

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 2015**

Autori správy:

**Mgr. Peter Ondrejka, PhD.**

**Ing. Ľubomír Petro, CSc.**

**RNDr. Ľubica Iglárová**

**Mgr. Róbert Jelínek, PhD.**

Spolupracovali:

**doc. RNDr. Peter Wagner, CSc., RNDr. Pavel Liščák, CSc., Mgr. Andrej Žilka, Mgr. Dominik Balík, Mgr. Barbora Ondrášiková, Daniela Magalová, Mgr. Ivan Dananaj, PhD., RNDr. Júlia Šimeková**

Zástupca zhotoviteľa:

**RNDr. Pavel Liščák, CSc.**

Štatutárny zástupca:

**Ing. Branislav Žec, CSc.**  
generálny riaditeľ ŠGÚDŠ

Bratislava 2016

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| 1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE .....                   | 4   |
| 1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete .....    | 4   |
| 1.2. Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia .....  | 11  |
| 1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov .....                | 18  |
| 1.4. Výsledky monitorovania .....                          | 20  |
| 1.4.1. Lokalita Nižná Myšľa .....                          | 21  |
| 1.4.2. Lokalita Kapušany .....                             | 41  |
| 1.4.3. Lokalita Veľká Čausa .....                          | 50  |
| 1.4.4. Lokalita Prievidza-Hradec .....                     | 69  |
| 1.4.5. Lokalita Prievidza-Veľká Lehôtka .....              | 77  |
| 1.4.6. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko .....       | 83  |
| 1.4.7. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta .....            | 98  |
| 1.4.8. Lokalita Handlová-zosuv z roku 1960 .....           | 108 |
| 1.4.9. Lokalita Fintice .....                              | 111 |
| 1.4.10. Lokalita Slanec-TP .....                           | 121 |
| 1.4.11. Dolná Mičiná .....                                 | 127 |
| 1.4.12. Lokalita Prešov-Pod Wilec Hôrkou .....             | 133 |
| 1.4.13. Lokalita Okoličné .....                            | 140 |
| 1.4.14. Lokalita Červený Kameň .....                       | 153 |
| 1.4.15. Lokalita Ďačov .....                               | 156 |
| 1.4.16. Lokalita Bardejovská Zábava .....                  | 163 |
| 1.4.17. Lokalita Prešov-Horárska ul. ....                  | 170 |
| 1.4.18. Lokalita Čirč .....                                | 178 |
| 1.4.19. Lokalita Žilina-Vranie .....                       | 183 |
| 1.4.20. Lokalita Lenartov .....                            | 186 |
| 1.4.21. Lokalita Lukov .....                               | 190 |
| 1.4.22. Lokalita Vyšná Hutka .....                         | 194 |
| 1.4.23. Lokalita Varhaňovce .....                          | 203 |
| 1.4.24. Lokalita Vyšný Čaj .....                           | 209 |
| 1.4.25. Lokalita Nižná Hutka .....                         | 217 |
| 1.4.26. Lokalita Ruská Nová Ves .....                      | 225 |
| 1.4.27. Lokalita Košice-sídlisko Dargovských hrdinov ..... | 233 |
| 1.4.28. Lokalita Košice-Krásna .....                       | 239 |
| 1.4.29. Lokalita Šenkvice .....                            | 244 |

|                                                          |     |
|----------------------------------------------------------|-----|
| 1.4.30. Lokalita Petrovany .....                         | 252 |
| 1.4.31. Lokalita Kral'ovany .....                        | 257 |
| 1.4.32. Lokalita Veľká Izra .....                        | 263 |
| 1.4.33. Lokalita Sokol .....                             | 266 |
| 1.4.34. Lokalita Košický Klečenov .....                  | 269 |
| 1.4.35. Jaskyňa pod Spišskou .....                       | 273 |
| 1.4.36. Lokalita Banská Štiavnica .....                  | 276 |
| 1.4.37. Lokalita Handlová-Baňa .....                     | 280 |
| 1.4.38. Lokalita Demjata .....                           | 282 |
| 1.4.39. Lokalita Starina .....                           | 289 |
| 1.4.40. Lokalita Slovenský raj – Pod večným dažďom ..... | 292 |
| 1.4.41. Lokalita Jakub .....                             | 296 |
| 1.4.42. Lokalita Bratislava-Železná studnička .....      | 299 |
| 1.4.43. Lokalita Pezinská Baba .....                     | 302 |
| 1.4.44. Lokalita Lipovník .....                          | 305 |
| 1.4.45. Lokalita Stabilizačný násyp Handlová .....       | 306 |
| 2. ZÁVER .....                                           | 320 |
| LITERATÚRA.....                                          | 328 |

## 1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE

V rámci subsystému 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie sú prezentované výsledky monitorovania reprezentatívnych lokalít za roky 2014 a 2015 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 2015 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 2015 boli v súbore monitorovaných zosuvov prerušené merania na ôsmich lokalitách (Handlová-Žiarska ul., Ľubietová, Bojnice, Krajná Poľana, Čadca, Kvašov, Vinohrady nad Váhom, Hlohovec-Posádka). Ide o územia, na ktorých bol preukázaný buď priaznivý stabilitný stav (po realizovaných sanačných prácach), alebo, týka sa to väčšiny uvedených lokalít, výsledky monitorovacích meraní nepodávali skutočný obraz o ich stabilitnom stave. Druhá spomenutá podmienka súvisí so stavom monitorovacej siete. Jedným z príkladov je lokalita Vinohrady nad Váhom. Vrtý využívané na meranie hladiny podzemnej vody boli pôvodne vybudované ako prieskumné, teda primárne nespĺňajú všetky náležitosti spoľahlivého monitorovacieho objektu. O niečo iná situácia bol na lokalite Handlová-Žiarska ulica (z roku 2009). Na tejto lokalite bola v roku 2014 zabezpečená sanácia v podobe povrchového a podpovrchového odvodnenia (v predpolí čela zosuvu). Merania stratili zmysel po tom ako bol neznámym páchatelom odcudzený stabilizovaný geodetický bod (ochranná oceľová pažnica inklinometrického vrtu z roku 2010, ktorý sa „ustrihol“ krátko po vybudovaní), ktorý bol (po úprave) využívaný na sledovanie pohybovej aktivity metódou GNSS. Jediný monitorovaný objekt – piezometrický vrt, sa nachádza mimo zosuvného územia.

Na zosuvnom svahu v intraviláne mesta Bojnice bol po vybudovaní pomerne rozsiahlej sanácie v druhej polovici deväťdesiatich rokov preukázaný relatívne priaznivý stabilitný stav. Merania boli ukončené v roku 2015 v súvislosti s poškodením viacerých monitorovacích objektov terénnymi úpravami územia.

V zosuvnom území v južnej časti obce Ľubietová (z roku 1977) boli v posledných rokoch (od roku 2007) zabezpečované len režimové merania na piezometrických a odvodňovacích vrtoch. Z výsledkov meraní vyplýva nepriaznivá situácia v oblasti pod odľučnou hranou, v ktorej sa vytvorili bezodtokové depresie, dotované aj vodou z odvodňovacích zariadení. Na tento stav sme viackrát upozornili vedenie obce. Počas približne dvadsaťročného obdobia sa situácia nijako nezmenila.

Na lokalite Krajná Poľana boli zabezpečené kontinuálne merania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v jednom z dvoch piezometrických vrtov. Zároveň sa sledovala výdatnosť odvodňovacích vrtov v čele zosuvu. Piezometrické merania mali potvrdiť účinnosť vybudovaných odvodňovacích vrtov. Avšak odvodňovacie vrtý boli väčšiu časť monitorovaného obdobia suché. Z tohto dôvodu bol kontinuálny zber údajov prerušený (vrt sa



nachádzal nad zosuvným územím z roku 2010). Podobné problémy boli pozorované i na ostatných monitorovaných lokalitách, na ktorých došlo v roku 2015 k prerušeniu monitorovacích aktivít. 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).

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

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

V súvislosti s aktivizáciou veľkého množstva zosuvov v roku 2010 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 2015 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 podmieňujú rozsah aplikovaných monitorovacích metód, ako aj frekvenciu meraní. Na základe celospoločenskej dôležitosti boli lokality rozdelené do troch skupín významnosti:

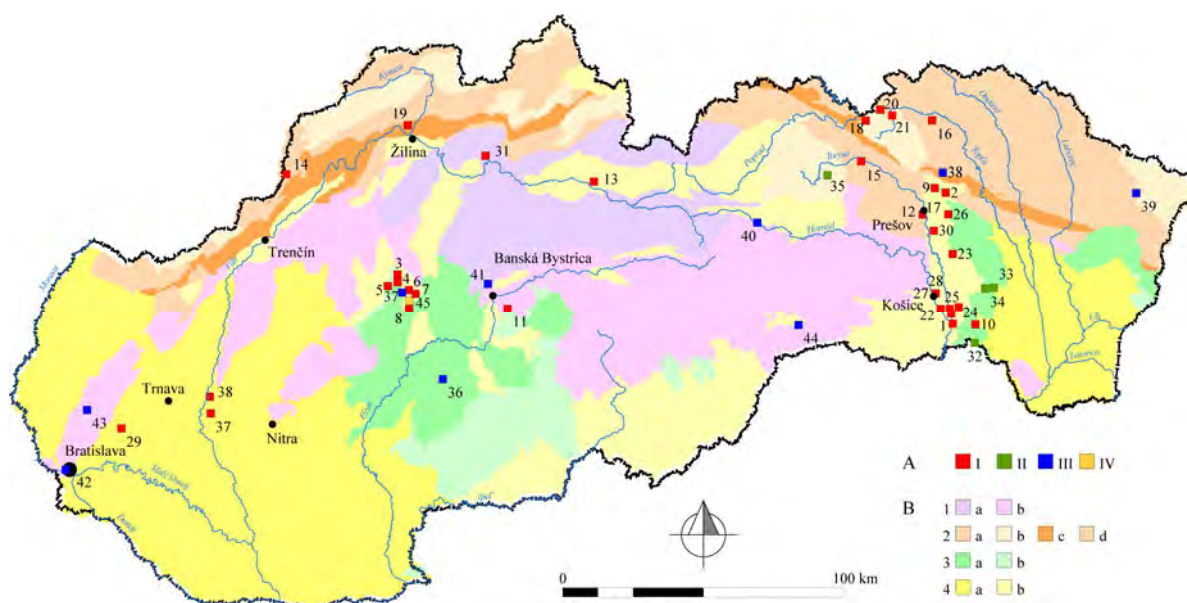
- **Lokality veľmi významné** – stupeň dôležitosti III. (ide o svahové poruchy, ktoré aktuálne ohrozujú významné objekty technosféry, prejavy ich aktivity boli zaznamenané v nedávnej minulosti a existujúca monitorovacia sieť umožňuje aplikovať širší súbor monitorovacích meraní s dostatočnou frekvenciou);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

Zoradenie jednotlivých monitorovaných lokalít (stav z roku 2015) na základe regionálneho inžinierskogeologického členenia Západných Karpát a podľa typu svahových pohybov je v tab. 1.1.1. Zoradenie lokalít podľa zjednodušených typových modelov horninového prostredia a celospoločenskej významnosti pozorovaných svahových porúch je v tab. 1.1.2 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.



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

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<br>Železná Studnička<br>- Jakub<br>- Lipovník<br>- Pezinská Baba<br>- Slovenský raj (Pod večným dažďom) |     |
| Región karpatského flyša      | Oblasť flyšových hornatín        |                                                                                                                                                                                    | - Jaskyňa pod Spišskou |                                                                                                                      |     |
|                               | Oblasť flyšových vrchovín        | - Bardejovská Zábava<br>- Čirč<br>- Ďáčov<br>- Fintice*<br>- Lenártov<br>- Lukov<br>- Prešov-Horárska ulica<br>- Prešov-Pod Wilec<br>Hôrkou*<br>- Žilina-Vranie<br>- Červený Kameň |                        | - Demjata<br>- Starina                                                                                               |     |

*Pokračovanie tab. 1.1*

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

\* Svahový pohyb sa nachádza na hraniciach inžinierskogeologických celkov

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

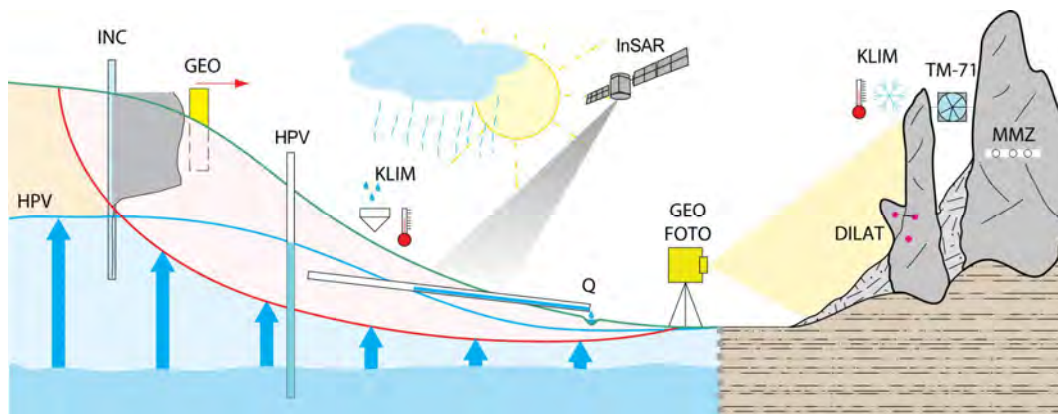
| Typ svahového pohybu | Geologická stavba                                                       | Celospoločenská dôležitosť | Lokality                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zosúvanie            | Neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentmi | Veľmi významná             | 1. Nižná Myšľa<br>2. Kapušany<br>3. Veľká Čausa<br>4. Prievidza-Hradec<br>5. Prievidza-V. Lehôtka<br>6. Handlová-Morovnianske sídlisko<br>7. Handlová-Kunešovská cesta<br>8. Handlová – 1960<br>9. Fintice |
|                      |                                                                         | Významná                   | 10. Slanec-TP<br>11. Dolná Mičiná                                                                                                                                                                          |
|                      | Sedimenty flyšového charakteru                                          | Veľmi významná             | 12. Prešov-Pod Wilec Hôrkou<br>13. Okoličné<br>14. Červený Kameň<br>15. Ďačov<br>16. Bardejovská Zábava                                                                                                    |
|                      |                                                                         | Významná                   | 17. Prešov-Horárska ul.<br>18. Čirč<br>19. Žilina-Vranie<br>20. Lenartov<br>21. Lukov                                                                                                                      |
|                      | Neogénne sedimenty                                                      | Veľmi významná             | 22. Vyšná Hutka<br>23. Varhaňovce<br>24. Vyšný Čaj<br>25. Nižná Hutka<br>26. Ruská Nová Ves<br>27. Košice-sídlisko Dargovských hrdinov<br>28. Košice-Krásna                                                |
|                      |                                                                         | Významná                   | 29. Šenkvice<br>30. Petrovany                                                                                                                                                                              |
|                      | Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku                     | Veľmi významná             | 31. Kraľovany                                                                                                                                                                                              |
|                      | Neogénne vulkanity                                                      | Významná                   | 32. Veľká Izra<br>33. Sokol<br>34. Košický Klečenov                                                                                                                                                        |
|                      | Sedimenty flyš. char.                                                   | Významná                   | 35. Jaskyňa p. Spišskou                                                                                                                                                                                    |
|                      | Neogénne vulkanity                                                      | Významná                   | 36. Banská Štiavnica                                                                                                                                                                                       |
|                      |                                                                         | Menej významná             | 37. Handlová-Baňa                                                                                                                                                                                          |
|                      | Sedimenty flyšového charakteru                                          | Významná                   | 38. Demjata                                                                                                                                                                                                |
|                      |                                                                         | Menej významná             | 39. Starina                                                                                                                                                                                                |
|                      | Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku                     | Významná                   | 40. Slovenský raj-Pod večným dažďom                                                                                                                                                                        |

*Pokračovanie tab. 1.2*

|  |                                                                   |                |                                                                              |
|--|-------------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                                                   | Menej významná | 41. Jakub<br>42. Bratislava-Železná st.<br>43. Pezinská Baba<br>44. Lipovník |
|  | Antropogénne sedimenty<br>na kvartérnych<br>a paleogén. horninách | Veľmi významná | 45. Handlová-Stabilizačný<br>násyp                                           |

## 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 hladinomerami) 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 terrestrické, 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; najpoužívannejšie 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.

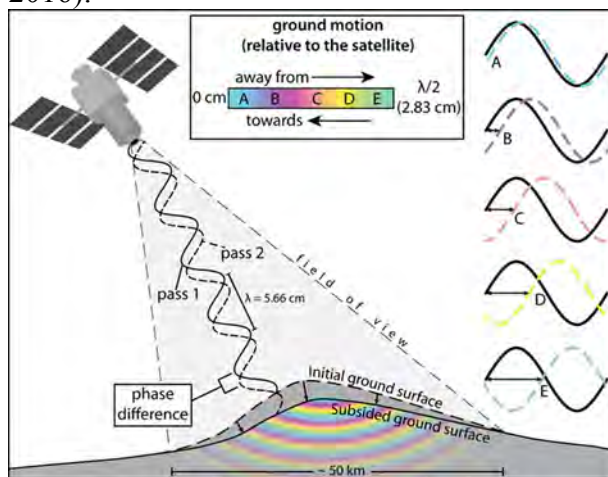
Pre získanie informácií z výrazne väčším počtom bodov, pri tvorbe ortofoto pohľadov atď., sú využívané *fotogrametrické metódy*. Viac informácií o tejto metodike uvádzame v časti venovanej rúteniu.

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 krajiny 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 snímokovania s vysokým priestorovým rozlíšením a pokrytím veľkej oblasti jednou snímkou. 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. Principiálne 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 rovine merania) táto metóda prakticky „vytlačila“ iné spôsoby merania, aplikované na tento účel v minulosti (napr. priechodomery, kyvadlá). Súčasne možno konštatovať, že prevažná väčšina novších metód merania deformácií je odvodená práve zo základného typu merania presnou inklinometriou.

Z metód, ktoré sa v súčasnosti začínajú overovať a možno ich považovať za perspektívne pri ďalšom vývoji a skvalitňovaní monitorovania deformácií, treba uviesť *metódu stacionárnej inklinometrie*. Metóda umožňuje merať vývoj deformácií v určitej hĺbke, zvyčajne na úrovni šmykovej plochy. Merania stacionárnym inklinometrom majú podstatne vyššiu frekvenciu, ako merania prenosným inklinometrom, čo významne mení pohľad na vývoj deformácie v čase a umožňuje porovnávať výsledky s inými kontinuálnymi meraniami, a tak odvodiť prípadné závislosti medzi nimi (Ondrejka et al., 2011). Nevýhodou tohto spôsobu monitorovania deformácie je, že získať informácie z celého profilu vrty je technicky, a teda aj ekonomicky, veľmi náročné. Pozornosť sa preto venuje vybraným zónam – šmykovým plochám, ktoré treba určiť s vysokou presnosťou ešte pred inštaláciou zariadenia. Úspešne bola táto metóda v rokoch 2009 – 2010 aplikovaná na lokalite Veľká Čausa (Ondrejka et al., 2011). V rokoch 2014 a 2015 boli stacionárnymi inklinometrickými sondami vybavené tri vrty na zosuvných lokalitách v Handlovej a Nížnej 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 hĺbok 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 vrtoz 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                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Geodetické – terestrické</li> <li>– Geodetické – GNSS</li> <li>– Fotogrametrické (laserové skenovanie terestrické, letecká a pozemná fotogrametria)</li> <li>– Radarová interferometria (InSAR)</li> </ul>                                                                                 |
|                      | b/ Deformácie                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Presná inklinometria (prenosným a stacionárnym inklinometrom)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                   |
|                      | c/ Napätostný stav                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Merania poľa pulzných elektromagnetických emisií (PEE; do roku 2014)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                            |
|                      | d/ Zosuvotvorné faktory (režimové pozorovania) | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Merania hĺbky hladiny podzemnej vody a jej teploty (vykonávané pozorovateľmi, resp. automatickými hladinomeri)</li> <li>– Meranie pórových tlakov</li> <li>– Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení</li> <li>– Merania zrážkových úhrnov</li> <li>– Meranie teploty vzduchu</li> </ul> |
| Rútenie              | a/ Posuny                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dilatometrické (tyčovým meradlom Somet a meradlom posunov)</li> <li>– Fotogrametrické (metóda stereofotogrametrie, metóda časovej základnice, konvergentná fotogrametria, terestrické laserové a optické skenovanie)</li> </ul>                                                            |
|                      | b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Merania zrážkových úhrnov</li> <li>– Záznam počtu mrazových dní</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                 |
|                      | c/ Zmeny morfológie skalnej steny              | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Merania mikromorfologických zmien povrchu horniny</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                               |
| Plazenie             | a/ Posuny                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dilatometrické (opticko-mechanickým dilatometrom TM-71)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                         |
|                      | b/ Faktory vplývajúce na stabilitu svahu       | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Merania zrážkových úhrnov</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                       |

*Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení* vo všetkých prípadoch vykonávajú pozorovatelia. Na vybraných lokalitách možno v budúcnosti uvažovať tiež s inštaláciou

kontinuálnych meracích zariadení – ich použitie však v značnej miere závisí od možnosti technickej inštalácie prístrojov na konkrétnej lokalite.

Nevyhnutnou súčasťou informácií o stave zosuvotvorných faktorov sú *údaje o zrážkach*. Táto informácia sa zvyčajne preberá zo siete staníc SHMÚ; na celospoločensky dôležitých lokalitách je však snaha inštalovať lokálne zrážkomerné stanice, zaznamenávajúce i údaje o teplote vzduchu (ako napr. lokality Veľká Čausa a Okoličné).

## B. Rútenie

Metódy monitorovania náznakov svahových pohybov typu rútenia majú špecifický charakter. V doterajšej praxi sa najčastejšie používali dva okruhy metód na meranie posunov bodov – metódy dilatometrické 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. Určitém 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 efektivita 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 efektivita, 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 homogénou 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 diskretných 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 vplývajúci na fyzický stav hodnoteného skalného masívu.

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

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

### **C. Plazenie**

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

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

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

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

Pri monitorovaní priečnych deformácií prekrytého oceľového potrubia, prevádzajúceho tok Handlovky a Nepomenovaného potoka na lokalite Stabilizačného násypu v Handlovej sa

okrem vyššie uvedených metód používajú i konvergenčné merania deformácií oceľového potrubia, ktoré vzhľadom na špecifickosť riešenej problematiky v tab. 1.3 nie sú uvedené.

### **Metódy hodnotenia nameraných údajov**

V snahe dosiahnuť väčšiu prehľadnosť, zrozumiteľnosť a porovnateľnosť výsledkov monitorovania z rôznych lokalít, boli v minulosti vykonané viaceré analýzy zamerané na vytvorenie klasifikačnej stupnice, ktorá by umožňovala okamžité 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 škále (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 stupníc. 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 zostup hladiny podzemnej vody (čo je pri hodnotení stability zosuvného územia vnímané pozitívne), ako aj zníženej funkčnosti odvodňovacieho zariadenia (čo je z hľadiska stability vnímané negatívne).
- Pohybová aktivita na zosuvoch, ktoré sa do súboru monitorovaných lokalít dostali po roku 2010, nie je monitorovaná dostatočne dlhé obdobie na to, aby mohli byť odvodené referenčné hodnoty používaných klasifikačných stupníc.
- Existujúce monitorovacie body – inklinometrické vrty – vybudované v dávnejšom období (deväťdesiate roky 20. storočia), nespĺňajú prísne kvalitatívne kritériá, kladené na tento typ meraní. Výsledky meraní poukazujú na problémy súvisiace so zabudovaním jednotlivých monitorovacích objektov.
- Pri geodetických meraniach sa vo väčšine prípadoch zmenil spôsob technológie z výlučne terestrickej na GNSS, prípadne ich kombináciu. Táto zmena technológie, ale i postupne zvyšujúca sa presnosť používaných prístrojov, sa

prejavuje i na dosiahnutých výsledkoch meraní. Z tohto dôvodu, klasifikačné schémy vytvorené na základe výsledkov „starších“ meraní nie sú vždy vyhovujúce pre hodnotenie aktuálne nameraných posunov.

Aplikovanie zaužívaného semikvantitatívneho hodnotenia by vo viacerých prípadoch pôsobilo zavádzajúco, čo by v konečnej miere viedlo k strate vierohodnosti klasifikačného systému. Z uvedeného dôvodu v roku 2015 nebudú výsledky meraní semikvantitatívne hodnotené. Zvýšená pozornosť bude ale venovaná kvalitatívnej stránke monitorovacích objektov, teda i na 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 2015, 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 sa snažíme vykonávať na konci jarného obdobia, prípadne na začiatku letného obdobia (apríl až jún);
- Geodetické (GNSS) merania sa v posledných rokoch vykonávali na lokalitách: Veľká Čausa – 2-krát ročne a Fintice – 1-krát ročne;
- Radarová interferometria – InSAR. Táto metóda bola v rámci informačného podsystemu úspešne aplikovaná na zosuvných územiach Prievidza-Hradec a Varhaňovce. 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 v časovom období mesiacov október 2014 až november 2015 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 4-krát za rok. V období rokov 2014 až 2015 pribudli na 3 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 dvojtýždenným, resp.

mesačným intervalom, vykonávané pozorovateľmi, až po kontinuálny 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;
- Fotogrametrické merania sa realizovali raz ročne, zvyčajne v jeseni;
- 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 2014 a 2015 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 2015 a na porovnanie uvádzajú i výsledky meraní z roku 2014. Lokality na ktorých sa v roku 2015 nevykonávali žiadne monitorovacie merania, neboli zaradené do predloženej správy. Kompletne výsledky všetkých realizovaných meraní na týchto lokalitách sú súčasťou správy za rok 2014 (Ondrejka et al., 2015). Ide o lokality: Handlová-Žiarska ul., Ľubietová, Bojnice, Krajná Poľana, Čadca, Kvašov, Vinohrady nad Váhom, Hlohovec-Posádka.

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 2014 a 2015 zhrnutý v tabuľke;
- Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015. 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 2015, alebo – pri niektorých typoch meraní – do momentu posledného merania, uskutočneného v roku 2015;
- 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 2014 a 2015

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015 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 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                                                                                                                                                                                                                                          | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                  |                                                                    |
|--------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                                                                                                                                                                                                                                                | Rok 2014                                                    | Rok 2015                                                           |
| 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                                                                                                                                                                                | 2 – 3<br>(5. – 6. máj,<br>18. – 19. august,<br>4. december) | 1 – 3<br>(28. apríl,<br>29. júl,<br>27. október,<br>10. december*) |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 72                    | J-1, JC-1 až 5, JJ-1 až 4**, JK-1, 3, 4, 6, JS-1, 2, 2A, 3, 4, 4A, JV-11, 12, 15, 16, 18, 22, 23, 23A, 23B, 25, 25A, 26, 26A, 27, 31, 33 až 35, 41 až 43, 43A, 44, 45, 51 až 53, 53A, 54A, 55, P-1, 3až 5*, 6, PŠ-3, PZ-1, 1A, 2*, 2A*, 4*, 5*, 5A*, 6* až 12*, ŠS-1, 2* | 4 až 44<br>(1x za týždeň)                                   | 3 až 44<br>(1x za týždeň)                                          |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 37                    | HNM-1, 2, 3, SHV-11 až 15, SHV-21 až 23, SHV-31 až 34, SHV-41 až 43, SHV-51 až 53, SHV-61 až 64, SHV-71 až 73, SHV-81*, 82*, SHV-91* až 93*, SHV-101*, SHV-111*, SHV-112*, ST-12*                                                                                        | 4 až 44<br>(1x za týždeň)                                   | 22 až 44<br>(1x za týždeň)                                         |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 3                     | Stanice SHMÚ:<br>Čaňa (indikatív 60140)<br>Vyšný Čaj (indikatív 60100)<br>Košice-letisko (indikatív 11968)                                                                                                                                                               | Denné úhrny zrážok                                          |                                                                    |

\* – len vo vrte INK-56, \*\* – merania sa začali realizovať v roku 2015

## *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015*

### *a/ Inklinometrické merania*

V zosuvnom území sa nachádza 25 inklinometrických vrtoch, 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).

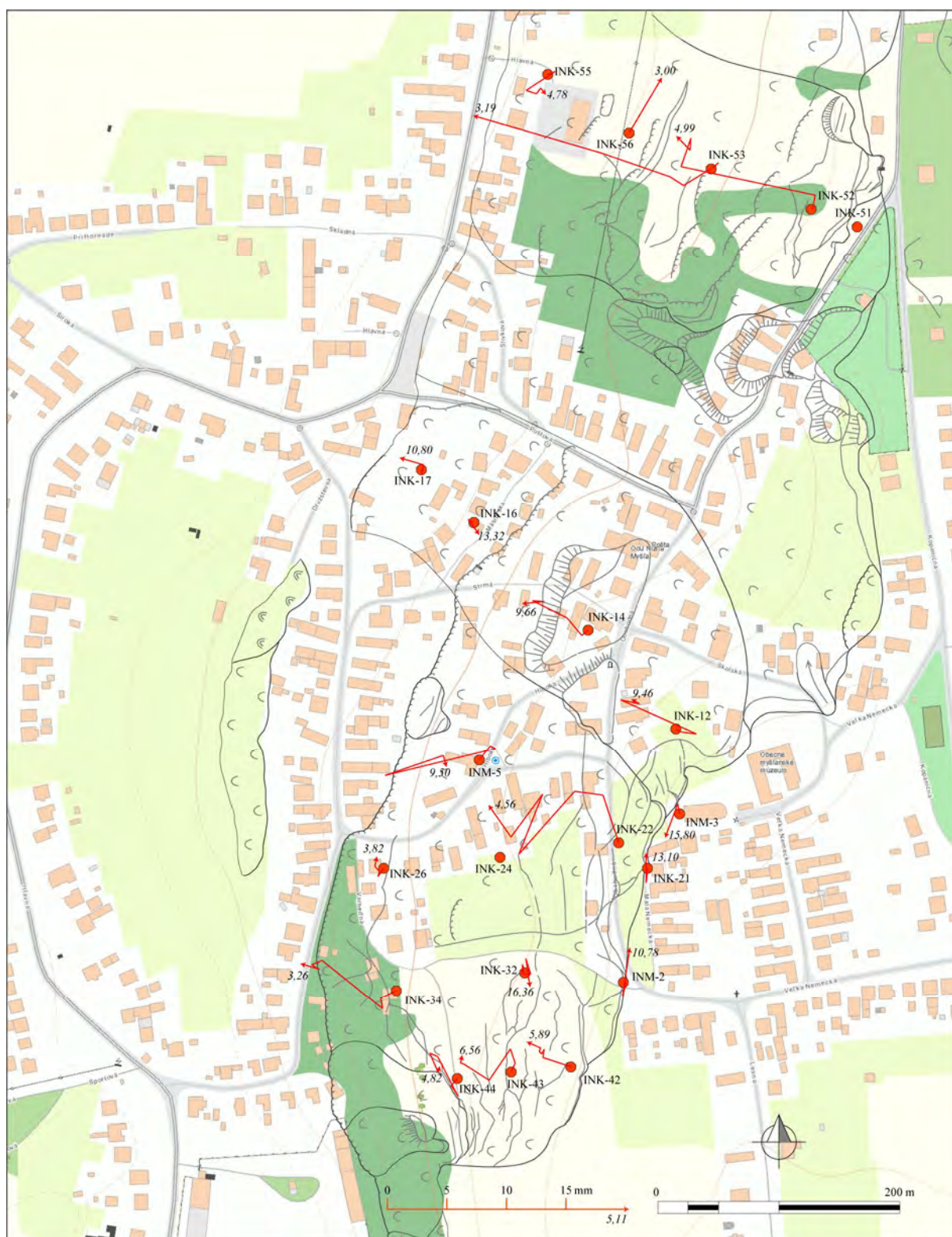
V roku 2014 sa pokračovalo v monitorovacích meraniach dvomi, v prípade aktívnejších častí zosuvu, tromi etapami meraní. Počas prvých dvoch etáp boli najvyššie deformácie namerané vo vrte INM-6, ktorý sa nachádza v severnej časti obce, priamo nad areálom Základnej školy. V hĺbke 13,58 m pod terénom došlo v tomto vrte v období medzi 13. novembrom 2013 a 6. májom 2014 k prírastku deformácie 11,24 mm. Aktivitu tejto časti zosuvu dokumentuje aj deformácia nameraná počas 19. augusta 2014. Prírastok deformácie počas tri a pol mesačného obdobia dosiahol až 15,07 mm. Mimoriadna rýchlosť pohybu v tejto časti zosuvu zapríčinila kritickú deformáciu inklinometrickej pažnice. Z uvedeného dôvodu bola počas nasledujúcej etapy monitorovaná pohybová aktivita len vo vyššej časti svahu, a to vo vrtoch INK-53 a INK-52. V oboch vrtoch boli relatívne vysoké hodnoty deformácie sledované i v minulosti. V roku 2014 sa v nich zvýšená pohybová aktivita prejavila najmä v období do 19. augusta od 4. decembra 2014. Vo vrte INK-52 (v sledovanom horizonte 4,49 m pod terénom) bol nameraný prírastok deformácie 8,50 mm s azimutom 271°. O niečo menšie hodnoty boli namerané v nižšie položenom vrte INK-53 (v hĺbke 3,19 m pod terénom bol zaznamenaný prírastok deformácie 3,06 mm s azimutom 238°). Generálny smer dosiahnutých vektorov v spomenutých vrtoch má orientáciu severozápad, teda v smere spádnic svahu.

Pomerne vysoké hodnoty pohybovej aktivity boli zaznamenané aj v inklinometrických vrtoch v strednej a južnej časti obce. Počas májovej etapy boli najvyššie prírastky deformácií inklinometrickej pažnice namerané vo vrtoch INK-22 (v hĺbke 4,56 m pod terénom – deformácia 4,21 mm; celková deformácia inklinometrickej pažnice je na obr. 4.1.2), INK-42 (v hĺbke 5,89 m pod terénom – deformácia 2,53 mm) a INK-34 (v hĺbke 2,76 m pod terénom – deformácia 2,11 mm). Obdobie medzi májovou a augustovou etapou bolo v strednej a južnej časti zosuvu pomerne stabilné, deformácie len ojedinele presiahli hodnotu 2 mm. K opätovnej aktivizácii svahového pohybu došlo až v poslednej etape. Za obdobie viac ako tri a pol mesiaca došlo vo vrte INK-22 (v hĺbke 4,56 m pod terénom) k prírastku deformácie 7,05 mm. Plytšie, v hĺbke 2,6 m pod terénom, bola nameraná deformácia 15,21 mm. Prírastky etapovej deformácie nad 3 mm boli namerané aj vo vrtoch INK-32 (v hĺbke 8,86 m pod terénom) a INK-34 (v hĺbke 2,76 m pod terénom). Deformácie nad 2 mm boli v tejto etape namerané vo vrtoch INK-14, INK-32, INK-34, INK-43, INK-44 (priebeh výslednej deformácie inklinometrickej pažnice je na obr. 4.1.2).

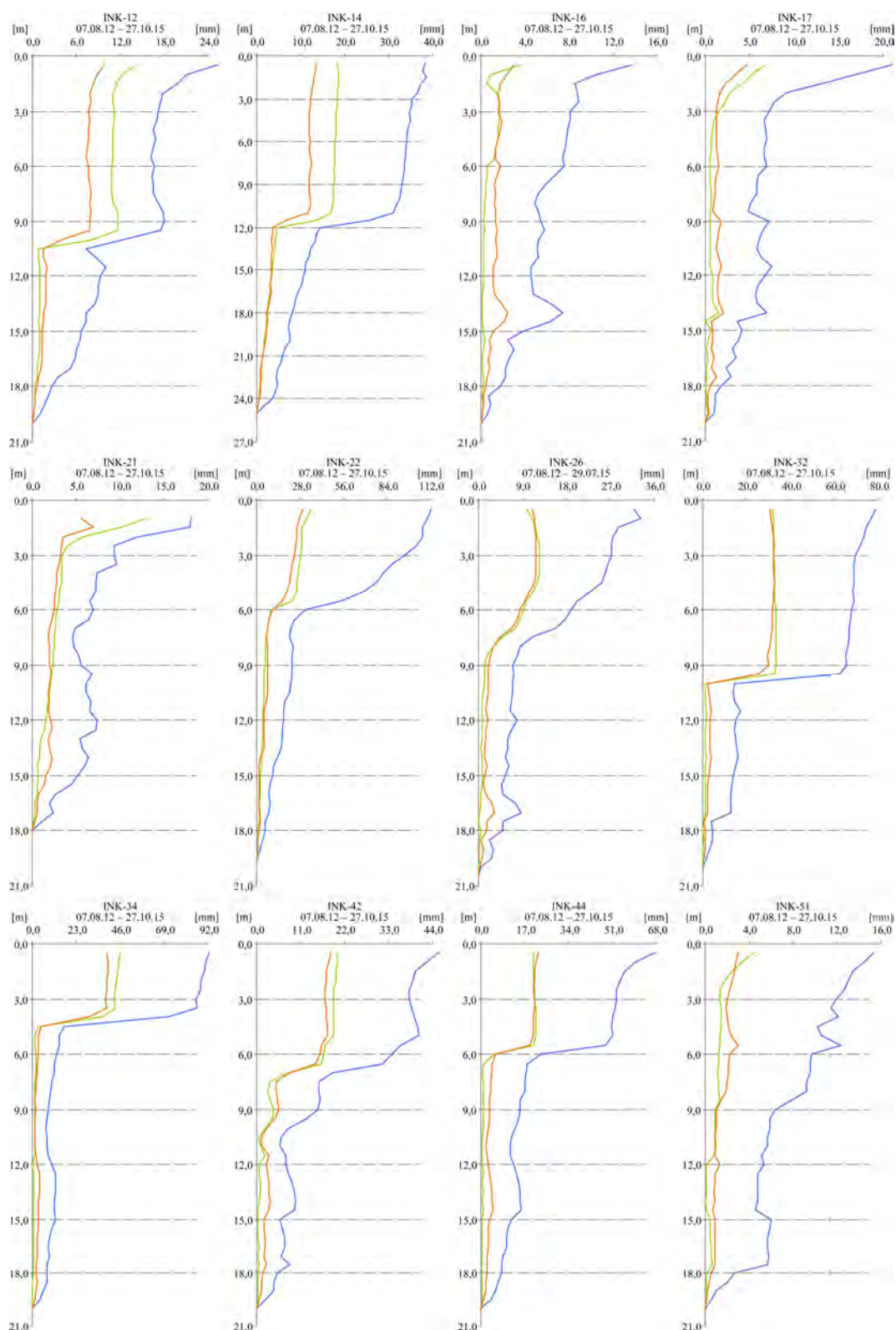
V roku 2015 sa nadviazalo na merania z predchádzajúceho obdobia a zároveň bolo zabezpečené úvodné a kontrolné meranie v novovybudovanom vrte INK-56, ktorý slúži na kontinuálne meranie deformácie (pomocou stacionárnej inklinometrickej sondy).

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 mm.rok<sup>-1</sup>. 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. 4.1.1. Lokalita Nižná Myšľa – výsledky inklinometrických meraní – vektory deformácií namerané v rokoch 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.1.2 a 4.1.3; čísla zobrazené pri jednotlivých vektorech označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Slámu et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®



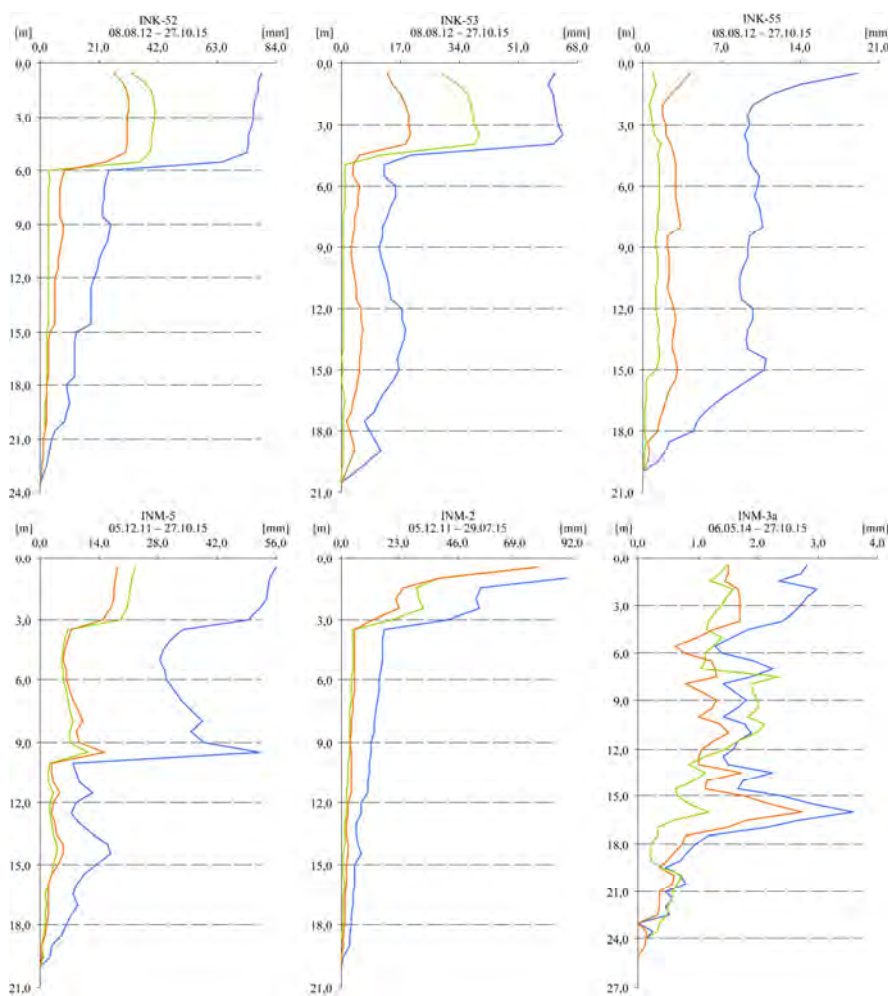
Obr. 4.1.2a. Pribeh deformácie inklinometrických pažníc za obdobie monitorovania na lokalite Nižná Myšľa. zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.



