 7,55 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku vzostup o 0,61 m. Priemerné hĺbky sa pohybovali v rozsahu od 0,17 (vrt N-1) do 17,79 m pod terénom (vrt H-6). Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte PV-19A (13,46 m). Najmenšie zmeny boli zas pozorované vo vrte MP-1, a to len 0,13 m. Podobné nízke hodnoty kolísania boli pozorované aj vo vrtoch NV-109, NV-112, H-6, NV-14, IN-2, IN-3A, NV-105, NV-111, H-2, N-1 a PV-111. Amplitúda v týchto vrtoch sa pohybovala v rozsahu od 0,21 – do 0,74 m.

Pri porovnaní nameraných údajov v roku 2016 s údajmi za celé monitorované obdobie (od 2003 do 2015) vyplýva, že dlhodobé maximá boli prekročené vo 8 vrtoch (H-1 – 1,92 m pod terénom – 452,97 m n. m., H-2 – 8,98 m pod terénom – 452,49 m n. m., H-5 – 2,31 m pod terénom – 458,53 m n. m., H-7 – 2,92 m pod terénom – 451,06 m n. m., IN-1 – 4,86 m pod terénom – 458,20 m n. m., IN-3A – 8,15 m pod terénom – 452,45 m n. m., N-4, – 0,26 m nad terénom – 507,42 m n. m., PV-109 – 7,83 m pod terénom – 469,21 m n. m.). Všetky tieto extrémne hodnoty boli dosiahnuté počas prvého polroku, prevažne počas februára a marca.



Obr. 4.43.4. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp. Situácia piezometrických vrtov na meranie hĺbky hladiny podzemnej vody.

Tab. 4.43.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2016

Bod	Počet meraní	Max. úroveň hpv			Min. úroveň hpv			Priem. úroveň hpv		Max. kolísanie hpv [m]
		pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	dátum merania	pod ter. [m]	nad mor. [m n. m.]	
H-1	53	1,92	452,97	13.02.16	4,99	449,90	15.10.16	4,35	450,54	3,07
H-2	53	8,98	452,49	05.03.16	9,72	451,75	09.07.16	9,50	451,97	0,74
H-3	53	5,73	464,07	13.02.16	8,47	461,33	13.08.16	6,55	463,25	2,74
H-4	53	13,81	464,24	22.10.16	15,55	462,50	02.01.16	14,25	463,80	1,74
H-5	53	2,31	458,53	20.02.16	7,95	452,89	15.10.16	6,53	454,31	5,64
H-6	53	17,69	456,63	12.06.16	18,12	456,20	02.01.16	17,79	456,53	0,43
H-7	53	2,92	451,06	13.02.16	4,17	449,81	20.08.16	3,84	450,14	1,25
IN-1	53	4,86	458,20	13.02.16	7,02	456,04	06.08.16	6,34	456,72	2,16
IN-2	53	2,01	461,12	13.02.16	2,59	460,54	23.07.16	2,37	460,76	0,58
IN-3A	53	8,15	452,45	05.03.16	8,78	451,82	02.01.16	8,56	452,04	0,63
IN-4	53	10,32	466,76	12.03.16	17,19	459,89	15.10.16	13,27	463,81	6,87
INV-4	53	12,09	465,02	05.03.16	13,30	463,81	09.01.16	12,79	464,32	1,21
M-1	12	1,23	515,50	05.03.16	4,05	512,68	02.04.16	3,22	513,51	2,82
M-2	12	0,08	539,77	05.03.16	2,17	537,68	01.10.16	1,05	538,80	2,09
M-3	12	1,56	506,33	05.03.16	2,83	505,06	01.10.16	2,08	505,81	1,27
MP-1	53	2,41	457,64	13.02.16	2,54	457,51	09.07.16	2,49	457,56	0,13
N-1	12	-0,33	489,58	05.03.16	0,41	488,84	01.10.16	0,17	489,08	0,74
N-2	12	0,63	494,92	05.03.16	2,15	493,40	01.10.16	1,44	494,12	1,52
N-3	12	0,27	498,49	05.03.16	1,92	496,84	02.07.16	1,06	497,70	1,65
N-4	12	-0,26	507,42	05.06.16	2,70	504,46	02.07.16	1,03	506,14	2,96
NV-105	12	10,50	474,49	05.03.16	11,19	473,80	01.10.16	10,77	474,23	0,69
NV-109	53	8,15	469,03	20.02.16	8,36	468,82	01.10.16	8,27	468,91	0,21
NV-110	53	3,54	473,53	22.10.16	12,90	464,17	15.10.16	9,43	467,64	9,36
NV-111	53	8,38	462,00	13.02.16	9,08	461,30	07.05.16	8,94	461,44	0,70
NV-112	53	9,34	461,78	05.03.16	9,70	461,42	15.10.16	9,60	461,52	0,36
NV-14	53	6,84	456,15	16.01.16	7,28	455,71	09.07.16	6,95	456,04	0,44
NV-7	12	15,71	466,70	05.03.16	17,19	465,22	30.01.16	16,54	465,87	1,48
NV-8	12	10,02	473,25	05.03.16	11,83	471,44	02.04.16	11,17	472,10	1,81
PV-107	12	14,00	468,35	05.03.16	17,29	465,06	30.01.16	16,42	465,93	3,29
PV-109	53	7,83	469,21	20.02.16	10,21	466,83	02.01.16	8,62	468,42	2,38
PV-110	53	4,46	472,55	22.10.16	10,22	466,79	09.01.16	6,71	470,30	5,76
PV-111	53	7,90	462,07	05.03.16	8,64	461,33	16.07.16	8,30	461,67	0,74
PV-112	53	9,30	460,97	05.03.16	12,39	457,88	15.10.16	11,11	459,16	3,09
PV-14	53	3,21	458,60	22.10.16	4,37	457,44	16.07.16	3,99	457,82	1,16
PV-19A	53	0,47	466,42	13.02.16	13,93	452,96	08.10.16	11,10	455,79	13,46
PV-19B	53	0,17	474,69	20.02.16	8,02	466,84	30.07.16	3,58	471,28	7,85
PV-4	12	6,72	484,26	05.03.16	9,49	481,49	01.10.16	9,12	481,86	2,77

e/ Merania zrážkových úhrnov

Hodnotenie zrážkových úhrnov zo zrážkomernej stanice Handlová je analogické ako pri lokalite 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.