Tab. 4.1.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Nižná Mýšľa v roku 2014

| Bod    | Hĺbka<br>pod<br>ter. [m] | 13.11.13 – 06.05.14 |            |          | 06.05.14 – 19.08.14 |            |          | 19.08.14 – 01.12.14 |            |          |
|--------|--------------------------|---------------------|------------|----------|---------------------|------------|----------|---------------------|------------|----------|
|        |                          | CD<br>[mm]          | ED<br>[mm] | A<br>[°] | CD<br>[mm]          | ED<br>[mm] | A<br>[°] | CD<br>[mm]          | ED<br>[mm] | A<br>[°] |
| INM-2  | 10,78                    | 2,05                | 0,22       | 73       | 3,09                | 1,20       | 195      |                     |            |          |
| INM-5  | 9,50                     | 15,20               | 1,51       | 38       | 15,45               | 0,50       | 120      |                     |            |          |
| INK-12 | 9,46                     | 3,42                | 0,50       | 120      | 2,62                | 1,30       | 97       |                     |            |          |
| INK-12 | 16,46                    | 1,65                | 0,61       | 39       | 2,01                | 0,54       | 98       |                     |            |          |
| INK-14 | 9,66                     | 12,12               | 0,70       | 230      | 13,68               | 1,90       | 320      |                     |            |          |
| INK-16 | 13,32                    | 1,22                | 0,36       | 286      | 1,41                | 0,20       | 320      |                     |            |          |
| INK-17 | 10,80                    | 2,50                | 0,36       | 174      | 2,30                | 0,78       | 10       |                     |            |          |
| INK-21 | 13,10                    | 1,94                | 0,30       | 180      | 2,84                | 0,91       | 186      |                     |            |          |
| INK-26 | 3,82                     | 12,10               | 0,85       | 215      | 11,92               | 0,45       | 17       |                     |            |          |
| INK-22 | 4,56                     | 17,98               | 4,21       | 342      | 20,09               | 2,40       | 278      | 22,12               | 7,05       | 222      |
| INK-32 | 16,36                    | 2,15                | 0,73       | 344      | 1,49                | 0,80       | 180      | 1,14                | 0,70       | 90       |
| INK-34 | 3,26                     | 30,18               | 1,46       | 244      | 30,02               | 0,90       | 170      | 35,32               | 6,52       | 309      |
| INK-43 | 6,56                     | 11,33               | 0,82       | 24       | 12,24               | 1,25       | 341      | 12,87               | 3,18       | 214      |
| INK-44 | 4,82                     | 19,34               | 0,78       | 220      | 18,78               | 1,08       | 148      | 20,65               | 3,76       | 333      |
| INK-52 | 4,99                     | 23,08               | 0,14       | 55       | 23,60               | 1,10       | 10       | 34,21               | 11,51      | 282      |
| INK-53 | 3,19                     | 18,17               | 0,81       | 50       | 18,27               | 0,45       | 227      | 19,77               | 3,06       | 238      |
| INK-55 | 4,78                     | 1,35                | 0,22       | 68       | 1,30                | 0,45       | 68       | 2,86                | 2,92       | 237      |
| INK-42 | 5,89                     | 14,53               | 2,53       | 288      | 14,81               | 0,71       | 8        | 14,77               | 0,45       | 207      |
| INM-3a | 15,80                    | 0,89                |            |          | 1,60                | 0,85       | 349      |                     |            |          |
| INK-51 | 5,05                     | 2,82                | 0,22       | 243      | 3,45                | 0,63       | 18       |                     |            |          |

CD – Celková deformácia 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); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora



Obr. 4.1.2b. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za obdobie monitorovania na lokalite Nižná Mýšľa. zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

Počas druhej etapy boli merania realizované na všetkých vrtoch (okrem INK-56). Oproti predchádzajúcej etape došlo k poklesu hodnôt etapových deformácií. Vyššie hodnoty, v rozsahu 4,47 – 6,1 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<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup>.

Z hľadiska hodnotenia celkovej deformácie za monitorované obdobie (obr. 4.1.2) je možné konštatovať, že najväčšie deformácie boli dosiahnuté vo vrtoch INK-34 (v hĺbke 2,76 m pod terénom – deformácia 43,18 mm), INK-52 (v hĺbke 2,49 m pod terénom – deformácia 38,39 mm) a spomínanom vrte INK-53. Naopak, okolie vrto INK-16, 17, 51 a 55 sa prejavuje len minimálnymi zmenami; vo vrtoch sa zatiaľ neprejavil priebeh šmykovej plochy.

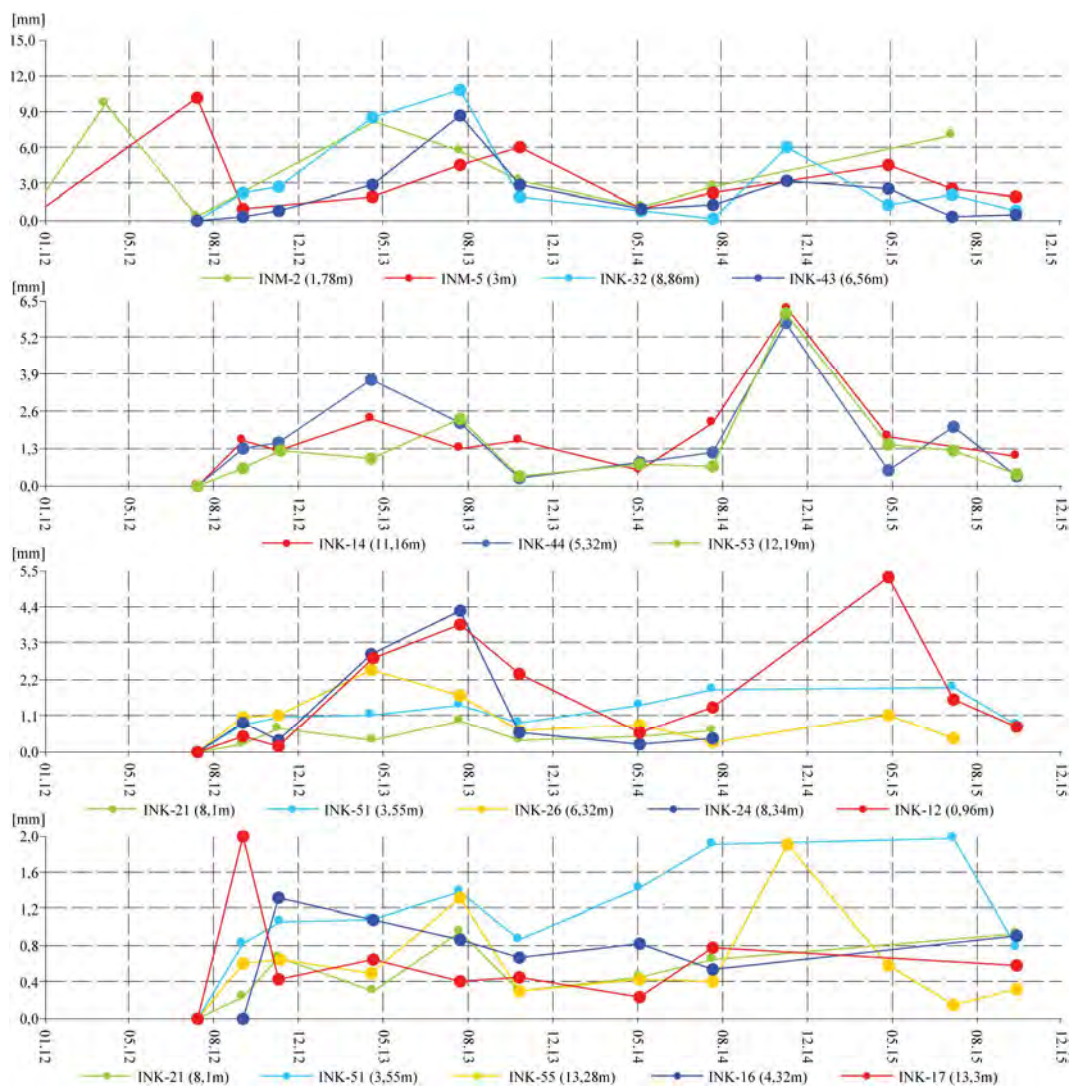
Tab. 4.1.3. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Nižná Myšľa v roku 2015

| 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 [°] |
| INM-2*      | 10,78              |                     |         |       | 1,94                | 3,80    | 8     |                     |         |       |
| INM-3a*     | 15,80              |                     |         |       | 1,17                | 2,75    | 200   |                     |         |       |
| INM-5       | 9,50               | 6,63                | 9,55    | 256   | 11,41               | 5,17    | 71    | 11,18               | 0,71    | 165   |
| INK-12      | 9,46               | 8,96                | 6,94    | 294   | 7,55                | 1,58    | 102   | 8,04                | 0,50    | 300   |
| INK-12      | 16,46              | 1,12                | 2,83    | 218   | 0,78                | 0,51    | 41    | 0,71                | 0,10    | 300   |
| INK-14**    | 9,66               | 16,91               | 3,27    | 297   | 15,95               | 0,99    | 95    | 17,39               | 1,58    | 265   |
| INK-16*     | 13,32              |                     |         |       | 0,14                | 1,30    | 144   |                     |         |       |
| INK-17*     | 10,80              |                     |         |       | 0,50                | 1,80    | 286   |                     |         |       |
| INK-21*     | 13,10              |                     |         |       | 0,78                | 2,20    | 0     |                     |         |       |
| INK-26      | 3,82               | 12,25               | 0,58    | 319   | 12,11               | 0,54    | 12    |                     |         |       |
| INK-51***   | 2,82               |                     |         |       | 1,21                | 2,77    | 221   | 1,36                | 1,06    | 229   |
| INK-22****  | 4,56               | 22,24               | 5,41    | 22    | 23,18               | 4,47    | 217   | 25,64               | 2,97    | 325   |
| INK-32****  | 16,36              | 2,50                | 1,36    | 343   | 0,50                | 2,12    | 172   | 1,17                | 0,80    | 0     |
| INK-34****  | 3,26               | 36,13               | 0,92    | 247   | 35,51               | 0,71    | 125   | 36,83               | 1,34    | 287   |
| 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-52****  | 4,99               | 34,81               | 2,53    | 19    | 34,31               | 1,00    | 184   | 35,64               | 1,36    | 316   |
| INK-53****  | 3,19               | 21,10               | 1,33    | 303   | 27,17               | 6,10    | 289   | 38,02               | 10,92   | 286   |
| INK-55****  | 4,78               | 2,06                | 0,92    | 108   | 1,63                | 0,58    | 36    | 1,43                | 0,42    | 140   |
| INK-42****  | 5,89               | 15,04               | 0,28    | 315   | 15,12               | 0,32    | 18    | 16,09               | 0,98    | 294   |
| INK-56***** | 1,5                |                     |         |       |                     |         |       | 5,98                | 5,98    | 21    |
| INK-56***** | 3,0                |                     |         |       |                     |         |       | 5,11                | 5,11    | 31    |

CD – Celková deformácia 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; \* – etapová deformácia a azimut sú za obdobie 19.08.14 – 29.07.15; \*\* – etapové deformácie a azimuty sú za obdobia 19.08.14 – 04.12.14 – 28.04.15 – 27.10.15; \*\*\* – etapové deformácie a azimuty sú za obdobia 18.08.14 – 29.07.15 – 27.10.15; \*\*\*\* – etapové deformácie a azimuty sú za obdobia 01.12.14 – 28.04.15 – 29.07.15 – 27.10.15; \*\*\*\*\* – etapová deformácia a azimut sú za obdobie 28.04.15 – 10.12.15

Z hľadiska dlhodobého vývoja deformácií na šmykových plochách (obr. 4.1.3) možno konštatovať, že v období monitorovania bola (okrem aktuálne hodnoteného roku) najvyššia pohybová aktivita, a to aj napriek sanačným opatreniam vybudovaným v rokoch 2013 a 2014. V roku 2013 bola najvyššia pohybová aktivita nameraná vo vrte INK-34 (v hĺbke 2,8 m pod terénom) počas aprílovej etapy s prírastkom deformácie 30,40 mm. V roku 2014 boli vysoké hodnoty zaznamenané vo viacerých častiach zosuvného územia, tak ako uvádzame vyššie.

Údaje z meraní metódou presnej inklinometrie v rokoch 2014 a 2015 sú spracované v tab. 4.1.2 a 4.1.3.



Obr. 4.1.3. Dlhodobé (2012 – 2015) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Nižná Myšľa

#### b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

##### b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

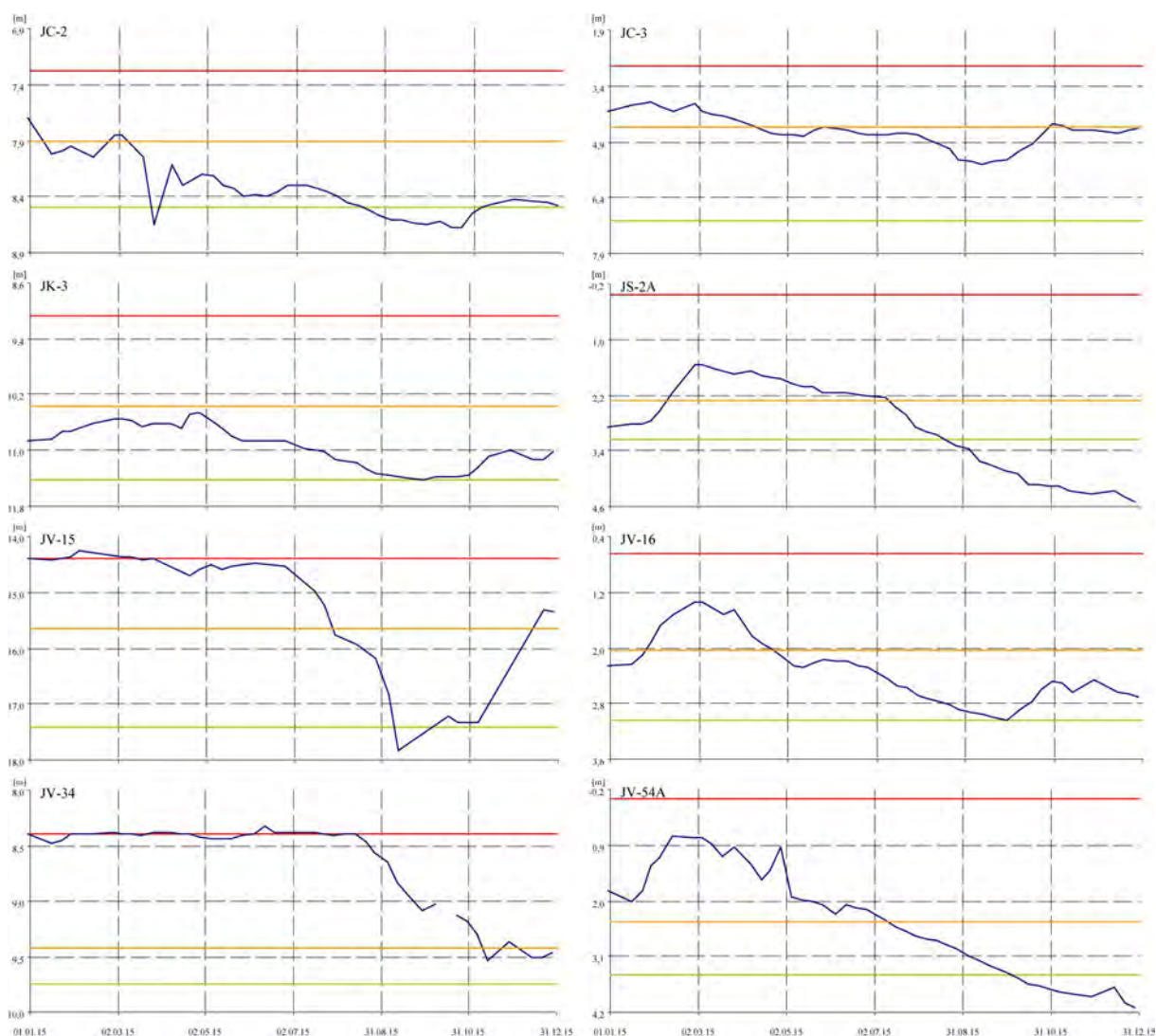
V roku 2014 priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla hodnotu 8,49 m pod terénom. Počas monitorovaného obdobia bolo 5 vrtoch suchých (JK-2, JV-23B, JV-26A, P-6 a SŠ-1). Najbližšie k povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody vo vrtoch JV-26 (24. máj – 1,2 m pod terénom), JV-54A (7. november – 1,3 m pod terénom), JV-16 (24. máj – 1,78 m pod terénom) a JS-2A (31. máj – 1,99 m pod terénom). Maximálne stavy v rozsahu od 2 do 5 m pod terénom boli namerané vo vrtoch JC-3 a 5, JS-3, JV-18, 23, 23A, 24, 25, 33, 35, 43, 44 a 45 a PZ-1. O niečo hlbšie, v intervale 5 až 10 m, boli maximálne stavy zaznamenané vo vrtoch J-1, JC-1 a 2, JJ-2, JS-4, JV-11, 12, 14, 22, 25A, 25A, 27, 31, 34, 42, 52, 53A, 54, 55 a P-1. V ostatných vrtoch maximálna hladina podzemnej vody nevystúpila nad úroveň 10 m pod terénom. Najväčší výskyt maximálnych stavov bol zaznamenaný v mesiacoch január (až v 12 vrtoch), máj (v 11 vrtoch), november (vo 8 vrtoch) a december (v 9 vrtoch). Paradoxné je, že počas mesiacov január a december bol zároveň zaznamenaný i najväčší výskyt minimálnych stavov hladiny podzemnej vody (tab. 4.1.4). Z hľadiska hodnotenia amplitúdy



A detailed map of the study area, showing a residential neighborhood with orange-roofed buildings and green spaces. The map is overlaid with a grid of sampling points, each labeled with a code (e.g., JV-54A, SHV-101, JV-53, J-3, JV-51, J-1, JV-18, JC-5, JC-4, JC-3, JC-2, JC-1, JK-6, JK-4, JK-3, JK-2, JK-1, JV-23B, JV-23, JV-23A, JV-22, JV-25, JV-24, JV-23, JV-23A, JV-22, JV-31, JV-33, JV-35, JV-45, JV-43A, JV-42, JV-43, JV-44, JV-41, JV-12, JV-11, JV-14, JV-15, JV-16, JV-17, JV-18, JV-19, JV-20, JV-21, JV-22, JV-23, JV-24, JV-25, JV-26, JV-27, JV-28, JV-29, JV-30, JV-31, JV-32, JV-33, JV-34, JV-35, JV-36, JV-37, JV-38, JV-39, JV-40, JV-41, JV-42, JV-43, JV-44, JV-45, JV-46, JV-47, JV-48, JV-49, JV-50, JV-51, JV-52, JV-53, JV-54, JV-55, JV-56, JV-57, JV-58, JV-59, JV-60, JV-61, JV-62, JV-63, JV-64, JV-65, JV-66, JV-67, JV-68, JV-69, JV-70, JV-71, JV-72, JV-73, JV-74, JV-75, JV-76, JV-77, JV-78, JV-79, JV-80, JV-81, JV-82, JV-83, JV-84, JV-85, JV-86, JV-87, JV-88, JV-89, JV-90, JV-91, JV-92, JV-93, JV-94, JV-95, JV-96, JV-97, JV-98, JV-99, JV-100). Blue lines connect some points, indicating a network or flow. A scale bar at the bottom right shows a distance of 200 m. A north arrow is also present.

28





Obr. 4.1.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2015 na lokalite Nižná Myšľa (porovnanie so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z údajov, nameraných v predchádzajúcom období monitorovania). červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2015

V roku 2015 sa merania vykonávali na 73 piezometrických vrtoch. Frekvencia meraní je rôzna, závisí od termínu vybudovania vrtu, ale i od prístupnosti vrtu. Najviac meraní, viac ako 40, bolo zabezpečených v 45 vrtoch. Celkove sa hladina podzemnej vody dostala najbližšie k povrchu terénu vo vrte PZ-1, a to do hĺbky 0,70 m pod terénom (28. november). Podobná hĺbka bola v polovici februára nameraná i vo vrte JV-54A (0,72 m pod terénom).

Hladiny podzemnej vody monitorované v jednotlivých vrtoch dosiahli svoje maximálne úrovne na konci februára (v 20 vrtoch), ale tiež i na konci novembra (v ôsmich vrtoch) a v polovici decembra (v štyroch vrtoch). V ostatných vrtoch boli maximálne úrovne hladiny podzemnej vody namerané priebežne v priebehu roka.

Vrty J-1, JJ- 4, JS-2, JV-26, 26A, 34, 53A, PZ-8, ŠS-1 boli značnú časť roka suché a vrty JJ-3, JV-23B, JV-43A, P-6 a PŠ-3 boli suché počas všetkých meraní. Najhlbšia nameraná hladina podzemnej vody bola vo vrte JS-2 (19,51 m pod terénom) na konci decembra. Do väčšej hĺbky ako 15 m pod terén klesli hladiny podzemnej vody i vo vrtoch J-1, JJ-1, JK-1 a 4, JS-1 a 2, JV-15, 31 a 53, PZ-1A a 2. Minimálne úrovne podzemnej vody sa vyskytovali prevažne v druhej polovici roka. Prevládajúcimi termínmi výskytu minimálneho stavu hladiny

podzemnej vody boli 29. september (v 14 vrtoch), 16. október (v 9 vrtoch) a 28. december (vo 8. vrtoch – tab. 4.1.5).

Tab. 4.1.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Myšľa v roku 2014

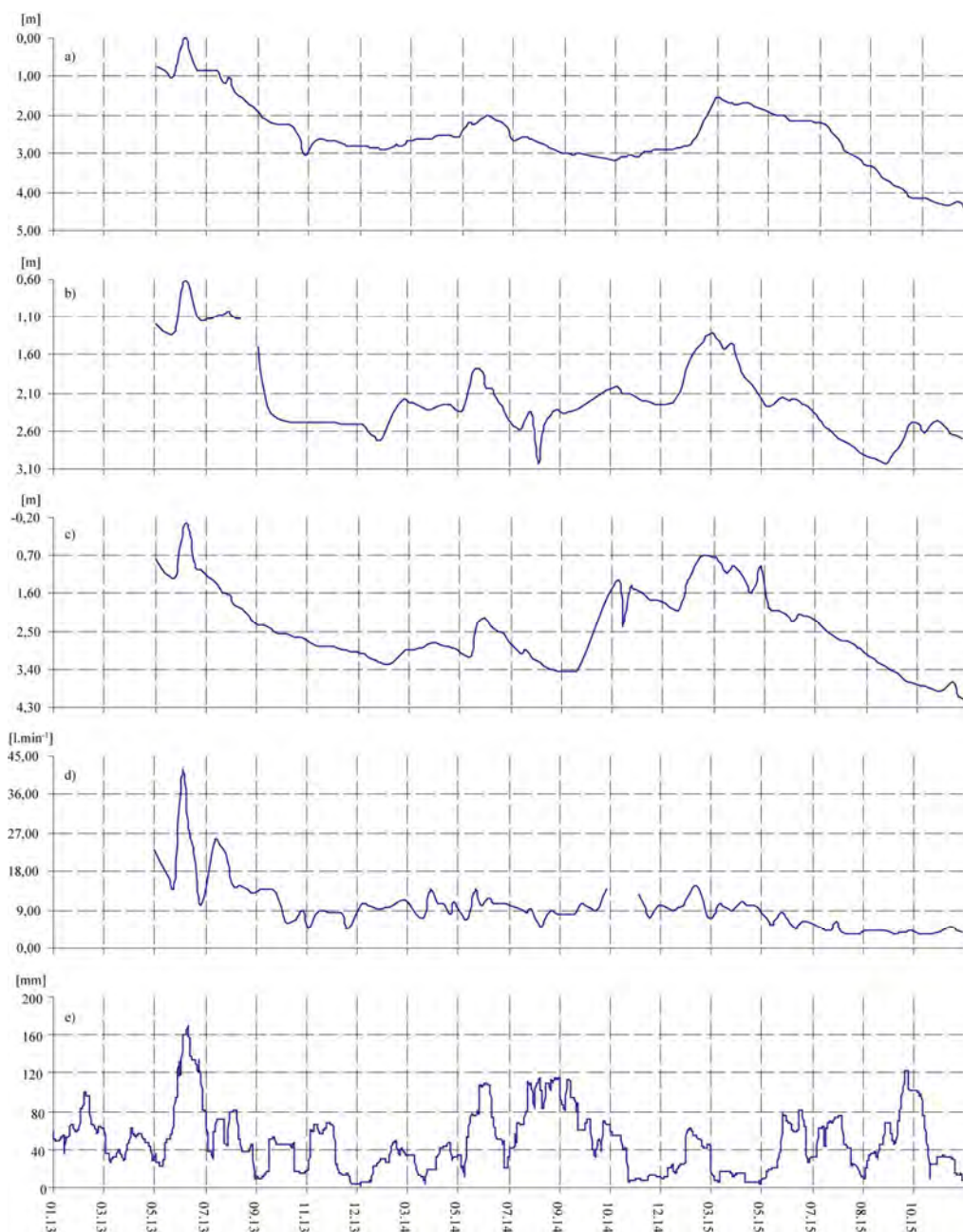
| Bod    | Počet meraní | Max. úroveň hpv |                    |               | Min. úroveň hpv |                    |               | Priem. úroveň hpv |                    | Max. kolísanie hpv [m] |
|--------|--------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|
|        |              | 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    | 44           | 9,12            | 210,01             | 28.01.14      | 13,60           | 205,53             | 30.10.14      | 11,50             | 207,63             | 4,48                   |
| JC-1   | 44           | 9,00            | 215,24             | 30.10.14      | 10,03           | 214,21             | 28.01.14      | 9,54              | 214,70             | 1,03                   |
| JC-2   | 44           | 7,70            | 205,67             | 30.12.14      | 8,30            | 205,07             | 28.01.14      | 8,01              | 205,36             | 0,60                   |
| JC-3   | 44           | 3,80            | 203,51             | 30.10.14      | 7,00            | 200,31             | 20.02.14      | 4,56              | 202,75             | 3,20                   |
| JC-5   | 32           | 2,52            | 177,84             | 21.11.14      | 2,94            | 177,42             | 13.01.14      | 2,66              | 177,70             | 0,42                   |
| JJ-1   | 43           | 13,19           | 211,08             | 13.09.14      | 15,40           | 208,87             | 08.01.14      | 14,46             | 209,81             | 2,21                   |
| JJ-2   | 43           | 7,78            | 208,80             | 08.01.14      | 8,05            | 208,53             | 14.07.14      | 7,94              | 208,64             | 0,27                   |
| JJ-3   | 39           | 15,21           | 195,90             | 26.02.14      | suchý           |                    |               |                   |                    |                        |
| JK-1   | 43           | 15,02           | 217,52             | 20.12.14      | 19,92           | 212,62             | 31.03.14      | 15,69             | 216,85             | 4,90                   |
| JK-3   | 43           | 10,15           | 204,41             | 28.01.14      | 14,38           | 200,18             | 14.04.14      | 10,84             | 203,72             | 4,23                   |
| JK-4   | 43           | 15,20           | 190,25             | 20.12.14      | 19,05           | 186,40             | 28.01.14      | 16,36             | 189,09             | 3,85                   |
| JK-6   | 43           | 11,48           | 178,78             | 06.06.14      | 11,56           | 178,70             | 13.09.14      | 11,51             | 178,75             | 0,08                   |
| JS-1   | 44           | 15,58           | 194,09             | 28.04.14      | 17,23           | 192,44             | 28.08.14      | 16,29             | 193,38             | 1,65                   |
| JS-2   | 44           | 18,55           | 182,43             | 31.05.14      | 19,55           | 181,43             | 20.12.14      | 19,19             | 181,79             | 1,00                   |
| JS-2A  | 44           | 1,99            | 199,87             | 31.05.14      | 3,17            | 198,69             | 30.10.14      | 2,70              | 199,16             | 1,18                   |
| JS-3   | 44           | 4,35            | 192,16             | 22.04.14      | 6,66            | 189,85             | 30.12.14      | 5,36              | 191,15             | 2,31                   |
| JS-4   | 44           | 6,76            | 181,57             | 30.12.14      | 7,49            | 180,84             | 06.12.14      | 7,22              | 181,12             | 0,73                   |
| JS-4A  | 44           | 11,75           | 175,82             | 08.01.14      | 11,91           | 175,66             | 30.12.14      | 11,83             | 175,74             | 0,16                   |
| JV-11  | 43           | 8,49            | 224,67             | 07.11.14      | 9,31            | 223,85             | 22.04.14      | 8,98              | 224,18             | 0,82                   |
| JV-12  | 43           | 9,16            | 215,00             | 07.11.14      | 10,04           | 214,12             | 28.01.14      | 9,70              | 214,46             | 0,88                   |
| JV-14  | 39           | 6,22            | 205,75             | 28.07.14      | 6,68            | 205,29             | 22.01.14      | 6,45              | 205,52             | 0,46                   |
| JV-15  | 43           | 14,39           | 186,54             | 21.11.14      | 17,42           | 183,51             | 28.01.14      | 15,58             | 185,35             | 3,03                   |
| JV-16  | 43           | 1,78            | 189,80             | 24.05.14      | 3,03            | 188,55             | 07.08.14      | 2,30              | 189,28             | 1,25                   |
| JV-18  | 43           | 2,06            | 179,55             | 24.05.14      | 2,56            | 179,05             | 21.07.14      | 2,31              | 179,30             | 0,50                   |
| JV-22  | 43           | 7,01            | 213,18             | 07.11.14      | 7,31            | 212,88             | 06.02.14      | 7,17              | 213,02             | 0,30                   |
| JV-23  | 43           | 4,60            | 211,35             | 08.01.14      | 5,70            | 210,25             | 25.06.14      | 4,79              | 211,16             | 1,10                   |
| JV-23A | 43           | 4,54            | 211,39             | 24.05.14      | 5,73            | 210,20             | 25.06.14      | 4,83              | 211,10             | 1,19                   |
| JV-24  | 43           | 2,97            | 204,50             | 24.05.14      | 3,90            | 203,57             | 21.07.14      | 3,15              | 204,32             | 0,93                   |
| JV-25  | 43           | 2,16            | 201,31             | 24.05.14      | 3,16            | 200,31             | 14.08.14      | 2,77              | 200,70             | 1,00                   |
| JV-25A | 43           | 8,48            | 194,99             | 08.01.14      | 8,80            | 194,67             | 13.09.14      | 8,70              | 194,77             | 0,32                   |
| JV-25A | 43           | 8,48            | 194,99             | 08.01.14      | 8,80            | 194,67             | 13.09.14      | 8,70              | 194,77             | 0,32                   |
| JV-26  | 43           | 1,20            | 196,00             | 24.05.14      | 2,85            | 194,35             | 13.01.14      | 2,16              | 195,04             | 1,65                   |
| JV-27  | 43           | 5,34            | 186,97             | 28.08.14      | 6,06            | 186,25             | 31.03.14      | 5,72              | 186,59             | 0,72                   |
| JV-31  | 39           | 8,00            | 220,48             | 02.03.14      | 18,03           | 210,45             | 28.04.14      | 17,71             | 210,77             | 10,03                  |
| JV-33  | 4            | 2,87            | 202,78             | 20.12.14      | 2,89            | 202,76             | 06.12.14      | 2,88              | 202,77             | 0,02                   |
| JV-34  | 43           | 8,40            | 192,31             | 30.12.14      | 9,65            | 191,08             | 25.03.14      | 9,41              | 191,32             | 1,25                   |
| JV-35  | 43           | 4,64            | 176,30             | 31.05.14      | 4,88            | 176,06             | 20.12.14      | 4,76              | 176,18             | 0,24                   |
| JV-41  | 43           | 10,47           | 209,92             | 08.01.14      | 10,67           | 209,72             | 22.04.14      | 10,62             | 209,77             | 0,20                   |
| JV-42  | 43           | 6,79            | 209,13             | 08.01.14      | 7,09            | 208,83             | 21.08.14      | 7,01              | 208,91             | 0,30                   |
| JV-43  | 44           | 4,86            | 206,06             | 08.01.14      | 14,21           | 196,71             | 02.03.14      | 5,35              | 205,57             | 9,35                   |
| JV-43A | 42           | 14,16           | 196,80             | 06.02.14      | 14,26           | 196,70             | 12.06.14      | 14,22             | 196,74             | 0,10                   |
| JV-44  | 43           | 3,46            | 203,42             | 08.01.14      | 4,17            | 202,71             | 30.12.14      | 3,86              | 203,02             | 0,71                   |
| JV-45  | 43           | 3,26            | 173,42             | 31.05.14      | 3,58            | 173,10             | 22.01.14      | 3,47              | 173,21             | 0,32                   |
| JV-52  | 8            | 8,55            | 203,12             | 14.11.14      | 8,63            | 203,04             | 13.12.14      | 8,59              | 203,08             | 0,08                   |
| JV-53  | 44           | 17,95           | 181,77             | 08.01.14      | 18,23           | 181,49             | 09.05.14      | 18,14             | 181,58             | 0,28                   |
| JV-53A | 39           | 5,33            | 194,31             | 31.05.14      | 7,28            | 192,36             | 08.01.14      | 6,53              | 193,11             | 1,95                   |
| JV-54  | 4            | 6,41            | 186,05             | 01.07.14      | 6,53            | 185,93             | 28.07.14      | 6,49              | 185,98             | 0,12                   |
| JV-54A | 43           | 1,30            | 191,24             | 07.11.14      | 3,45            | 189,09             | 28.08.14      | 2,73              | 189,81             | 2,15                   |
| JV-55  | 43           | 5,76            | 178,08             | 12.06.14      | 6,09            | 177,75             | 09.05.14      | 5,96              | 177,89             | 0,33                   |
| P-1    | 43           | 6,60            | 204,19             | 30.12.14      | 6,83            | 203,96             | 14.08.14      | 6,71              | 204,07             | 0,23                   |
| P-3    | 43           | 14,02           | 187,46             | 02.03.14      | 17,28           | 184,20             | 16.05.14      | 14,30             | 187,18             | 3,26                   |
| P-4    | 8            | 14,23           | 186,95             | 13.12.14      | 14,26           | 186,92             | 14.11.14      | 14,25             | 186,93             | 0,03                   |
| PZ-1   | 8            | 2,15            | 200,10             | 07.11.14      | 2,37            | 199,88             | 13.12.14      | 2,29              | 199,96             | 0,22                   |
| PZ-1A  | 8            | 15,96           | 186,32             | 30.12.14      | 15,98           | 186,30             | 07.11.14      | 15,98             | 186,30             | 0,02                   |

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

Tab. 4.1.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Mýšľa 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 JJ-3, JV-23B, JV-43A, P-6, PŠ-3 boli suché počas všetkých meraní



Obr. 4.1.6. Výsledky spracovania režimových pozorovaní (2013 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Nižná Myšľa. Priebegy hladiny podzemnej vody sú z vrtov: a – JK-6, b – JV-44, c – JV-31; d – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov; e – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMU Čaňa – indikatív 60140)

Typické pre hladiny podzemnej vody sledované na lokalite Nižná Myšľa sú jej minimálne zmeny. Až v 47 vrtoch sú zmeny hladiny podzemnej vody do 1 m (vrátane suchých vrtov). V 15 vrtoch sa ročná amplitúda pohybovala v rozsahu od 1,09 do 1,88 m. výraznejšie zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody (viac ako 3 m) sa v roku 2015 prejavovali len v 9 vrtoch (J-1, JV-15, 25A, 33, 53A a 54A, P-5, PZ-1, 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 vrtmi. Zmeny hladiny podzemnej vody v týchto vrtoch majú voči

zrážkovým úhrnom značnú retardáciu s minimálnymi prejavmi, prípadne zrážková udalosť sa na hladine podzemnej vody neprejavuje vôbec.

## b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

V roku 2014 vo vrte JV-17 priemerná hladina podzemnej vody dosiahla oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,62 m. Ročné zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody dosiahli 0,76 m. V porovnaní s predchádzajúcim rokom sa hladina podzemnej vody ustálila. Najvyššie hladina podzemnej vody vystúpila v druhej polovici mája (tab. 4.1.8), následne však začala klesať. Zostup hladiny podzemnej vody počas letných mesiacov prerušili intenzívnejšie zrážkové úhrny v júli a auguste. Minimálna hladina podzemnej vody bola dosiahnutá 16. augusta (tab. 4.1.6). V jesenných mesiacoch hladina podzemnej vody stúpala do 30. októbra, kedy začala opäť klesať.

Teplota vody mala počas celého hodnoteného obdobia ustálený režim. Kolísala v intervale 10,9 až 11°C. Jej zmena bola zaznamenaná v súvislosti s prudkým nárastom hladiny podzemnej vody.

Tab. 4.1.6. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Nižná Myšľa v roku 2014

| 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-17 | 8103       | 6,77            | 181,58             | 18.05.14 12:00 | 7,53            | 180,82             | 15.08.14 02:00 | 7,24              | 181,11             | 0,76                   |
| JV-44 | 7288       | 12,23           | 194,65             | 01.01.14 00:00 | 12,29           | 194,59             | 27.07.14 15:00 | 12,26             | 194,62             | 0,06                   |
| JV-22 | 8760       | 7,00            | 213,19             | 03.11.14 12:00 | 7,30            | 212,89             | 29.01.14 17:00 | 7,17              | 213,02             | 0,30                   |
| JV-54 | 8760       | 10,82           | 181,64             | 01.01.14 00:00 | 11,06           | 181,40             | 26.09.14 02:00 | 10,98             | 181,48             | 0,24                   |

V roku 2015, hladina podzemnej vody kolísala v rozsahu od 6,75 do 7,69 m pod terénom. Celková ročná amplitúda teda dosiahla 0,94 m. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody oproti predchádzajúcemu roku 2014 klesla o 0,44 m. Vzhľadom na jej veľmi malé ročné zmeny, ide o pomerne výrazný pokles. Na zmenách hladiny sa prejavovali najmä zrážkové úhrny zaznamenané v zimných mesiacoch (spojené s topením snehovej pokrývky a minimálnou evapotranspiráciou). Pomerne výrazne sa na jej stúpnutí odrazili i októbrové zrážky. V roku 2015 bola 12. októbra nameraná najnižšia úroveň hĺbky hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie (hĺbka 7,69 m pod terénom – zároveň predstavuje i minimum v roku 2015; tab. 4.1.7). Maximálna hladina podzemnej vody v hodnotenom roku bola nameraná v prvej polovici februára. Teplota podzemnej vody kolísala len minimálne.

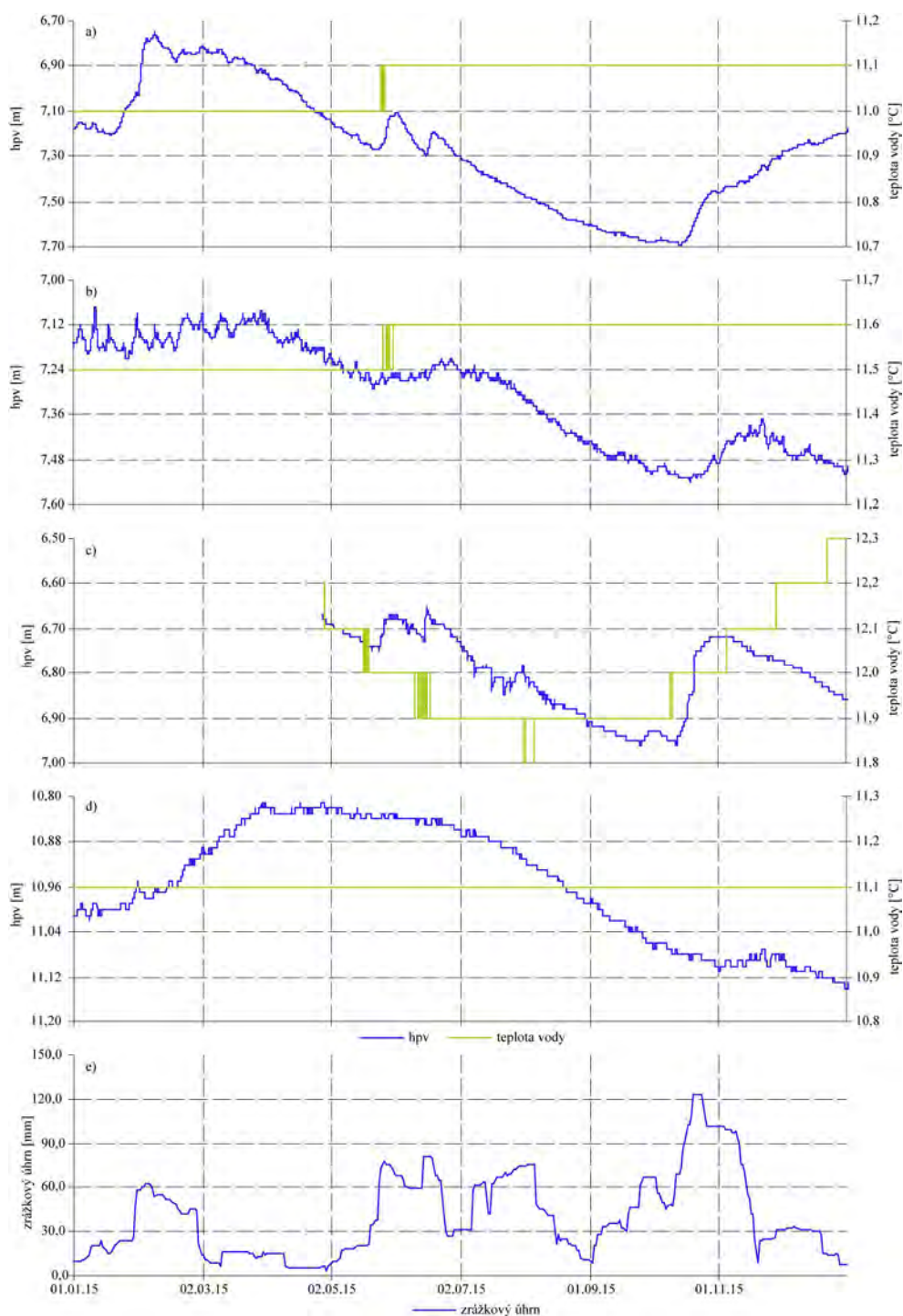
Tab. 4.1.7. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Nižná Myšľa v roku 2015

| 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 02:00 | 6,96            | 205,01             | 24.09.15 19:00 | 6,80              | 205,17             | 0,31                   |
| JV-17  | 8760       | 6,75            | 181,60             | 08.02.15 03:00 | 7,69            | 180,73             | 12.10.15 20:00 | 7,26              | 181,18             | 0,94                   |
| JV-22  | 8760       | 7,07            | 213,12             | 10.01.15 22:00 | 7,54            | 212,65             | 18.10.15 08:00 | 7,30              | 212,88             | 0,47                   |
| JV-54  | 8760       | 10,81           | 181,73             | 30.03.15 09:00 | 11,14           | 181,40             | 29.12.15 23:00 | 10,95             | 181,59             | 0,33                   |

\* – merania začali 28. apríla roku 2015 o 13:00 hod

V apríli sa začali kontinuálne merania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody zabezpečovať aj vo vrte JV-14. Hladina podzemnej vody, podobne ako i v ostatných vrtoch reagovala na vývoj klimatických pomerov, ale jej celkové zmeny dosiahli len 0,31 m. Maximálna úroveň bola zaznamenaná v polovici júna (6,65 m pod terénom) a naopak, minimálna hladina podzemnej vody bola nameraná v druhej polovici septembra (6,96 m pod terénom).





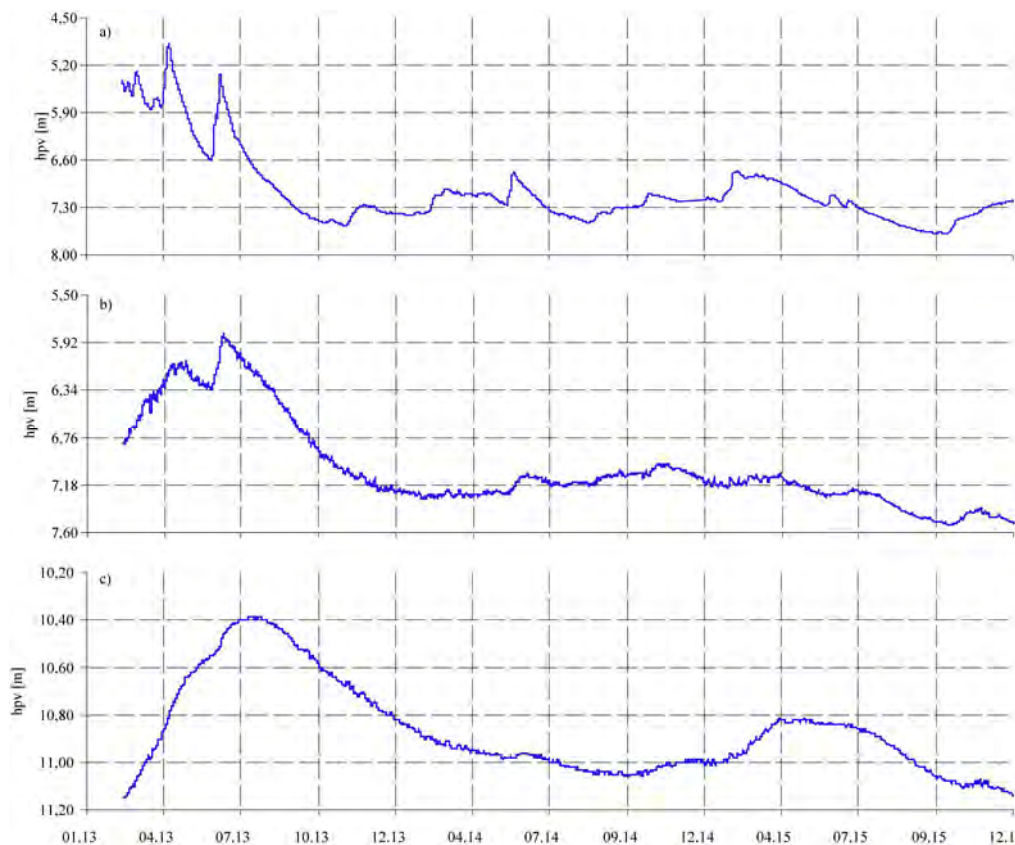
Obr. 4.1.7. Priebeh zmien úrovně hladiny podzemnej vody a teploty vody, zaznamenaný v roku 2015 automatickými hladinomerami na lokalite Nižná Myšľa. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – JV-17, b – JV-22, c – JV-14; d – JV-54; e – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Čaňa (indikatív 60140)

Vo vrte JV-22 v roku 2014 priemerná hladina podzemnej vody vo vrte JV-22 dosiahla hĺbku 12,26 m pod terénom. V roku 2014 sa hĺbka podzemnej vody nachádzala v intervale 7,00 – 7,30 m pod terénom. Minimálny stav bol zaznamenaný 30. januára a maximálny 4. novembra (obr. 4.1.7b).

V roku 2015 priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierne klesla a dosiahla hĺbku 7,3 m pod terénom. Maximálna úroveň bola zaznamenaná v prvej polovici januára (7,07 m pod terénom) a naopak, minimálna úroveň

v druhej polovici októbra (7,54 m pod terénom). Z nameraných hladín je možné usúdiť veľmi vyrovnaný režim podzemnej vody. Ročná amplitúda dosiahla len 0,47 m.

Vo vrte JV-44 v roku 2014 priemerná hladina podzemnej vody dosiahla hĺbku 12,26 m pod terénom s minimálnou amplitúdou (0,06 m – obr. 4.1.7). Z tohto dôvodu bolo monitorovacie zariadenie z vrtu odinštalované 31. októbra 2014.



Obr. 4.1.8. Dlhodobé (2013 – 2015) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi na lokalite Nižná Myšľa. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – JV-17, b – JV-22, c – JV-54

Vo vrte JV-54 v roku 2014 priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla 10,98 m pod terénom. I v tomto vrte došlo v roku 2014 k ustáleniu zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a jej celkové kolísanie dosiahlo 0,24 m. Maximálna hladina bola zaznamenaná na začiatku kalendárneho roka; následne, až do konca bol pozorovaný jej pokles. Počas jesenných mesiacov, pravdepodobne v dôsledku vyšších zrážkových úhrnov z letného obdobia, bol nameraný mierny vzostup hladiny podzemnej vody. Vo vrtoch JV-44 a JV-54 boli zaznamenané nulové zmeny teploty podzemnej vody.

V roku 2015 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná na konci marca, a to v hĺbke 10,81 m pod terénom. Minimálna úroveň hladiny bola zaznamenaná 29. decembra v hĺbke 11,14 m pod terénom. Priemerná hladina sa v porovnaní s predchádzajúcim rokom prakticky nezmenila (stúpila o 0,03 m) a dosiahla hĺbku 10,95 m pod terénom. Celkové kolísanie v období hodnoteného roka dosiahlo len 0,33 m.

Pri pohľade na priebehy hĺbok hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch v dlhšom časovom období (obr. 4.1.7) je zreteľne pozorovateľný jej postupný pokles. Okrem toho, podobne ako je to v prípade ostatných piezometrických vrtov v rámci hodnotenej lokality, i tu sa prejavujú minimálne ročné zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody. Maximálne úrovne boli zaznamenané v roku 2013 a naopak, minimálne úrovne boli namerané prevažne v aktuálne hodnotenom roku 2015.



### c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Nižná Myšľa bolo v roku 2014 pozorovaných 25 odvodňovacích zariadení, ktoré sú sústredené do siedmich šácht. Okrem toho sa pokračovalo s monitorovaním ďalších troch vrtov označených „HNM“. V roku 2015 sa počet odvodňovacích vrtov zvýšil na 36 (tab. 4.1.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.1.8 a 4.1.9). Počas roka 2014 bolo na monitorovaných vrtoch zabezpečených prevažne 44 kontrolných meraní (15. január – 29. december). Merania sú zabezpečované vďaka spolupráci s Obecným úradom v Nižnej Myšli.

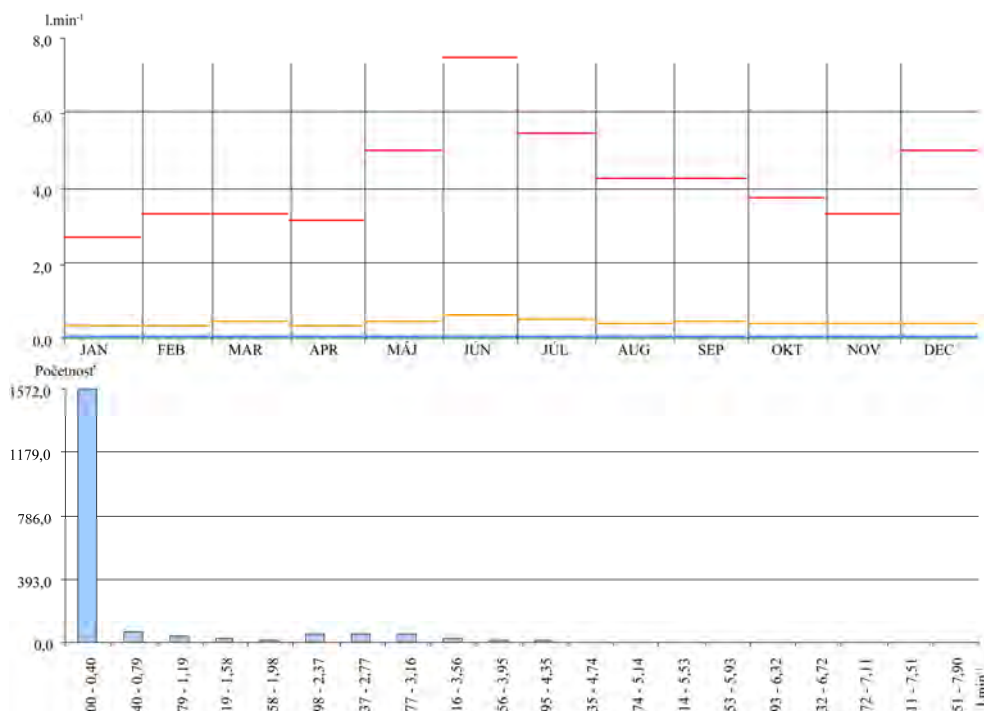
V roku 2014 bola najvyššia výdatnosť nameraná 5. decembra na odvodňovacom vrte SHV-15 ( $5,00 \text{ l.min}^{-1}$ ). V tomto termíne bola maximálna ročná výdatnosť nameraná i na vrte SHV-14 ( $1,20 \text{ l.min}^{-1}$ ). Následne, na konci mesiaca boli ročné maximá namerané aj vo vrtoch SHV-42 a 61. Medzi významnejšie výdatnosti ( $3 \text{ l.min}^{-1}$  a viac) možno zaradiť i maximá namerané vo vrtoch SHV-52 (27. február), SHV-63 (30. marec), SHV-23 (28. október). Celkove na lokalite Nižná Myšľa bol výskyt maximálnych výdatností rozptýlený prakticky počas celého roka.

Tab. 4.1.8. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Myšľa v roku 2014

| 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    |                                         |                                               |
| INM-1  | 27           | 0,01                    | 05.12.14 | 0,00                    | 07.01.14 | 0,00                                    | 0,01                                          |
| INM-2  | 27           | 0,01                    | 07.04.14 | 0,00                    | 07.01.14 | 0,00                                    | 0,01                                          |
| INM-3  | 27           | suchý                   |          |                         |          |                                         |                                               |
| ST-1/1 | 44           | 0,20                    | 19.09.14 | 0,00                    | 07.01.14 | 0,01                                    | 0,20                                          |
| ST-1/2 | 44           | 0,50                    | 28.09.14 | 0,00                    | 07.01.14 | 0,06                                    | 0,50                                          |
| ST-1/3 | 44           | 0,01                    | 19.02.14 | 0,00                    | 07.01.14 | 0,01                                    | 0,01                                          |
| ST-1/4 | 43           | 1,20                    | 05.12.14 | 0,00                    | 07.06.14 | 0,22                                    | 1,20                                          |
| ST-1/5 | 44           | 5,00                    | 05.12.14 | 2,40                    | 27.02.14 | 3,14                                    | 2,60                                          |
| ST-2/1 | 44           | 0,31                    | 07.10.14 | 0,01                    | 07.01.14 | 0,08                                    | 0,30                                          |
| ST-2/2 | 44           | 0,94                    | 23.05.14 | 0,00                    | 07.01.14 | 0,08                                    | 0,94                                          |
| ST-2/3 | 44           | 3,00                    | 28.10.14 | 0,00                    | 17.05.14 | 1,47                                    | 3,00                                          |
| ST-3/1 | 44           | 0,01                    | 01.03.14 | 0,00                    | 07.01.14 | 0,00                                    | 0,01                                          |
| ST-3/2 | 44           | 0,01                    | 07.10.14 | 0,00                    | 07.01.14 | 0,00                                    | 0,01                                          |
| ST-3/3 | 44           | 0,01                    | 07.10.14 | 0,00                    | 07.01.14 | 0,00                                    | 0,01                                          |
| ST-3/4 | 44           | suchý                   |          |                         |          |                                         |                                               |
| ST-4/1 | 34           | suchý                   |          |                         |          |                                         |                                               |
| ST-4/2 | 34           | 0,67                    | 29.12.14 | 0,11                    | 26.06.14 | 0,22                                    | 0,56                                          |
| ST-4/3 | 34           | 0,01                    | 02.07.14 | 0,00                    | 07.01.14 | 0,00                                    | 0,01                                          |
| ST-5/1 | 35           | 1,71                    | 28.04.14 | 0,01                    | 15.08.14 | 0,66                                    | 1,70                                          |
| ST-5/2 | 35           | 3,33                    | 27.02.14 | 0,01                    | 05.09.14 | 1,99                                    | 3,32                                          |
| ST-5/3 | 35           | 0,11                    | 27.02.14 | 0,00                    | 21.01.14 | 0,01                                    | 0,11                                          |
| ST-6/1 | 44           | 0,10                    | 29.12.14 | 0,00                    | 14.01.14 | 0,01                                    | 0,10                                          |
| ST-6/2 | 44           | 0,01                    | 07.01.14 | 0,00                    | 14.01.14 | 0,00                                    | 0,01                                          |
| ST-6/3 | 44           | 3,33                    | 30.03.14 | 1,25                    | 29.12.14 | 2,35                                    | 2,08                                          |
| ST-6/4 | 44           | 0,20                    | 22.04.14 | 0,00                    | 05.02.14 | 0,01                                    | 0,20                                          |
| ST-7/1 | 44           | suchý                   |          |                         |          |                                         |                                               |
| ST-7/2 | 44           | suchý                   |          |                         |          |                                         |                                               |
| ST-7/3 | 44           | suchý                   |          |                         |          |                                         |                                               |

Pri hodnotení minimálnych ročných výdatností treba v prvom rade upozorniť na skutočnosť, že v roku 2014 bola väčšina vrtov permanentne suchá, resp. na vrtoch bolo pozorované len kvapkanie. Do skupiny s veľmi nízkou výdatnosťou patrí až 22 z 28 odvodňovacích vrtov. Len na trojici vrtov (SHV-15, 42, 63) bolo možné počas roka sledovať kontinuálny prietok. Vo vrtoch SHV-23, 51 a 52 bolo minimálne aspoň počas jedného merania zaznamenané kvapkanie, prípadne bol vrt suchý. Nameraná najnižšia výdatnosť (na skupine funkčných vrtov) bola vo vrte SHV-42 ( $0,11 \text{ l.min}^{-1}$  – 26. jún). Vo vrte SHV-15 bola dosiahnutá minimálna výdatnosť 27. februára ( $2,40 \text{ l.min}^{-1}$ ) a vo vrte SHV-63 dňa 29. decembra ( $1,25 \text{ l.min}^{-1}$ ). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov

v roku 2014 dosiahla len  $10,26 \text{ l.min}^{-1}$ . Najväčšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte SHV-52 ( $3,33 \text{ l.min}^{-1}$ ).



Obr. 4.1.9. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Myšľa. červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti (2. kvartil), zelená – minimálna mesačná výdatnosť.

V roku 2015 bolo zabezpečených 22 až 44 kontrolných meraní (15. január – 29. december; výnimkou sú vrty SHV-41 a 42, kde bolo vykonané len jedno meranie). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. februára, podobne ako v predchádzajúcom roku, na odvodňovacom vrte SHV-15 ( $5,45 \text{ l.min}^{-1}$ ), ktorý sa nachádza v blízkosti Poštovej ul. V tejto oblasti, počas dosiahnutej maximálnej výdatnosti, boli pozorované vzostupy hladiny podzemnej vody vo vrtoch JV-18 a JV-15 (najvyššie hladiny za celé monitorované obdobie). Išlo o reakciu na zvýšené zrážkové úhrny zaznamenané v predchádzajúcom období (koniec januára a začiatok februára). Počas februárových meraní boli maximálne výdatnosti namerané i na vrtoch SHV-12, SHV-22, SHV-42 ( $0,17$  až  $0,33 \text{ l.min}^{-1}$ ), SHV-23 a SHV-52 ( $2,00$  až  $5,00 \text{ l.min}^{-1}$ ). Výskyt maximálnych prietokov v pozorovaných vrtoch bol rozptýlený prakticky počas celého roka, prevažne však v mesiacoch február a marec. Vrty HNM-2, 3, SHV-11, 31, 32, 33, 34, 41, 62, 71, 72, 73, 82, 92, 93, 101 a 111 boli počas všetkých meraní suché, resp. ojedinele z nich kvapkala voda. Vo vrtoch HNM-1, SHV-12, SHV-13, 14, 21, 22, 23, 53, 61, 63, 64, 81 a 112 bolo minimálne počas jedného merania zaznamenané kvapkanie, príp. bol vrt suchý. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná (pri hodnotení neboli zohľadnené už spomenuté suché a kvapkajúce vrty) vo vrte SHV-91 ( $0,01 \text{ l.min}^{-1}$ ). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu  $7,76 \text{ l.min}^{-1}$ , čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles až o  $2,50 \text{ l.min}^{-1}$ . Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte SHV-52 ( $4,67 \text{ l.min}^{-1}$ ).

Priebehy množstva odvádzanej vody z vybraných odvodňovacích zariadení spolu s kumulatívnymi zrážkami sú znázornené na obr. 4.1.6 a štatistické zhodnotenie doteraz nameraných výdatností je na obr. 4.1.9. Počas monitorovaného obdobia výrazne prevládali

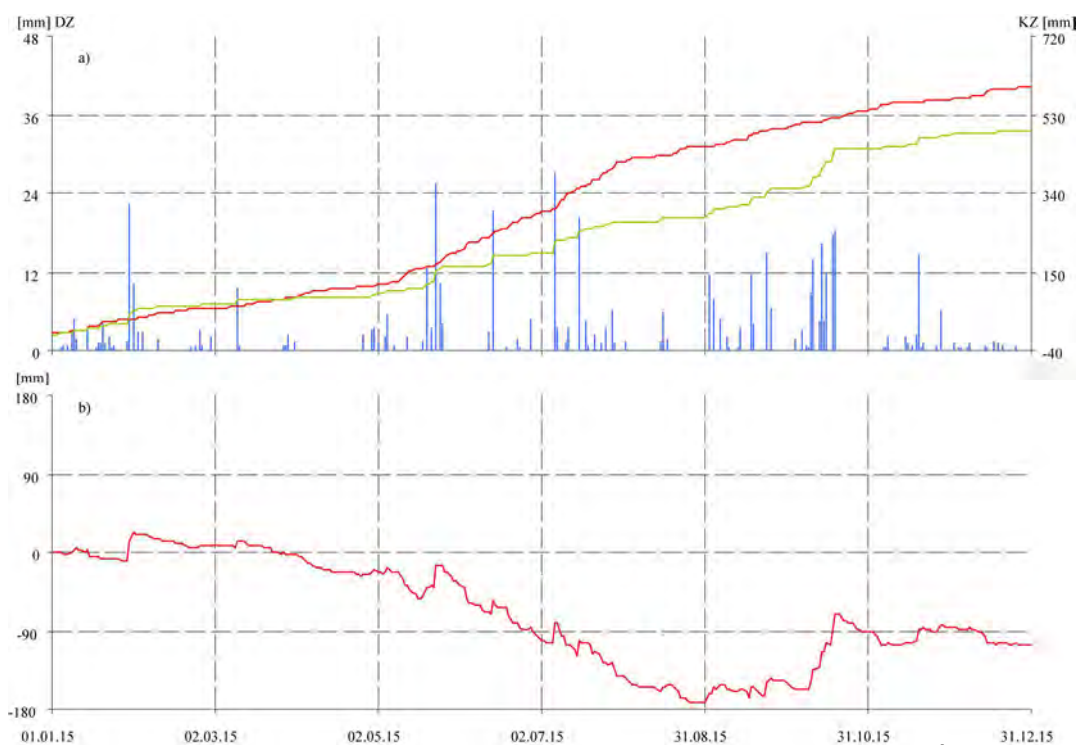
najnižšie výdatnosti (0,0 – 0,4 l.min<sup>-1</sup>). Výdatnosti nad 1 l.min<sup>-1</sup> sa vyskytujú len ojedinele (obr. 4.1.9).

Tab. 4.1.9. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Myšľa v roku 2015

| Bod     | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] | Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
|---------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
|         |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    |                                        |                                              |
| HNM-1   | 44           | 0,06                   | 13.03.15 | 0,00                   | 14.08.15 | 0,01                                   | 0,06                                         |
| HNM-2   | 44           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| HNM-3   | 44           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| SHV-101 | 22           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| SHV-11  | 44           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| SHV111  | 29           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| 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           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| SHV-32  | 44           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| SHV-33  | 44           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| SHV-34  | 44           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| SHV-41  | 1            | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| 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           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| SHV-72  | 44           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| SHV-73  | 44           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| 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           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| SHV-93  | 29           | suchý                  |          |                        |          |                                        |                                              |
| ST-12   | 25           | 1,76                   | 28.05.15 | 0,24                   | 07.10.15 | 0,54                                   | 1,52                                         |

#### d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Čaña s indikatívom 60140. Pre porovnanie dosiahnutých úhrnov sú použité údaje z Mapy priemerných ročných úhrnov zrážok (Faško a Šťastný in Atlas krajiny SR, 2002), v ktorej je pre danú oblasť stanovený interval 550 až 600 mm. V roku 2014 bol na stanici Čaña zaznamenaný zrážkový úhrn 611,9 mm, čo možno považovať za nadpriemerný úhrn. Počas roku 2015 úhrn zrážok dosiahol 488,9 mm (čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom menej až o 123 mm) a je ho možné považovať za výrazne podpriemerný (obr. 4.1.10).



Obr. 4.1.10. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Čaňa (indikatív 60140). a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2015 (modrá línia – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená línia – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená línia – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2014); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2015

### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2015 sa pokračovalo v monitorovacích aktivitách z prechádzajúceho obdobia. Najvýznamnejšie výsledky priniesli merania metódou presnej inklinometrie. Najvyššie deformácie boli opätovne namerané v oblasti nad školou vo vrte INK-53 počas októbrovej etapy. Z nameraných prírastkov deformácií počas jednotlivých etáp vyplýva, že na šmykovej ploche v oblasti vrtu dochádza k postupnej akcelerácii pohybu. V priestore vrtu INM-6, ktorý je v dôsledku kritickej deformácii nepriechodný, bol vybudovaný nový vrt INK-56. Vrt je inštrumentovaný stacionárnou inklinometrickou sondou v hĺbke predpokladanej aktívnej šmykovej plochy (12,75 m pod terénom). Namerané deformácie zatiaľ nepreukázali pohybovú aktivitu, ktorá by súvisela so svahovým pohybom.

Zvýšené hodnoty etapových deformácií boli namerané aj vo vrtoch INM-6, INK-12 a 22.

Režimové merania boli v roku 2015 zabezpečené na 72 piezometrických vrtoch, sledovaných pozorovateľom a ďalších 4 monitorovaných kontinuálne, automatickými hladinomerami a 28 subhorizontálnych odvodňovacích vrtoch. V prípade hodnotenia hladiny podzemnej vody boli v roku 2015 sledované vo väčšine prípadov len zmeny hĺbky do jedného metra. Tento stav môže čiastočne súvisieť s klimatickými pomermi v danom roku. V mnohých prípadoch však hladina podzemnej vody sledovaná vo vrtoch nereagovala na zvýšené zrážkové úhrny.

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

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 2016 pokračovať v monitorovacích aktivitách

v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2015. V tejto súvislosti sa budeme usilovať o pokračovanie v spolupráci s miestnym zastupiteľstvom obce pri zabezpečovaní monitorovania režimových ukazovateľov. Perspektívne plánujeme rozšíriť monitorovacie aktivity o novú progresívnu metódu, založenú na technológii InSAR, vďaka ktorej bude možná celoplošná identifikácia pohybovej aktivity.

### 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 2014 a 2015*

Na lokalite Kapušany boli v rokoch 2014 a 2015 monitorovacie aktivity zamerané najmä na inklinometrické merania a čiastočne i na 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 2014 a 2015

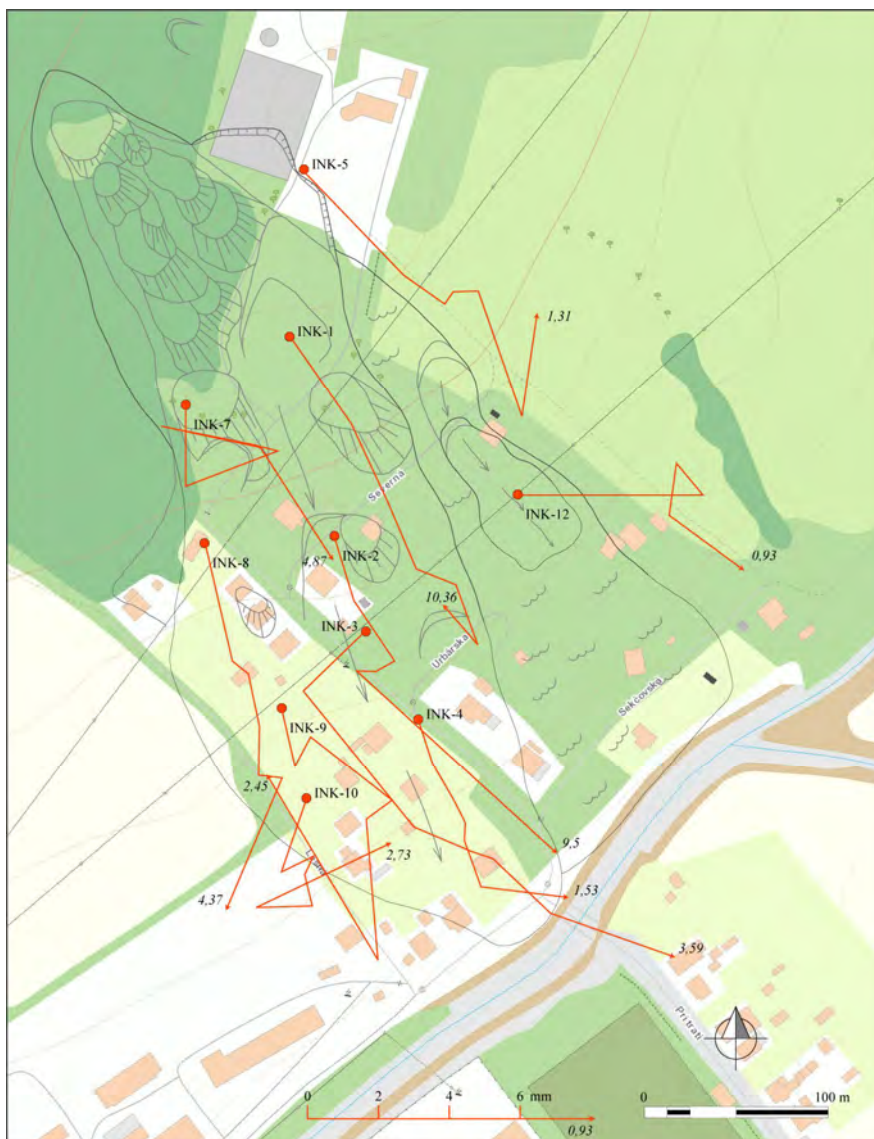
| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                                        | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania)               |                                                                                      |
|--------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                                              | Rok 2014                                                    | Rok 2015                                                                             |
| Inklinometrické                            | 10                    | INK-1, INK-2, INK-3, INK-4, INK-5, INK-7, INK-8, INK-9, INK-10, INK-12 | 3<br>(7. máj,<br>20. august,<br>4. december)                | 2<br>(29. apríl,<br>28. október,)                                                    |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 7                     | V-POZ-1 až 5, 7, 10                                                    | 4<br>(31. január,<br>21. február,<br>10. apríl,<br>13. máj) | 6<br>(25. máj,<br>30. jún, 23. júl,<br>28. august,<br>24. september,<br>21. 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                   | 4<br>(31. január,<br>21. február,<br>10. apríl,<br>13. máj) | 6<br>(25. máj,<br>30. jún, 23. júl,<br>28. august,<br>24. september,<br>21. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 1                     | Stanice SHMÚ:<br>Kapušany (indikatív 59220)                            | Denné úhrny zrážok                                          |                                                                                      |

#### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015*

##### *a/ Inklinometrické merania*

V roku 2014 boli v zosuvnom území realizované tri etapy inklinometrických meraní (tab. 4.2.1). Najvyššia pohybová aktivita bola nameraná počas poslednej decembrovej etapy vo vrte INK-2, ktorý sa nachádza v centrálnej časti zosuvu. V hĺbke 14,0 m pod terénom, na hlbšej šmykovej ploche, bola nameraná deformácia 7,18 mm. Ide o najvyššiu deformáciu vo vrte INK-2 nameranú za celé monitorovacie obdobie. O niečo nižší prírastok deformácie (6,61 mm) bol v tomto vrte nameraný na plytšej šmykovej ploche, v hĺbke 10,5 m pod terénom. Pomerne vysoké prírastky deformácie boli namerané vo vrte INK-9



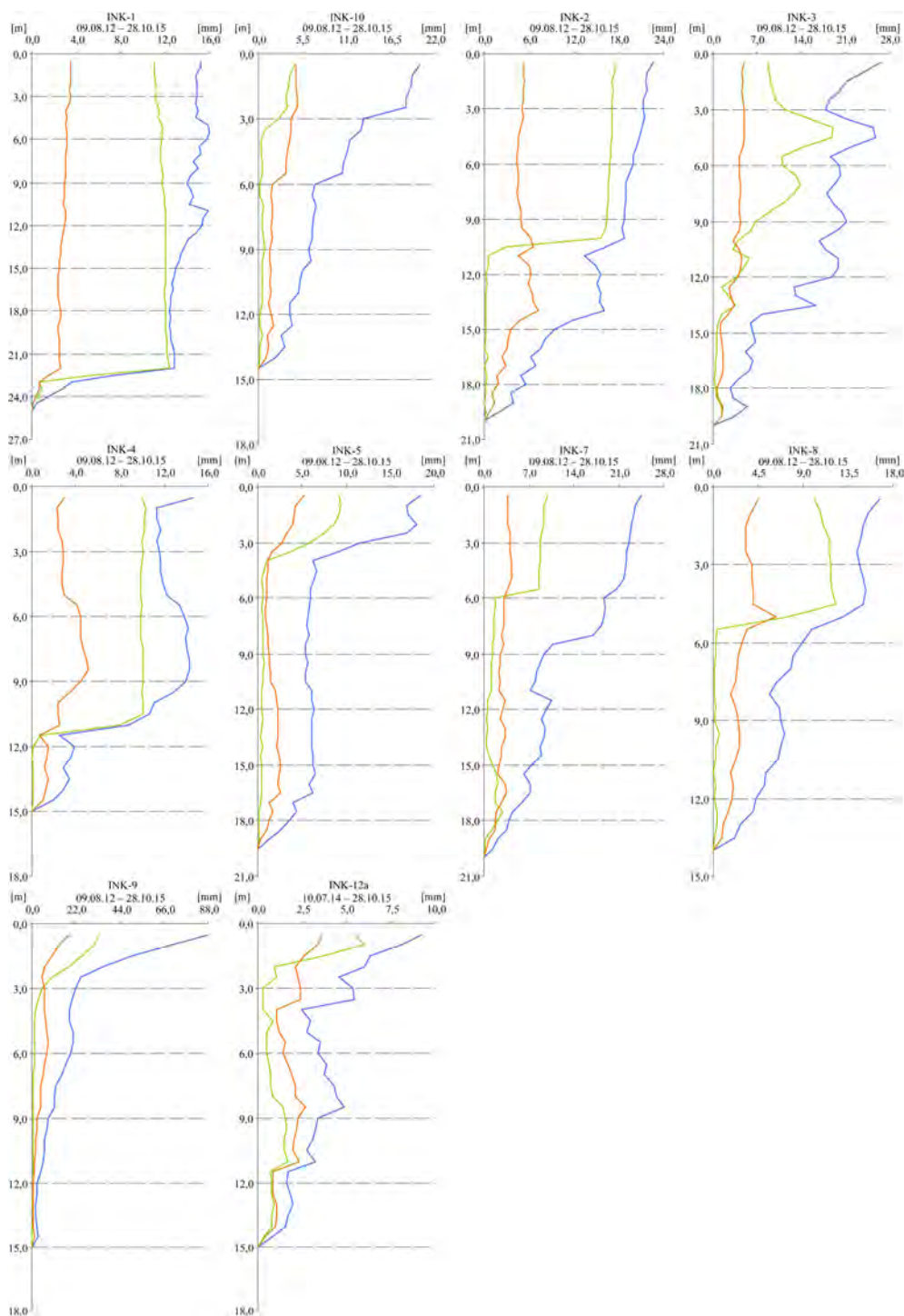


Obr. 4.2.1. Lokalita Kapušany – výsledky inklinometrických meraní – vektory deformácií namerané v rokoch 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.2.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektorech označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu: Laffers et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®

Tab. 4.2.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Kapušany v rokoch 2014 a 2015

| Bod     | Hĺbka pod ter. [m] | 07.05.14 – 20.08.14 |         |       | 20.08.14 – 04.12.14 |         |       | 04.12.14 – 29.04.15 |         |       | 29.04.15 – 28.10.15 |         |       |
|---------|--------------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|         |                    | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| INK-1   | 21,36              | 9,20                | 2,55    | 149   | 9,93                | 0,81    | 167   | 11,86               | 1,97    | 130   | 12,37               | 0,57    | 115   |
| INK-2   | 10,00              | 5,52                | 1,97    | 130   | 11,67               | 6,28    | 138   | 15,86               | 4,20    | 148   | 15,55               | 0,32    | 322   |
| INK-3   | 9,09               | 1,87                | 1,82    | 169   | 2,02                | 0,22    | 97    | 6,00                | 4,14    | 168   | 5,91                | 0,22    | 43    |
| INK-4   | 10,03              | 5,87                | 1,62    | 152   | 7,22                | 1,43    | 118   | 9,58                | 2,38    | 145   | 10,06               | 0,51    | 119   |
| INK-5   | 11,81              | 0,92                | 0,14    | 125   | 1,36                | 2,28    | 298   | 0,41                | 1,08    | 102   | 0,51                | 0,50    | 223   |
| INK-7   | 4,87               | 1,94                | 2,86    | 102   | 5,53                | 3,69    | 147   | 6,01                | 0,54    | 112   | 8,56                | 2,61    | 122   |
| INK-7   | 13,87              | 2,12                | 0,32    | 342   | 0,81                | 2,69    | 158   | 1,30                | 0,67    | 63    | 0,82                | 0,58    | 301   |
| INK-8   | 4,37               | 7,92                | 0,67    | 97    | 11,29               | 3,96    | 203   | 12,14               | 0,92    | 201   | 12,20               | 1,26    | 88    |
| INK-9   | 7,45               | 2,84                | 0,64    | 111   | 1,75                | 4,08    | 299   | 1,80                | 0,63    | 168   | 0,61                | 1,22    | 69    |
| INK-10  | 2,23               | 4,74                | 2,90    | 250   | 4,83                | 4,90    | 68    | 4,21                | 1,40    | 250   | 3,55                | 1,64    | 18    |
| INK-10  | 5,23               | 3,31                | 1,30    | 250   | 0,81                | 3,42    | 55    | 0,41                | 0,42    | 295   | 0,40                | 0,64    | 289   |
| INK-12a | 3,93               | 1,08                | 1,08    | 182   | 1,22                | 0,30    | 250   | 0,91                | 0,61    | 61    | 0,82                | 0,99    | 295   |

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

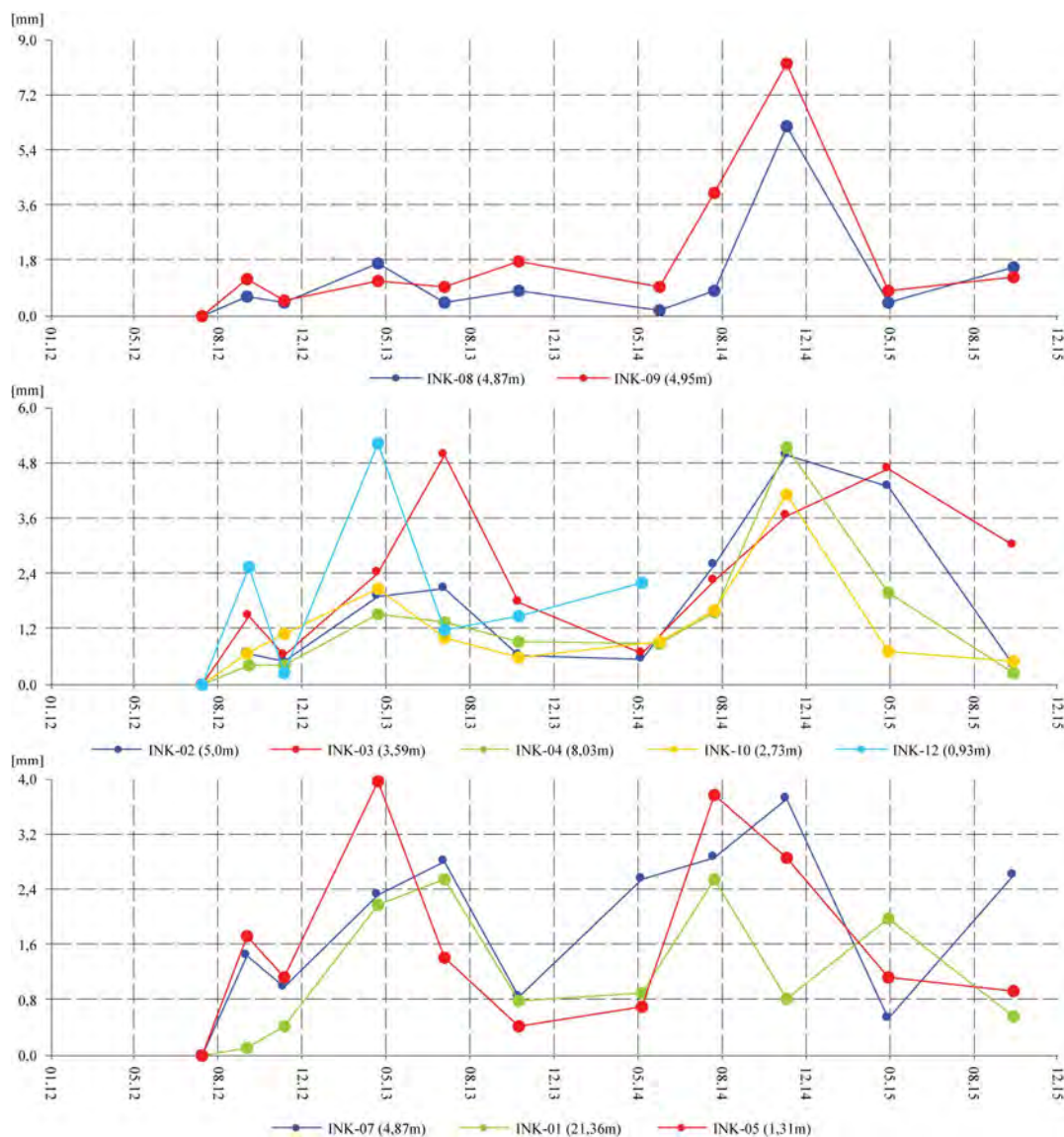


Obr. 4.2.2. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie na lokalite Kapušany. Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

v hĺbkach 2,45 m pod terénom (6,0 mm) a 6,45 m pod terénom (5,50 mm). Prírastky deformácie nad 3,0 mm boli počas tejto etapy namerané vo vrtoch INK-3, INK-7, INK-8 a INK-10. Naopak, najstabilnejšie sa prejavuje oblasť v blízkosti vrtu INK-1. V ostatných vrtoch boli na sledovaných šmykových plochách namerané prírastky deformácie do 3 mm (tab. 4.2.2).