V roku 2016 bola pozornosť venovaná najmä monitorovaniu hĺbky hladiny podzemnej vody. Od decembra sa podarilo obnoviť merania výdatnosti na Hlavnom dréne. Posledné meranie na tomto objekte bolo vykonané v októbri 2010. Počas roku 2016 boli zabezpečené 4 merania. Hodnoty výdatnosti sa pohybovali na úrovni priemeru za obdobie rokov 2008 až 2010.

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.

Pri hodnotení hladín podzemnej vody sledovaných v piezometroch možno konštatovať, že v roku 2016 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k nárastu priemernej hodnoty (odvodenej z priemerných hĺbok hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch). Z výsledkov meraní 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.

Taktiež treba upozorniť na nepriaznivý stav pravostrannej priekopy medzi štátnou cestou I/50 a okrajom Stabilizačného násypu, ktorá sa zanáša prívalovým bahnom z násypu a jej funkčnosť sa tým podstatne znižuje.

2. ZÁVER

V rámci pod systému „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2015 vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – zosúvania (30 pozorovaných lokalít), plazenia (4 lokality) a náznakov aktivizácie rúťivých 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 2015 monitorovalo 43 lokalít. V roku 2016 sme prerušili monitorovacie aktivity na štyroch zosuvných lokalitách (Lenartov, Lukov, Košice-Dargovských hrdinov a Lipovník). 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.

Hlavné výsledky monitorovania svahových pohybov v roku 2016

Lokality zo skupiny zosúvania sa monitorovali súborom metód zaznamenávajúcich posuny alebo deformácie meraných objektov (metódy geodetické a inklinometrické, diaľkový prieskum Zeme – PSInSAR) a stav najdôležitejších zosuvotvorných faktorov (režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení). Okrem tradičných spôsobov merania hladiny podzemnej vody, vykonávaných pozorovateľmi, boli roku 2016 na 15 lokalitách zabezpečené merania automatickými hladinomeri. V roku 2016 sa podarilo inštalovať automatické hladinomery na lokalitách Vyšná Hutka, Svätý Anton a Prešov-Pod Wilec Hôrkou. Zároveň pribudla lokalita Hodruša-Hámre, na ktorej bolo zariadenie nainštalované v období riešenia predchádzajúcich úloh. Začiatkom roka 2016 bol odinštalovaný hladinomer na lokalite Okolické z vrtu AH-2. Zariadenie bolo vážne poškodené, zničená bola anténa na prenos údajov (prostredníctvom siete GSM), ako aj ochranná skrinka. V závere roka 2016 bolo v prevádzke 24 automatických hladinomerov, ktoré zaznamenávajú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody kontinuálne (s frekvenciou 1 hodina). V súčasnosti jeden z nich, na lokalite Veľká Čausa, má v sebe integrovaný systém včasného varovania.

Pri opise výsledkov monitorovacích meraní v skupine svahových pohybov charakteru zosúvania kladieme najväčší dôraz na hodnotenie stability monitorovaného územia. Tento stav najlepšie dokumentujú merania pohybovej aktivity. Ide o merania inklinometrické (v roku 2016 boli aplikované na 24 lokalitách), geodetické (metódy: terestrická a GNSS; v roku 2016 boli aplikované na 4 lokalitách) a technológiu InSAR, ktorá bola v roku 2016 aplikovaná na 2 lokalitách. Lokality, na ktorých boli vykonané a vyhodnotené tieto merania, je možné na základe dosiahnutých výsledkov účelovo rozdeliť do viacerých kategórií.

Na základe vyhodnotenia inklinometrických meraní, ktoré boli v roku 2016 zabezpečené v rozsahu jedno až tri merania, možno konštatovať, že extrémne vysoká pohybová aktivita bola sledovaná na troch zosuvoch. Počas jednotlivých etáp meraní presahovali namerané deformácie 20 mm, pričom výsledné priemerné rýchlosti v niektorých prípadoch presahovali aj 100 mm.rok⁻¹. Konkrétne ide o časti zosuvov, ktoré postihujú obce Kľačany, Nižná Myšľa a Vyšná Hutka.

V lome v katastri obce Kľačany došlo v roku 2016 ku kritickej deformácii vo vrte V2-INK a mimoriadne vysoké vektory pohybovej aktivity boli namerané aj vo vrtoch V3-INK a V6-INK. Vo vrte V2-INK bola 2. februára nameraná deformácia 0,80 mm (na šmykovej ploche v hĺbke 9,12 m pod terénom). Dlhodobá deformácia, zaznamenaná od 17. júla 2014 do 2. februára 2016, v sledovanej hĺbke dosiahla 14,64 mm. Následne, 9. mája bola približne v hĺbke 9 m pod terénom zaznamenaná kritická deformácia – nepriechodnosť vrtu. Predpokladáme, že v čase medzi jednotlivými etapami došlo k veľmi výraznej deformácii – niekoľko desiatok mm. Najväčšia zaznamenaná deformácia bola nameraná vo vrte V3-INK počas októbrového merania (v hĺbke – 24 m; deformácia – 57,88 mm). Pomerne vysoká

deformácia bola zaznamenaná i vo vrte V6-INK; v období od 2. februára 2016 do 9. mája 2016 bola v hĺbke 24 m nameraná deformácia 37,01 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu až 139,45 mm.rok⁻¹.

Veľké priestorové zmeny boli v území lomu zaznamenané i geodetickými metódami. Metódou terestrickej geodézie boli najväčšie posuny namerané nad západnou lomovou stenou (bod R3 – posun 1060 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 922,02 mm.rok⁻¹) a na bode 640, ktorý sa nachádza v centrálnej časti zosuvného územia (posun 543,87 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 472,65 mm.rok⁻¹). Za zmienku stojí i posun nameraný počas monitorovaného obdobia na geodetickom bode (P4). Tento bod sa nachádza v blízkosti (cca na úrovni) vodnej plochy – „Veľkého jazera“. Namerané posuny poukazujú na možný pohyb po hlbších šmykových (deformačných) zónach. Mimoriadnu aktivitu naznačujú aj výsledky fotogrametrických meraní. Zmeny konfigurácie svahu sú prevažne v rozsahu 0,3 m až cca 1 m, nezriedka však presahujú 2 m.

Na lokalite Nižná Myšľa, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, pretrvávala najvyššia pohybová aktivita v oblasti nad školou. Vo vrte INK-53 v hĺbke 3,19 m pod terénom bola počas jarneho merania, ktoré charakterizuje pohybovú aktivitu od 27. októbra 2015 do 28. apríla 2016, zaznamenaná deformácia 26,46 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 52,49 mm.rok⁻¹. Dlhodobá priemerná rýchlosť (august 2012 – apríl 2016) na sledovanej šmykovej ploche dosahuje 17,29 mm.rok⁻¹. Počas jarnej etapy boli vysoké deformácie namerané aj vo vrte INK-52. V hĺbke 4,99 m pod terénom bola nameraná deformácia 10,07 mm (19,97 mm.rok⁻¹). Vrt sa nachádza cca 100 m východným smerom od vrtu INK-53. Prakticky rovnaký charakter pohybovej aktivity bol zaznamenaný aj vo vrte INK-34, ktorý je situovaný v južnej časti ulice Varhedná. Vysoká pohybová aktivita bola nameraná aj vo vrte INM-2 v období od 19. júla do 10. novembra. V hĺbke 1,78 m pod terénom bol nameraný vektor 10,79 mm (34,55 mm.rok⁻¹). Vo vrtoch INK-44 a INK-12 boli minimálne počas jednej etapy namerané deformácie v rozsahu 4,50 – 5,14 mm. V ostatných monitorovaných vrtoch prevládali deformácie v rozsahu 1,0 – 3,91 mm. V zosuvnom území naďalej prevládajú veľmi nízke výdatnosti odvodňovacích vrtov, ktoré predstavujú jedno z hlavných sanačných opatrení. Väčšina z 37 odvodňovacích vrtov je dlhodobo suchá, resp. odvádza podzemnú vodu len v minimálnej miere.

V obci Vyšná Hutka, podobne ako i v minulosti, bola najväčšia pohybová aktivita zaznamenaná vo vrte VHI-3. V hĺbke 5,51 m pod terénom bola nameraná deformácia 22,72 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 45,57 mm.rok⁻¹. V porovnaní s predchádzajúcimi meraniami došlo k výraznej zmene azimutu. V rovnakej etape boli mimoriadne vysoké hodnoty deformácie namerané aj vo vrte VHI-1A. V hĺbke cca 4 m bola nameraná deformácia 15,17 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 30,43 mm.rok⁻¹. Počas nasledujúcich etapových meraní (19. august a 12. december) došlo v tomto vrte k miernemu poklesu etapových prírastkov deformácií. Priemerná rýchlosť v sledovanom horizonte sa i napriek tomu pohybovala nad 22,0 mm.rok⁻¹. Výsledná deformácia na šmykovej ploche, a to i napriek krátkemu obdobiu monitorovania (od októbra 2014), dosiahla 48,94 mm. Dosiahnutá priemerná rýchlosť (22,41 mm.rok⁻¹) za sledované obdobie patrí medzi najvyššie v rámci celého monitorovacieho systému. Inklinometrický vrt sa nachádza v severovýchodnej časti obce. Deformácia nad 5 mm bola nameraná vo vrte VHI-1 (6,08 mm – 12,20 mm.rok⁻¹). V ostatných vrtoch sa pohybová aktivita na sledovaných šmykových plochách vyvíjala v rozsahu od 0,22 do 2,28 mm.

Druhú kategóriu z hľadiska hodnotenia stabilitných pomerov predstavujú zosuvné lokality, na ktorých boli namerané mimoriadne vysoké hodnoty pohybovej aktivity (deformácie na sledovaných šmykových plochách v rozsahu od 10 do 20 mm). Ide o zosuvné územia Prievidza-Hradec, Červený Kameň, Handlová-Morovnianske sídlisko a Veľká Čausa.

Stabilitná situácia na lokalite Prievidza-Hradec je sledovaná súčasne dvomi nezávislými technológiami. Základnú informáciu o pohybovej aktivite vo vybraných častiach obce podávajú

výsledky meraní metódou presnej inklinometrie. Z výsledkov meraní vyplýva, že dlhodobá najaktívnejšou časťou územia je ulica Na Stanište a k nej príľahlá ulica Lesná. Najvyššie deformácie boli namerané v inklinometrických vrtoch IGH-5i a IGP-10i počas jarnej etapy, ktorá trvala od 10. decembra 2015 do 23. mája 2016 (IGH-5i – 10,32 mm – 22,82 mm.rok⁻¹; IGP-10i – 14,99 mm – 33,16 mm.rok⁻¹). Z dôvodu, že zosuv priamo ohrozuje početnú skupinu obyvateľov spomenutých ulíc a prejavuje sa deštruktívne na stavebných objektoch, bola v polovici septembra do vrtu IGP-10i inštalovaná stacionárna inklinometrická sonda. Merania, vykonávané do 8. decembra 2016, potvrdili, že územie je neustále v pohybe. Denné priemerné rýchlosti deformácie sa pohybovali v rozsahu od 7,06 (20. október) do 68,28 mm.rok⁻¹ (20. november). Výsledky inklinometrických meraní dopĺňajú údaje diaľkového prieskumu Zeme, založeného na technológii družicovej radarovej interferometrie (PSInSAR). Z analýz družicových údajov vyplýva, že pohybovo aktívna je prevažná časť územia mestskej štvrte Prievidze – Hradec; stabilnú časť predstavuje len jej najsevernejšia oblasť. Problémové miesta, teda územia, kde aktuálne dochádza k pozorovateľným deštruktívnym prejavom na stavebných objektoch, sú oblasti kontaktu aktívnych a stabilnejších území. Najväčšie rýchlosti pohybu (nad 20 mm.rok⁻¹) sú pozorované v centrálnej časti mestskej štvrte (ulica 1. mája). Táto oblasť sa zosúva – „vezie“ bez viditeľného negatívneho dopadu na stavebných objektoch. Vybudované sanačné opatrenia – odvodňovacie vrty, aj keď prakticky nepretržite odvádzajú podzemné vody, majú nepostačujúci dosah na stabilitu územia.

V obci Červený Kameň došlo v jarných mesiacoch k výraznému nárastu pohybovej aktivity. Na šmykovej ploche v hĺbke 3,5 m v jedinom inklinometrickom vrte KIN-1 bola 30. mája nameraná deformácia 14,14 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 43,73 mm.rok⁻¹. Nasledujúce meranie realizované v prvej polovici decembra potvrdilo pokles pohybovej aktivity.