Počas roku 2015 boli zabezpečené dve kontrolné etapy meraní (jar a jeseň). Vyššie prírastky deformácie boli namerané počas jarnej etapy (v období od decembra 2012 do apríla 2015). Najväčšia deformácia (s hodnotou  $4,2 \text{ mm} - 10,49 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) bola nameraná vo vrte

INK-2 v hĺbke 10,0 m pod terénom. V porovnaní s poslednou etapou došlo v sledovanom horizonte k miernemu poklesu pohybovej aktivity. Vektor má orientáciu na juho-juhovýchod (obr. 4.2.1). Výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za monitorované obdobie dosiahla až 15,86 mm. Podobne vysoká hodnota etapovej deformácie bola počas aprílového merania zaznamenaná vo vrte INK-3 v hĺbke 9,09 m pod terénom (4,14 mm – 10,36 mm.rok<sup>-1</sup>). V ostatných vrtoch boli v predpokladaných hĺbkach šmykových plôch namerané prírastky deformácie v rozsahu 0,42 – 2,38 mm. Prevládajúci smer nameraných vektorov je na juhovýchod.



Obr. 4.2.3. Dlhodobé (2012 – 2015) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Kapušany

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<sup>-1</sup>) s azimutom 122°. V ostatných vrtoch boli namerané etapové vektory v rozsahu od 0,22 (INK-3) do 1,64 mm (INK-10).

Z analýzy nameraných deformácií v jednotlivých hĺbkových úrovniach (obr. 4.2.2) vyplýva, že jednoznačne pozorovateľné sú šmykové plochy je vo vrtoch INK-1, 2, 4, 7 a 8. Určité prejavy svahového pohybu je možné vidieť i v prípade ostatných vrtoch, najmä vrtoch INK-3 a INK-5.

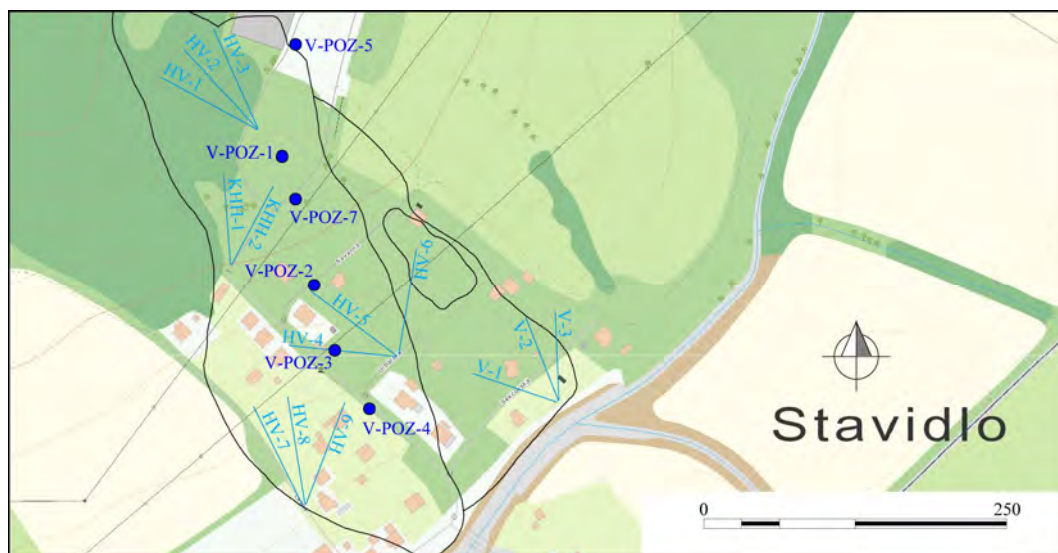


Pri hodnotení celého obdobia monitorovania možno konštatovať, že v roku 2014 došlo k nárastu pohybovej aktivity na sledovaných šmykových plochách (obr. 4.2.3). Vo viacerých vrtoch boli na šmykových plochách namerané najvyššie prírastky deformácie za celé sledované obdobie (od roku 2012). Pomerne vysoké hodnoty pohybovej aktivity boli namerané i počas prvých dvoch etáp v roku 2013 a tiež počas jarnej v roku 2015 (tab. 4.2.2).

#### b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

##### b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

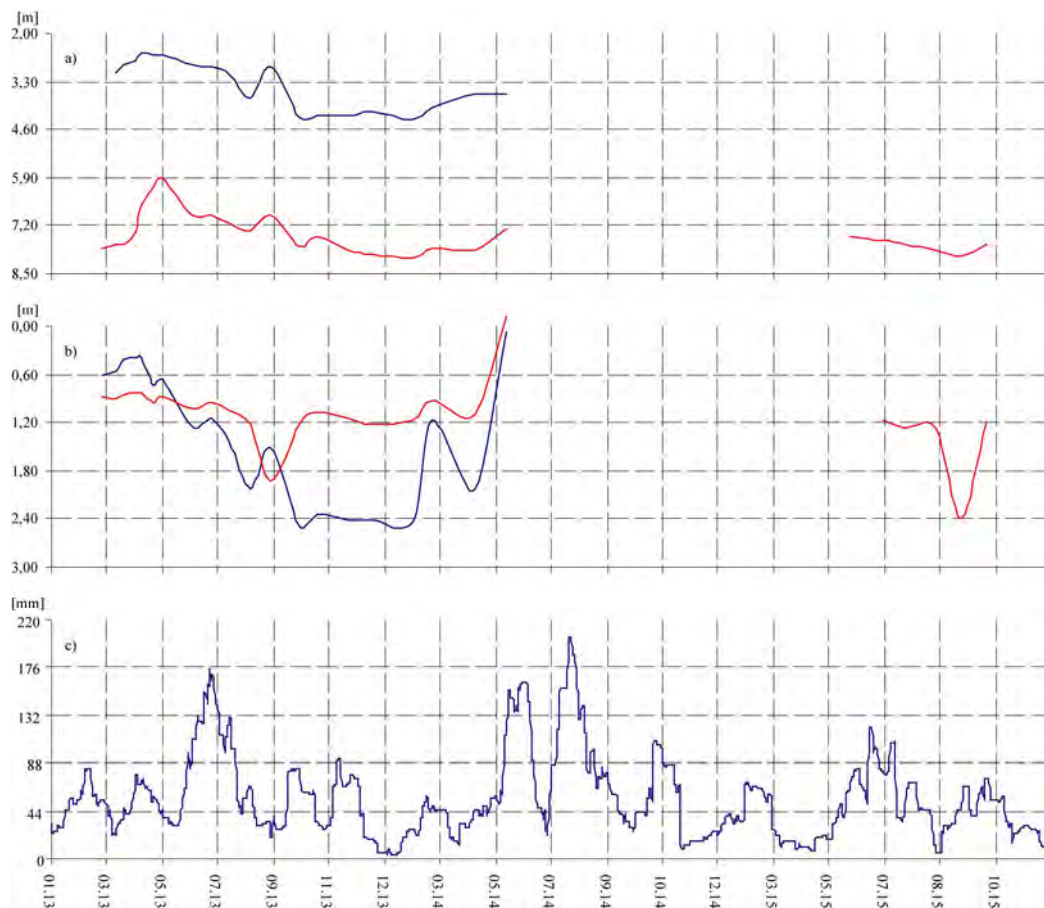
Na lokalite Kapušany začal systematický monitoring zmien hĺbky hladiny podzemnej vody až v roku 2015. Počas aktuálne hodnoteného roku bolo zabezpečených 6 kontrolných etáp (25. máj – 21. október) v 7 pozorovacích vrtoch (tab. 4.2.3; obr. 4.2.4). Najbližšie k povrchu terénu sa hladina podzemnej vody dostala vo vrte V-POZ-10 (1,16 m pod terénom – 274,21 m n. m. – 30. jún). K prekročeniu maximálnych stavov hladiny podzemnej vody, ktoré v jednotlivých vrtoch charakterizujú obdobie od roku 2013, došlo vo vrte V-POZ-2 (maximálny stav bol zaznamenaný dňa 23. júla 9,65 m pod terénom, čím bolo prekonalé doterajšie maximum z 22. apríla 2013 – 9,98 m pod terénom). V ostatných vrtoch bol výskyt maximálnych hladín podzemnej vody zaznamenaný od mája do augusta. Zároveň, vo vrte V-POZ-2 vrte bola nameraná aj najhlbšia hladina podzemnej vody pod terénom (10,70 m pod terénom – 24. september). Hladiny namerané vo vrtoch V-POZ-10 (2,40 m pod terénom), V-POZ-3 (10,02 m pod terénom), V-POZ-2 (10,7 m pod terénom), V-POZ-5 (3,7 m pod terénom) predstavujú minimálne stavy, namerané za celé monitorovacie obdobie. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 6,49 m pod terénom. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte V-POZ-10 (1,24 m). Dosiahnutá amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v tomto vrte v roku 2015 predstavuje 60,49 % celkových zmien zaznamenaných od začiatku monitorovania. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody so sumárnou výdatnosťou a kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obrázku 4.2.5.



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

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-7  | 6            | 9,03            | 302,44             | 25.05.15      | 9,15            | 302,32             | 24.09.15      | 9,08              | 302,39             | 0,12                   |
| 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-2  | 5            | 9,65            | 284,56             | 23.07.15      | 10,70           | 283,51             | 24.09.15      | 10,41             | 283,80             | 1,05                   |
| V-POZ-10 | 5            | 1,16            | 274,21             | 30.06.15      | 2,40            | 272,97             | 24.09.15      | 1,46              | 273,91             | 1,24                   |



Obr. 4.2.5. Výsledky spracovania režimových pozorovaní (2013 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Kapušany. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtach: a – KHS-1 a V-POZ-4, b – KI-21 a V-RIES-13, c – KI-20 a V-POZ-10, d – spoločná výdatnosť monitorovaných subhorizontálnych vrtov; e – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Kapušany)

## b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomeri

Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte V-POZ-1 od 30. septembra 2013. Priemerná hladina podzemnej vody v roku 2014 dosiahla hĺbku 2,92 m pod terénom (tab. 4.2.4). Zo záznamu na obr. 4.2.7 je vidieť, že hladina podzemnej vody mala do polovice februára prevažne vyrovnaný charakter s minimálnymi zmenami. V tomto období – 30. januára – bol zaznamenaný i minimálny stav hladiny podzemnej vody (3,84 m pod terénom). Jej vzostup začal v druhej polovici februára a trval až do 19. mája, kedy bola dosiahnutá maximálna hladina podzemnej vody v hodnotenom roku (1,56 m pod terénom). Počas tohto obdobia sa viackrát zmenila intenzita jej stúpania. Najintenzívnejšie začala stúpať 12. mája. Tento termín priamo korešponduje s výskytom zvýšených zrážkových úhrnov. Po dosiahnutí maximálneho stavu nabrala hladina podzemnej vody klesajúci trend. Pomerne výrazne však reagovala na zaznamenané zrážkové úhrny v letných a jesenných mesiacoch.

Teplota podzemnej vody mala ustálený priebeh. Pokles teploty súvisel s dopĺňaním podzemných vôd atmosférickými zrážkami.

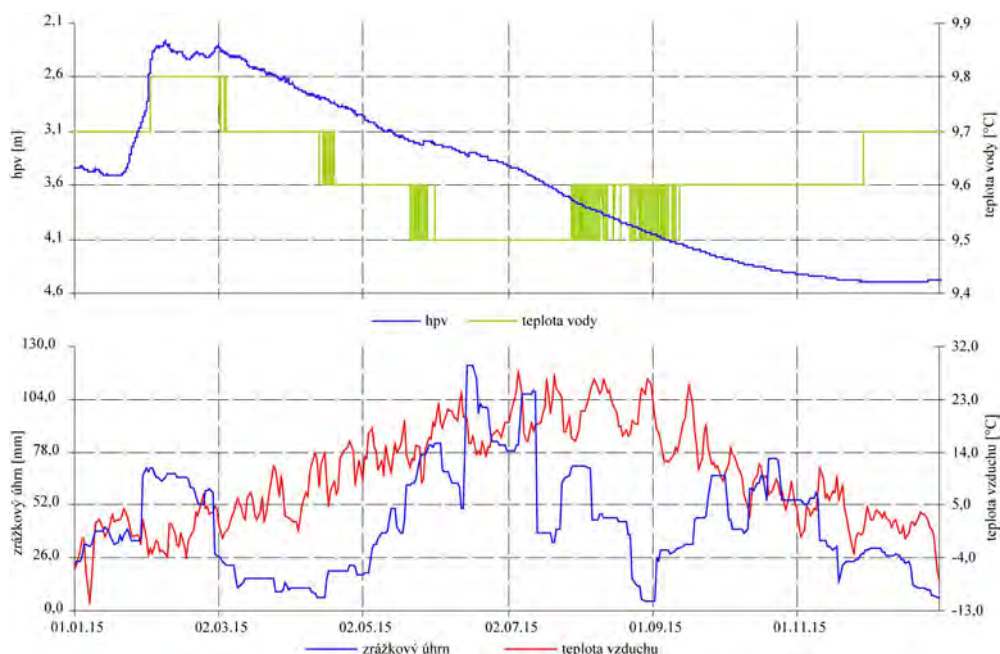
Tab. 4.2.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kapušany v 2014

| 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 | 8098       | 1,56            | 303,88             | 19.05.14 23:00 | 3,84            | 301,60             | 30.01.14 10:00 | 2,92              | 302,52             | 2,28                   |

V roku 2015 hladina podzemnej vody vo vrte V-POZ-1 kolísala v intervale od 2,25 m do 4,5 m pod terénom (tab. 4.2.5). Priemerná úroveň hladiny podzemnej vody voči predchádzajúcemu roku klesla o 0,62 m a v roku 2015 dosiahla hĺbku 3,54 m pod terénom. Hladina podzemnej vody mala počas veľkej časti roka klesajúci charakter. Krátke, no pomerne intenzívne stúpnutie podzemnej vody bolo pozorované len na prelome mesiacov január a február; spojené s dosiahnutím maximálnej ročnej úrovne (obr. 4.2.6). Na výdatnejšie zrážkové úhrny hladina podzemnej vody reagovala len minimálne. K jej dopĺňaniu došlo len počas zimných mesiacov, kedy bola do značnej miery eliminovaná evapotranspirácia a zároveň dochádzalo k topeniu snehovej pokrývky

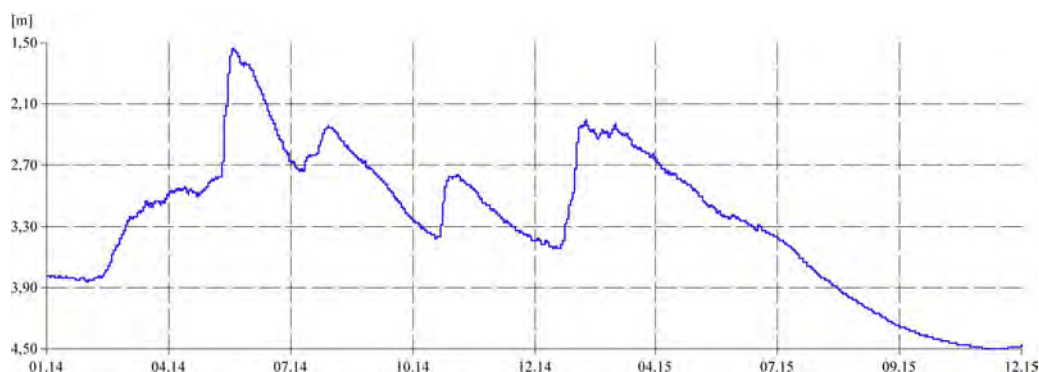
Tab. 4.2.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kapušany v 2015

| 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 07:00 | 4,50            | 300,94             | 02.12.15 02:00 | 3,54              | 301,90             | 2,25                   |



Obr. 4.2.6. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody a teploty vody, zaznamenaný v roku 2015 automatickým hladinomerom na lokalite Kapušany. a – automatický hladinomer je 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

Pri pohľade na dlhšie časové obdobie (obr. 4.2.7) je vidieť trend postupného poklesu hladiny podzemnej vody. Tento stav je ovplyvnený najmä klimatickými pomermi druhej polovice aktuálne hodnoteného roka. Maximálne stavy boli namerané na prelome mesiacov máj a jún v roku 2014.



Obr. 4.2.7. Dlhodobé (2004 – 2015) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody v [m], zaznamenané automatickým hladinomerom, umiestneným vo vrte JM-6 na lokalite Kapušany

#### c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Kapušany sa v roku 2015 podarilo obnoviť merania výdatnosti na 7 odvodňovacích zariadeniach (tab. 4.2.1; štatistické spracovanie meraní v tab. 4.2.6). V roku 2014 boli merania zabezpečované v spolupráci s obecným zastupiteľstvom, vďaka čomu boli zrealizované 4 kontrolné merania (31. január – 13. máj) na dvoch odvodňovacích vrtoch (V-1 a 2). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 13. mája na odvodňovacom vrte V-2 ( $31,58 \text{ l.min}^{-1}$ ). Vo vrte V-1 bola počas tohto termínu nameraná výdatnosť  $14,29 \text{ l.min}^{-1}$  (max. za rok 2015). Naopak, najnižšia výdatnosť bola nameraná 31. januára (V-1 –  $1,67 \text{ l.min}^{-1}$ ; V-2 –  $7,89 \text{ l.min}^{-1}$ ). Sumárna priemerná výdatnosť v roku 2014 dosiahla hodnotu  $22,68 \text{ l.min}^{-1}$ . Výraznejšie kolísanie výdatnosti bolo zaznamenané vo vrte V-2 ( $23,68 \text{ l.min}^{-1}$ ).

V roku 2015 sa rozsah pozorovaných vrtoz rozšíril na sedem (vrty: ST-1/1, ST-1/2, ST-1/3, ST-2/1, ST-2/2, ST-2/3, ST-3); zabezpečených bolo 6 kontrolných meraní (25. máj – 21. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 30. júna na odvodňovacom vrte ST-3 ( $6,90 \text{ l.min}^{-1}$ ). Meraniu predchádzala zrážková udalosť s intenzitou  $69,7 \text{ mm.reň}^{-1}$  (15. jún). V rovnakom termíne bola nameraná maximálna výdatnosť i vo vrtoch ST-2/2 a /3 (do  $0,71 \text{ l.min}^{-1}$ ). Vyššie prietoky ( $2,60 \text{ l.min}^{-1}$ ) boli namerané 21. októbra vo vrte ST-2/1.

Minimálne výdatnosti boli zaznamenané najmä v druhej polovici septembra na vrtoch v šachte ST-2 a 3. Táto skutočnosť súvisí s prehĺbujúcim sa zrážkovým deficitom, ktorý sa vo viacerých piezometroch prejavil poklesom hladiny podzemnej vody. Vrty ústiace od šachty ST-1 boli počas viacerých meraní suché, prípadne bolo z nich pozorované kvapkanie. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2014 dosiahla hodnotu  $6,97 \text{ l.min}^{-1}$ . Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte ST-2/1 ( $2,55 \text{ l.min}^{-1}$ ).

#### e/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo staníc SHMÚ Kapušany (indikatív 59220) a Prešov-planetárium (indikatív 59160). Namerané zrážkové úhrny za roky 2014 a 2015 na sa lokalitách, na ktorých je zozbieraný dostatočne dlhý súbor zo zrážkovými úhrnmi, porovnávajú s dlhodobým priemerom za obdobie 1. 1. 1993 až 31. 12. 2005 (t. j. za 13 rokov). Na stanici Kapušany je dlhodobý zrážkový priemer  $667,01 \text{ mm}$ . Zrážkový úhrn za rok 2014 na tejto stanici bol  $781,6 \text{ mm}$ , čo predstavuje  $117,18 \%$  dlhodobého priemeru a rok bol hodnotený ako vlhký. V roku 2015 bolo zaznamenaných  $519,7 \text{ mm}$  zrážok, čo je len  $77,92 \%$  dlhodobého priemeru a predstavuje veľmi suchý rok (obr. 4.2.8).





Obr. 4.2.8. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Kapušany (indikatív 59220). a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2015 (modrá línia – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená línia – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená línia – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2014); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2015

Na stanici Prešov-planetárium je dlhodobý zrážkový priemer 638,21 mm. Zrážkový úhrn za rok 2014 dosiahol 775,0 mm, čo predstavuje 121,43 % dlhodobého priemeru a je hodnotený ako veľmi vlhký rok. V roku 2015 zrážkový úhrn dosiahol 444,1 mm (69,59 % dlhodobého priemeru) a podľa zaužívanej metodiky je naopak hodnotený ako veľmi suchý rok.

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite Kapušany boli metódou presnej inklinometrie, zaznamenaná zvýšené hodnoty pohybovej aktivity počas jarnej etapy. Zároveň však treba pripomenúť, že v porovnaní s vlaňajším rokom boli namerané nižšie hodnoty etapových vektorov. Najväčšie deformácie boli pozorované vo vrtoch INK-2, 3, 7, a 4.

V roku 2015 boli na zosuvnej lokalite obnovené režimové pozorovania. Z vykonaných meraní je možné pozitívne vnímať namerané vysoké hodnoty výdatností drenážnych objektov počas jarného obdobia. Z meraní vyplynulo aj to, že najbližšie k povrchu terénu sa hladina podzemnej vody dostala na konci júna vo vrte V-POZ-10. Zhodnotenie hydrogeologických pomerov v tomto pomerne rozsiahlom území bude možné na základe dlhšieho obdobia so systematickým meraním. V súčasnosti, na základe nameraných údajov nie je možné vytvoriť jednoznačné hodnotenie. Reprezentatívnejšie výsledky o zmenách hladiny podzemnej vody podávajú údaje z automatického hladinomeru, ktorý bol do vrtu V-POZ-1 inštalovaný na konci septembra roku 2013. Vrt sa nachádza v hornej časti zosuvu pod odlučnou oblasťou. Zo záznamu vyplýva, že hladina podzemnej vody mala v prevažnej časti roka klesajúci charakter, čo súvisí s výrazným zrážkovým deficitom v druhej polovici roka.

V roku 2016 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v predchádzajúcom roku. Piezometrické merania a merania odvodňovacích vrtov budú vykonávané v mesačnom intervale (cca 10 meraní do roka). 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 2014 a 2015

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, realizovaných v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.1.1.

Tab. 4.3.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Čausa v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty        |                                                                                                                | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                       |                                 |
|--------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|                                            | Počet                        | Označenie                                                                                                      | Rok 2014                                                         | Rok 2015                        |
| Geodetické (terestrické)                   | 20 pozorovaných<br>3 vzťažné | P2, 3, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, PW01, PW02, DI-1<br><br>F1, 2, 3 | 1<br>(23. apríl)                                                 | 1<br>(1. jún)                   |
| Geodetické (GNSS)                          | 5 pozorovaných<br>1 vzťažný  | P13, 14, 17, 18, 19<br><br>F3                                                                                  | 3<br>(9. január,<br>17. jún,<br>18. september)                   | 2<br>(29. máj,<br>9. december)  |
| Inklinometrické                            | 9                            | VČ-1, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, VE-4                                                                             | 1<br>(14. jún,<br>14. august – VČ-9 a 12,<br>16. október – VČ-1) | 1<br>(29. máj,<br>9. 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                                                    | 48<br>(1x za týždeň)                                             | 51<br>(1x za týždeň)            |
|                                            | 3                            | VČ-2**, 8; AH-1 – automatické hladinomery                                                                      | Kontinuálne (každú hodinu)                                       |                                 |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 7                            | VV-102, 103, 104, 107, 108, 109, 110                                                                           | 45<br>(1x za týždeň)                                             | 51<br>(1x za týždeň)            |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 2                            | Stanice SHMÚ:<br>Ráztočno (indikatív 30100)<br>Prievidza (indikatív 30120)                                     | Denné úhrny zrážok                                               |                                 |

\* – len vo vrte VČ-1, \*\* – do 13. marca 2015

*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

a/ Geodetické merania

a1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní terestrickou metódou

V roku 2014, počas etapy, ktorá trvala od júna 2013 do apríla 2014, boli najväčšie hodnoty pohybovej aktivity namerané v bode P2 (32,20 mm v polohovom smere). Na ostatných bodoch prevládali podstatne nižšie hodnoty posunov (do 12 mm). Z výsledkov vyplýva, že v roku 2014 bola najvyššia aktivita nameraná v západnej časti zosuvného územia.

Tab. 4.3.2. Výsledky geodetických (terestrických) meraní na lokalite Veľká Čausa v rokoch 2014 a 2015

| Bod  | 16.06.13 – 23.04.14 |         |             | 23.04.14 – 01.06.15 |         |             |
|------|---------------------|---------|-------------|---------------------|---------|-------------|
|      | Premiestnenie [mm]  |         |             | Premiestnenie [mm]  |         |             |
|      | polohové            | výškové | priestorové | polohové            | výškové | priestorové |
| P2   | 32,20               | 5,00    | 32,59       | 82,15               | 5,00    | 82,30       |
| P3   | 3,00                | 8,00    | 8,54        | 4,24                | 8,00    | 9,06        |
| P9   | 6,40                | -11,00  | 12,73       |                     |         |             |
| P11  | 12,04               | 2,00    | 12,21       | 2,24                | -4,00   | 4,58        |
| P12  | 10,30               | -16,00  | 19,03       | 3,16                | 11,00   | 11,45       |
| P13  | 4,12                | 1,00    | 4,24        | 2,00                | -8,00   | 8,25        |
| P14  | 4,12                | -1,00   | 4,24        | 2,00                | -5,00   | 5,39        |
| P16  | 1,00                | -6,00   | 6,08        | 16,16               | 12,00   | 20,12       |
| P17  | 3,16                | 0,00    | 3,16        | 8,00                | -2,00   | 8,25        |
| P18  | 1,00                | -1,00   | 1,41        | 2,24                | -3,00   | 3,74        |
| P19  | 10,05               | -3,00   | 10,49       | 4,47                | 3,00    | 5,39        |
| P20  | 9,43                | -9,00   | 13,04       | 6,71                | 8,00    | 10,44       |
| P21  | 8,25                | -6,00   | 10,20       | 10,20               | 2,00    | 10,39       |
| P22  | 1,00                | 4,00    | 4,12        | 4,24                | -4,00   | 5,83        |
| P23  | 5,10                | 0,00    | 5,10        | 4,12                | -3,00   | 5,10        |
| P24  | 4,00                | 2,00    | 4,47        | 3,00                | -6,00   | 6,71        |
| P26  | 5,39                | -5,00   | 7,35        | 1,00                | 2,00    | 2,24        |
| P28  | 4,12                | -5,00   | 6,48        | 3,61                | -6,00   | 7,00        |
| P29  | 4,24                | -4,00   | 5,83        | 2,83                | -1,00   | 3,00        |
| PW01 | 5,00                | -2,00   | 5,39        |                     |         |             |
| PW02 | 1,41                | -1,00   | 1,73        |                     |         |             |
| DI-1 | 3,16                | 14,00   | 14,35       |                     |         |             |

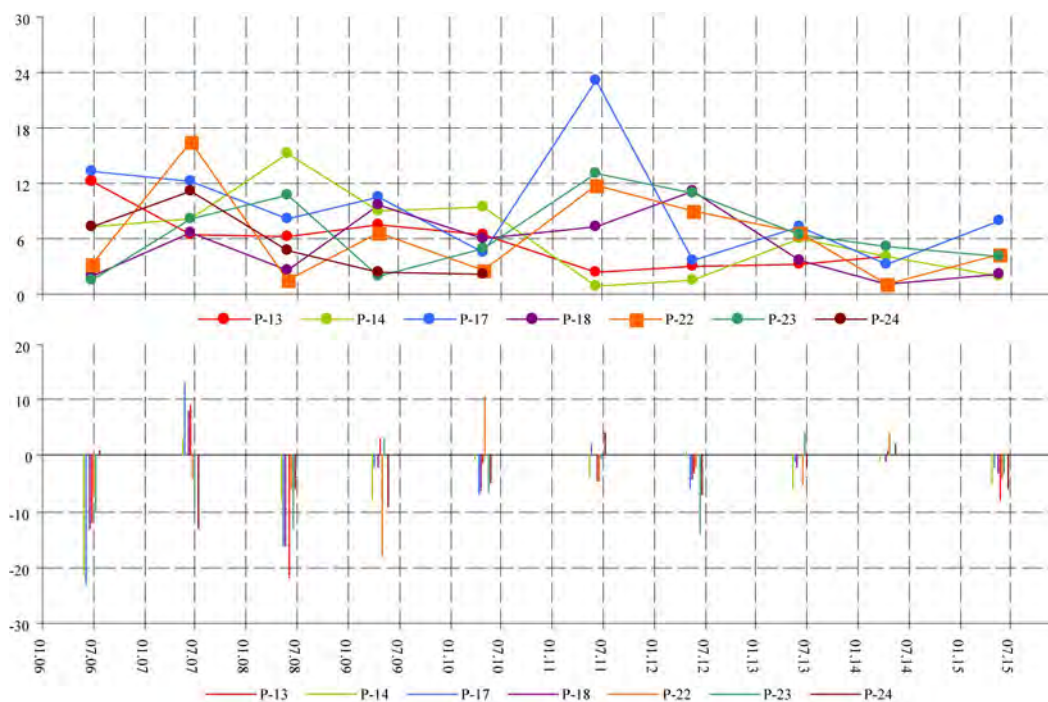
V roku 2015 sa pokračovalo ďalšou etapou geodetických meraní, ktoré sú na lokalite vykonávané od roku 1975. Počas poslednej etapy (apríl 2014 – jún 2015), boli opäť najväčšie hodnoty pohybovej aktivity namerané v bode P2. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo však k výraznému nárastu pohybovej aktivity v tejto oblasti (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 pred tromi rokmi, krátko po intenzívnej 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 túto skutočnosť sme upozornili listom vedenie obce.

Na ostatných bodoch boli namerané výrazne 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. Na základe nameraných výsledkov možno konštatovať, že v období medzi jednotlivými termínmi meraní (v rokoch 2014 a 2015) sa zosuvný svah nachádzal v relatívne stabilnom stave. Výnimku tvorí len najzápadnejšia časť zosuvného územia a čiastočne odlučná oblasť centrálnej časti zosuvu. Hodnoty nameraných vektorov sú zhrnuté v tab. 4.3.2 a graficky vyjadrené na obr. 4.3.1.

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.



Obr. 4.3.1. Lokalita Velká Čausa – výsledky geodetických (terestrických) meraní za roky 2014 a 2015 (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 (2006 – 2015) 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 2006 až 2015 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 bodoch P17 (v roku 2006 – 23,0 mm) a P13 (v roku 2008 – 22,0 mm). V oboch prípadoch išlo o nameraný pokles.

#### a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní metódou GNSS

Na lokalite sa v roku 2014 pokračovalo v meraniach metódou GNSS, ktoré sa tu vykonávajú od roku 2008. Počas rokov 2014 a 2015 bolo celkovo vykonaných päť etapových meraní (tri v roku 2014 a dve v roku 2015 a tab. 4.3.3 a 4.3.4).



Obr. 4.3.3. Lokalita Veľká Čausa – výsledky geodetických meraní (GNSS) za obdobie rokov 2014 a 2015. 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 roku 2014

| Bod  | 07.11.13 – 09.01.14 |         |             | 09.01.14 – 17.06.14 |         |             | 17.06.14 – 18.09.14 |         |             |
|------|---------------------|---------|-------------|---------------------|---------|-------------|---------------------|---------|-------------|
|      | Premiestnenie [mm]  |         |             | Premiestnenie [mm]  |         |             | Premiestnenie [mm]  |         |             |
|      | polohové            | výškové | priestorové | polohové            | výškové | priestorové | polohové            | výškové | priestorové |
| P-13 | 1,98                | -5,91   | 6,23        | 2,40                | 3,59    | 4,32        | 2,41                | 1,80    | 3,01        |
| P-14 | 3,26                | -6,01   | 6,83        | 1,36                | -4,29   | 4,50        | 4,40                | 1,30    | 4,59        |
| P-17 | 1,58                | 5,24    | 5,47        | 7,16                | -9,21   | 11,67       | 1,00                | 7,10    | 7,17        |
| P-18 | 2,58                | -0,86   | 2,72        | 2,84                | -3,30   | 4,35        | 3,27                | 2,60    | 4,18        |
| P-19 | 3,71                | 0,97    | 3,84        | 7,41                | -0,11   | 7,42        | 13,82               | 6,70    | 15,36       |

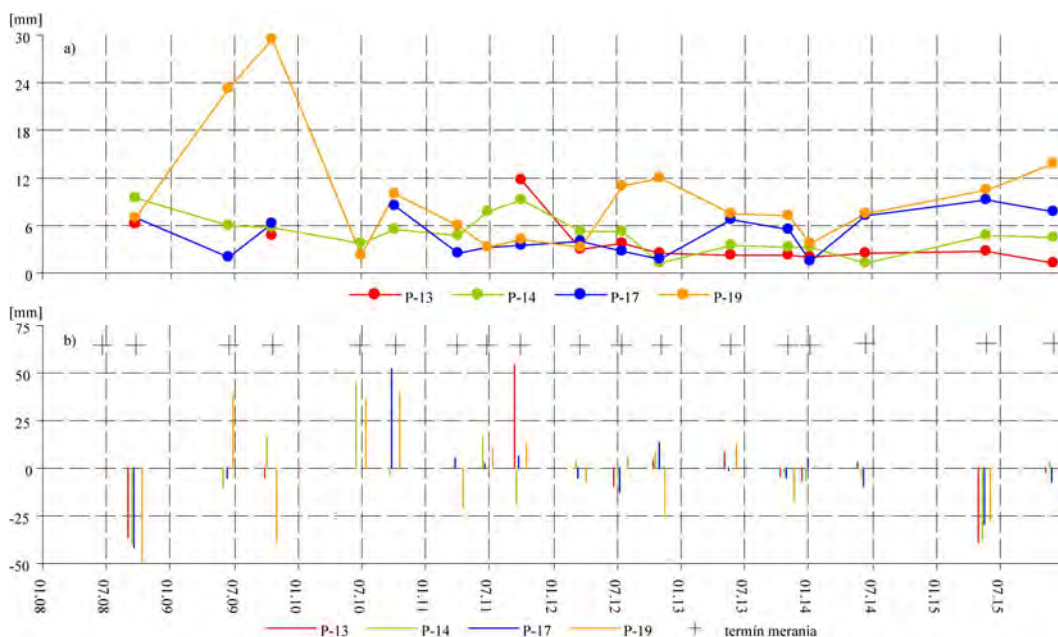
V roku 2014 nebol na sieti geodetických bodov pozorovaný výraznejší posun. Maximálna polohová zmena bola nameraná v bode P19 (počas etapy júl až september – 13,82 mm – obr. 4.3.3). Najstabilnejším bodom je dlhodobý P-13, ktorý sa nachádza v juhozápadnej časti, mimo zosuvného územia. Na ostatných bodoch sa vektory posunov nachádzali v intervale od 1 do 7,41 mm. Vertikálne zmeny počas prvých dvoch etáp mali prevažne zostupný charakter. Počas poslednej septembrovej etapy mali všetky vertikálne zmeny vzostupný ráz.

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 P-19 (obr. 4.3.4).

Tab. 4.3.4. Výsledky geodetických (GNSS) meraní na lokalite Veľká Čausa v roku 2015

| Bod  | 18.09.14 – 29.05.15 |         |             | 29.05.15 – 09.12.15 |         |             |
|------|---------------------|---------|-------------|---------------------|---------|-------------|
|      | Premiestnenie [mm]  |         |             | Premiestnenie [mm]  |         |             |
|      | polohové            | výškové | priestorové | polohové            | výškové | priestorové |
| P-13 | 2,82                | -38,90  | 39,00       | 1,30                | -1,70   | 2,14        |
| P-14 | 4,75                | -37,90  | 38,20       | 4,47                | 2,90    | 5,33        |
| P-17 | 9,37                | -28,70  | 30,19       | 7,75                | -7,50   | 10,78       |
| P-18 | 4,28                | -36,60  | 36,85       | 4,85                | 4,40    | 6,55        |
| P-19 | 10,55               | -27,50  | 29,45       | 13,84               | -20,30  | 24,57       |



Obr. 4.3.4. Dlhodobé (2008 – 2015) 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 2006 až január 2014) došlo k najväčšiemu polohovému premiestneniu v bode P17 s hodnotou 32,7 mm, čo predstavuje posun s priemernou rýchlosťou 5,9 mm.rok<sup>-1</sup>. Podobne i najväčšie vertikálne zmeny boli namerané v bode P17 (pokles 42 mm – 24. septembra 2008 a vzostup 51,87 mm – 6. októbra 2010). Najstabilnejším bodom, teda bodom s najmenšími nameranými zmenami počas monitorovaného obdobia, je P13 (obr. 4.3.4).

#### b/ Inklinometrické merania

V roku 2014, v porovnaní z predchádzajúcim rokom, došlo vo viacerých sledovaných horizontoch k nárastu pohybovej aktivity. Najvýraznejšie sa pohybová aktivita prejavila vo vrte VČ-1 v hĺbke 5,8 m pod terénom (v období do 28. mája 2013 do 16. októbra 2014 bol nameraný prírastok deformácie 7,49 mm). Podobne, nárast pohybovej aktivity bolo možné sledovať i vo vrtoch VE-4 (v hĺbke 9,5 m pod terénom), VČ-10 (v hĺbke 8,9 m pod terénom)



a VČ-7 (v hĺbke 5,8 m pod terénom – tab. 4.3.5). K poklesu pohybovej aktivity došlo v plytšom horizonte vrtu VE-4 (v hĺbke 4 m pod povrchom terénu – tab. 4.3.5), ale aj vo vrtoch VČ-5, 6 a 13.



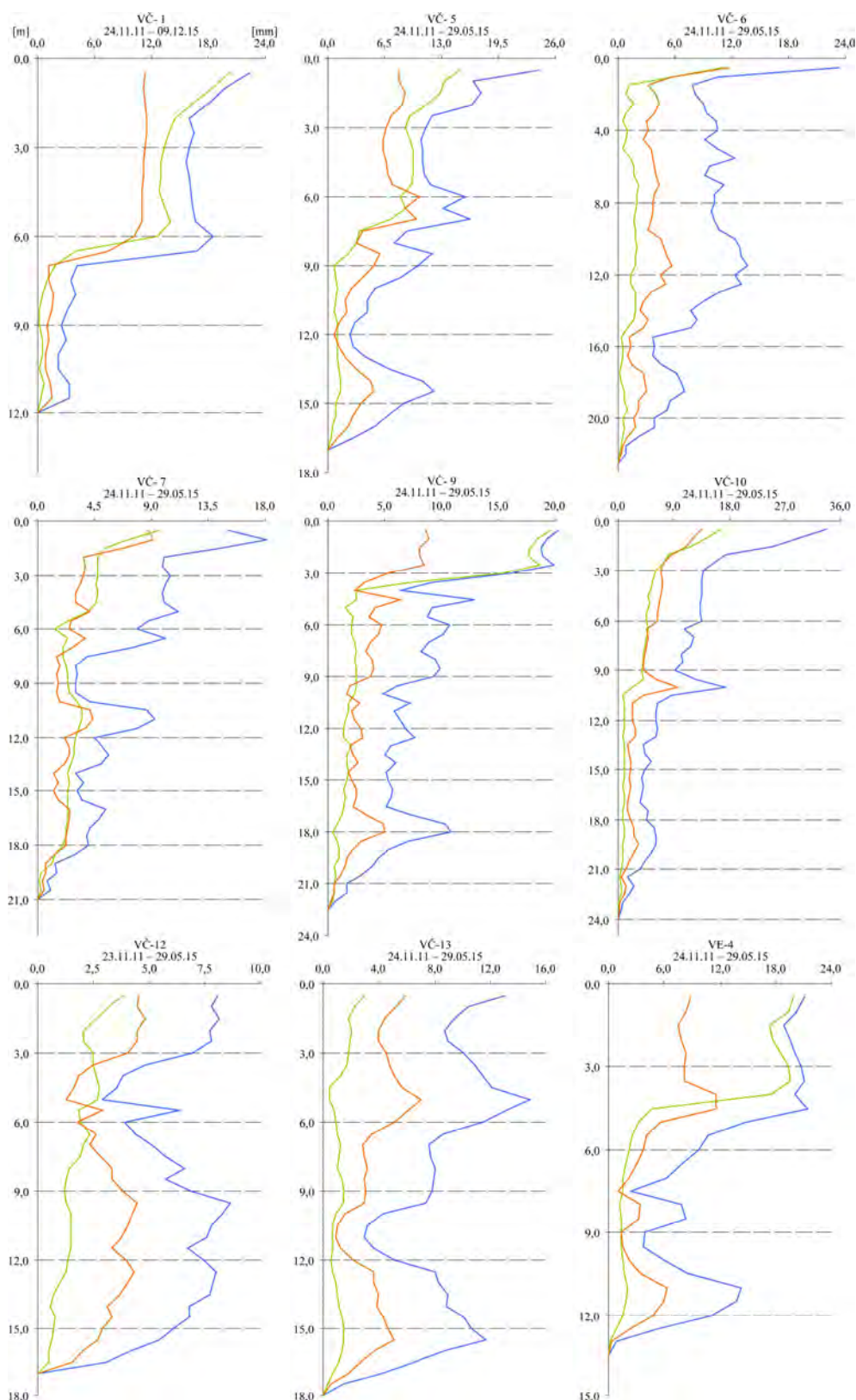
Obr. 4.3.5. Lokalita Velká Čausa – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.3.5; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Jadroňa a Mokrej (1999), mapový podklad: ZBGIS®

Tab. 4.3.5. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Velká Čausa v rokoch 2014 a 2015

| Bod   | Hĺbka<br>pod<br>ter. | 28.05.13 – 17.06.14 |            |          | 17.06.14 – 29.05.15 |            |          |
|-------|----------------------|---------------------|------------|----------|---------------------|------------|----------|
|       |                      | CD<br>[mm]          | ED<br>[mm] | A<br>[°] | CD<br>[mm]          | ED<br>[mm] | A<br>[°] |
| VČ-1* | 5,41                 | 2,67                | 5,35       | 357      | 12,66               | 10,08      | 35       |
| VČ-5  | 6,70                 | 2,82                | 1,20       | 222      | 7,21                | 10,03      | 23       |
| VČ-13 | 4,43                 | 7,12                | 2,51       | 208      | 0,41                | 7,06       | 26       |
| VČ-6  | 11,85                | 4,11                | 3,86       | 201      | 1,30                | 5,06       | 20       |
| VČ-7  | 10,41                | 3,73                | 2,33       | 184      | 3,50                | 4,33       | 324      |
| VČ-9  | 8,48                 | 4,29                | 1,55       | 30       | 2,47                | 3,71       | 222      |
| VČ-10 | 9,37                 | 7,43                | 5,54       | 217      | 2,31                | 9,70       | 34       |
| VE-4  | 4,50                 | 8,91                | 3,66       | 130      | 4,55                | 11,65      | 330      |

CD – Celková deformácia od nultého merania (24.11.11); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; \* – etapové deformácie a azimuty sú za obdobia 29.05.13 – 16.10.14 a 16.10.14 – 09.12.15

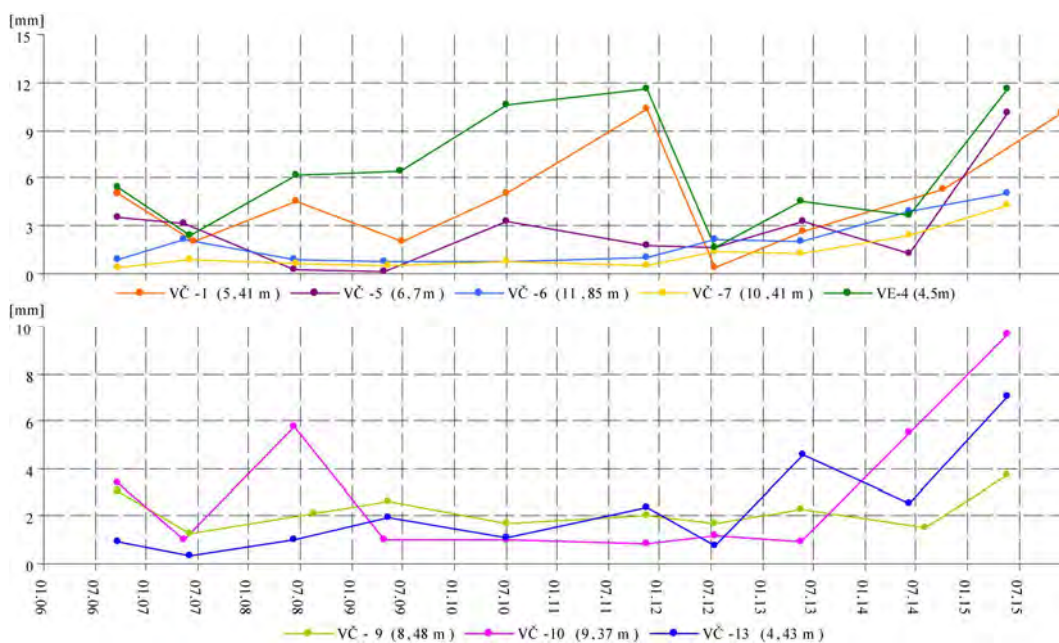
V roku 2015 došlo prakticky vo všetkých vrtoch (v sledovaných hĺbkových úrovniach) k nárastu pohybovej aktivity. Prírastky deformácií sa pohybovali v intervale od 3,71 (vo vrte VČ-9) do 11,65 mm (VE-4). Etapové vektory boli orientované prevažne na severo-severovýchod (VČ-6, VČ-5, VČ-13) až severovýchod (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.



Obr. 4.3.6. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie (zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia).

Informáciu o pohybovej aktivite zosuvného územia dokresľuje záznam o celkovej deformácii inklinometrickej pažnice v profile vrtu (obr. 4.3.6). Prezentované deformácie boli namerané v období od roku 2011 (kedy došlo k zmene realizátora inklinometrických meraní) do roku 2015 (merania od roku 2011 až do súčasnosti zabezpečuje ŠGÚDŠ). Na obrázku

možno šmykové plochy charakterizovať ako výraznú odchýlku pozorovanej deformácie od vertikály (zelená línia – celková deformácia za obdobie posledných piatich rokov). Jasným príkladom priebehu šmykovej plochy v sledovanom profile je vrt VČ-1. Sledovaná šmyková plocha v tomto vrte je aktuálne veľmi aktívna a hrozí kritická deformácia (vrt sa stane nepriechodným). Ide o oblasť zosuvu, ktorá je v priamom kontakte so zastavaným územím. Podobne, pomerne zreteľne je viditeľná šmyková plocha i vo vrtoch VE-4 a VČ-9. Určité náznaky jej priebehu sú vo vrtoch VČ-5 a VČ-10, avšak v týchto vrtoch, podobne ako aj ostatných, je vzhľadom na nevhodný spôsob zabudovania inklinometrickej pažnice ťažké stanoviť hĺbku šmykovej plochy. Vrtý boli pôvodne vystrojené ako viacúčelové (okrem inklinometrických meraní zabezpečujú i sledovanie režimových zmien hĺbky hladiny podzemnej vody). Tento spôsob vystrojenia sa ukázal ako nevhodný a namerané výsledky sú vo viacerých prípadoch nejednoznačné.



Obr. 4.3.7. Dlhodobé (2006 – 2015) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Veľká Čausa

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 aktuálne hodnotenom roku (tab. 4.3.5). Rok 2015 je možné v hodnotenej dekáde označiť ako pohybovo najaktívnejší.

#### 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. 4.3.6 a 4.3.7). V roku 2014 bolo zabezpečených 48 kontrolných meraní (4. január – 27. december). Najbližšie k povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody vo vrte PO-1 (-0,80 m pod terénom – 334,83 m n. m. – 1. november). Navyše, v tomto vrte bol počas 8 termínov merania pozorovaný preliv. V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody vyskytovali v období do začiatku novembra do konca decembra. Naopak, najhlbšie sa hladina



A detailed map of the study area, showing the distribution of sampling points and geological features. The map includes a scale bar (0 to 200 m) and a north arrow. Sampling points are marked with blue dots and labeled: VČ-2, VČ-4, VČ-5, VČ-6, VČ-7, VČ-8, VČ-11, VČ-12, VČ-13, VČ-14, VČ-15, VČ-16, VČ-17, VČ-18, VČ-19, VČ-20, VČ-21, VČ-22, VČ-23, VČ-24, VČ-25, VČ-26, VČ-27, VČ-28, VČ-29, VČ-30, VČ-31, VČ-32, VČ-33, VČ-34, VČ-35, VČ-36, VČ-37, VČ-38, VČ-39, VČ-40, VČ-41, VČ-42, VČ-43, VČ-44, VČ-45, VČ-46, VČ-47, VČ-48, VČ-49, VČ-50, VČ-51, VČ-52, VČ-53, VČ-54, VČ-55, VČ-56, VČ-57, VČ-58, VČ-59, VČ-60, VČ-61, VČ-62, VČ-63, VČ-64, VČ-65, VČ-66, VČ-67, VČ-68, VČ-69, VČ-70, VČ-71, VČ-72, VČ-73, VČ-74, VČ-75, VČ-76, VČ-77, VČ-78, VČ-79, VČ-80, VČ-81, VČ-82, VČ-83, VČ-84, VČ-85, VČ-86, VČ-87, VČ-88, VČ-89, VČ-90, VČ-91, VČ-92, VČ-93, VČ-94, VČ-95, VČ-96, VČ-97, VČ-98, VČ-99, VČ-100. The map also shows various geological features, including faults, folds, and different rock units, which are color-coded and labeled with codes like VV-101, VV-102, VV-103, VV-104, VV-105, VV-106, VV-107, VV-108, VV-109, VV-110, VV-111, VV-112, VV-113, VV-114, VV-115, VV-116, VV-117, VV-118, VV-119, VV-120, VV-121, VV-122, VV-123, VV-124, VV-125, VV-126, VV-127, VV-128, VV-129, VV-130, VV-131, VV-132, VV-133, VV-134, VV-135, VV-136, VV-137, VV-138, VV-139, VV-140, VV-141, VV-142, VV-143, VV-144, VV-145, VV-146, VV-147, VV-148, VV-149, VV-150, VV-151, VV-152, VV-153, VV-154, VV-155, VV-156, VV-157, VV-158, VV-159, VV-160, VV-161, VV-162, VV-163, VV-164, VV-165, VV-166, VV-167, VV-168, VV-169, VV-170, VV-171, VV-172, VV-173, VV-174, VV-175, VV-176, VV-177, VV-178, VV-179, VV-180, VV-181, VV-182, VV-183, VV-184, VV-185, VV-186, VV-187, VV-188, VV-189, VV-190, VV-191, VV-192, VV-193, VV-194, VV-195, VV-196, VV-197, VV-198, VV-199, VV-200. The map also shows various geological features, including faults, folds, and different rock units, which are color-coded and labeled with codes like VV-101, VV-102, VV-103, VV-104, VV-105, VV-106, VV-107, VV-108, VV-109, VV-110, VV-111, VV-112, VV-113, VV-114, VV-115, VV-116, VV-117, VV-118, VV-119, VV-120, VV-121, VV-122, VV-123, VV-124, VV-125, VV-126, VV-127, VV-128, VV-129, VV-130, VV-131, VV-132, VV-133, VV-134, VV-135, VV-136, VV-137, VV-138, VV-139, VV-140, VV-141, VV-142, VV-143, VV-144, VV-145, VV-146, VV-147, VV-148, VV-149, VV-150, VV-151, VV-152, VV-153, VV-154, VV-155, VV-156, VV-157, VV-158, VV-159, VV-160, VV-161, VV-162, VV-163, VV-164, VV-165, VV-166, VV-167, VV-168, VV-169, VV-170, VV-171, VV-172, VV-173, VV-174, VV-175, VV-176, VV-177, VV-178, VV-179, VV-180, VV-181, VV-182, VV-183, VV-184, VV-185, VV-186, VV-187, VV-188, VV-189, VV-190, VV-191, VV-192, VV-193, VV-194, VV-195, VV-196, VV-197, VV-198, VV-199, VV-200.

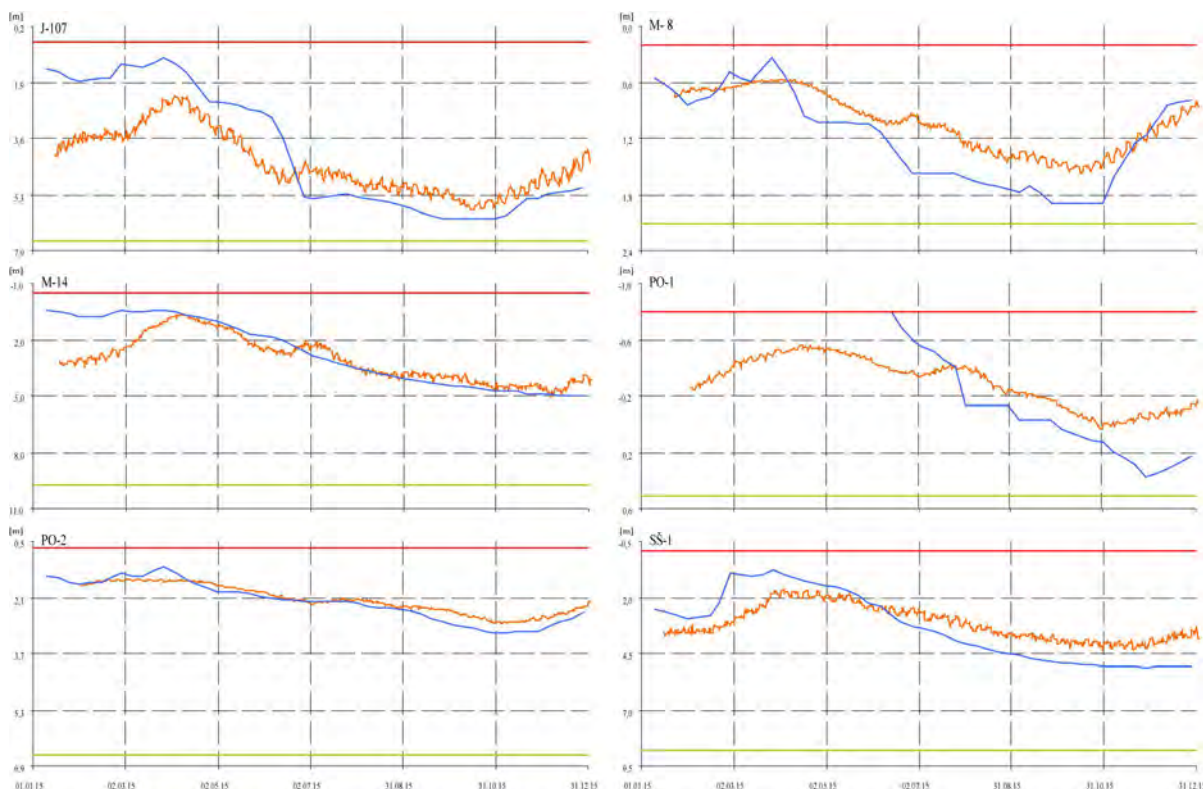
Tab. 4.3.6. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Veľká Čausa v roku 2014

| 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 | 48           | 1,44            | 321,85            | 27.12.14      | 6,43            | 316,86            | 31.05.14      | 3,47              | 319,82            | 4,99                   |
| M- 4  | 48           | 0,73            | 317,35            | 16.11.14      | 5,75            | 312,33            | 28.06.14      | 4,22              | 313,86            | 5,02                   |
| M- 8  | 48           | 0,48            | 328,81            | 27.12.14      | 1,60            | 327,69            | 28.06.14      | 0,88              | 328,41            | 1,12                   |
| M-14  | 48           | 0,39            | 334,56            | 27.12.14      | 5,05            | 329,90            | 25.01.14      | 2,17              | 332,78            | 4,66                   |
| PO-1  | 47           | -0,43           | 334,46            | 01.11.14      | 0,07            | 333,96            | 04.01.14      | -0,19             | 334,22            | 0,50                   |
| PO-2  | 48           | 1,45            | 338,11            | 27.12.14      | 2,42            | 337,14            | 28.06.14      | 1,96              | 337,60            | 0,97                   |
| SŠ-1  | 48           | 2,40            | 325,59            | 27.12.14      | 4,99            | 323,00            | 25.01.14      | 4,08              | 323,91            | 2,59                   |
| SŠ-2  | 11           | 6,99            | 314,58            | 08.11.14      | 7,51            | 314,06            | 29.03.14      | 7,40              | 314,17            | 0,52                   |
| VČ- 4 | 48           | 6,98            | 320,34            | 29.03.14      | 10,94           | 316,38            | 30.11.14      | 7,91              | 319,41            | 3,96                   |
| VČ- 5 | 12           | 6,21            | 312,23            | 23.08.14      | 7,41            | 311,03            | 27.04.14      | 6,82              | 311,62            | 1,20                   |
| VČ- 6 | 48           | 14,06           | 312,31            | 27.12.14      | 14,55           | 311,82            | 25.01.14      | 14,34             | 312,03            | 0,49                   |
| VČ- 7 | 48           | 4,19            | 331,32            | 27.12.14      | 5,49            | 330,02            | 25.01.14      | 4,92              | 330,59            | 1,30                   |
| VČ-11 | 48           | 6,60            | 332,21            | 27.12.14      | 7,87            | 330,94            | 25.01.14      | 7,30              | 331,51            | 1,27                   |
| VČ-13 | 48           | 0,45            | 332,56            | 01.11.14      | 6,69            | 326,32            | 25.01.14      | 3,68              | 329,33            | 6,24                   |
| VE-4  | 48           | 10,61           | 312,17            | 03.05.14      | 13,68           | 309,10            | 04.01.14      | 13,36             | 309,42            | 3,07                   |

58

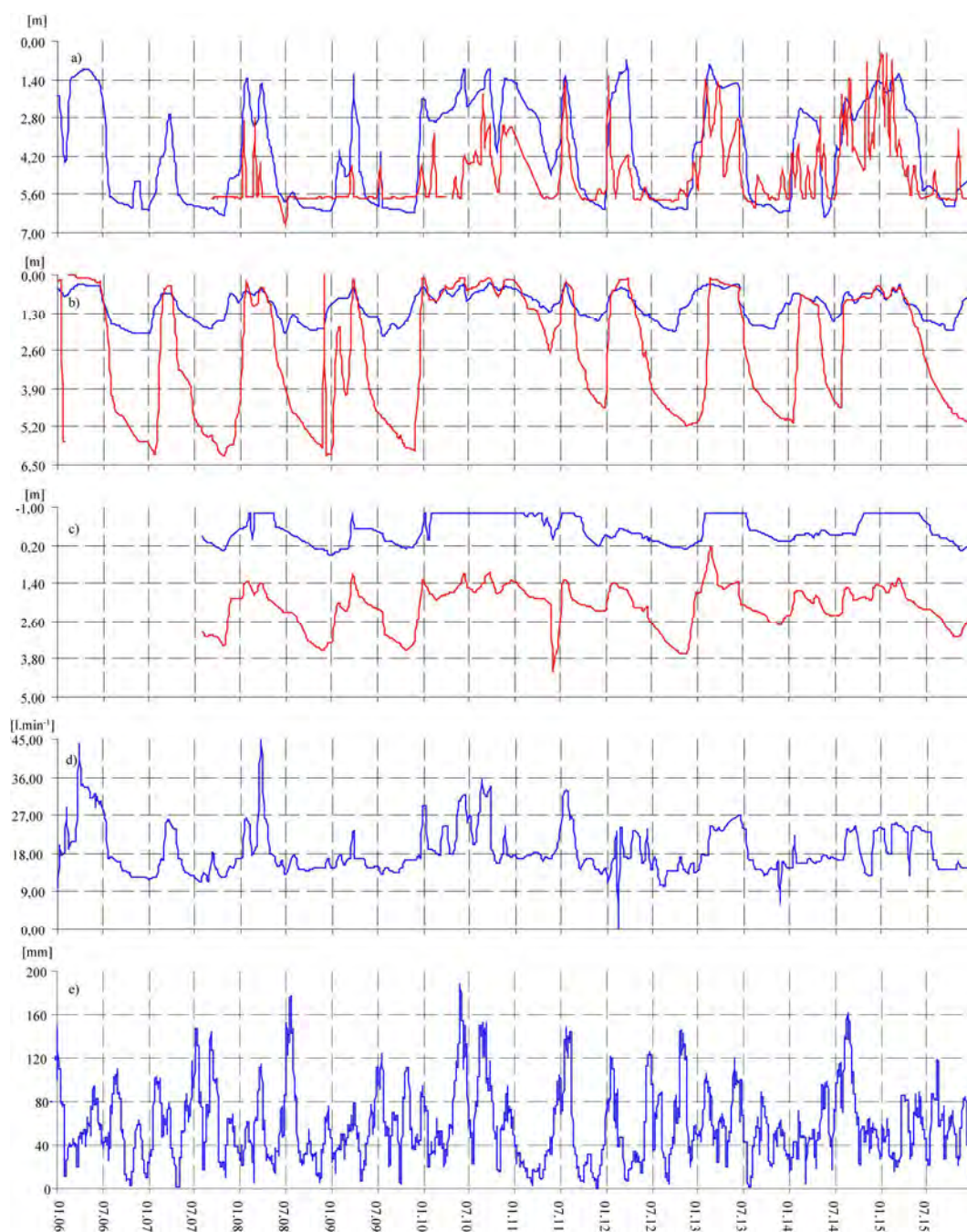
maximálny stav z 4. septembra 2011 – 6,27 m pod terénom). Celkovo sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody nachádzali v intervale -0,80 (PO-1) až 13,51 m pod terénom (VE-4). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte VČ-6 (min. hladina podzemnej vody 14,70 m pod terénom bola nameraná dňa 24. októbra). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 5,48 m pod terénom, čo je rovnaká hĺbka ako v roku 2014. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VČ-6 (8,65 m). Dosiahnutá amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje 94,64 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania.

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2015 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.3.9. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody so sumárnou výdatnosťou a kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.3.10.



Obr. 4.3.9. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2015 na lokalite Veľká Čausa (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania; červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej, oranžová – klzavý priemer úrovne hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2015)

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.



Obr. 4.3.10. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2006 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Veľká Čausa. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtach: 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 – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov; e – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prievidza s indikatívom 30120)



Tab. 4.3.7. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Veľká 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                   |

## c2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Podľa záznamov z automatického hladinomeru vo vrte VČ-2 bol v roku 2014 dosiahnutý maximálny stav 12. februára (9,37 m pod terénom – obr. 4.3.12). Minimálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná 27. júla (11,11 m pod terénom). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla hodnotu 10,39 m p. t. s ročnou amplitúdou 1,38 m. Februárové mesačné maximum hladiny podzemnej vody je najvyššie za celé monitorované obdobie (1997 až 2013). Teplotné zmeny podzemnej vody boli nulové.

V roku 2015 boli merania v tomto vrte zabezpečované do 13. marca. Hladina podzemnej vody mala počas tohto obdobia pomerne vyrovnaný charakter s miernym stúpnutím v druhej polovici februára.

Merania v tomto vrte poukazovali na kolísanie hladiny podzemnej vody, ktorá sa nachádzala v terasových sedimentoch, prekrytých zosuvným delúviom. Monitorovaná hladina nemala priami dosah na stabilitu zosuvného telesa, skôr súvisela s kolísaním hladiny v povrchovom recipiente.

Tab. 4.3.8. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Veľká Čausa v roku 2014

| 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       | 2,24            | 319,98             | 16.09.14 23:00 | 3,49            | 318,73             | 26.07.14 22:00 | 2,88              | 319,34             | 1,25                   |
| VČ-2 | 8760       | 9,73            | 310,28             | 12.02.14 14:00 | 11,11           | 308,90             | 27.07.14 16:00 | 10,39             | 309,62             | 1,38                   |
| VČ-8 | 8760       | 0,99            | 335,21             | 22.10.14 18:00 | 3,57            | 332,63             | 26.07.14 07:00 | 2,10              | 334,10             | 2,58                   |

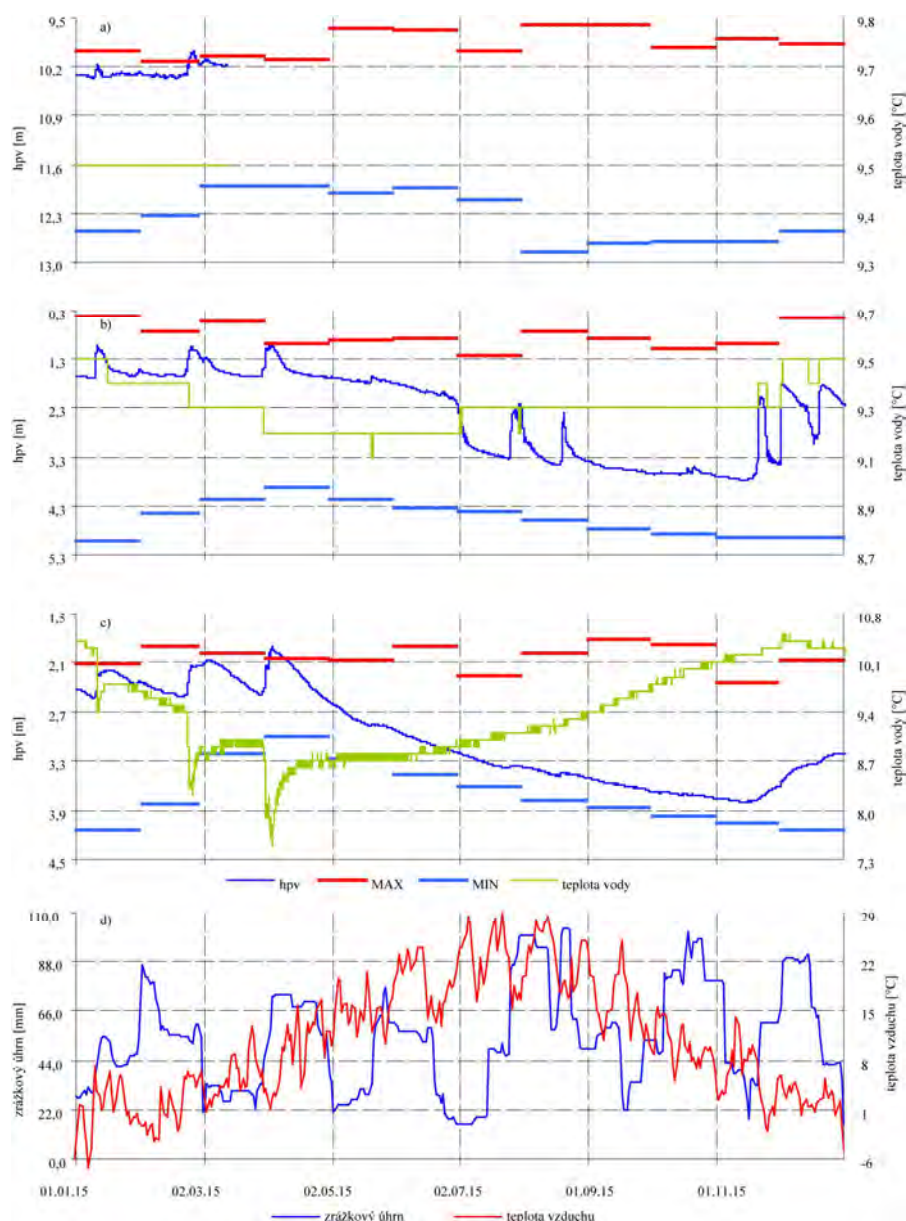
Vo vrte VČ-8 v roku 2014 hladina podzemnej vody dosiahla maximálny stav 22. októbra (0,99 m pod terénom) a minimálny v druhej polovici júla (3,57 m pod terénom – tab. 4.3.8). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody vypočítaná v hĺbke 2,10 m pod terénom. V októbri bola prekročená maximálna mesačná úroveň 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 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.

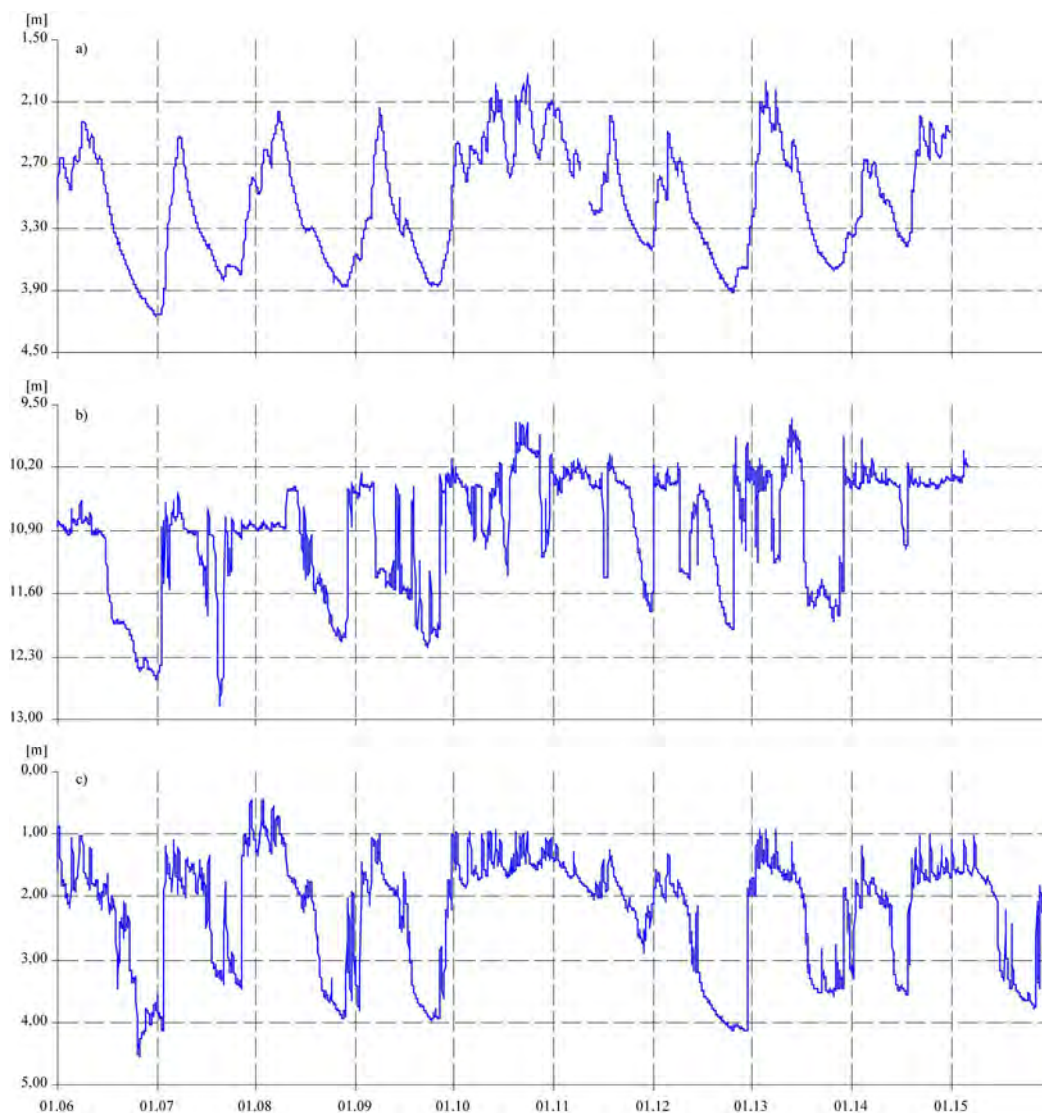
Tab. 4.3.9. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Veľká Čausa v roku 2015

| 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 17:00 | 3,81            | 318,41             | 13.11.15 02:00 | 3,02              | 319,20             | 1,90                   |
| VČ-8 | 8760       | 0,98            | 335,22             | 02.04.15 17:00 | 3,77            | 332,43             | 13.11.15 01:00 | 2,40              | 333,80             | 2,79                   |



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 hladinomery 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 (2006 – 2015) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomermi na lokalite Veľká Čausa. Automatické hladinometry sú umiestnené vo vrtoch: a – AH-1, b – VČ-2, c – AH-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 z vlaňajším rokom sa 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. Priebeh teploty podzemnej vody je inverzný voči jej zmenám (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 štvrťroku. 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

Výdatnosť sa v rokoch 2014 a 2015 merala v 7 odvodňovacích zariadeniach. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2014 dosiahla hodnotu 17,85 l.min<sup>-1</sup>. Najväčšie kolísanie výdatnosti v priebehu roka bolo zaznamenané vo vrte VV-110 a dosiahlo až 11,08 l.min<sup>-1</sup>. Najväčší nárast priemernej výdatnosti oproti roku 2013 bol pozorovaný vo vrte VV-103 (0,31 l.min<sup>-1</sup>) a naopak, pokles priemernej ročnej prietoku bol zaznamenaný vo vrtoch VV-108 (0,31 l.min<sup>-1</sup>) a VV-110 (0,45 l.min<sup>-1</sup>).

Tab. 4.3.10. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Veľká Čausa v roku 2014

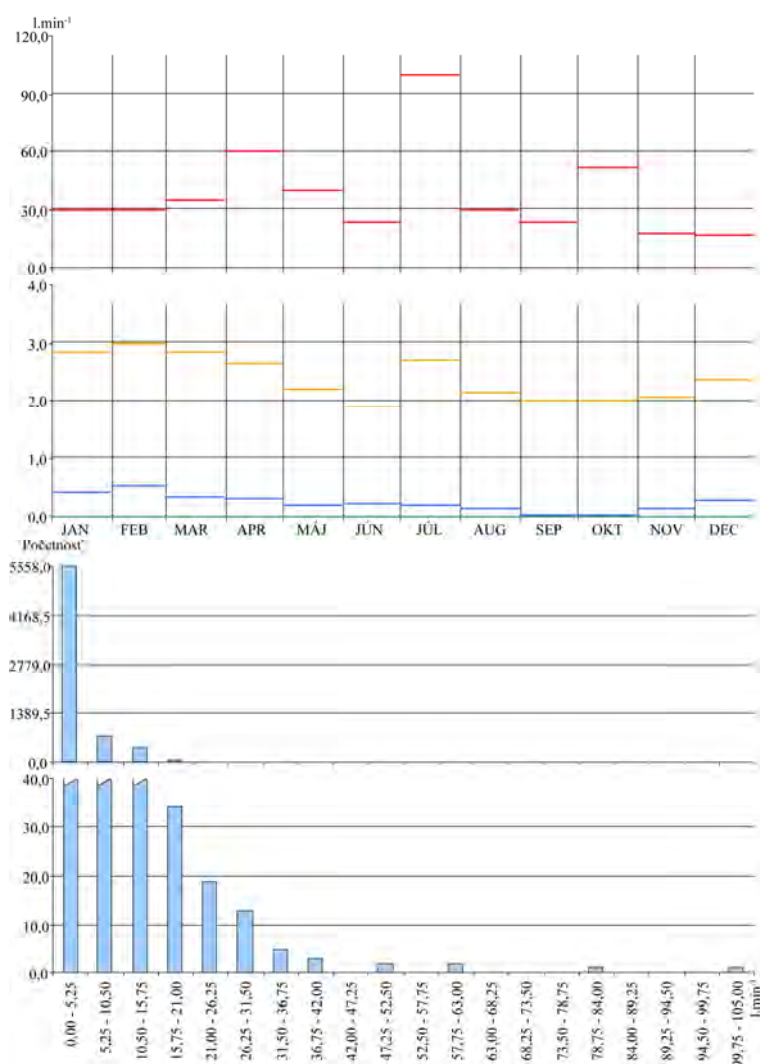
| Bod    | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat.<br>[l.min <sup>-1</sup> ] | Max. kolísanie<br>výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
|--------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|        |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    |                                           |                                                 |
| VV-102 | 30           | 0,01                   | 22.03.14 | 0,00                   | 10.05.14 | 0,01                                      | 0,01                                            |
| VV-103 | 30           | 1,20                   | 16.08.14 | 0,01                   | 10.05.14 | 0,43                                      | 1,19                                            |
| VV-104 | 30           | 0,34                   | 16.08.14 | 0,00                   | 07.06.14 | 0,06                                      | 0,34                                            |
| VV-107 | 48           | 0,01                   | 04.01.14 | 0,01                   | 04.01.14 | 0,01                                      | 0,00                                            |
| VV-108 | 48           | 12,00                  | 25.01.14 | 0,92                   | 01.11.14 | 6,85                                      | 11,08                                           |
| VV-109 | 48           | 0,60                   | 20.12.14 | 0,18                   | 04.01.14 | 0,37                                      | 0,42                                            |
| VV-110 | 48           | 10,91                  | 17.05.14 | 8,57                   | 04.01.14 | 10,12                                     | 2,34                                            |

V roku 2015 sa merania zabezpečovali do 10. januára do 28. decembra. Maximálna výdatnosť bola nameraná 10. januára vo vrte VV-108. Krátko na to, 25. januára, bola maximálna výdatnosť zaznamenaná i vo vrte VV-110 (10,91 l.min<sup>-1</sup>). Ide o vrt, ktorý dlhodobo efektívne odvádza podzemnú vodu zo zosuvného telesa. Počas minimálnych prietokov na konci novembra, výdatnosť odvodňovacieho vrtu dosahovala pomerne vysokú hodnotu 8,57 l.min<sup>-1</sup>. Naopak, veľmi nízke výdatnosti sú pozorované vo vrtoch VV-102, VV-103, VV-104, VV-107. Tieto vrty boli značnú časť hodnoteného roka suché, resp. z nich

voda len kvapkala. Priemerná ročná výdatnosť v tejto skupine vrtov sa pohybuje v intervale od 0,01 do 0,33 l.min<sup>-1</sup>. Počas roka 2015 sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov oproti predchádzajúcemu roku stúpila o 1,65 l.min<sup>-1</sup> a dosiahla hodnotu 19,5 l.min<sup>-1</sup>. Najväčšie kolísanie výdatnosti bolo zaznamenané vo vrte VV-108 a dosiahlo až 8,0 l.min<sup>-1</sup>. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení sú zhrnuté v tab. 4.3.10 a tab. 4.3.11.

Tab. 4.3.11. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Veľká Čausa v roku 2015

| Bod    | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] | Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
|--------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
|        |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    |                                        |                                              |
| 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                                         |



Obr. 4.3.13. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Veľká Čausa (červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti – 2. kvartil, zelená – minimálna mesačná výdatnosť).

Za posledné desaťročie boli najvyššie hodnoty sumárnej výdatnosti odvodňovacích vrtov namerané v rokoch 2006 a 2008. Odvodňovací systém postupne starne a v dôsledku zanášania sa odvodňovacích vrtov dochádza k postupnému znižovaniu objemu odvádzanej vody 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.

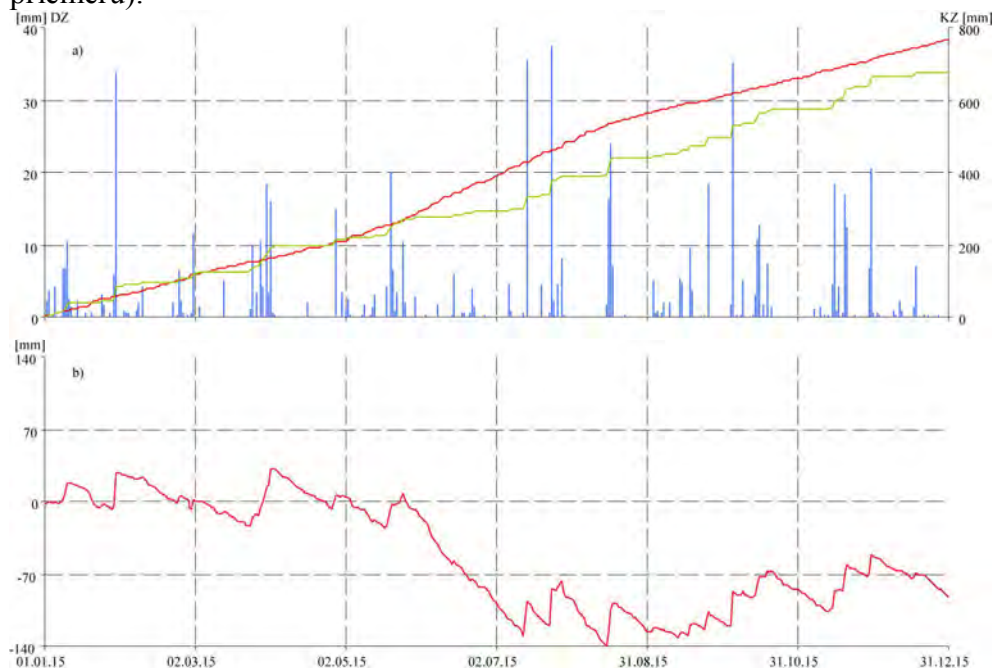
Z analýzy doteraz nameraných výdatností vyplýva, že najväčšiu množinu predstavujú prietoky od 0,0 do 2,25 l.min<sup>-1</sup>. Najvyššia výdatnosť bola nameraná mesiaci júl, ale najvyššie priemerné hodnoty prietokov sú v zimných mesiacoch.