Na lokalite, súhrnne označenej ako Handlová-Morovnianske sídlisko sú od roku 2015 zabezpečované inklinometrické merania v dvoch samostatne sa stabilne vyvíjajúcich územiach. Mimoriadne aktívne sa prejavilo územie v oblasti Jánošíkovej cesty. Od prvej polovice novembra 2015 do druhej polovice mája 2016 bola v hĺbke 6,57 m pod terénom nameraná deformácia 12,31 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 22,46 mm.rok⁻¹. Opačná situácia je v časti nad železničným oblúkom. Od roku 2015 je v tejto oblasti inštalovaný stacionárny inklinometer. Zároveň tu prebiehajú i etapové merania za účelom hĺbkovej optimalizácie umiestnenia stacionárnej inklinometrickej sondy. Všetky vykonané merania v tomto vrte poukázali na priaznivý stabilný vývoj. Problematickejšia je situácia v prípade odvádzania vôd, zachytených drenážnymi zariadeniami. I napriek tomu, že v území v nedávnej minulosti prebehla rozsiahla rekonštrukcia, zameraná na prečistenie odvodňovacích zariadení, v roku 2016 sme evidovali zapchatú odvodňovaciu šachtu/potrúbie, ktorá dovádza vodu zo skupiny vrtovej „B“. Voda z tohto zariadenia vyteká nekontrolovane. Z tohto dôvodu nebolo možné zabezpečiť merania výdatnosti na tomto objekte.

V roku 2016 došlo k nárastu pohybovej aktivity aj v obci Veľká Čausa. Aktuálne dochádza k celoplošnému nárastu pohybovej aktivity v centrálnej časti zosuvu, teda v oblasti, ktorá priamo ohrozuje objekty individuálnej bytovej výstavby v južnej časti obce. Najvyššia deformácia bola nameraná vo vrte VČ-9. Relatívne plytko pod terénom v hĺbke 1,98 m bola nameraná deformácia 10,70 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 6,89 mm.rok⁻¹. Vo vrte VČ-1, ktorý sa nachádza v blízkosti obývaného rodinného domu bola počas jarnej etapy dosiahnutá priemerná rýchlosť deformácie 14,58 mm.rok⁻¹ a následne počas jesennej 16,45 mm.rok⁻¹. V tejto súvislosti treba poznamenať, že ide o najvyššie priemerné rýchlosti zaznamenané od roku 1997. Vysoké hodnoty etapových vektorov boli namerané aj vo vrtoch VE-4 a VČ-12. Všetky spomenuté objekty sa nachádzajú na severne orientovanom svahu v južnej časti intravilánu obce. Tento svah má dlhodobé problémy s odvádzaním povrchových vôd. Vybudované odvodňovacie rigoly v dôsledku starnutia (zarastenia vegetáciou) prestali

plniť svoju funkciu a v súčasnosti skôr prispievajú k infiltrácii povrchových vôd do horninového – zosuvného prostredia, než by plnili svoj odvodňovací význam. Na tieto skutočnosti dlhodobo, žiaľ bezvýsledne, upozorňujeme obecné zastupiteľstvo.

V minulosti, v rokoch 2014 a 2015, ale čiastočne i v aktuálne hodnotenom roku, došlo k intenzívnemu svahovému pohybu v západnej časti obce (geodetický bod P-2 – posun v roku 2016 dosiahol 33,12 mm).

Počas pravidelných kontrolných meraní sme v obci zaregistrovali rozsiahlejšie terénne úpravy za účelom investičnej výstavby vo východnej časti obce. Dotknuté územie je potenciálne náchylné na zosúvanie, najmä vyššie položené časti územia so stavebným zámerom. Vysokú náchylnosť územia dokumentuje séria aktivizácií zosuvu nad južnou časťou obce, naposledy na jar roku 1995. Z tohto dôvodu sme upozornili vedenie obce, aby táto skutočnosť bola zohľadnená investormi IBV v projekčnej, ako aj realizačnej časti výstavby. Poukazujeme najmä o zvolenie vhodného spôsobu založenia stavebných objektov, citlivého prístupu pri terénnych úpravách (zárezy, odrezy, násypy a prísypy) a najmä spoľahlivého odvedenia zachytených zrážkových a splaškových vôd.

Do ďalšej skupiny zosuvných lokalít, ktorú možno z hľadiska hodnotenia pohybovej aktivity označiť ako veľmi vysokú, zaradujeme svahové deformácie v katastrálnych územiach Nižná Hutka, Kapušany, Ďačov a Svätý Anton. Namerané deformácie na uvedených lokalitách minimálne počas jednej etapy prekročili hranicu 5 mm.

V obci Nižná Hutka bola najvyššia deformácia nameraná v prvej polovici apríla na málo výraznej šmykovej ploche v hĺbke 5,26 m pod terénom s veľkosťou 6,72 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 14,77 mm.rok⁻¹. V ostatných vrtoch deformácie dosahovali prevažne veľkosti od 0,2 do 1,22 mm a len vzácné presiahli 2 mm (NHI-1). Podobná situácia je i v obci Kapušany. Deformácia nad 5 mm bola nameraná len vo vrte INK-9. V hĺbke 1,45 m pod terénom bola nameraná deformácia 6,21 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 11,45 mm.rok⁻¹. V obci Ďačov je svahovými poruchami postihnutá prakticky celá časť intravilánu na ľavom brehu Ďačovského potoka. Najvyššia deformácia bola podobne ako v predchádzajúcom období nameraná vo vrte DA-1. V hĺbke 2,49 m pod terénom bola nameraná deformácia 5,63 mm (za obdobie 9 mesiacov), čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 7,67 mm.rok⁻¹. V porovnaní s predchádzajúcim meraním z druhej polovice októbra 2015 došlo k poklesu pohybovej aktivity. Tento zostupný trend pohybovej aktivity potvrdilo i novembrové meranie, kedy nameraná deformácia dosiahla 1,50 mm.

Lokalita **Svätý Anton** je monitorovaná od roku 2015. Najväčšia deformácia (v hĺbke 8,20 m pod terénom – 5,00 mm – 5,24 mm.rok⁻¹) bola nameraná 24. mája 2016. V nasledujúcom období došlo k pomerne výraznému poklesu pohybovej aktivity.

Medzi lokality so zvýšenou pohybovou aktivitou je možné na základe nameraných ukazovateľov zaradiť nasledujúce zosuvné územia: Bardejovská Zábava, Fintice, Handlová – zosuv z roku 1960, Handlová-Kunešovská cesta, Hodruša-Hámre, Okoličné, Prešov-Horárska ul. a Prievdza-Veľká Lehôtka. Na uvedených lokalitách boli minimálne počas jednej monitorovacej etapy zaznamenané deformácie inklinometrickej pažnice (na úrovni sledovanej šmykovej plochy) v rozsahu 2 až 5 mm. Najvyššia deformácia bola nameraná na lokalite Prešov-Horárska ul. vo vrte JH-2A. V hĺbke 4,45 m pod terénom bola nameraná deformácia 4,90 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 4,33 mm.rok⁻¹ a zároveň i najvyššiu deformáciu v sledovanom horizonte počas monitorovaného obdobia. V ostatných vrtoch bol v porovnaní s predchádzajúcim rokom pozorovaný prevažne pokles pohybovej aktivity.