#### f/ Merania zrážkových úhrnov

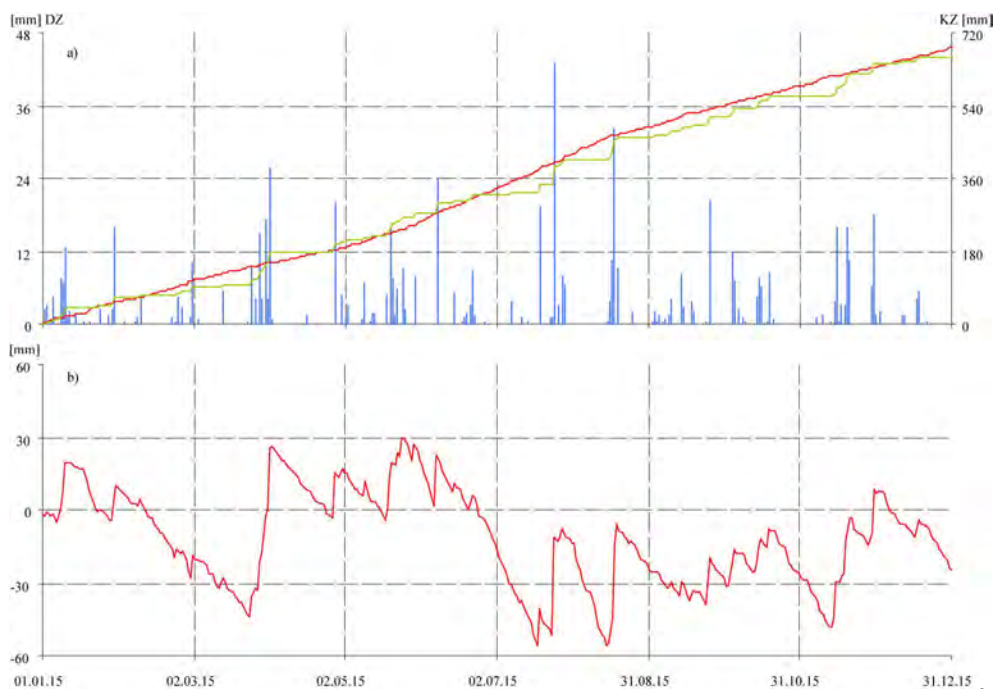
Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo staníc SHMÚ Prievidza (indikatív 30120) a Ráztočno (indikatív 30100; priebehy klimatologických ukazovateľov sú znázornené na obr. 4.3.14 a 4.3.15).

Na stanici Prievidza bol dlhodobý zrážkový priemer 671,55 mm a na stanici Ráztočno 769,18 mm. Na základe zrážkových úhrnov zaznamenaných v roku 2014 na obidvoch zrážkomerných staniciach možno tento rok charakterizovať ako vlhký (SHMÚ Ráztočno: 884,7 mm; čo predstavuje 115,02 % z dlhodobého priemeru; SHMÚ Prievidza: 777,4 mm; čo predstavuje 115,76 % z dlhodobého priemeru).

Rok 2015 na základe nameraných úhrnov zrážok možno na stanici SHMÚ Ráztočno charakterizovať ako suchý (676,8 mm; čo predstavuje len 87,99 % z dlhodobého priemeru) a na stanici SHMÚ Prievidza ako normálny (658,1 mm; čo predstavuje 99 % z dlhodobého priemeru).



Obr. 4.3.14. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Ráztočno (indikatív 30100). a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2015 (modrá línia – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená línia – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená línia – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2014); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2015



Obr. 4.3.15. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Prievidza (indikatív 30120). a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2015 (modrá línia – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená línia – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená línia – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2014); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2015

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na základe vykonaných meraní v roku 2015 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 počas prvých štyroch mesiacov. Následne sa začal prejavovať zrážkový deficit, čo spôsobilo pokles hladín v jednotlivých sledovaných piezometrických vrtoch. 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 naviac 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 informovaní zástupcovia obce.

Na základe nameraných výsledkov pohybovej aktivity možno konštatovať, že najaktívnejšou je západná časť obce v bode P2. Ide o bod, ktorý nachádza nad cestnou komunikáciou, smerujúcou do Prievidze a poľnohospodárskym družstvom. Táto oblasť sa vysokou pohybovou aktivitou prejavuje už dlhšiu dobu. Pohybová aktivita začala akcelerovať pred tromi 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 došlo prakticky vo všetkých prípadoch k nárastu pohybovej aktivity. Zvlášť kritická situácia je v oblasti vrty

VČ-1, ktorý sa nachádza v kontakte zo zastavaným územím. Vysoké hodnoty etapových prírastkov deformácie boli namerané aj vo vrtoch VE-4, VČ-5 a VČ-10. V súvislosti s realizáciou inklinometrických meraní treba ale upozorniť na postupne klesajúci počet funkčných a spoľahlivých vrtoch (vrty boli pôvodne vybudované ako viacúčelové, vďaka tejto skutočnosti sú viaceré z nich pre monitorovanie pohybovej aktivity nevhodné). Navyiac, v súčasnosti hrozí, že vrty ako napr. VČ-1, prestanú byť v dôsledku mimoriadne veľkej deformácie inklinometrickej pažnice priechodné, teda merateľné. Z tohto dôvodu je potrebné uvažovať nad doplnením existujúcej monitorovacej siete novými vrtmi.

V roku 2016 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 2014 a 2015*

Na lokalite Prievdza-Hradec boli v roku 2014 monitorovacie aktivity zamerané výlučne na inklinometrické merania (úvodné meranie). V roku 2015 sa sortiment monitorovacích aktivít rozšíril o režimové pozorovania zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích objektov. Na lokalite sa v roku 2015 zároveň odskúšala inovatívna monitorovacia metóda InSAR, založená na diaľkovom prieskume Zeme. 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 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                                                          | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                       |                                               |
|--------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                                                                | Rok 2014                                                         | Rok 2015                                      |
| Inklinometrické                            | 4                     | Pavlovská ul.:<br>IGH-1i, IGH-2i, IGH-3i, IGP-9i,<br>ulica Na Stanište:<br>IGH-5, IGP-10 | 2<br>(6. november*)                                              | 3<br>(16. marec,<br>11. jún,<br>10. december) |
| InSAR                                      | 1                     | Mestská časť Hradec a okolie                                                             |                                                                  | cca 52<br>(cca 2x2 snímky za mesiac)          |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 2                     | IGH-7, IGH-8                                                                             |                                                                  | 39<br>(1x za týždeň)                          |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 3                     | HV-1, HV-2, HV-3                                                                         |                                                                  | 39<br>(1x za týždeň)                          |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 1                     | Stanice SHMÚ:<br>Prievdza (indikatív 30120)                                              | Denné úhrny zrážok<br>Teploty vzduchu<br>(priemerná a minimálna) |                                               |

\* – úvodné meranie

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015*

###### *a/ Inklinometrické merania*

Inklinometrické merania sa na lokalite Prievdza-Hradec pôvodne (rok 2014) zabezpečovali na štyroch vrtoch, vybudovaných počas prieskumu, ku ktorým v roku 2015 pribudli ďalšie dva vrty (vybudované počas 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 2014 a 2015 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  | 6,16               | 0,71                | 0,71    | 95    | 1,10                | 0,78    | 10    | 1,80                | 0,85    | 5     |
| IGH-3i  | 3,81               | 0,98                | 0,98    | 104   | 0,85                | 0,14    | 305   | 0,92                | 1,46    | 244   |
| IGH-3i  | 8,31               | 0,22                | 0,22    | 107   | 0,28                | 0,10    | 170   | 0,50                | 0,61    | 251   |
| IGH-5i  | 5,11               | 9,26                | 9,26    | 284   | 15,70               | 6,45    | 280   | 18,33               | 2,76    | 264   |
| IGP-10i | 6,43               |                     |         |       | 9,81                | 9,81    | 293   | 12,40               | 2,60    | 294   |
| IGP-9i  | 10,42              |                     |         |       | 0,50                | 0,50    | 193   | 0,28                | 0,54    | 342   |
| IGH-1i  | 3,44               | 0,40                | 0,40    | 250   | 0,40                | 0,00    | 0     | 0,95                | 0,58    | 219   |

Na Pavlovskej ul. sú inklinometrické merania vykonávané od novembra 2014 (nulté meranie). V roku 2015 (počas decembrovej etapy) bola zvýšená pohybová aktivita nameraná vo vrte IGH-3i na predpokladanej (málo výraznej) šmykovej ploche v hĺbkach 3,81 m pod terénom. Počas viac ako 4-mesačného obdobia bola v tomto horizonte nameraná deformácia



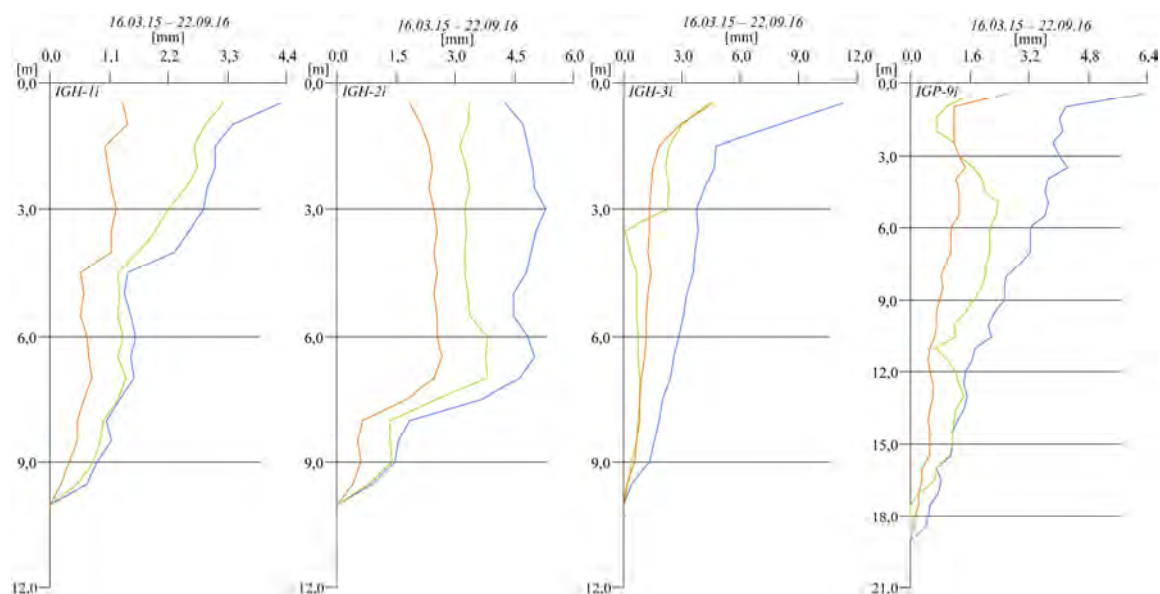
Obr. 4.4.1. Lokalita Prievidza-Hradec (Pavlovská ul.) – výsledky inklinometrických meraní. Červená – vektory deformácií namerané v rokoch 2014 až 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.4.2; zobrazené čísla pri vektoroch predstavujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m; mapový podklad: ZBGIS®)





Obr. 4.4.2. Lokalita Prievidza-Hradec (ul. Na Stanište) – výsledky inklinometrických meraní. Červená – vektory deformácií namerané v rokoch 2014 až 2015 (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®)

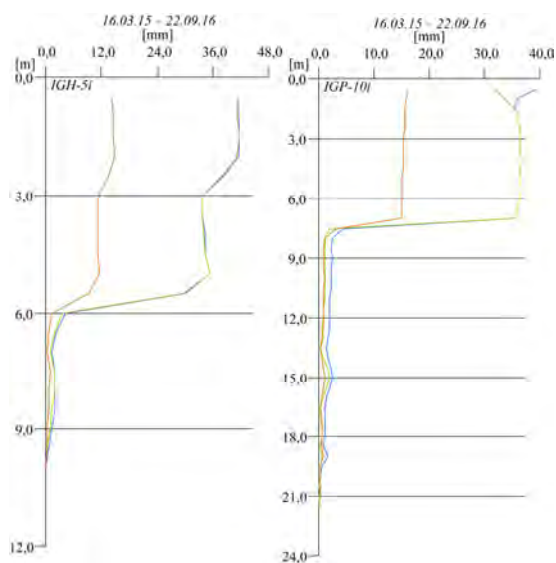
1,46 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $2,92 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Deformácie nad 1 mm boli namerané i vo vrte IGP-9i (v hĺbke 2,92 m pod terénom) počas dvoch etáp meraní (od 1,14 do 1,17 mm, čo predstavovalo priemerné rýchlosti  $4,78$  a  $2,34 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Jednotlivé horizonty sú vo väčšine prípadov viazané na deluviálne uloženiny s výskytom ílových polôh s vysokou plasticitou. Vektory namerané vo vrtoch IGH-2i a IGH-1i nepresiahli 1 mm.



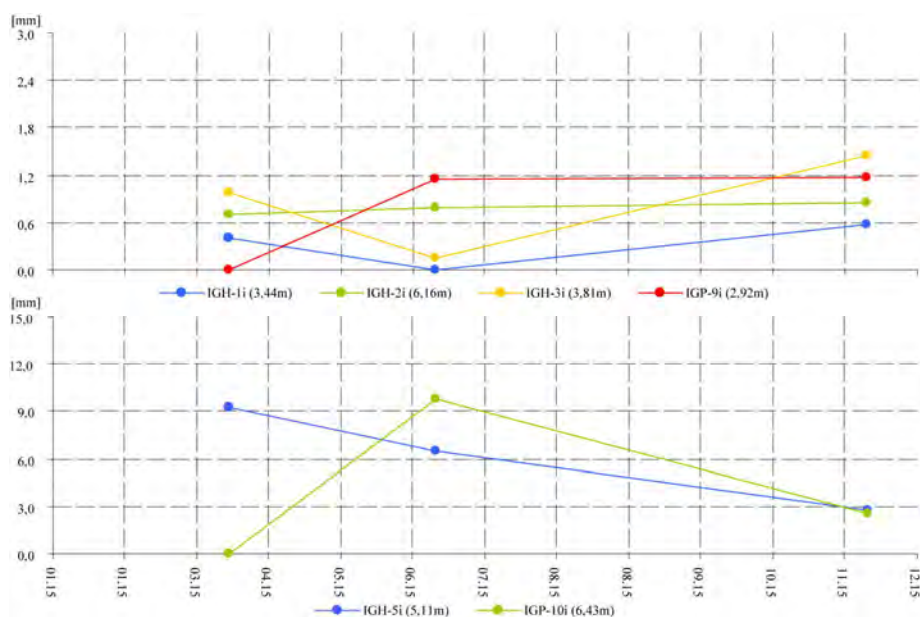
Obr. 4.4.3. Výsledky inklinometrických meraní na Pavlovskej ulici – deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie časové obdobie. Oranžová línia – maximálne hodnoty etapových vektorov za monitorované obdobie, zelená línia – výsledná deformácia zaznamenaná počas posledného merania, modrá línia – súčet etapových vektorov nameraných počas monitorovaného obdobia

Vo východnej časti ulice je situácia pomerne pokojná. I keď vo vrte IGP-9i došlo počas májového merania k miernemu nárastu pohybovej aktivity, septembrové výsledky namerané v oboch vrtoch IGH-3i a IGP-9i poukazujú na jej pokles.

Odlišná situácia je v oblasti ulice Na Stanište. Počas celého obdobia monitorovania, teda od marca 2015 (prvé etapové meranie), sú počas jednotlivých etáp na sledovaných šmykových plochách 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 júnového 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).



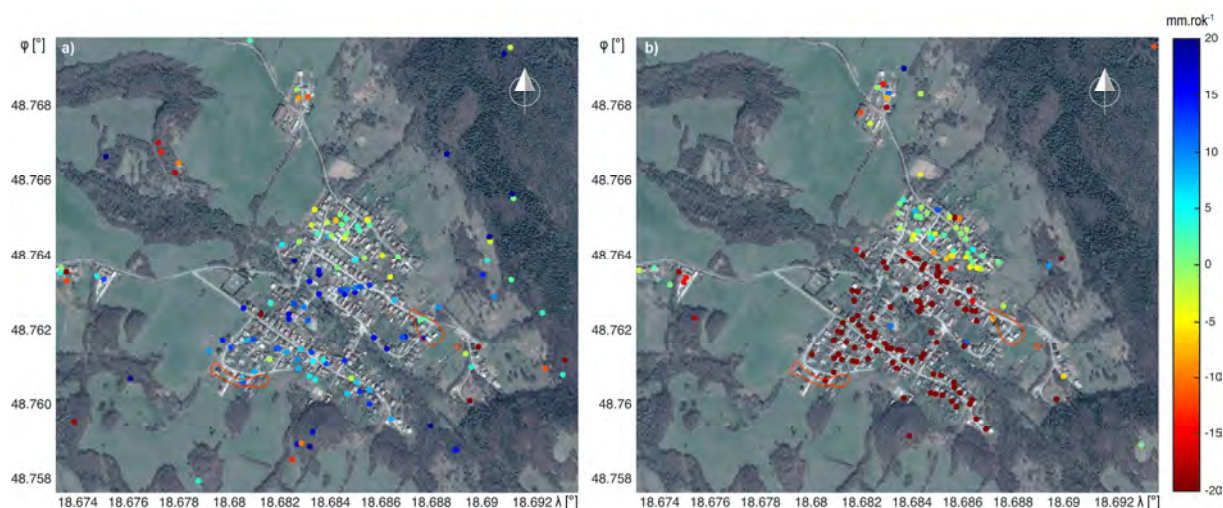
Obr. 4.4.4. Výsledky inklinometrických meraní na ulici Na Stanište – deformácia inklinometrickej pažnice za dlhšie časové obdobie. Oranžová línia – maximálne hodnoty etapových vektorov za monitorované obdobie, zelená línia – výsledná deformácia zaznamenaná počas posledného merania, modrá línia – súčet etapových vektorov nameraných počas monitorovaného obdobia



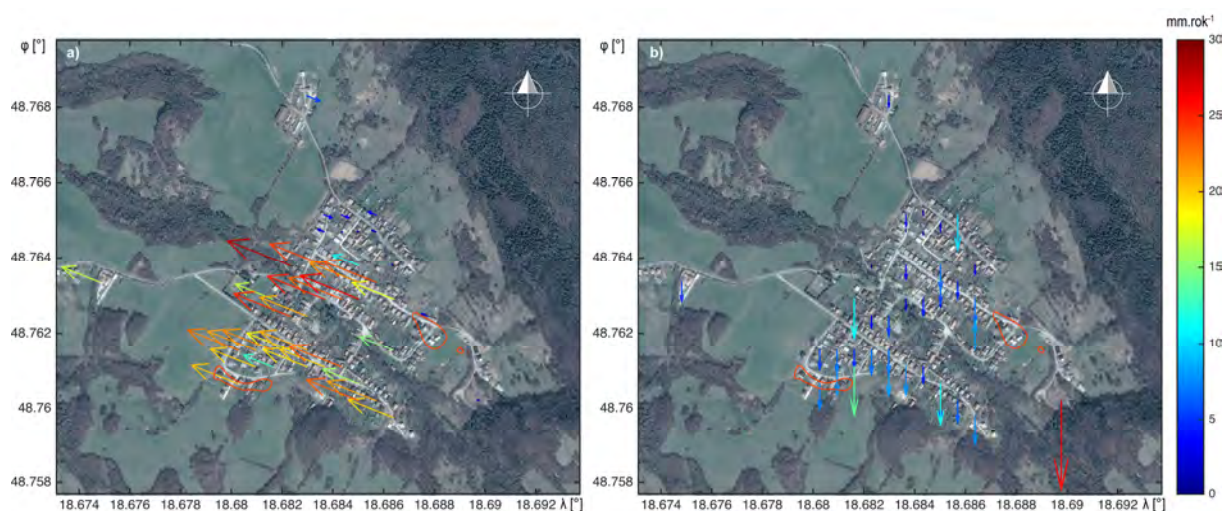
Obr. 4.4.5. Prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Prievidza-Hradec

## b/ Radarová interferometria

Na lokalite Prievidza-Hradec bola ako ďalšia monitorovacia metóda (na určenie pohybovej aktivity) aplikovaná radarová interferometria (InSAR, z angl. Interferometric Synthetic Aperture Radar). Pri analýze boli výlučne využívané stabilné odrazové prvky na zemskom povrchu (PSInSAR, z angl. Persistent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar). Analýza bola vykonaná na aktuálnych údajoch z družice Sentinel-1A Európskej vesmírnej agentúry (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1>; Ondrejka et al., 2016).



Obr. 4.4.6. Rýchlosť pohybu sledovaná na odrazných bodoch (rozsah  $-20$  až  $20 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). a – vzostupná dráha; b – zostupná dráha



Obr. 4.4.7. Horizontálna (a) a vertikálna (b) zložka pohybu ( $\text{mm.rok}^{-1}$ ) v centrách pravidelnej mriežky (azimuty prezentovaných vektorov súvisia s dráhou letu družice a smerom, ktorým sú vysielané radarové vlny, t. j. nereprezentujú smer pohybu zosuvných telies).

Pri monitorovaní pohybovej aktivity v oblasti mestskej časti Hradec boli snímky poskytnuté v rámci projektu Copernicus. 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 v intervale – október 2014 až november 2015 s priemernou opakovateľnosťou 12 – 15 dní. Z celej snímky (mód snímania Interferometric Wide Swath – IWS, pokrytie  $260 \times 185 \text{ km}$ , rozlíšenie  $5 \times 20 \text{ m}$ ) bolo vybrané záujmové územie o veľkosti  $3 \times 3 \text{ km}$ , ktoré pokrývalo primárne záujmovú oblasť. Presnú horizontálnu a vertikálnu zložku



pohybu je možné získať spracovaním niekoľkých rôznych (vzostupných a zostupných) obežných dráh (Katelaar, 2009).

Z nameraných výsledkov vyplýva, že značná časť územia mestskej časti Hradec je v súčasnosti pohybovo aktívna. I keď vzhľadom na nedostatočnú stabilitu odrazných prvkov nie sme schopní stanoviť rýchlosť pohybu v najviac postihnutých častiach obce (Na Stanište a Pavlovská ulica), z výsledkov analýzy vyplýva, že pohybovo aktívna časť obce kopíruje územie, ktoré bolo autormi Malgot et al. (1983) označené ako zosuvné. Najstabilnejšou časťou obce je severná oblasť, ktorá leží nad odlučnými hranami zosuvov, na bloku, tvorenom lávovým prúdom pyroxénických andezitov. Pohybovo aktívne sú najmä územia, nachádzajúce sa na handlovskom súvrství.

#### c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Prievdza-Hradec sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v dvoch vrtoch (štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 1.3.). Merania sa začali vykonávať 4. mája 2015. Počas roka 2015 bolo zabezpečených 39 kontrolných meraní (posledné meranie bolo realizované 28. decembra). Bližšie k povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody vo vrte IGH-7 (4,73 m pod terénom – 468,92 m n. m. – 30. máj). Podobná maximálna hladina podzemnej vody sa vyskytovala aj vo vrte IGH-8 (hĺbka 5,31 m pod terénom – 434,39 m n. m.). Podobne, vo vrte IGH-7 bola zaznamenaná i minimálna hladina podzemnej vody (6,25 m – 467,40 m n. m. – 28. november). Priemerné ročné hĺbky hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 5,57 (IGH-7) až 5,77 m pod terénom (IGH-8). Výraznejšia amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte IGH-7 (1,52 m). V roku 2015 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 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 rokoch 2014 a 2015 na lokalite Prievdza-Hradec

| 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.] |                        |
| 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 roku 2015 bol pozorovaný trend postupného poklesu hladiny podzemnej vody. Monitorované obdobie zachytáva obdobie, v ktorom sa prejavoval zrážkový deficit. Priebiehy hĺbky hladiny podzemnej vody spolu s výdatnosťou odvodňovacích vrtov a kumulatívnymi zrážkami v roku 2015 znázorňuje obr. 4.4.8.

#### d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

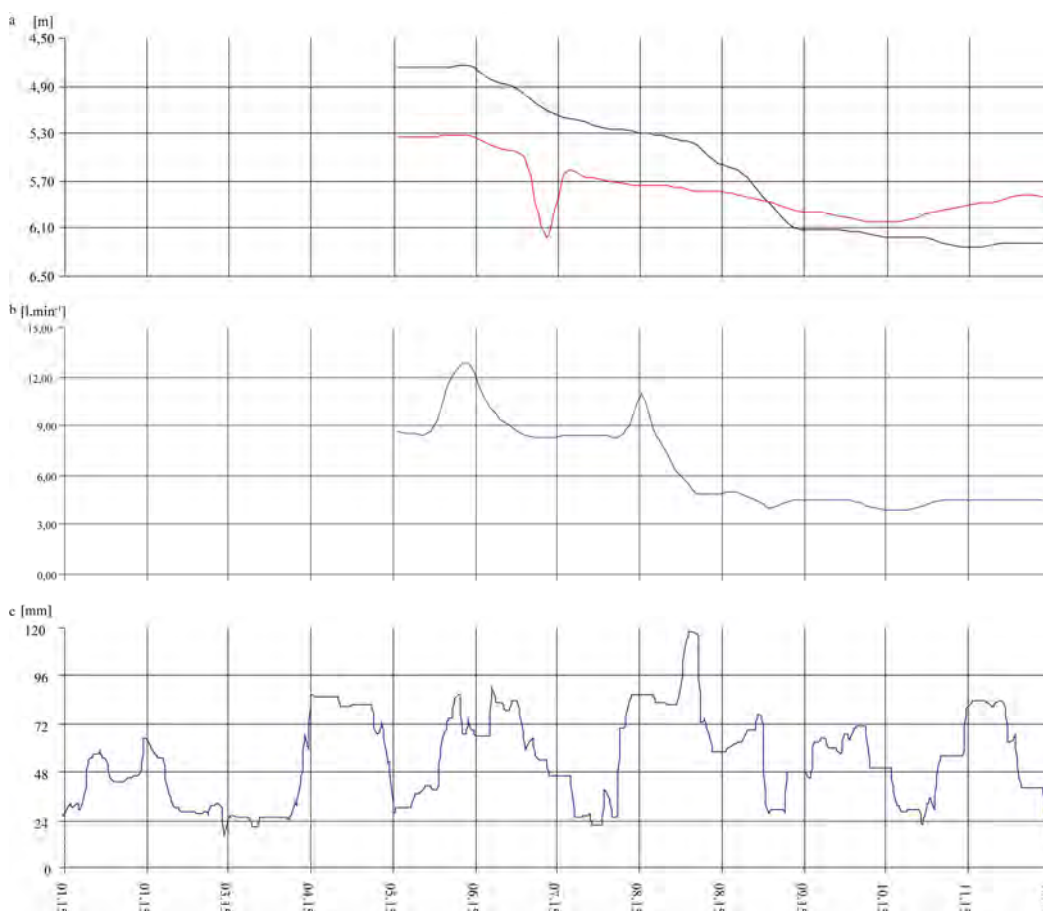
Na lokalite Prievdza-Hradec je pozorovaných 5 odvodňovacích zariadení (štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.4.4). Počas roka 2015 bolo zabezpečených 38 kontrolných meraní (4. máj – 28. december). Najvyššia výdatnosť bola nameraná hneď na začiatku monitorovacieho obdobia na 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 ( $4,50 \text{ l.min}^{-1}$ ).

Priebehy množstva odvádzanej vody z vybratých odvodňovacích zariadení spolu so zmenami hĺbky hladiny podzemnej vody a kumulatívnymi zrážkami v roku 2015 prezentuje obr. 4.4.7.

Tab. 4.4.4. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení v rokoch 2014 a 2015 na lokalite Prievidza-Hradec

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



Obr. 4.4.8. Výsledky spracovania režimových pozorovaní z piezometrických a odvodňovacích vrtov na lokalite Prievidza-Hradec. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtach: a – modrá – IGH-7, modrá – IGH-8, b – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov; c – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prievidza s indikativom 30120)

#### e/ Merania zrážkových úhrnov

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



### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Merania pohybovej aktivity zabezpečené v roku 2015 potvrdili, že v mestskej časti Prievdza-Hradec naďalej pretrváva nepriaznivý stabilný stav. Použitím metódy presnej inklinometrie bola opätovne dokumentovaná vysoká pohybová aktivita v oblasti ulíc Na Stanište a Lesná.

Komplexnú informáciu o pohybovej aktivite územia priniesli výsledky metódy InSAR. Merania potvrdili, že oblasti ležiace na neogénnych uloženinách handlovského súvrstvia sú náchylné na zosúvanie. Naopak, severná časť obce, ležiaca na vulkanických horninách, je relatívne stabilná. Treba však upozorniť, že najcitlivejšou oblasťou z hľadiska stability predstavuje kontakt, resp. rozhranie medzi jednotlivými horninovými komplexmi.

Tri odvodňovacie objekty efektívne znižujú hĺbku hladiny podzemnej vody a dva boli prakticky celé monitorovacie obdobie suché.

I keď stabilizácia zosuvného územia je po technickej, ale aj finančnej stránke mimoriadne náročná, v záujme zlepšenia stabilných 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 stabilných pomerov oboch zosuvných lokalít, je ale potrebné uviesť, že vzhľadom na rozsah postihnutého územia svahovými deformáciami (ktorý bol overený metódou InSAR), nie sú postačujúce. Na rok 2016 bol naplánovaný rovnaký sortiment monitorovacích aktivít.

#### 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.

Vybudované inklinometrické vrty sa nachádzajú v severojužnom profile. V severnej časti je nimi monitorovaná Remeselnícka ul. a v južnej časti Podhorská ul. Piezometrické vrty sú situované v severnej časti Remeselníckej ul. a jeden na Podhorskej ul. V území sú zároveň monitorované všetky odvodňovacie vrty, vybudované počas sanačných prác v roku 2014.

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 2014 a 2015*

Na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka boli v rokoch 2014 a 2015 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 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                                                                 | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                       |                                         |
|--------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                                                                       | Rok 2014                                                         | Rok 2015                                |
| Inklinometrické                            | 8                     | Remeselnícka ul.: IGP-1i, IGP-4i, IGP-4i, Podhorská ul.: IGP-1i, IGP-3i, IGP-4i, IGP-7i, IGP-8i | 2<br>(6. november*)                                              | 3<br>(16. marec, 11. jún, 15. december) |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 3                     | IGR-4, IGR-5, IGP-6                                                                             |                                                                  | 38<br>(1x za týždeň)                    |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 7                     | HV-1, HV-2, HV-3, HV-4 HV-5, HV-6, HV-7                                                         |                                                                  | 38<br>(1x za týždeň)                    |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 1                     | Stanice SHMÚ: Prievidza (indikatív 30120)                                                       | Denné úhrny zrážok<br>Teploty vzduchu<br>(priemerná a minimálna) |                                         |

\* – úvodné meranie

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015*

###### *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 bolo na týchto vrtoch realizované až 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 a 4.5.3.

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  $8,99 \text{ mm.rok}^{-1}$ ; azimut  $312^\circ$ ). Mierne zvýšené pohybové aktivity (prírastky deformácie v intervale 1,12 – 1,61 mm) boli zaznamenané i vo vrtoch IGP-3i (v hĺbke 2,60 m pod terénom), IGR-4i (v hĺbke 3,52 m pod terénom), IGP-3i (v hĺbke 8,10 m pod terénom) a IGP-4i (v hĺbke 2,11 m pod terénom). Počas nasledujúceho júnového merania došlo k celkovej stabilizácii, pričom najvyššia hodnota etapového prírastku deformácie bola opäť nameraná vo vrte IGP-1i v hĺbke 1,00 m pod terénom (1,55 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $6,51 \text{ mm.rok}^{-1}$ ; azimut  $295^\circ$ ). Prírastok deformácie nad 1 mm bol nameraný aj vo vrte IGP-3i (v hĺbke 2,60 m pod terénom bola zaznamenaná deformácia 1,22 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $5,12 \text{ mm.rok}^{-1}$ ; azimut  $245^\circ$ ).

Počas decembrovej etapy mal vývoj deformácie vo vrte IGP-1i (na šmykovej ploche 1 m pod terénom) podobný ráz ako v predchádzajúcom období (etapová deformácia 1,70 mm; priemerná rýchlosť pohybu  $3,32 \text{ mm.rok}^{-1}$ ; azimut  $350^\circ$ ). Počas tejto etapy bola zvýšená pohybová aktivita nameraná i v hĺbke 7 m pod terénom na predpokladanej šmykovej ploche (etapový prírastok deformácie 1,08 mm; priemerná rýchlosť  $2,10 \text{ mm.rok}^{-1}$ ; azimut  $332^\circ$ ). Deformácie nad jeden milimeter boli namerané tiež na šmykových plochách vo vrtoch IGP-4i (v hĺbkach 4,61 a 2,11 m pod terénom) a IGP-7i (v hĺbke 6,96 m pod terénom).

Tab. 4.5.2. Výsledky inklinometrických meraní uskutočnených v rokoch 2014 a 2015 na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka

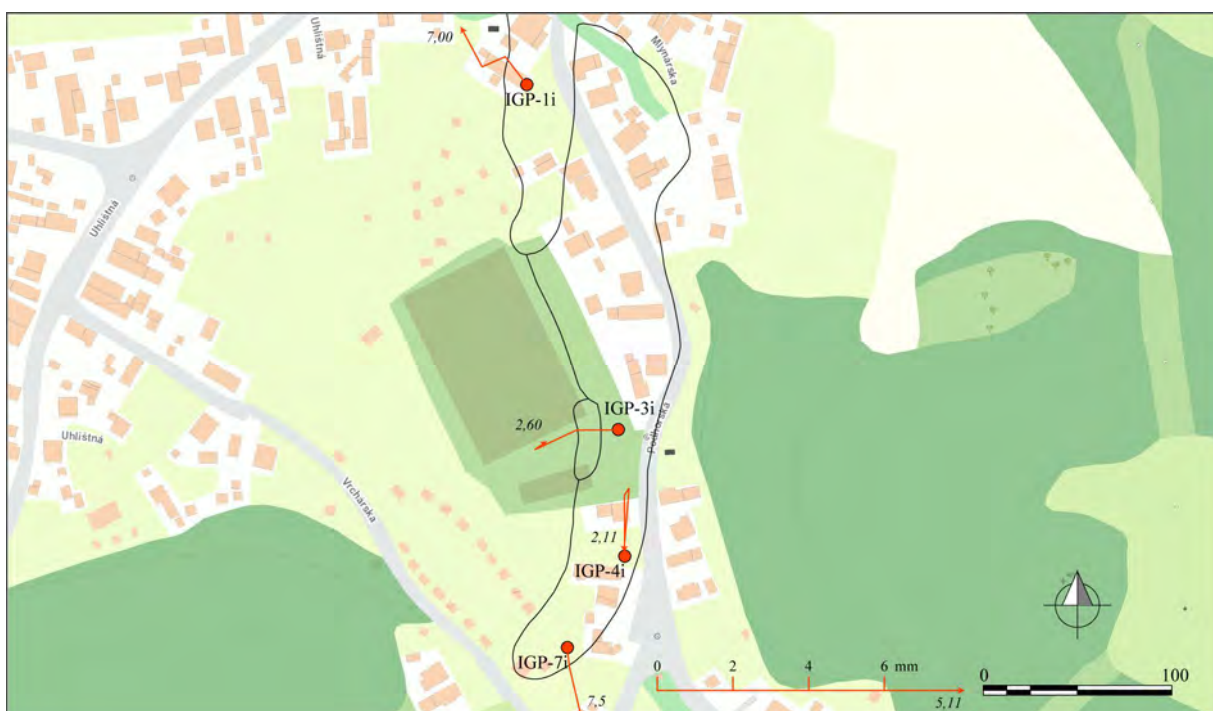
| Bod    | Hĺbka pod ter. | 06.11.14 – 16.03.15 |         |       | 16.03.15 – 11.06.15 |         |       | 11.06.15 – 15.12.15 |         |       |
|--------|----------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|        |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| IGP-1i | 1,00           | 3,20                | 3,20    | 312   | 4,71                | 1,55    | 295   | 6,05                | 1,70    | 350   |
| IGP-1i | 7,00           | 0,92                | 0,92    | 323   | 1,26                | 0,67    | 247   | 2,20                | 1,08    | 332   |
| IGP-3i | 2,60           | 1,12                | 1,12    | 270   | 2,28                | 1,22    | 245   | 2,02                | 0,28    | 55    |
| IGP-3i | 8,10           | 1,56                | 1,56    | 320   | 1,53                | 0,22    | 217   | 1,17                | 0,45    | 163   |
| IGP-3i | 9,10           | 0,22                | 0,22    | 127   | 0,32                | 0,10    | 100   | 0,92                | 0,64    | 151   |
| IGP-4i | 2,11           | 1,61                | 1,61    | 360   | 1,80                | 0,22    | 33    | 0,22                | 1,58    | 185   |
| IGP-4i | 4,61           | 0,71                | 0,71    | 248   | 1,20                | 0,51    | 229   | 0,28                | 1,02    | 49    |
| IGP-4i | 7,11           | 0,20                | 0,20    | 240   | 0,58                | 0,51    | 161   | 0,22                | 0,61    | 339   |
| IGP-7i | 6,96           | 0,00                |         |       | 0,51                | 0,51    | 174   | 1,77                | 1,26    | 167   |
| IGP-7i | 17,46          | 0,00                |         |       | 0,61                | 0,61    | 176   | 1,21                | 0,64    | 146   |
| IGP-8i | 12,04          | 0,00                |         |       | 0,22                | 0,22    | 207   | 0,45                | 0,22    | 207   |
| IGR-1i | 8,88           | 0,28                | 0,28    | 50    | 0,64                | 0,36    | 61    | 0,98                | 0,40    | 95    |
| IGR-4i | 3,52           | 1,41                | 1,41    | 120   | 1,71                | 0,50    | 181   | 2,06                | 0,42    | 173   |
| IGR-5i | 7,08           | 0,51                | 0,51    | 119   | 0,60                | 0,14    | 175   | 1,10                | 0,51    | 119   |

Podobný charakter pohybovej aktivity vládol i počas poslednej realizovanej etapy. Výnimkou je len oblasť vrtu IGP-1i, kde došlo k zintenzívneniu svahového pohybu. V porovnaní s výsledkami nameranými v predchádzajúcich etapách v tomto vrte by sa dala táto etapa (na šmykovej ploche v hĺbke 1 m) hodnotiť ako obdobie akcelerácie svahového pohybu. Veľkosť etapového vektora (za obdobie približne štyroch mesiacov) dosiahla 6,45 mm, teda priemerná rýchlosť deformácie predstavuje  $19,14 \text{ mm za rok}$ . Azimut je i v tomto prípade orientovaný na severozápad ( $317^\circ$ ).

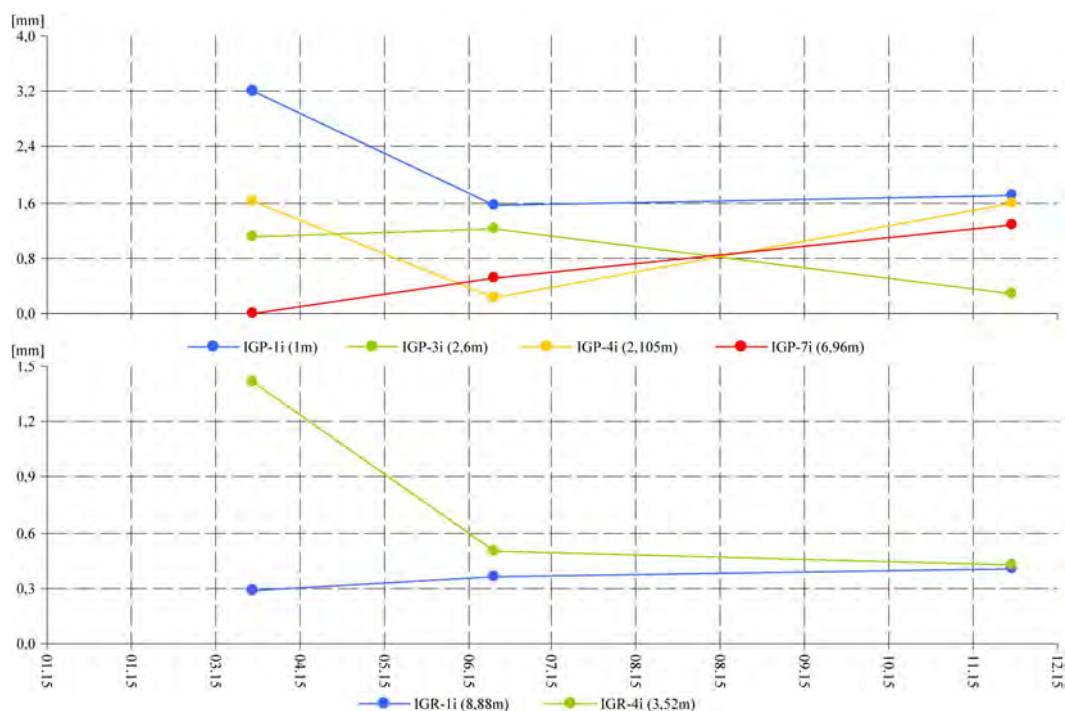
Všeobecne sa dá konštatovať, že dlhodobo najaktívnejšie je územie v oblasti vrtu IGP-1, ktoré sa nachádza v centrálnej časti obce, približne 55 m južne od križovatky ulíc Podhorská a Hradecká.