Výraznejší nárast pohybovej aktivity, v porovnaní s rokom 2015, bol pozorovaný na lokalite Prievdza-Veľká Lehôtka. Vo vrtoch IGP-4iN, IGP-8i, IGP-7i a IGR-5i boli namerané najväčšie deformácie za celé monitorované obdobie. Veľkosti nameraných deformácií v uvedených vrtoch sa nachádzali v rozsahu 1,5 – 3,14 mm, čo predstavuje priemerné rýchlosti od 3,42 do 7,20 mm.rok⁻¹. Nárast pohybovej aktivity bol zaznamenaný aj na lokalite

Bardejovská Zábava. V období od 15. mája 2015 do 26. apríla 2016 bola v hĺbke 2,11 m pod terénom nameraná deformácia 2,88 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu $3,03 \text{ mm.rok}^{-1}$. I keď pri nasledujúcej etape bol nameraný vektor s nižšou absolútnou hodnotou (1,48 mm), rastúci trend rýchlosti deformácie pretrval až do jesennej etapy inklinometrických meraní.

Na lokalite katastrofálneho zosuvu z roku 1960 v Handlovej bolo v roku 2015 obnovené sledovanie pohybovej aktivity vo vrte AH-1. Vrt je vystrojený stacionárnou inklinometrickou sondou a súčasne sú v ňom zabezpečované merania prenosným variantom (za účelom optimalizácie hĺbkového nastavenia stacionárnej sondy). Zo zrealizovaných meraní vyplýva mierny nárast pohybovej aktivity v hĺbke 14,69 m pod terénom.

Opačná situácia je na lokalite Hodruša-Hámre; zrealizované sanačné opatrenia pravdepodobne prispeli k postupnému poklesu deformácie v sledovanom území. V obidvoch monitorovaných vrtoch bol v roku 2016 zaznamenaný priaznivý stabilitný vývoj (merania z 24. októbra: PS-Z1 – 0,54 mm – $1,28 \text{ mm.rok}^{-1}$; IP-2 – 0,41 mm – $0,98 \text{ mm.rok}^{-1}$), a to i napriek skutočnosti, že v Dolnohodrušskom tajchu, ktorý je v priamom kontakte so zosuvným telesom, dochádza k napúšťaniu nádrže.

Na lokalitách **Fintice** a **Okoličné** je pohybová aktivita sledovaná súčasne dvoma monitorovacími metódami – inklinometrickými a geodetickými (GNSS) meraniami. Na zosuve vo Finticiach bola v posledných rokoch sledovaná vysoká pohybová aktivita v prechodovej časti zosuvu na sieti geodetických bodov. V roku 2016 však došlo k miernemu poklesu posunov. Najväčšie zmeny boli namerané v bode P-5 (v polohovom smere $15,17 \text{ mm} - 26,37 \text{ mm.rok}^{-1}$; v horizontálnom smere $6,00 \text{ mm} - 10,43 \text{ mm.rok}^{-1}$). Inklinometrické merania naznačujú istý nárast pohybu v odľučnej oblasti zosuvného územia (merania v týchto vrtoch majú, vzhľadom na neuspokojivý technický stav monitorovacích objektov, nižšiu výpovednú hodnotu). Na lokalite Okoličné bola zvýšená pohybová aktivita nameraná len v čele zosuvu, teda v blízkosti železničnej trati Žilina – Košice. Geodetické merania poukázali na pomerne priaznivý stabilitný stav.

Poslednou zo skupiny lokalít so zvýšenou pohybovou aktivitou je zosuvné územie v Handlovej nad Kunešovskou cestou. Od roku 2015 bola na zosuve v prevádzke stacionárna inklinometrická sonda (vo vrte JK-3). V roku 2016 po získaní obrazu o pohybovej aktivite v zosuvnom území, bola stacionárna sonda odinštalovaná (22. septembra) a premiestnená na lokalitu Prievidza-Hradec. Prenosným variantom inklinometrickej sondy bola zvýšená pohybová aktivita nameraná vo vrtoch JK-2 a JK-7.

Z hľadiska hodnotenia stability, resp. pohybovej aktivity bol najpriaznivejší vývoj zaznamenaný (na monitorovacích objektoch) na lokalitách Košice-Krásna, Petrovany, Vyšný Čaj a Žilina-Vranie. Namerané vektory deformácií na šmykových plochách nepresiahli 2 mm. I napriek priaznivým výsledkom je nutné upozorniť, že napríklad v oblasti zosuvu v obci Petrovany je monitorovací objekt situovaný nad odľučnou hranou plošného zosuvu, teda mimo zosuvné teleso a tým pádom získané a prezentované výsledky neodrážajú skutočný stabilitný vývoj zosuvného územia. Podávajú len informáciu o tom, či nedochádza k retrográdnemu rozširovaniu zosuvného telesa. Na ulici 1. mája v mestskej časti Košice-Krásna sa nachádza rozsiahle zosuvné územie, pričom monitorovacie aktivity sa sústreďujú len do oblasti parciálnej svahovej deformácie z roku 2010. V obci Vyšný Čaj došlo k miernemu upokojeniu pohybovej aktivity, avšak naďalej pretrvávajú technické problémy s podpovrchovým odvodnením. V obdobiach so zvýšenými prietokmi, vybudované potrubie kapacitne nepostačuje na odvádzanie vôd zo zbernej šachy, čím sa znižuje účinnosť odvodňovacích vrtoch. Na tento problém sme v minulosti upozornili i vedenie obce.

V roku 2016 neboli naplánované merania pohybovej aktivity na lokalitách Šenkvice a Ruská Nová Ves, a to i napriek skutočnosti, že zosuvné územia majú charakter relatívne aktívnych svahových deformácií. Dôvodom je nevyhovujúca monitorovacia sieť. Na lokalite

Ruská Nová Ves vybudovaný inklinometrický vrt nezasahuje do hĺbky šmykovej plochy a na lokalite Šenkvice vystrojenie inklinometrických vrtov nezodpovedá štandardom spoľahlivého monitorovacieho objektu. V oboch prípadoch boli monitorovacie aktivity sústredené len na režimové sledovanie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení. Z hľadiska hodnotenia efektívnosti odvodňovacích vrtov na lokalite Ruská Nová Ves je možné konštatovať, že vo vrte RHV-1 postupne dochádza k poklesu priemernej ročnej výdatnosti. Na lokalite Šenkvice nie je možné vykonávať merania výdatnosti hĺbkového odvodnenia, pretože do zberného potrubia vlastník príslušného rodinného domu pripojil kanalizačné potrubie so splaškovými vodami. Zberné potrubie ústi do povrchového recipientu, čím dochádza i k znečisťovaniu povrchových vôd. Na tento nelegálny stav boli upozornení predstavitelia samosprávy. Na lokalite Šenkvice sú v súčasnosti v prevádzke tri automatické hladinomery. Z výsledkov kontinuálneho záznamu o zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody vyplýva, že vybudovaná drenáž (stabilizačno-drenážne rebro; hĺbkové odvodnenie, prostredníctvom subhorizontálnych odvodňovacích vrtov) sa do veľkej miery podieľajú na znižovaní hladiny podzemnej vody. Pozorovateľný i trend zostupu hladiny podzemnej vody, a to najmä vo vrtoch, ktoré sú situované v spodnej časti svahu (PVZS-2 a 3). Výraznejší pokles hĺbky hladiny podzemnej vody bol pozorovaný hlavne po realizácii stabilizačno-drenážneho rebra.

Špecifické postavenie má lokalita Varhaňovce. Zosuvom postihnutá kolónia, nachádzajúca sa vo východnej až juhovýchodnej časti obce. V postihnutom území doteraz neboli zrealizované žiadne sanačné opatrenia. Vybudovaná tu bola len sieť monitorovacích objektov. Inklinometrické vrty v dôsledku mimoriadne vysokej pohybovej aktivity dosiahli počas krátkej doby kritickú deformáciu. Väčšina piezometrických vrtov bola zničená – zapchaná odpadkami z domácností. V súčasnosti je funkčný len jeden piezometrický vrt. Z výsledkov meraní vyplýva, že hladina podzemnej vody nameraná 1. marca (1,24 m pod terénom) predstavuje tretiu najvyššiu hodnotu hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie (od marca 2011). Zvýšenú pohybovú aktivitu tejto časti naznačili i výsledky z aplikácie technológie PSInSAR. Problémom pri interpretácii výsledkov meraní bol nižší počet detegovaných prirodzených odrazáčov. Dôvodom môže byť menšie rozlíšenie vstupných snímok z družice Sentinel-1 a tiež znížená homogenita odrazných objektov v najkritickejšej oblasti (juhovýchodná oblasť obce – malé, resp. nespevnené budovy, časté zmeny strešnej krytiny, atď.).

Podobne, ako v prípade lokality Varhaňovce, i na zosuve Dolná Mičina je monitorovanie zabezpečované len v jedinom piezometrickom vrte, a to pomocou automatického hladinomeru. Maximálna hladina bola nameraná 23. februára (4,97 m pod terénom) a na základe porovnania s výsledkami z predchádzajúceho obdobia je možné konštatovať, že nedošlo k prekročeniu dlhodobého maximálneho stavu.

Na lokalitách Čirč a Slanec-TP 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 vytekajúcou vodou z drenážnych zariadení. Vďaka tomuto stavu nie je možné sledovať množstvo 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 2016 boli na zbernom potrubí, do ktorého ústia tri subhorizontálne odvodňovacie vrty, namerané výdatnosti v rozsahu od 0,51 (27. jún) do 13,8 l.min⁻¹ (1. marec). Priemerná ročná hodnota prietoku v porovnaní s rokom 2015 stúpala o 2,85 l.min⁻¹ a v roku 2016 dosiahla 4,0 l.min⁻¹.

Svahové pohyby charakteru plazenia sa v roku 2016 monitorovali 4 mechanicko-optickými dilatometrami TM-71 na lokalitách (Veľká Izra, Košický Klečenov – dva prístroje, Sokol) situovaných na okraji vulkanických Slanských vrchov a na jednej lokalite (Jaskyňa pod Spišskou) v Levočských vrchoch. Okrem stagnácie pohybu horného bloku na lokalite Veľká

Izra v posledných dvoch rokoch preukázali výsledky v roku 2016 priestorový pohyb blokov na všetkých ostatných lokalitách. Najvýraznejšie pohyby boli zistené v K. Klečenove. Spodný blok (KK1) poklesol o cca 0,199 mm na celkových 11,506 mm (26 rokov meraní), trhlina sa rozšírila o 0,225 mm na celkových 6,517 mm a šmykový posun narástol o 0,336 mm (celkovo 5,581 mm). Horný blok (KK2) poklesol o 0,024 mm (na 10,123 mm od roku 1995), šmykový posun sa zväčšil o 0,187 mm (na celkových 3,610 mm), otváranie trhliny stagnovalo. Na lokalite Sokol pokračoval trend šmykového pohybu (nárast o 0,031 mm) a otvárania (nárast o 0,261 mm) trhliny. Od roku 1990 dosiahol celkový posun v prvom prípade 7,415 mm, v druhom 11,517 mm. Pokles bloku stagnoval. V Jaskyni pod Spišskou sa aj v roku 2016 potvrdil trend pomalého poklesávania bloku voči masívu ($0,061 \text{ mm.rok}^{-1}$) a pomalého otvárania trhliny ($0,070 \text{ mm.rok}^{-1}$). Celkový pokles bloku od roku 2007 dosiahol 0,584 mm, celkové otvorenie trhliny 0,670 mm. Šmykový pohyb v roku 2016 bol minimálny ($0,011 \text{ mm}$).

V roku 2015 sa zo skupiny svahových deformácií, v ktorej sú sledované náznaky aktivizácie rútivých pohybov, realizovali monitorovacie aktivity na ôsmich lokalitách. Pri meraniach boli aplikované fotogrametrické a dilatometrické merania. V rámci pozorovaných lokalít sa spracovávali aj informácie o významných zosuvotvorných faktoroch (zrážkach a počte mrazových dní).