Obr. 4.5.1. Lokalita Velká Lehôtka, Remeselnícká ul. – výsledky inklinometrických meraní – vektory deformácií namerané v rokoch 2014 a 2015 (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®



Obr. 4.5.2. Lokalita Velká Lehôtka, Podhorská ul. – výsledky inklinometrických meraní – vektory deformácií namerané v rokoch 2014 a 2015 (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®



Obr. 4.5.3. Prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka

#### 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. 4.5.2). 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 priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody sa nachádzala v hĺbke 2,91 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybratých vrtoch spolu s kumulatívnymi zrážkami v rokoch 2014 a 2015 sú znázornené na obr. 4.5.4.

Tab. 4.5.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody v rokoch 2014 a 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                   |

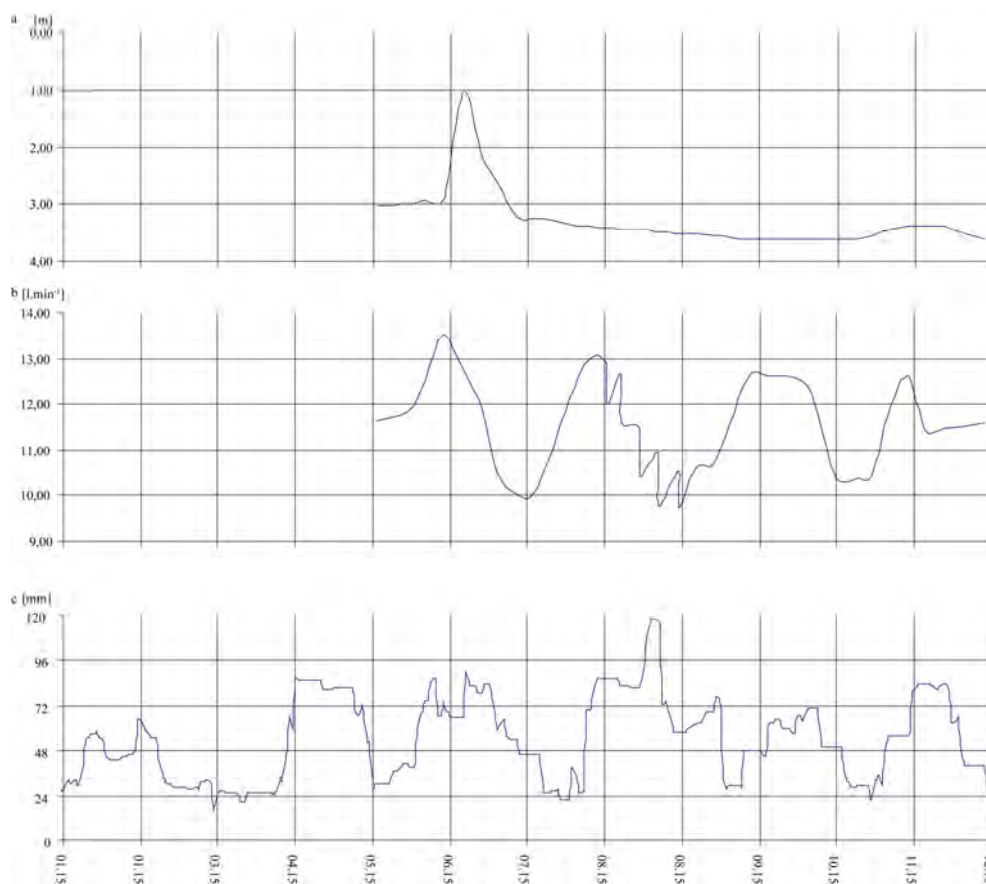


#### d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

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. 4.5.4. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení v rokoch 2014 a 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                            |



Obr. 4.5.4. Výsledky spracovania režimových pozorovaní z piezometrických a odvodňovacích vrtoch na lokalite Prievidza-Veľká Lehôtka. Pribeh 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)

monitorovaného obdobia vrty odvádzali podzemnú vodu a ani počas jedného merania neboli vrty suché. Minimálna sumárna výdatnosť bola zaznamenaná 30. augusta s hodnotou  $9,74 \text{ l.min}^{-1}$ . Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015 dosiahla  $11,5 \text{ l.min}^{-1}$  a najväčšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte HV-5 ( $1,8 \text{ l.min}^{-1}$ ).

Priebehy množstva odvádzanej vody z vybratých odvodňovacích zariadení spolu kolísaním hĺbky hladiny podzemnej vody v piezometroch a kumulatívnymi zrážkami v roku 2015 sú znázornené na obr. 4.5.8.

e/ Merania zrážkových úhrnov

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

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Na lokalite Veľká Lehôtka bol v roku 2015 rozšírený sortiment monitorovacích aktivít o meranie hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení. Z výsledkov inklinometrických meraní vyplýva, že v oblasti vrtu IGP-1i dochádza (v hĺbke približne 1 m pod terénom) k pomerne výraznému svahovému pohybu.

V zosuvnom území boli v roku 2014 v rámci riešenia geologickej úlohy „Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza“ vybudované odvodňovacie vrty, ktoré sa efektívne podieľajú na znižovaní úrovne hladiny podzemnej vody.

V roku 2016 plánujeme pokračovať v realizácii inklinometrických meraní na pôvodných, ale i na nových inklinometrických vrtoch (tri etapy meraní). Zároveň plánujeme zabezpečiť režimové pozorovania na piezometrických vrtoch vybudovaných v rámci doplnkového prieskumu (Fekeč a Ilkanič, 2014b in Šimeková et al., 2014) a odvodňovacích vrtoch vybudovaných v rámci spomínanej sanácie (týždenný interval meraní).

#### 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 (obr. 4.6.4);
- oblasť Malá Hôrka s individuálnou bytovou výstavbou (obr. 4.6.5);
- oblasť Jánošíkova cesta (v južnej časti pozorovaného územia – obr. 4.6.6).

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 2014 a 2015

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 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Počet uskutočnených meraní (dátum merania) |                                                |
|--------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Rok 2014                                   | Rok 2015                                       |
| Inklinometrické                            | 2                     | AH-2<br>(oblasť nad železničným oblúkom);<br>AH-3 (Jánošíkova cesta)                                                                                                                                                                                                                                                                |                                            | 3<br>(4. marec*,<br>14. apríl,<br>6. november) |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 6                     | VP-41, VP-44<br>(oblasť nad železničným oblúkom);<br>VP-23, HG-351 (Malá Hôrka);<br>J-317, J-318 (Jánošíkova cesta)                                                                                                                                                                                                                 | 24<br>(2x za mesiac)                       | 24<br>(2x za mesiac)                           |
|                                            | 34                    | P-1 až P-13, P-15,<br>P-16, P-18, P-20 až P-38                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 24<br>(2x za mesiac)                       | 24<br>(2x za mesiac)                           |
|                                            | 2                     | P-17, P-19<br>– automatické hladinomery                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Kontinuálne<br>(každú hodinu)              |                                                |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 14                    | Oblasť nad železničným oblúkom:<br>A (10 odvodňovacích vrtoch: HVA-1 až 10),<br>B1 a B2 (11 vrtoch: HVB-1 až 11),<br>C (9 vrtoch: HVC-1 až 9),<br>D (9 vrtoch: HVD-1 až 9);<br>Malá Hôrka:<br>E (7 vrtoch: HVE-1 až 7),<br>F (9 vrtoch: HVE-1 až 9),<br>HV-6, HV-7, HV-8a, HV-8b<br>Jánošíkova cesta:<br>JH-5, JH-6, HV-101, HV-102 | 24<br>(2x za mesiac)                       | 24<br>(2x za mesiac)                           |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 1                     | Stanica SHMÚ<br>Handlová (indikatív 30080)                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Denné úhrny zrážok                         |                                                |

\* – nulté meranie

## Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania

### a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko boli v roku 2015 zabezpečené na 2 vrtoch, ktoré sú v rámci monitorovaného územia rozdelené 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 a 2.



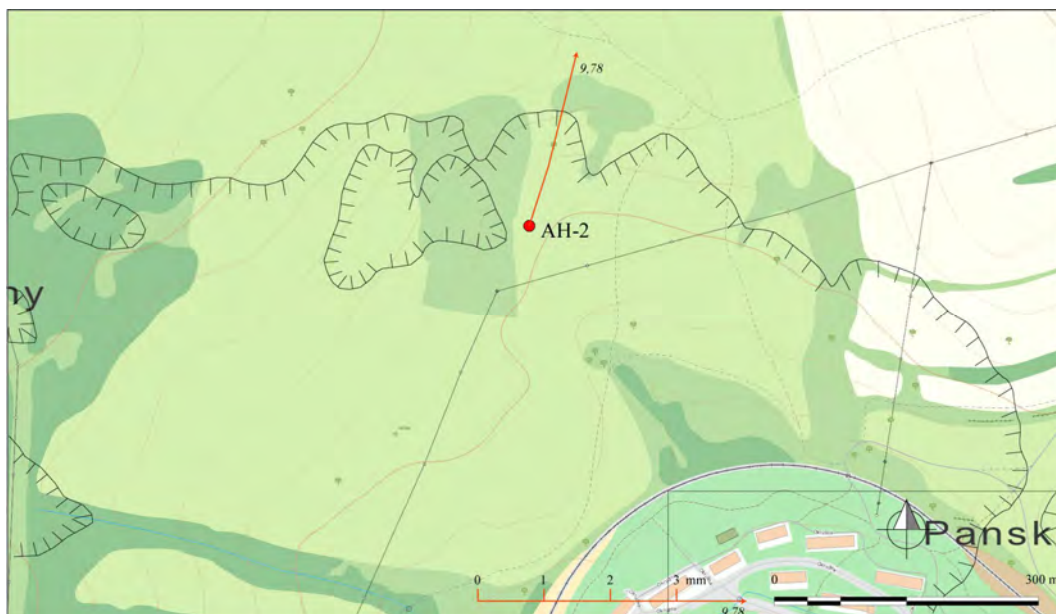
Obr. 4.6.1. Handlová-Morovnianske sídlisko (oblasť Jánošíkovej cesty) – výsledky inklinometrických meraní za rok 2015 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.6.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®

Tab. 4.6.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2015

| Bod  | Hĺbka pod ter. | 04.03.15 – 28.07.15 |         |       | 28.07.15 – 06.11.15 |         |       |
|------|----------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|      |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| AH-2 | 9,78           | 0,94                | 0,94    | 18    | 2,66                | 1,72    | 14    |
| AH-3 | 6,57           | 3,40                | 3,40    | 73    | 3,49                | 1,20    | 168   |

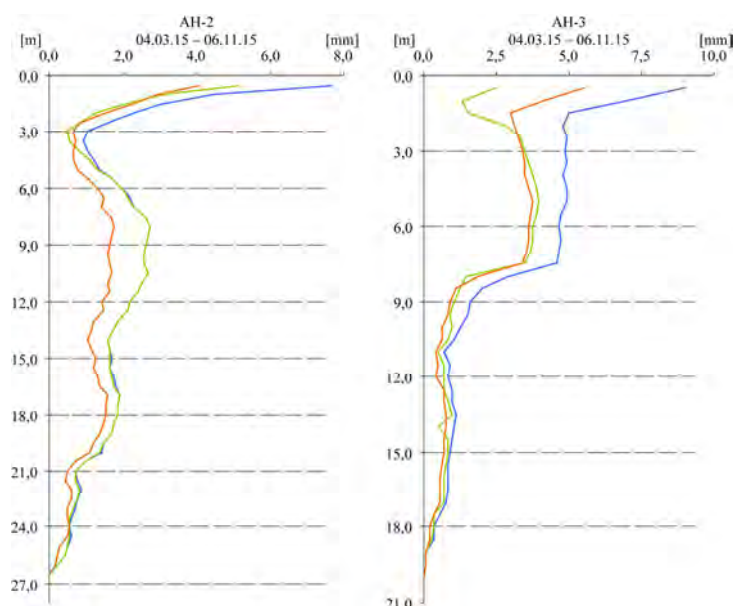
CD – Celková deformácia od nultého merania (04.03.15); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora

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  $8,49 \text{ mm.rok}^{-1}$ . 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  $4,35 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Azimuty nameraných vektorov sa postupne menili od severovýchodného až po juho-juhovýchodný smer.



Obr. 4.6.2. 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 vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®

V oblasti nad železničným oblúkom boli podobne, ako v prípade Jánošíkovej cesty, zabezpečené dve etapy meraní. Merania sú orientované na stanovenie hĺbky šmykovej plochy, do ktorej má byť umiestnená stacionárna inklinometrická sonda. Z výsledkov meraní na obr. 4.6.1, ale aj analýzy priebehu deformácií v jednotlivých hĺbkových úrovniach (obr. 4.6.3), nie je možné jednoznačne stanoviť hĺbku aktívnej šmykovej plochy. Stacionárny inklinometer je v súčasnosti v skúšobnej prevádzke a je umiestnený v hĺbke 10 m pod terénom.



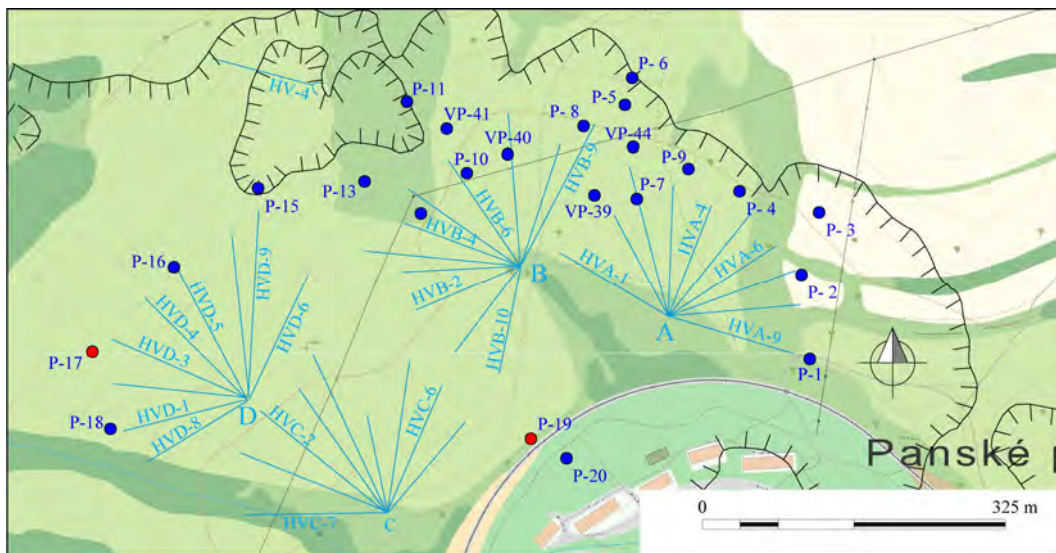
Obr. 4.6.3. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za rok 2015. Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.



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 hladinomerami (nainštalovanými vo vrtoch P-17 a P-19, ktoré sú vyhodnotené samostatne).



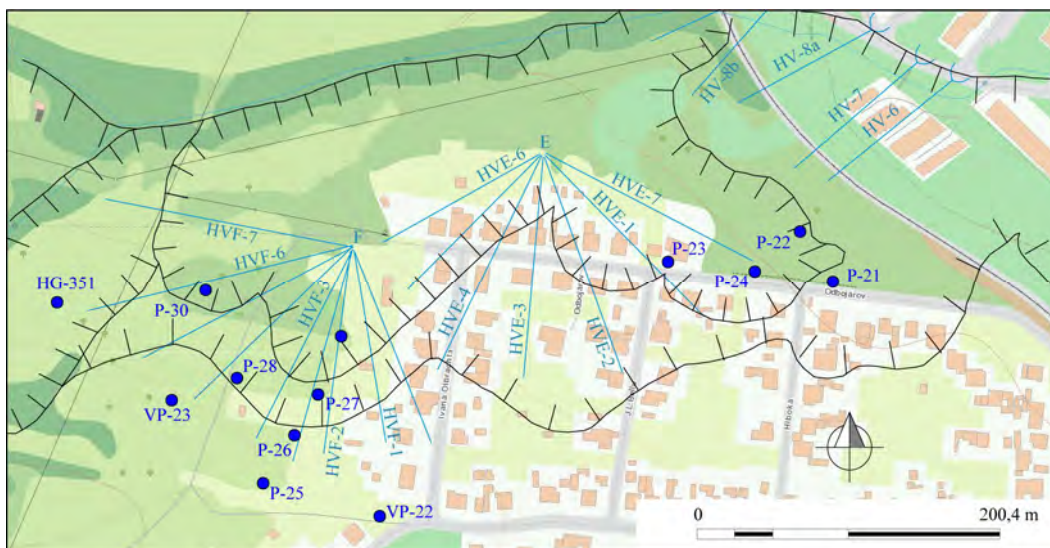
Obr. 4.6.4. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť nad železničným oblúkom bez bytovej výstavby – situácia sanačných a monitorovacích objektov (piezometrické vrty: modré – merané pozorovateľom, červené – s automatickými hladinomerami; mapový podklad: ZBGIS®)

Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody sú pozorované v 41 vrtoch (tab. 4.6.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.6.3 a tab. 4.6.4). Počas roka 2014 bolo na nich zabezpečených 24 kontrolných meraní (13. január – 27. december). Najbližšie k povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody vo vrte P-18 (0,15 m nad terénom – 465,84 m n. m. – 11. február). Navyše, vo tomto vrte bol počas 9 meraní pozorovaný preliv. Preliv bol pozorovaný i vo vrtoch P-11, P-16. Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa vyskytovali najmä počas 27. decembra (až v 16 prípadoch – HG-351, J-317, J-318, P-6, P-7, P-13, P-20, P-23, P-25, P-27, P-33, P-35, P-36, P-37, VP-41, VP-44) a 10. septembra (v 10 prípadoch – P-9, P-10, P-21, P-22, P-24, P-30, P-31, P-32, P-34, P-38), ale aj v mesiacoch február, marec, august a október a v ojedinelých prípadoch i v mesiacoch január a júl. Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte P-12 (12,94 m – 436,83 m n. m. – 26. jún). Vrty HG-351, J-317, P-15, P-18, P-26, P-27, P-28, P-30, P-36 a VP-44 boli počas viacerých meraní suché. Všeobecne, minimálna úroveň hladiny podzemnej vody bola nameraná počas letných mesiacov jún a júl (až v 21 prípadoch), a tiež v januári (v dvanástich prípadoch). Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 0,04 (P-11) až 12,90 m pod terénom (P-12). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte P-28 (6,84 m). Prakticky bez zmeny bola hĺbka hladiny podzemnej vody pozorovaná vo vrtoch P-12, P-25, P-29, VP-23 (do 0,1 m). V roku 2014 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 5,67 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

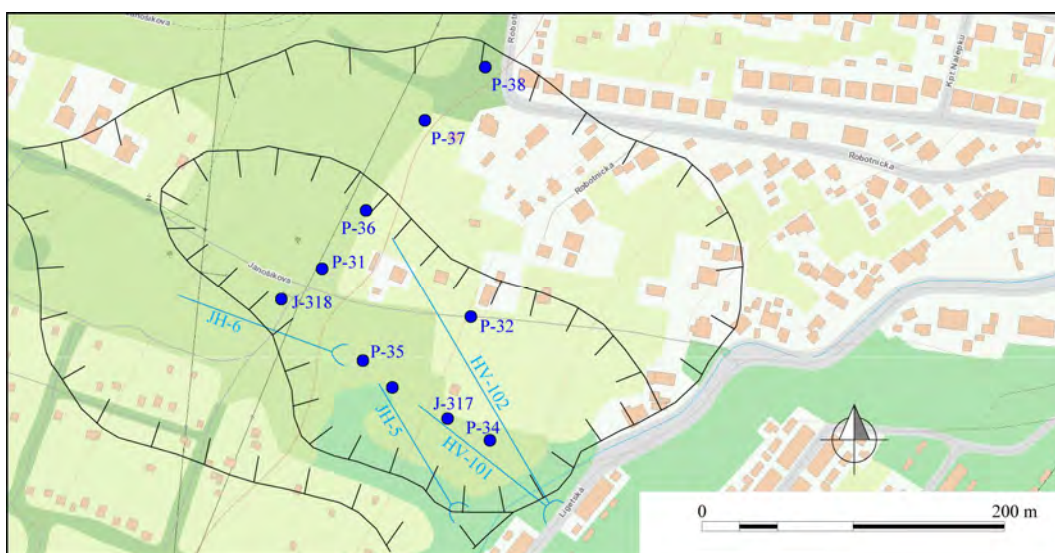
Tab. 4.6.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2014

| Bod    | Počet meraní | Max. úroveň hpv |                    |               | Min. úroveň hpv |                    |               | Priem. úroveň hpv |                    | Max. kolísanie hpv [m] |
|--------|--------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|
|        |              | pod ter. [m]    | nad mor. [m n. m.] | dátum merania | pod ter. [m]    | nad mor. [m n. m.] | dátum merania | pod ter. [m]      | nad mor. [m n. m.] |                        |
| HG-351 | 24           | 4,15            | 478,84             | 27.12.2014    | Suchý           |                    | 13.1.2014     |                   |                    |                        |
| J-317  | 24           | 3,88            | 486,48             | 27.12.2014    | Suchý           |                    | 13.1.2014     |                   |                    |                        |
| J-318  | 24           | 4,28            | 498,33             | 27.12.2014    | 5,22            | 497,39             | 25.7.2014     | 4,97              | 497,64             | 0,94                   |
| P-1    | 23           | 3,12            | 429,03             | 11.2.2014     | 4,94            | 427,21             | 25.7.2014     | 3,87              | 428,28             | 1,82                   |
| P-2    | 24           | 2,6             | 439,44             | 28.10.2014    | 4,3             | 437,74             | 13.1.2014     | 3,55              | 438,49             | 1,7                    |
| P-3    | 24           | 3,14            | 448,64             | 26.9.2014     | 5,17            | 446,61             | 25.7.2014     | 4,26              | 447,52             | 2,03                   |
| P-4    | 24           | 4,24            | 445,8              | 28.10.2014    | 8,71            | 441,33             | 25.7.2014     | 6,65              | 443,39             | 4,47                   |
| P-5    | 24           | 3,36            | 453                | 28.3.2014     | 4,57            | 451,79             | 27.1.2014     | 3,87              | 452,49             | 1,21                   |
| P-6    | 24           | 2,56            | 458,19             | 27.12.2014    | 5,45            | 455,3              | 27.1.2014     | 4,19              | 456,56             | 2,89                   |
| P-7    | 24           | 7,83            | 435,75             | 27.12.2014    | 11,17           | 432,41             | 13.1.2014     | 9,98              | 433,6              | 3,34                   |
| P-8    | 24           | 2,46            | 447,94             | 11.8.2014     | 7,8             | 442,6              | 27.1.2014     | 4,09              | 446,31             | 5,34                   |
| P-9    | 24           | 8,71            | 439,5              | 10.9.2014     | 10,7            | 437,51             | 13.1.2014     | 9,62              | 438,59             | 1,99                   |
| P-10   | 24           | 8,68            | 438,66             | 10.9.2014     | 10,88           | 436,46             | 26.6.2014     | 9,61              | 437,73             | 2,2                    |
| P-11   | 24           | preliv          |                    | 13.1.2014     | 0,05            | 459,41             | 26.6.2014     |                   |                    |                        |
| P-12   | 24           | 12,85           | 436,92             | 28.3.2014     | 12,94           | 436,83             | 26.6.2014     | 12,9              | 436,87             | 0,09                   |
| P-13   | 24           | 1,32            | 462,23             | 27.12.2014    | 4               | 459,55             | 27.1.2014     | 3,23              | 460,32             | 2,68                   |
| P-15   | 24           | 11,02           | 461,73             | 26.2.2014     | suchý           |                    | 13.1.2014     |                   |                    |                        |
| P-16   | 24           | preliv          |                    | 10.9.2014     | 3,92            | 471,85             | 27.1.2014     |                   |                    |                        |
| P-18   | 24           | preliv          |                    | 26.2.2014     | suchý           |                    | 25.4.2014     |                   |                    |                        |
| P-20   | 24           | 4,61            | 425,6              | 27.12.2014    | 5,72            | 424,49             | 27.1.2014     | 5,27              | 424,94             | 1,11                   |
| P-21   | 24           | 2,32            | 446,36             | 10.9.2014     | 3,12            | 445,56             | 26.6.2014     | 2,66              | 446,02             | 0,8                    |
| P-22   | 24           | 6,48            | 440,55             | 10.9.2014     | 7,82            | 439,21             | 26.6.2014     | 7,24              | 439,79             | 1,34                   |
| P-23   | 24           | 2,18            | 453,97             | 27.12.2014    | 3,91            | 452,24             | 25.7.2014     | 3,06              | 453,09             | 1,73                   |
| P-24   | 24           | 2,19            | 449,82             | 10.9.2014     | 4,17            | 447,84             | 26.6.2014     | 3,2               | 448,81             | 1,98                   |
| P-25   | 24           | 12,54           | 475,06             | 27.12.2014    | 12,64           | 474,96             | 26.6.2014     | 12,58             | 475,02             | 0,1                    |
| P-26   | 24           | 9,37            | 475,34             | 28.10.2014    | suchý           |                    | 13.1.2014     |                   |                    |                        |
| P-27   | 24           | 10,06           | 471,09             | 27.12.2014    | suchý           |                    | 13.1.2014     |                   |                    |                        |
| P-28   | 24           | 1,6             | 484,68             | 26.2.2014     | suchý           |                    | 26.6.2014     |                   |                    |                        |
| P-29   | 24           | 12,43           | 461,99             | 26.11.2014    | 12,45           | 461,97             | 9.6.2014      | 12,44             | 461,98             | 0,02                   |
| P-30   | 24           | 11,71           | 468,49             | 10.9.2014     | suchý           |                    | 26.6.2014     |                   |                    |                        |
| P-31   | 24           | 3,4             | 498,9              | 10.9.2014     | 4,87            | 497,43             | 13.1.2014     | 4,39              | 497,91             | 1,47                   |
| P-32   | 24           | 0,91            | 489,97             | 10.9.2014     | 1,84            | 489,04             | 25.7.2014     | 1,38              | 489,5              | 0,93                   |
| P-33   | 24           | 2,07            | 493,01             | 27.12.2014    | 3,88            | 491,2              | 13.1.2014     | 2,74              | 492,34             | 1,81                   |
| P-34   | 24           | 0,31            | 484,51             | 10.9.2014     | 2,78            | 482,04             | 25.7.2014     | 1,48              | 483,34             | 2,47                   |
| P-35   | 24           | 0,94            | 496,5              | 27.12.2014    | 2,04            | 495,4              | 25.7.2014     | 1,36              | 496,08             | 1,1                    |
| P-36   | 24           | 0,48            | 503,11             | 27.12.2014    | suchý           |                    | 13.1.2014     |                   |                    |                        |
| P-37   | 24           | 1,39            | 500,75             | 27.12.2014    | 6,18            | 495,96             | 25.7.2014     | 4,44              | 497,7              | 4,79                   |
| P-38   | 24           | 0,34            | 501,74             | 10.9.2014     | 2,97            | 499,11             | 25.7.2014     | 1,39              | 500,69             | 2,63                   |
| VP-23  | 24           | 12,05           | 477,73             | 13.1.2014     | 12,1            | 477,68             | 25.8.2014     | 12,08             | 477,7              | 0,05                   |
| VP-41  | 24           | 6,26            | 445,37             | 27.12.2014    | 8,15            | 443,48             | 13.1.2014     | 6,9               | 444,73             | 1,89                   |
| VP-44  | 24           | 6,41            | 442,45             | 27.12.2014    | suchý           |                    | 13.1.2014     |                   |                    |                        |

V aktuálne hodnotenom 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. K prekročeniu dlhodobých maximálnych stavov hladín podzemnej vody v jednotlivých vrtoch došlo v prípade piezometrov P-26 (3,17 m pod terénom – 26. február, čím bol prekročený maximálny stav zo dňa 11. januára 2010 – 8,59 m pod terénom), P-27 (3,75 m pod terénom – 26. február, čím bol prekročený maximálny stav zo dňa 25. marca 2008 – 4,99 m pod terénom), P-37 (1,13 m pod terénom – 13. január, čím bol prekročený maximálny stav zo dňa 27. decembra 2014 – 1,39 m pod terénom) a nakoniec vrt P-21 (2,22 m pod terénom – 13. marec, čím bol prekročený maximálny stav zo dňa



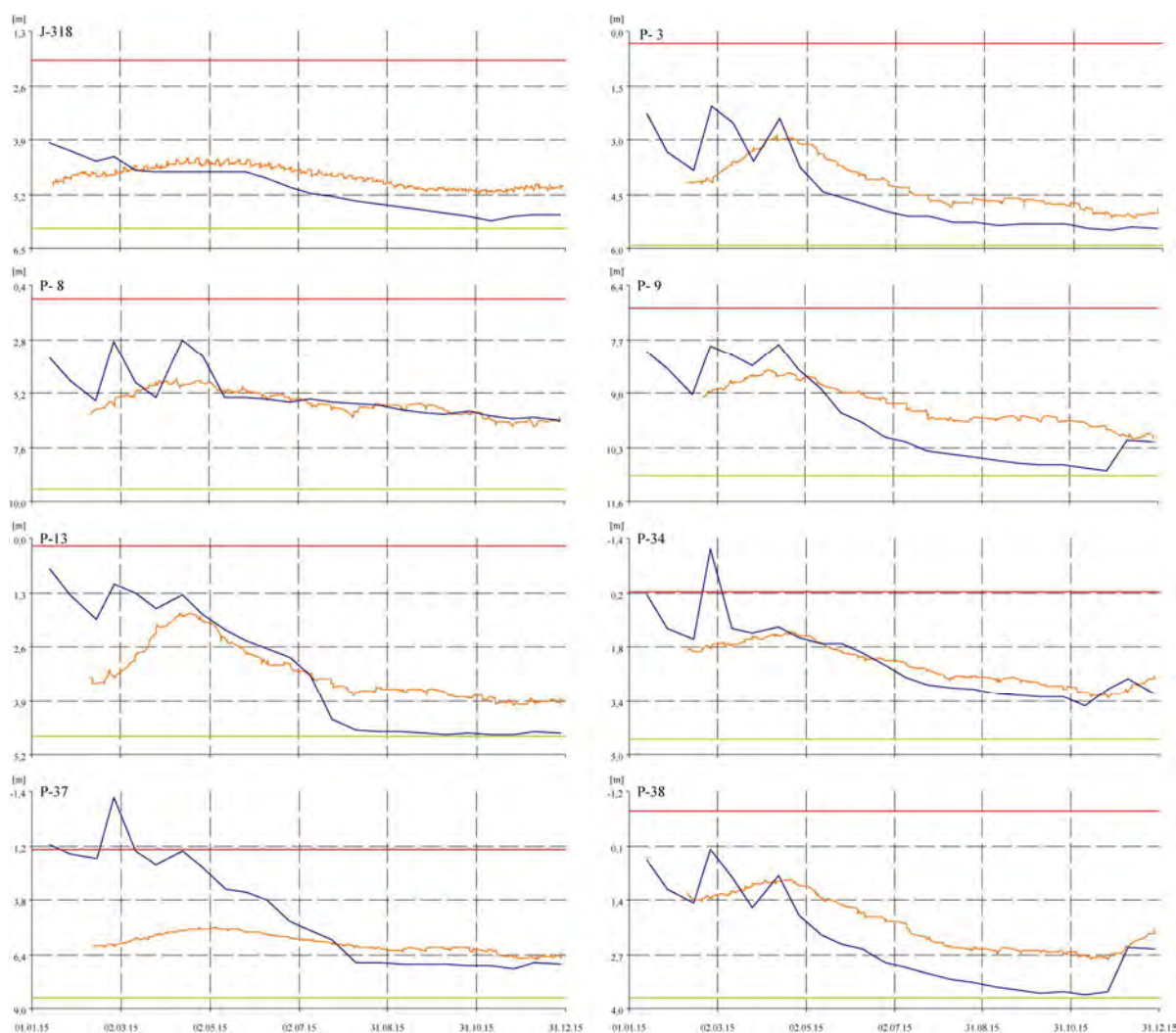
Obr. 4.6.5. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Malá Hôrka s individuálnou bytovou výstavbou – situácia sanačných a monitorovacích objektov (mapový podklad: ZBGIS®)



Obr. 4.6.6. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko, oblasť Jánošíkovej cesty – situácia sanačných a monitorovacích objektov (mapový podklad: ZBGIS®)

23. augusta 2010 – 2,32 m pod terénom). 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, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrný pokles (o 0,16 m). 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. 4.6.7. Zmeny úrovně hladiny podzemnej vody v [m], zaznamenané v roku 2015 na lokalite Handlová-Morovianske sídlisko (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania). červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej, oranžová – kľzavý priemer hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2015

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2015 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.6.7. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody so sumárnou výdatnosťou odvodňovacích zariadení a kumulatívnymi zrážkami za poslednú dekádu sú znázornené na obr. 4.6.8.

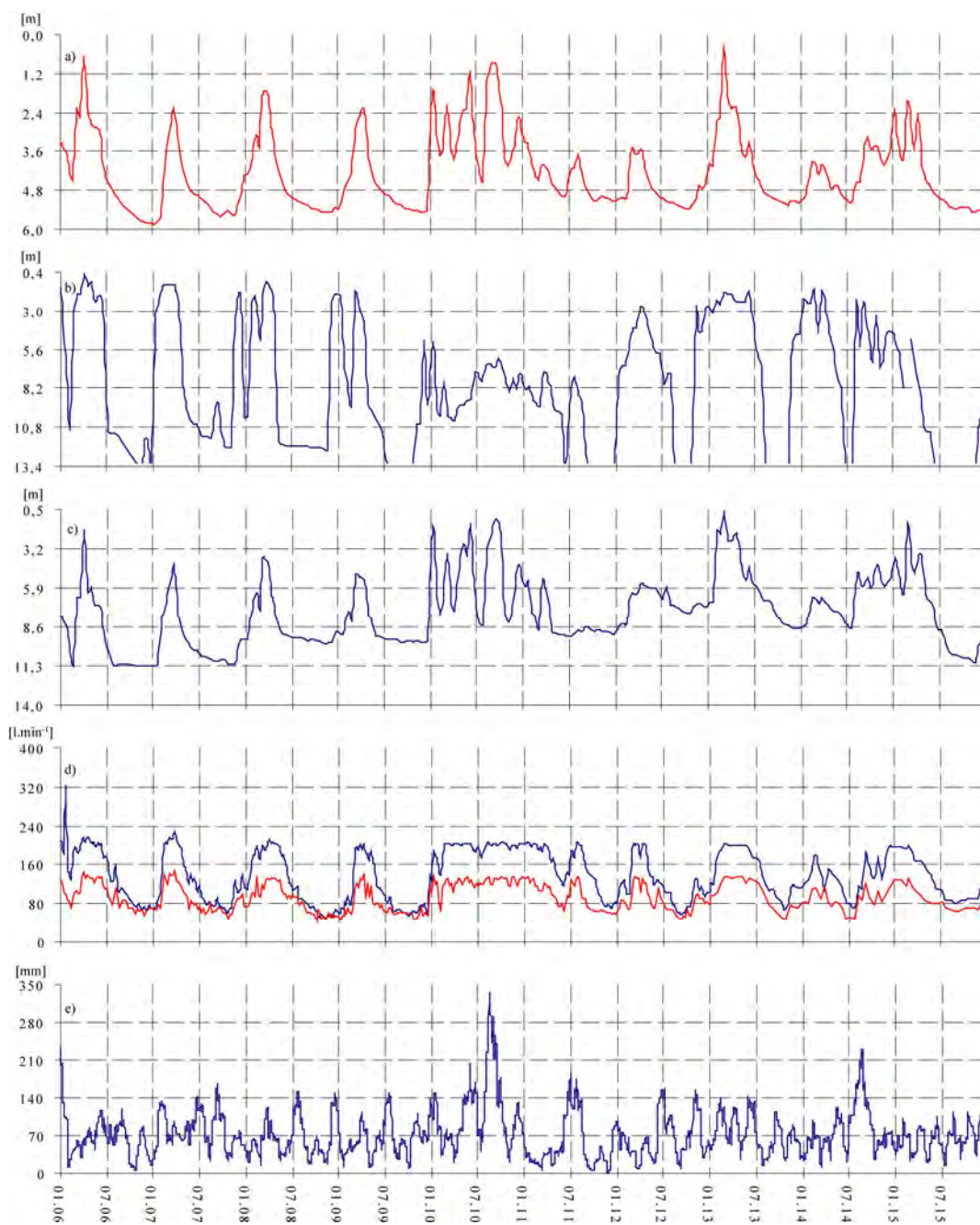
Z dlhodobejšieho vývoja vyplýva určitá periodicita ročného cyklu zmien hladiny podzemnej vody (najmä vo vrtoch P-3 a P-4). Najvyššie úrovne hladiny podzemnej vody sú zvyčajne spojené s topením snehovej pokrývky a jarnými zrážkovými úhrnmi. Z tohto dôvodu je ich výskyt viazaný prevažne na mesiace marec 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 (v rokoch 2006 – 6-krát, 2007 – 16-krát, 2008 – 21-krát), P-18 (v rokoch 2006 – 3-krát, 2007 – 3-krát, 2008 – 5-krát) a P-16 (8. apríla 2008). Nad úroveň terénu sa v uvedených vrtoch hladina podzemnej vody dostáva prakticky pravidelne. Naposledy bola pozitívna vztlaková hladina podzemnej vody nameraná vo vrtoch P-11 (počas

11 meraní v roku 2015), P-16 (počas 3 meraní v roku 2015), P-18 (počas 7 meraní v roku 2015), P-28, P-34 a P-37 (26. február 2015). 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.

Tab. 4.6.4. 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      | 5,27            | 477,72             | 14.02.15      | 4,57              | 478,42             | 1,46                   |
| J-317  | 24           | 3,35            | 487,01             | 26.02.15      | 4,13            | 486,23             | 14.04.15      | 3,85              | 486,51             | 0,78                   |
| 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      | 11,22           | 436,12             | 26.06.15      | 9,74              | 437,60             | 3,17                   |
| P-11   | 24           | 0,03            | 459,43             | 10.06.15      | 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      | 11,97           | 460,78             | 25.07.15      | 10,87             | 461,88             | 2,70                   |
| P-16   | 24           | 0,30            | 475,47             | 27.01.15      | 4,98            | 470,79             | 10.10.15      | 2,35              | 473,42             | 4,68                   |
| P-18   | 24           | 0,47            | 465,22             | 27.03.15      | 0,96            | 464,73             | 13.05.15      | 0,69              | 465,00             | 0,49                   |
| 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      | 11,68           | 473,03             | 25.07.15      | 9,46              | 475,25             | 8,51                   |
| 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           | 4,95            | 481,33             | 13.03.15      | 11,20           | 475,08             | 28.12.15      | 8,51              | 477,77             | 6,25                   |
| 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      | 12,49           | 467,71             | 25.07.15      | 11,72             | 468,48             | 1,98                   |
| 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      | 3,93            | 491,15             | 25.07.15      | 2,62              | 492,46             | 2,12                   |
| P-34   | 24           | 0,28            | 484,54             | 13.01.15      | 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      | 1,25            | 502,34             | 27.05.15      | 0,75              | 502,84             | 0,91                   |
| P-37   | 24           | 1,13            | 501,01             | 13.01.15      | 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      | 9,72            | 439,14             | 26.08.15      | 8,11              | 440,75             | 3,58                   |

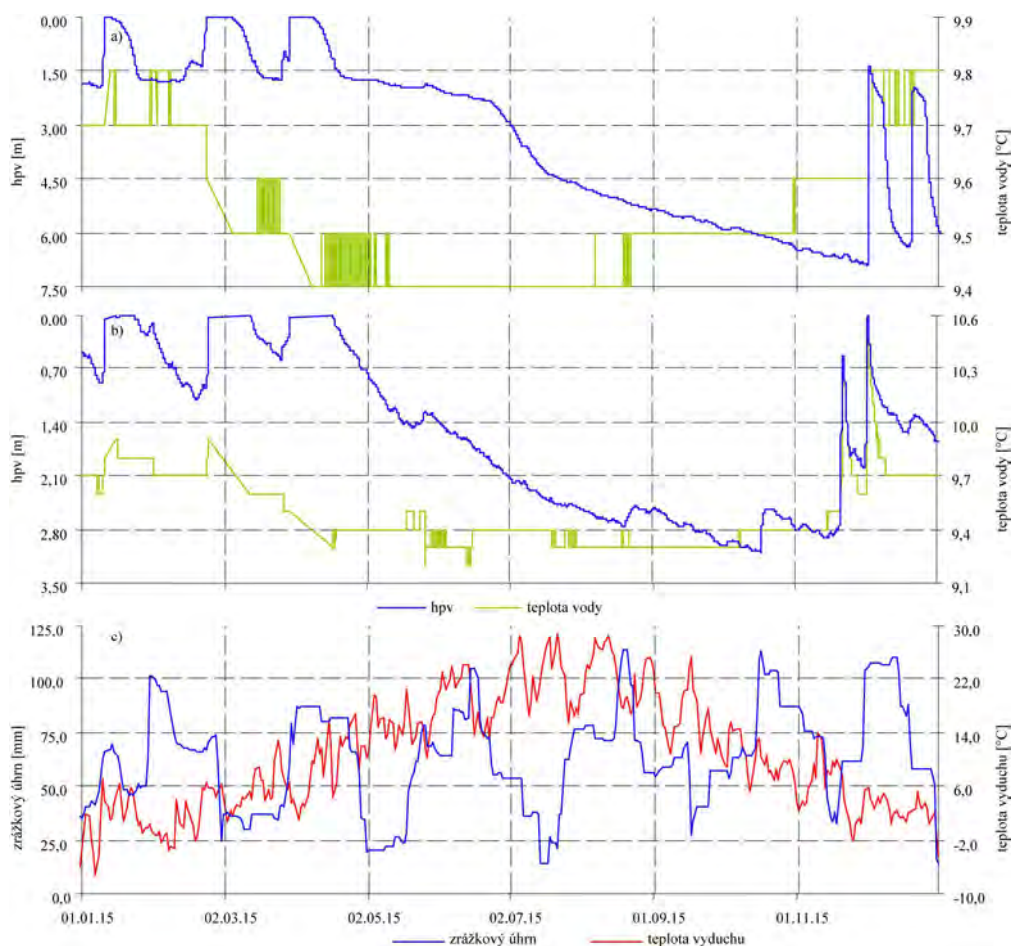




Obr. 4.6.8. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (v období od roku 2006 do roku 2015) z vybraných vrtoch na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – P-3, b – P-28, c – P-4, d – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtoch; e – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Handlová – indikatív 30080)

#### a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

V rokoch 2014 a 2015 hladiny podzemnej vody v oboch vrtoch, v ktorých sú inštalované automatické hladinomery, vystúpili nad úroveň terénu, čo sa prejavilo viacerými výpadkami záznamu. Z tohto dôvodu sú spracované len údaje, ktoré boli priamo namerané.