V roku 2016 sa zo skupiny svahových deformácií, v ktorej sú sledované náznaky aktivizácie rútivých pohybov, realizovali monitorovacie aktivity na ôsmich lokalitách. Pri monitorovacích aktivitách boli aplikované dilatometrické metódy a merania mikromorfických zmien povrchu odkryvu skalného masívu. Z dlhodobého sledovania dilatometrických hodnôt pomocou meradla posunov, značný rozptyl hodnôt je vykazovaný v dôsledku vplyvu teplotných zmien, vplývajúcich na konštrukčný materiál meradla a tým aj presnosť meraní. Zhodnotenie intenzity posuvov rozvoľnených horninových blokov je preto upriamené na výsledky meraní dilatometrom Somet. V rámci pozorovaných lokalít sa spracovávali aj informácie o významných zosuvotvorných faktoroch (zrážkach a počte mrazových dní).

Na lokalite Demjata bol v roku 2016 dilatometrickými meraniami pozorovaný trend pokračujúceho pohybu v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu na frekventovanej cestnej komunikácii z Demjaty do Raslavič. V porovnaní s rokom 2015 sa posun vrchnej – okrajovej lavice zintenzívnili, v ročnom monitorovacom cykle dosiahol 0,55 mm, naopak pohyb uvoľneného horninového bloku v jej podloží pokračoval menej intenzívne v rozsahu 0,04 mm. Na lokalite Banská Štiavnica bolo dilatometrickými meraniami pozorované pomalé rozvoľňovanie skalných blokov. V poslednom ročnom monitorovacom cykle nadobudli zmeny šírky diskontinuit hodnoty do 0,05 mm. Na lokalite Slovenský raj sa zmeny šírky monitorovaných porúch v horninovom masíve v roku 2016 pohybovali v rozsahu do 0,12 mm.

Na 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.

Do špecifickej skupiny lokalít hodnotenia stability prostredia sa zaraďuje Stabilizačný násyp v Handlovej. Ide o hydrotechnické dielo, ktoré rozopiera dva zosuvné svahy, stabilizuje štátnu cestu I. triedy I/50 a zabezpečuje stabilitu obytnej zástavby v južnej časti mesta.

Monitorované dielo do roku 2015 zodpovedalo tretej kategórii stavby v súlade s vyhláškou 524/2002 Z. z. V roku 2016 bolo Sekciou vôd MŽP SR vydané rozhodnutie o preradení Stabilizačného násypu do vyššej – druhej kategórie. Vďaka tomuto rozhodnutiu sa zvýšili nároky na zabezpečovanie monitorovacích prác. Z uvedených dôvodov boli monitorovacie práce upravené podľa aktuálnej kategórie monitorovaného objektu vodnej stavby a s tým súvisiacich požiadaviek na odbornú spôsobilosť osôb vykonávajúcich špecifické monitorovacie merania.

Na Stabilizačnom násype bol v roku 2016 v rámci riešenia úlohy Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory zabezpečený súbor režimových meraní v piezometrických vrtoch. Zároveň sa podarilo obnoviť merania výdatnosti Hlavného drénu, ktorý odvádza podzemnú vodu z priestoru telesa Stabilizačného násypu a tiež jeho okolia. V priebehu roka 2016 bola nad rámec Programu monitorovania vypracovaná analýza funkčnosti monitorovacích diel, so zhodnotením režimových ukazovateľov za celé obdobie monitorovania (je súčasťou správy za rok 2015; Ondrejka et al., 2016). V zmysle požiadaviek súvisiacich so zmenou kategórie vodnej stavby sú raz mesačne, pracovníkmi ŠGÚDŠ, zabezpečované pravidelné obhliadky všetkých objektovo Stabilizačného násypu. Výsledky sú predkladané organizácii, poverenej MŽP SR výkonom odborného technicko-bezpečnostného dohľadu – Vodohospodárskej výstavbe, š. p. Bratislava.

Na základe analýzy režimových ukazovateľov z roku 2016 je možné konštatovať, že v priestore Stabilizačného násypu došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2015 k vzostupu hladiny podzemnej vody o 0,39 m; jej priemerná hodnota dosiahla v roku 2016 7,55 m pod terénom. Najvyššie – nad úroveň terénu – hladiny podzemnej vody vystúpili vo vrtoch N-1 a N-4 počas marcového a júňového merania. V blízkosti terénu sa hladiny podzemnej vody nachádzali i vo vrtoch M-2, PV-19B, N-3 a PV-19A (maximálne stavy hladiny podzemnej vody v rozsahu 0,08 – 0,47 m pod terénom; ich výskyt bol viazaný prevažne na zimné mesiace). Maximálne stavy hladiny podzemnej vody v priestore Stabilizačného násypu sa vo väčšine prípadov vyskytovali v zimnom období (16. január 2016 – 12. marec 2016). V uvedenom časovom intervale bol zaznamenaný maximálny stav až v 31 vrtoch (z 37 vrtov), výrazne však prevládal termín 5. marec. Počas uvedeného marcového merania bola maximálna hladina nameraná až v 17 vrtoch. Najvyššie priemerné úrovne hladiny podzemnej vody boli podľa očakávania vo vrtoch N-1 (len 0,17 m pod terénom) a N-4 (1,03 m pod terénom). Pomerne plytko pod terénom sa priemerná úroveň hladiny podzemnej vody vyskytovala aj v prípade vrtov M-2, N-3 a N-2 (v rozsahu 1,05 – 1,44 m pod terénom).

Od decembra 2016 boli obnovené merania výdatnosti Hlavného drénu. Z nameraných výsledkov vyplýva, že počas piatich etáp bol pozorovaný postupný pokles prietoku (3. december – 612,00 l.min⁻¹; 30. december – 465,60 l.min⁻¹).

Na základe analýzy realizovanej v roku 2016 pre MŽP SR vyplýva, že teleso násypu si v súčasnosti vyžaduje rekonštrukciu monitorovacej siete. Za nemenej dôležitú úlohu považujeme preverenie stavu rigolov okolo telesa Stabilizačného násypu a vykonanie nevyhnutných opatrení na obnovenie ich funkčnosti.

V roku 2016 bola na viacerých lokalitách preukázaná vysoká pohybová aktivita. Preukázaná bola najmä meraniami metódou presnej inklinometrie v hĺbke šmykových plôch, ako aj výsledkami z inovatívnej technológie diaľkového prieskumu Zeme – PSInSAR. Overenie stability v týchto územiach je zabezpečené sériou zaužívaných monitorovacích meraní. Na lokalitách s vysokým socio-ekonomickým významom s pretrvávajúcou zvýšenou pohybovou aktivitou plánujeme v budúcom roku 2017 realizovať až tri etapy inklinometrických meraní. Geodetické merania budú v roku 2017 realizované na lokalitách Fintice, Okoličné, Kľačany a Veľká Čausa. Súčasne plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách technológiou InSAR a fotogrametrických meraniach. Režimové pozorovania plánujeme ponechať s nezmenenou frekvenciou, ako v roku 2016.

Na lokalitách s náznakmi aktivizácie rúťových pohybov sú na rok 2017 plánované merania mikromorfologických zmien, dilatometrické merania na lokalite Slovenský raj – Pod večným dažďom. Domnievame sa, že takto optimalizovaný súbor pozorovaných lokalít bude dostatočne zodpovedať aktuálnym celospoločenským požiadavkám.

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 a 2016)

- 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., Maretta, P., 2014a: Realizácia 2. etapy sanácie havarijného zosuvu v obci Šenkvice. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, INGEO, a.s. Žilina. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro, Ľ., Gonda, S., 2014: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, s. 33.
- Fekeč, P. a Ilkanič, D., 2014b: Realizácia protihavarijných opatrení vo Veľkej Lehôtke, v Hradci a Kral'ovanoch (celku č. 6 časti II). Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, Kasper, a.s., Spišská Nová Ves. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro, Ľ., Gonda, S., 2014: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, 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, Kasper, a.s. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro, Ľ., Gonda, S., 2014: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, s. 33.
- Fekeč, P., Piovarči, I., Komoň, J., Vrábel, 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, Kasper, a.s., Spišská Nová Ves. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro, Ľ., Gonda, S., 2014: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, s. 33.
- Fekeč, P., Piovarči, I., Komoň, J., Vrábel, 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, Kasper, a.s., Spišská Nová Ves. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro, Ľ., Gonda, S., 2014: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, s. 33.
- Fekeč, P., Sluka, V., Páleník, 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, INGEO, a.s. ŽILINA. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro, Ľ., Gonda, S.,

- 2014: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, 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, Kospér, a.s., Spišská Nová Ves. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro, Ľ., Gonda, S., 2014: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, s. 33.
- Fekeč, P., Žabková, E., Lenková, M., Putiška, R., 2014h: Realizácia inžinierskogeologického prieskumu havarijného zosuvu a realizácia protihavarijných opatrení v obci Žilina-Vranie. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, INGEO, a.s. Žilina. In: Šimeková, J., Liščák, P., Ondrejka, P., Žilka, A., Mašlárová, I., Petro, Ľ., Gonda, S., 2014: Inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, 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, Ľ. (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., 2015: Veľká Čausa 2015. Geodetická dokumentácia. Katedra geodézie SvF STU Bratislava, 13 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Frašťia, M., 2015: Zosuv Kľačany. 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.

- 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 Handlova. 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., 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: Súčasné 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, Ľ., 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, Ľ., 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.

- 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., †Siránová, 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 INGENIO – ighp, spol. s r.o. Manuskript, 92 s. a prílohy, Žilina
- Nemček, 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, L., 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., 2016: Monitoring svahových pohybov v lokalite Varhaňovce technológiou radarovej interferometrie. Bratislava, InSAR, 23 s. a prílohy.
- Papčo, J., Bakoň, M., 2017: Monitoring svahových pohybov v lokalite Prievidza-Hradec technológiou radarovej interferometrie z družíc (InSAR). Bratislava, InSAR, 27 s. a prílohy.
- Papčo, J., Bakoň, M., 2017: 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 pohybov v Slanských vrchoch. Miner. Slov., 31, s. 549 – 554
- Petro, L., Liščák, P., Ondrejka, P., 2012: Assessment of selected active landslides in Slovakia in 2011. Miner. Slov., 44/2, s. 131 – 140.
- Petro, L., Spišák, Z., Polaščinová, E., 1984: Inžinierskogeologická mapa 1 : 10 000, oblasť Solivar. Manuskript, archív ŠGÚDŠ Košice, 1 – 189.
- Petro, L., Stercz, M., 1998: Inžinierskogeologické posúdenie lokality Fintice. Manuskript, 7 s., GS SR, Regionálne centrum, Košice

- Petro, L., Wagner, P., Polaščinová, E., 2001: Výsledky dlhodobého monitoringu prúdového zosuvu pri Finticiach. In zb. referátov z 2. konf. "Geológia a životné prostredie", Vyd. Dionýza Štúra, s. 131 – 135, Bratislava
- Petro, L., Vlčko, J., Ondrášik, R., Polaščinová, E., 2004: Recent tectonics and slope failures in the Western Carpathians. *Engineering Geology*, 74, s. 103 – 112
- Pisca, P., 2011: Meranie vývoja zosuvného procesu v km 255,0 – 255,5 trate Košice – Žilina. 56. etapové meranie. Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra geodézie, 14 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Pisca, P., 2012: Meranie vývoja zosuvného procesu v km 255,0 – 255,5 trate Košice – Žilina. 57. etapové meranie. Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra geodézie, 14 s. a prílohy. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Polák, M. (edit), Plašienka, D., Kohút, M., Putiš, M., Bezák, V., Maglay, J., Olšavský, M., Havrila, m., Buček, S., Elečko, m., Fordínál, K., Nagy, A., Hraško, L., Németh, Z. Malík, P., Liščák, P., Madarás, J., Slavkay, M., Kubeš, P., Kucharič, L., Boorová, D., Zlinká, A., †Siráňová, 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., Vrábľová, 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., Wanieková, D., Záthurecký, A., Žabková, E., 2006. Atlas máp stability svahov Slovenskej republiky 1 : 50 000. Vyd. MŽP SR Bratislava, INGEO-ighp, s. r.o., Žilina
- Šimon, L. (ed.), Elečko, M., Lexa, J., Kohút, M., Halouzka, R., Gross, P., Pristaš, J., Konečný, V., Mello, J., Polák, M., Vozárová, A., Vozár, J., Havrila, M., Köhlerová, M., Stolár, M., Jánová, V., Marcin, D., Szalaiová, V., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny 1 : 50 000. GS SR, Vyd. Dionýza Štúra, 281 s., Bratislava
- 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 Lehôtky (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.
- Turovský, F., 2011: Výsledky kontrolného merania, Kvašov – zosuv. Geoexperts, spol. s r. o. Žilina, 10 s. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Vrábel, P., Mokrý, M., 2010: Handlová-Žiarska ulica havarijný zosuv. Záverečná správa z geologickej úlohy. MŽP SR, Bratislava, Geo – p, Námestovo. Manuscript – Geofond, Bratislava, 40 s.
- 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 pohybov. 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.