Obr. 4.6.9. Priebek zmien úrovné hĺbky hladiny podzemnej vody a teploty vody, zaznamenaný v roku 2015 automatickými hladinomermi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko. Automatické hladinometry sú umiestnené vo vrtoch: a – P-17, b – P-19; c – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a teploty vzduchu, na zrážkomernej stanici SHMÚ Handlová (indikatív 30080)

V roku 2014 vo vrte P-17 bola maximálna úroveň hladiny podzemnej vody (nad terénom) zaznamenaná 15. februára. V priebehu roka sa takýto stav opakoval počas 17 dní. Hladina podzemnej vody v tomto vrte začala výraznejšie klesať až v polovici júna. Minimálny stav bol nameraný 4. januára (6,98 m pod terénom – obr. 4.6.9a), avšak následne po dosiahnutí minimálneho stavu hladina podzemnej vody prudko stúpila a počas roka niekoľko krát vystúpila na úroveň terénu.

Tab. 4.6.5. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomermi na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2014

| Bod  | Počet mer. | 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.] |                        |
| P-17 | 8345       | 0               | 473,62             | 15.02.14 22:00 | 6,98            | 466,64             | 04.01.14 07:00 | 2,21              | 471,51             | 6,98                   |
| P-19 | 8251       | 0               | 435,43             | 12.02.14 20:00 | 3,19            | 432,24             | 04.01.14 07:00 | 1,65              | 433,87             | 3,19                   |

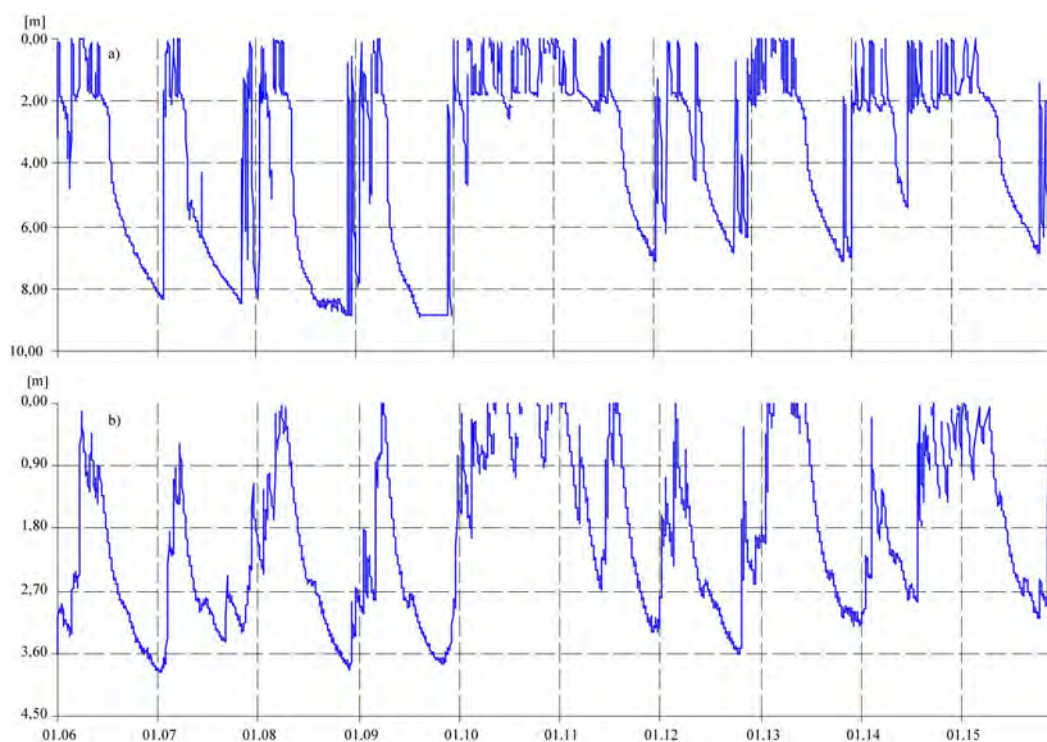
V roku 2015 počet dní s pozitívnou vztlakovou hladinou podzemnej vody stúpol na 22. Táto extrémna úroveň bola zaznamenaná najmä počas marca a trvala až 12 dní. Podobne sa situácia opakovala i v apríli (10 dní). Prvý výskyt tejto extrémnej hladiny bol však zaznamenaný už v polovici januára (doba trvania 3 dni). Po aprílových maximách mala hladina podzemnej vody až do konca novembra klesajúci charakter. Minimálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná na 30. novembra (6,88 m pod terénom). Následne, 1. decembra hladina podzemnej vody opäť veľmi výrazne stúpila (na hĺbku 1,45 m pod terén).

Vo vrte P-19 bola v roku 2014 maximálna úroveň hladiny podzemnej vody nameraná 12. februára (na úrovni terénu) a minimálna 4. januára (3,19 m pod terénom). Počas roku 2014 sa hladina podzemnej vody nachádzala 21 dní nad úrovňou terénu, čo je oproti predchádzajúcemu roku výrazný pokles. Po dosiahnutí maximálneho stavu (na úrovni terénu; v zimnom období), začala hladina podzemnej vody klesať. Tento trend trval až do konca júla. Na konci augusta začala hladina prudko stúpať, a to až k úrovni terénu. Na úrovni terénu oscilovala až do konca roka (obr. 4.6.9b).

V roku 2015 sa hladina podzemnej vody nachádzala nad úrovňou terénu počas 46 dní. Výskyt tejto hladiny bol viazaný naje na zimné a jarné mesiace (január – 11 dní, marec – 19 dní, apríl 19 dní, december – 2 dni). V zvyšnej časti roka mala hladina podzemnej vody analogický priebeh ako vo vrte P-17. Minimálna hladina bola zaznamenaná 16. októbra (3,10 m pod terénom).

Tab. 4.6.6. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomeri 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 | 8195       | 0,00            | 473,62             | 13.01.15 05:00 | 6,90            | 466,72             | 30.11.15 18:00 | 3,55              | 470,07             | 6,90                   |
| P-19 | 7644       | 0,00            | 435,43             | 15.01.15 02:00 | 3,10            | 432,33             | 16.10.15 22:00 | 1,76              | 433,67             | 3,10                   |



Obr. 4.6.10. Dlhodobé (2006 – 2015) zmeny úrovne hĺbky hladiny podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomeri, lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – P-17, b – P-19

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (obr. 4.6.10) 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; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.6.7 a 4.6.8). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 23 až 24 kontrolných meraní. V roku 2014 sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov na lokalite predstavovala hodnotu  $241,22 \text{ l.min}^{-1}$ . Najväčšie priemerné výdatnosti boli podobne ako po minulé roky namerané na objektoch D ( $63,63 \text{ l.min}^{-1}$ ) a E ( $61,42 \text{ l.min}^{-1}$ ). Spomedzi sledovaných objektov bola najvyššia výdatnosť nameraná 26. novembra ( $68,18 \text{ l.min}^{-1}$ ) na skupine vrtoch označených D. Podobné maximálne hodnoty boli pozorované i na objektoch A, C, E, F (maximálne hodnoty presiahli  $60 \text{ l.min}^{-1}$ ). Opačne, najnižšie hodnoty výdatnosti boli zaznamenané vo vrtoch HV-8a a HV-8b. Počas celého roka bolo možné na nich pozorovať len kvapkanie. Najväčšie kolísanie výdatnosti počas hodnoteného roka bolo zaznamenané na objektoch C a F ( $50,92 \text{ l.min}^{-1}$ ).

Tab. 4.6.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko v roku 2014

| Bod    | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat.        | Max. kolísanie                |
|--------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|------------------------|-------------------------------|
|        |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
| A      | 23           | 66,67                  | 10.09.14 | 19,35                  | 25.07.14 | 47,26                  | 47,32                         |
| C      | 24           | 63,16                  | 10.12.14 | 12,24                  | 25.07.14 | 29,06                  | 50,92                         |
| D      | 24           | 68,18                  | 26.11.14 | 38,71                  | 25.07.14 | 63,63                  | 29,47                         |
| E      | 24           | 67,42                  | 11.02.14 | 35,29                  | 26.06.14 | 61,42                  | 32,13                         |
| F      | 24           | 63,16                  | 27.12.14 | 12,24                  | 25.07.14 | 27,65                  | 50,92                         |
| HV-101 | 24           | 0,44                   | 26.02.14 | 0,01                   | 13.01.14 | 0,11                   | 0,43                          |
| HV-102 | 24           | 1,50                   | 10.09.14 | 0,01                   | 13.01.14 | 0,26                   | 1,49                          |
| HV-6   | 24           | 0,46                   | 27.12.14 | 0,01                   | 13.01.14 | 0,05                   | 0,45                          |
| HV-7   | 24           | 12,63                  | 10.09.14 | 6,82                   | 26.06.14 | 9,85                   | 5,81                          |
| HV-8a  | 24           | 0,01                   | 13.01.14 | 0,01                   | 13.01.14 | 0,01                   | 0,00                          |
| HV-8b  | 24           | 0,01                   | 13.01.14 | 0,01                   | 13.01.14 | 0,01                   | 0,00                          |
| JH-5   | 24           | 0,43                   | 10.09.14 | 0,00                   | 13.01.14 | 0,02                   | 0,43                          |
| JH-6   | 24           | 3,67                   | 28.03.14 | 1,03                   | 10.12.14 | 1,89                   | 2,64                          |

V roku 2015 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní (13. január – 28. december). Najvyššia výdatnosť bola nameraná na skupine vrtoch v šachte D ( $68,18 \text{ l.min}^{-1}$ ). 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 ( $18,18 \text{ l.min}^{-1}$ ).

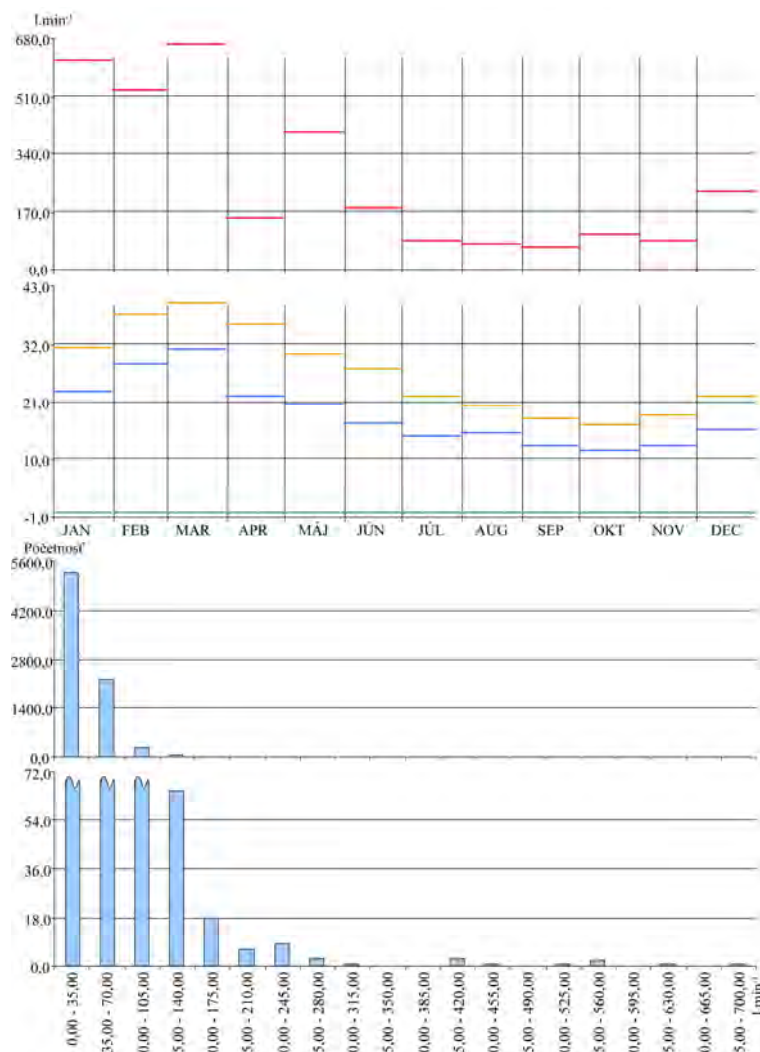
V ostatných vrtoch sa maximálne výdatnosti pohybovali od úrovne kvapkania vo vrte HV-8a až do  $14,63 \text{ l.min}^{-1}$  vo vrte HV-7. Odvodňovací vrt JH-5 bol počas 22 meraní suchý. Jeho priemerná hodnota výdatnosti dosiahla len  $0,02 \text{ l.min}^{-1}$ . Na vrtoch HV-102, HV-101, HV-6, HV-8a a 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 l.min<sup>-1</sup>. V roku 2015 sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov na lokalite oproti roku 2014 klesla o 15,21 l.min<sup>-1</sup> a v roku 2015 predstavovala hodnotu 226,01 l.min<sup>-1</sup>.

Tab. 4.6.8. 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 <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
| 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                          |



Obr. 4.6.11. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko, červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti (2. kvartil), zelená – minimálna mesačná výdatnosť.

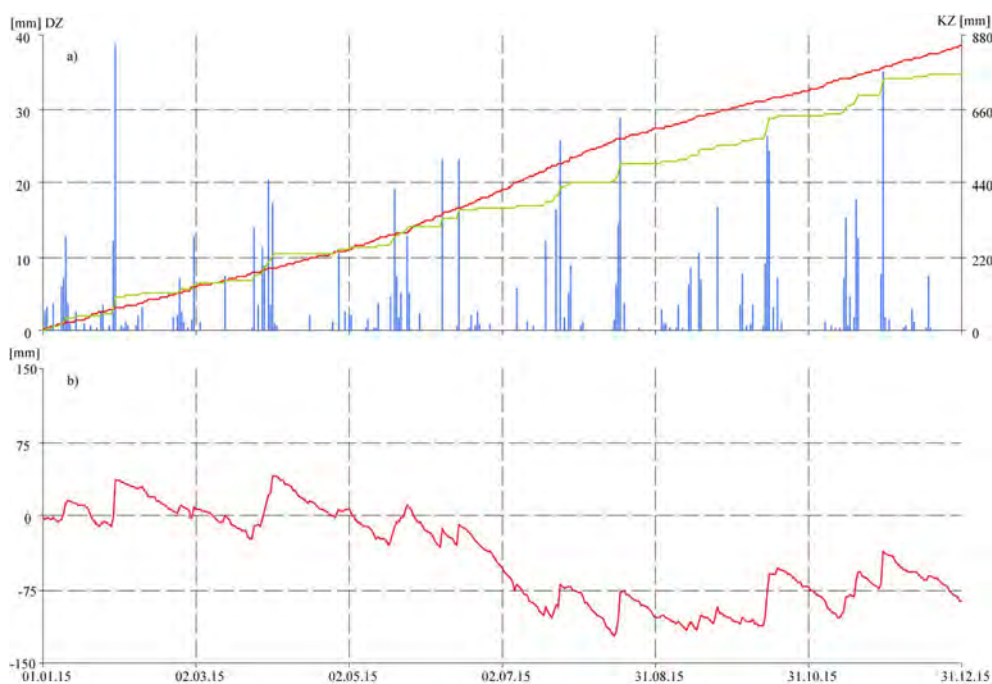


Pri analýze záznamov z posledného desaťročia (obr. 4.6.8) možno konštatovať, že najvyššie hodnoty spoločnej výdatnosti drénov ABCD boli dosiahnuté v roku 2006 (sumárna výdatnosť počas 27. decembra dosiahla hodnotu 379,88 l.min<sup>-1</sup>; a neskôr 23. januára 369,71 l.min<sup>-1</sup>). Sumárna výdatnosť nad 300 l.min<sup>-1</sup> bola zaznamenaná i počas 26. marca 2007 (304,09 l.min<sup>-1</sup>) a 18. októbra 2010 (307,23 l.min<sup>-1</sup>). Pri hodnotení výsledkov meraní za celé monitorované obdobie na obr. 4.6.11 je vidieť, že výrazne prevládajú prietoky v intervale 0,0 až 35,0 l.min<sup>-1</sup>. Za pozitívne je možné považovať skutočnosť, že pomerne výrazné zastúpenie majú i výdatnosti v rozsahu 35,0 až 70,0 l.min<sup>-1</sup>. Najvyššie výdatnosti sa vyskytujú v mesiaci marec a o niečo nižšie v mesiacoch február, apríl a január; minimálne v letných a jesenných mesiacoch.

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.

#### c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080), na ktorej dlhodobý zrážkový priemer (za obdobie 1993 – 2006) dosahuje 826,72 mm. Zrážkový úhrn v roku 2014 predstavoval 861,9 mm, čo je po prepočítaní 122,02 % dlhodobého priemeru a je ho možné charakterizovať ako veľmi vlhký rok. V roku 2015 dosiahol zrážkový úhrn hodnotu 761,2 mm (92,08 %), a teda je ho možno považovať za normálny rok.



Obr. 4.6.12 Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Handlová(indikatív 30080). a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2015 (modrá línia – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená línia – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená línia – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2014); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2015

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Rekonštrukciou devastovaných 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 2015, v porovnaní s predchádzajúcim rokom, i napriek výraznému poklesu zrážkových úhrnov došlo len k miernemu poklesu priemernej úrovne hladiny podzemnej vody. Pokles v porovnaní s predchádzajúcim rokom bol zaznamenaný i v prípade odvodňovacích zariadení. Za pozitívne je možné považovať nižší počet prípadov s pozitívnou vztlakovou hladinou (úrovňou hladiny podzemnej vody nad terénom), zaznamenaný automatickými hladinomerami.

Inklinometrické merania vo vrte AH-3 poukazujú na zvýšenú aktivitu v oblasti Jánošíkovej ulice. Merania vo vrte AH-2, ktorý sa nachádza v zosuvnom území nad železničným oblúkom, sú zamerané na optimalizovanie hĺbky umiestenia stacionárnej inklinometrickej sondy. I keď merania poukazujú na istú pohybovú aktivitu, otázny je azimut zaznamenaných vektorov.

V roku 2016 je plánované v týchto vrtoch vykonať tri etapové merania, ktoré vo vrte AH-2 umožnia detegovať šmykovú plochu a prispieť k optimalizácii hĺbkového nastavenia inklinometrickej sondy. Monitorovanie režimových ukazovateľov plánujeme zachovať v podobnom rozsahu a frekvencii ako po minulé roky. 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, Mokrá, 1999). V rámci prieskumu bola vybudovaná sieť objektov, umožňujúcich vykonávať inklinometrické merania, ako aj režimové pozorovania. K jej modernizácii došlo počas roka 2014. Do existujúceho inklinometrického vrtu bola inštalovaná stacionárna inklinometrická sonda a automatický hladinomer. Modernizácia monitorovacích zariadení prebehla v rámci riešenia projektu „Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza“ (Ilkanič et al., 2014 in Ondrejka et al., 2014). Súčasťou geologickej úlohy bola i revízia a rekonštrukcia odvodňovacích zariadení.

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.7.1.

Tab. 4.7.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                                   | Počet uskutočnených meraní (dátum merania) |                      |
|--------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                                         | Rok 2014                                   | Rok 2015             |
| Inklinometrické                            | 5                     | JK-1, 2, 3*, 6** 7                                                | 1<br>(16. október)                         | 1<br>(28. júl)       |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 10                    | JK-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7<br>MK-4, 6, 8                              | 24<br>(2x za mesiac)                       | 24<br>(2x za mesiac) |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 4                     | HV-1, 3, 4,<br>spoločný výtok<br>drenážneho systému<br>pri potoku | 24<br>(2x za mesiac)                       | 24<br>(2x za mesiac) |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 2                     | Stanice SHMÚ:<br>Handlová (indikatív 30080)                       | Denné úhrny zrážok                         |                      |

\* – meraný v roku 2014, \*\* – meraný v roku 2015

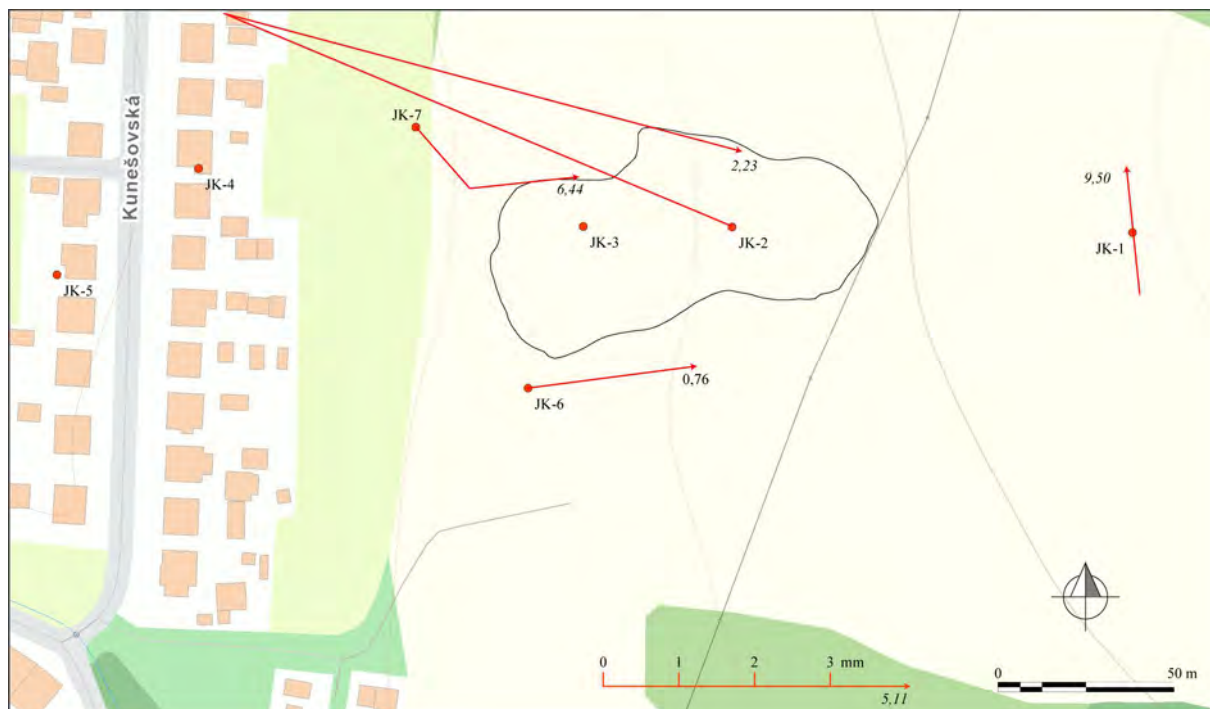
##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

###### *a/ Inklinometrické merania*

Merania realizované v roku 2014 v sebe zahŕňajú deformácie viac ako dvojročné obdobie (od 18. júla 2012 do 16. októbra 2014). V roku 2014 bola najvyššia pohybová aktivita pozorovaná na šmykovej ploche vo vrtoch JK-2 (v hĺbkach 2,23 m pod terénom – 7,28 mm a 3,2 m pod terénom – 3,89 mm), JK-7 (v hĺbke 1,44 m pod terénom – 5,51 mm). Zvýšené hodnoty deformácie boli namerané aj vo vrte JK-3 (v hĺbkach 2,03 m pod terénom – 3,71 mm a 2,53 m pod terénom – 3,72 mm – tab. 4.7.2). Deformácie v ostatných vrtoch (v sledovaných horizontoch) poukazujú na pomerne priaznivé stabilné pomery.

V roku 2015 boli opäť mimoriadne vysoké hodnoty pohybovej aktivity namerané vo vrte JK-2. V období od polovice októbra 2014 do konca júla 2015 bola v hĺbke 2,23 m nameraná

etapová deformácia 7,03 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $9,00 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Vektor mal východný až mierne juhovýchodný azimut. V porovnaní s predchádzajúcim rokom išlo o deformáciu s približne rovnakou veľkosťou, ale s opačným azimutom (rozdiel medzi hodnotami azimutov nameraných počas roku 2014 a 2015 je  $188^\circ$ ). Výsledná deformácia inklinometrickej pažnice za monitorované obdobie dosiahla 4,20 mm. Podobný vývoj deformácie bol pozorovaný vo vrte JK-1, v hĺbke 9,50 m pod terénom bol nameraný vektor (1,65 mm) s orientáciou presne o  $180^\circ$  obrátenou ako v roku 2014. 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 2014 a 2015 (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®

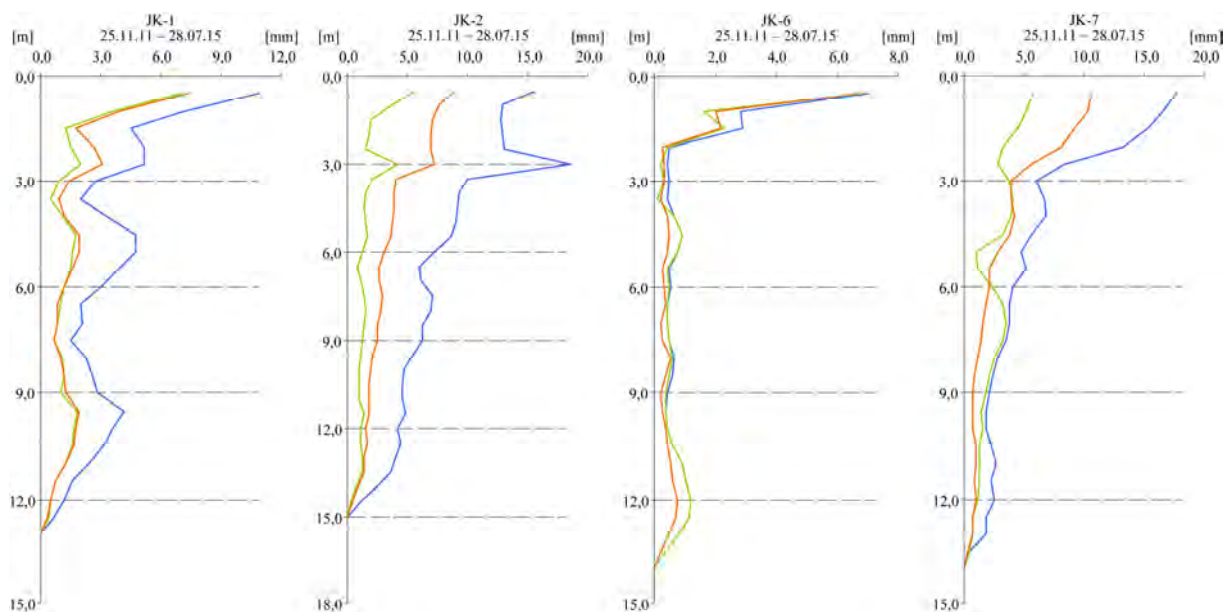
Tab. 4.7.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v rokoch 2012 až 2015

| Bod   | Hĺbka pod ter. [m] | 18.07.12 – 16.10.14 |         |       | 16.10.14 – 28.07.15 |         |       |
|-------|--------------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|       |                    | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| JK-1  | 5,00               | 0,10                | 0,91    | 256   | 1,20                | 1,20    | 70    |
| JK-1  | 9,50               | 0,10                | 0,82    | 174   | 1,55                | 1,65    | 354   |
| JK-2  | 2,23               | 2,91                | 7,28    | 293   | 4,20                | 7,03    | 105   |
| JK-7  | 6,44               | 1,92                | 1,08    | 139   | 3,21                | 1,39    | 84    |
| JK-6* |                    |                     |         |       | 2,28                | 2,20    | 83    |

CD – Celková deformácia od nultého merania (25.11.11); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; \* – etapová deformácia a azimut sú za obdobie 18.07.12 – 28.07.15

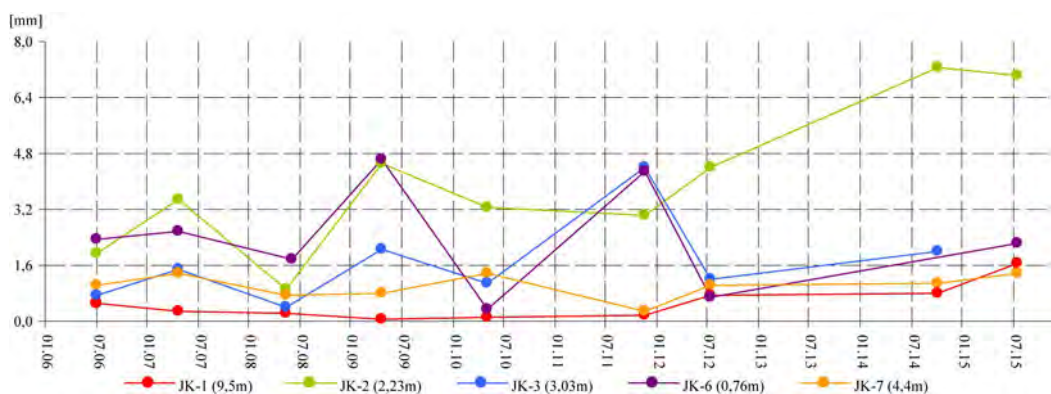
Na základe obr. 4.7.2 je možné v inklinometrických vrtoch sledovať priebehy deformácií v jednotlivých hĺbkových horizontoch. Prezentované parametre deformácií, namerané v období od novembra 2011 do júla 2015, naznačujú, že vzhľadom na súčasný stav (po roku 2015), je bez zreteľných (aktívnych) šmykových plôch. V minulosti (1999 a6 2011) bola situácia iná, vo vrtoch sa prejavovali deformácie na šmykových plochách podstatne výraznejšie (Ondrejka et al., 2015). Pozitívny vývoj potvrdzujú i výsledky zo stacionárneho inklinometra, ktorý bol inštalovaný do vrtu JK-3. Počas cca ôsmich mesiacov prevádzky,

neboli v sledovanej hĺbke na úrovni šmykovej plochy (overenej meraniami od roku 1999 do roku 2011) zaznamenané zvýšené hodnoty deformácie. Zároveň však treba upozorniť, že inklinometrické vrty boli budované ako viacúčelové, čo zapríčinilo zníženie presnosti stanovenia pohybovej aktivity zosuvného telesa prostredníctvom inklinometrických meraní.



Obr. 4.7.2. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie (od roku 2011 do roku 2015). Zelená línia – výšedná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

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 desaťrocie (od roku 2006 do roku 2015 – obr. 4.7.3). Pomerne vysoké hodnoty boli namerané i v rokoch 2009 (vo vrtoch JK-6 a JK-2) a 2011 (JK-6 a JK-3).



Obr. 4.7.3. Dlhodobé (2006 – 2015) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Handlová-Kunešovská cesta

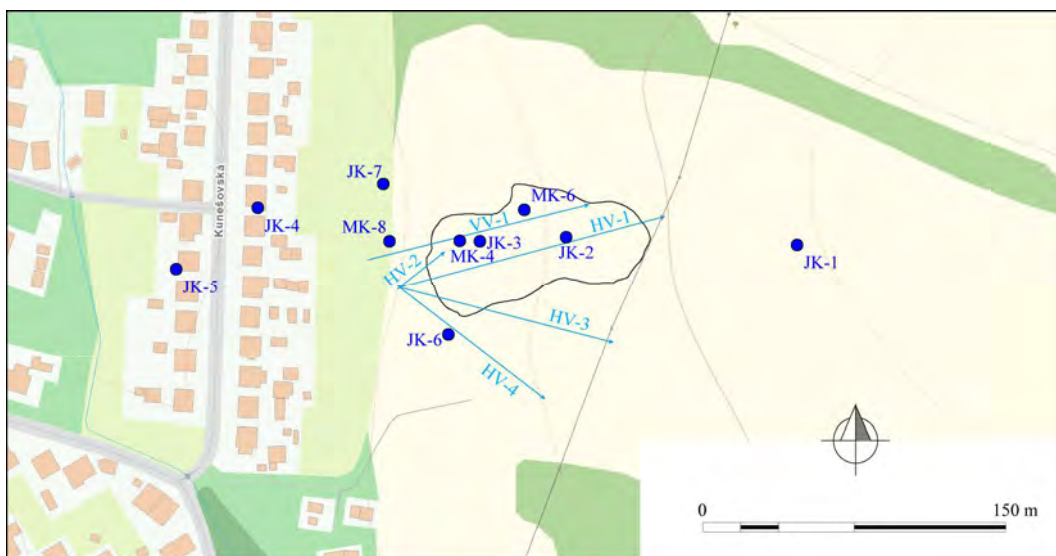
#### b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

##### b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Na lokalite Handlová-Kunešovská cesta sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 10 vrtoch (tab. 4.7.1.; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.7.3 a 4). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 24 kontrolných meraní (13. január – 27. december). Najbližšie k povrchu terénu bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte



MK-8 (0,46 m pod terénom – 480,78 m n. m. – 11. február). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody vyskytovali predovšetkým od konca novembra do konca decembra; vo vrtoch MK-6, JK-2 boli maximálne stavy zaznamenané počas februára. Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte JK-1 (8,35 m – 501,58 m n. m. – 13. január). Vrt MK-6 bol počas 11 meraní suchý. Minimálne úrovne hladiny podzemnej vody boli namerané prevažne počas 25. júla (až v 6 vrtoch – JK-4, JK-5, JK-6, JK-7, MK-4, MK-8), ojedinele i januári, máji a novembri. Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 0,98 (JK-4) až 7,86 m pod terénom (JK-1). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte JK-2 (3,72 m). V roku 2014 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 2,87 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).



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

Tab. 4.7.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2014

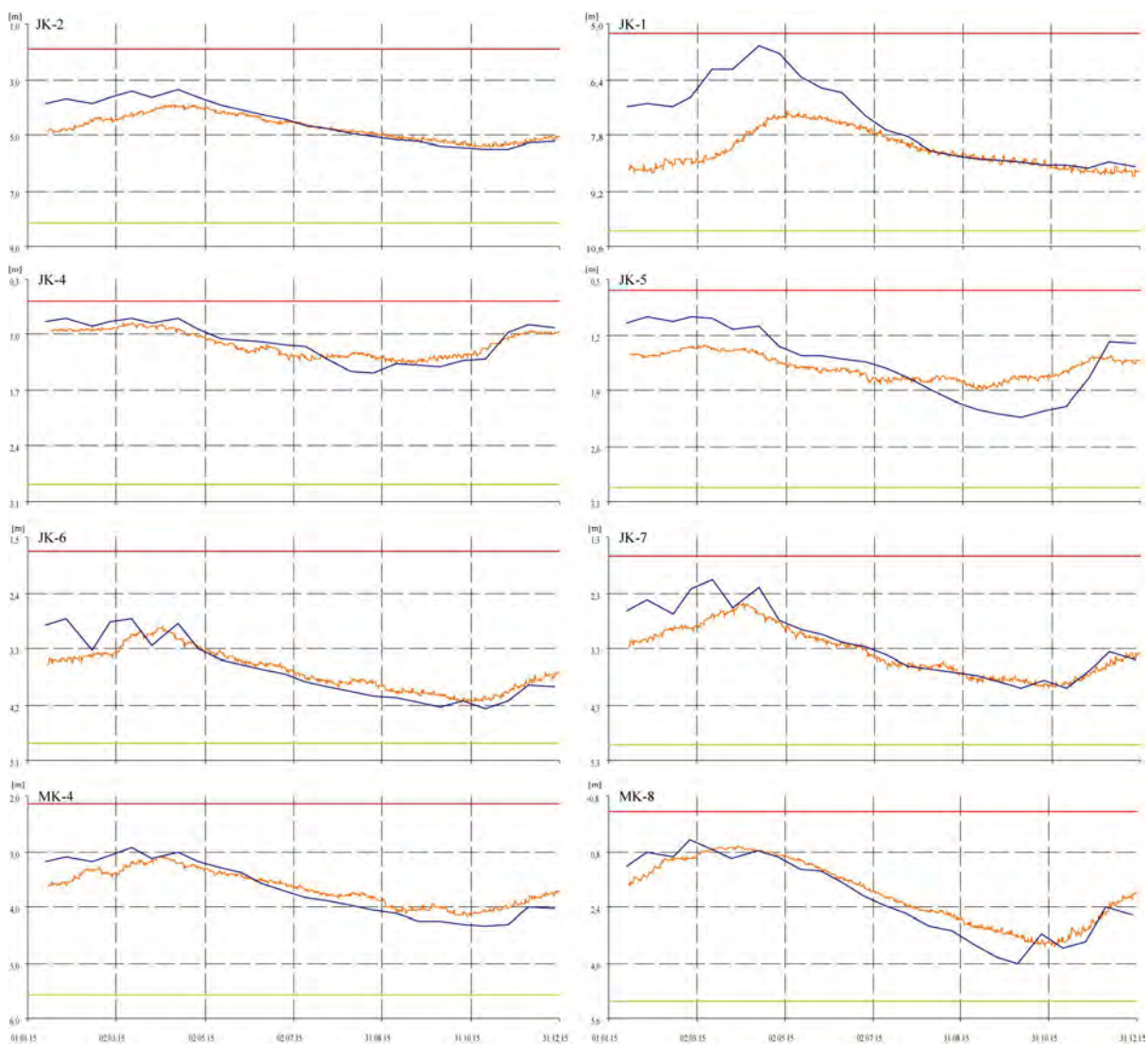
| Bod  | Počet Meraní | Max. úroveň hpv |                    |               | Min. úroveň hpv |                    |               | Priem. úroveň hpv |                    | Max. kolísanie hpv [m] |
|------|--------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|
|      |              | pod ter. [m]    | naď mor. [m n. m.] | dátum merania | pod ter. [m]    | naď mor. [m n. m.] | dátum merania | pod ter. [m]      | naď mor. [m n. m.] |                        |
| JK-1 | 24           | 7,03            | 502,90             | 27.12.14      | 8,35            | 501,58             | 13.01.14      | 7,86              | 502,07             | 1,32                   |
| JK-2 | 24           | 1,92            | 490,26             | 11.02.14      | 5,64            | 486,54             | 09.05.14      | 3,93              | 488,25             | 3,72                   |
| JK-3 | 23           | 1,73            | 485,03             | 10.12.14      | 2,88            | 483,88             | 13.01.14      | 2,20              | 484,56             | 1,15                   |
| JK-4 | 24           | 0,77            | 472,55             | 10.12.14      | 1,27            | 472,05             | 25.07.14      | 0,98              | 472,34             | 0,50                   |
| JK-5 | 24           | 0,90            | 468,85             | 26.11.14      | 1,46            | 468,29             | 25.07.14      | 1,12              | 468,63             | 0,56                   |
| JK-6 | 23           | 2,65            | 482,87             | 10.12.14      | 3,86            | 481,66             | 25.07.14      | 3,15              | 482,37             | 1,21                   |
| JK-7 | 23           | 2,02            | 478,35             | 10.12.14      | 3,43            | 476,94             | 25.07.14      | 2,62              | 477,75             | 1,41                   |
| MK-4 | 24           | 2,61            | 482,99             | 26.11.14      | 3,92            | 481,68             | 25.07.14      | 3,19              | 482,42             | 1,31                   |
| MK-6 | 24           | 1,81            | 487,60             | 11.02.14      | Suchý           |                    | 13.01.14      |                   |                    |                        |
| MK-8 | 24           | 0,46            | 480,78             | 11.02.14      | 2,38            | 478,86             | 25.07.14      | 1,46              | 479,78             | 1,92                   |

V aktuálne hodnotenom roku 2015 sa pokračovalo s rovnakou frekvenciou (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).

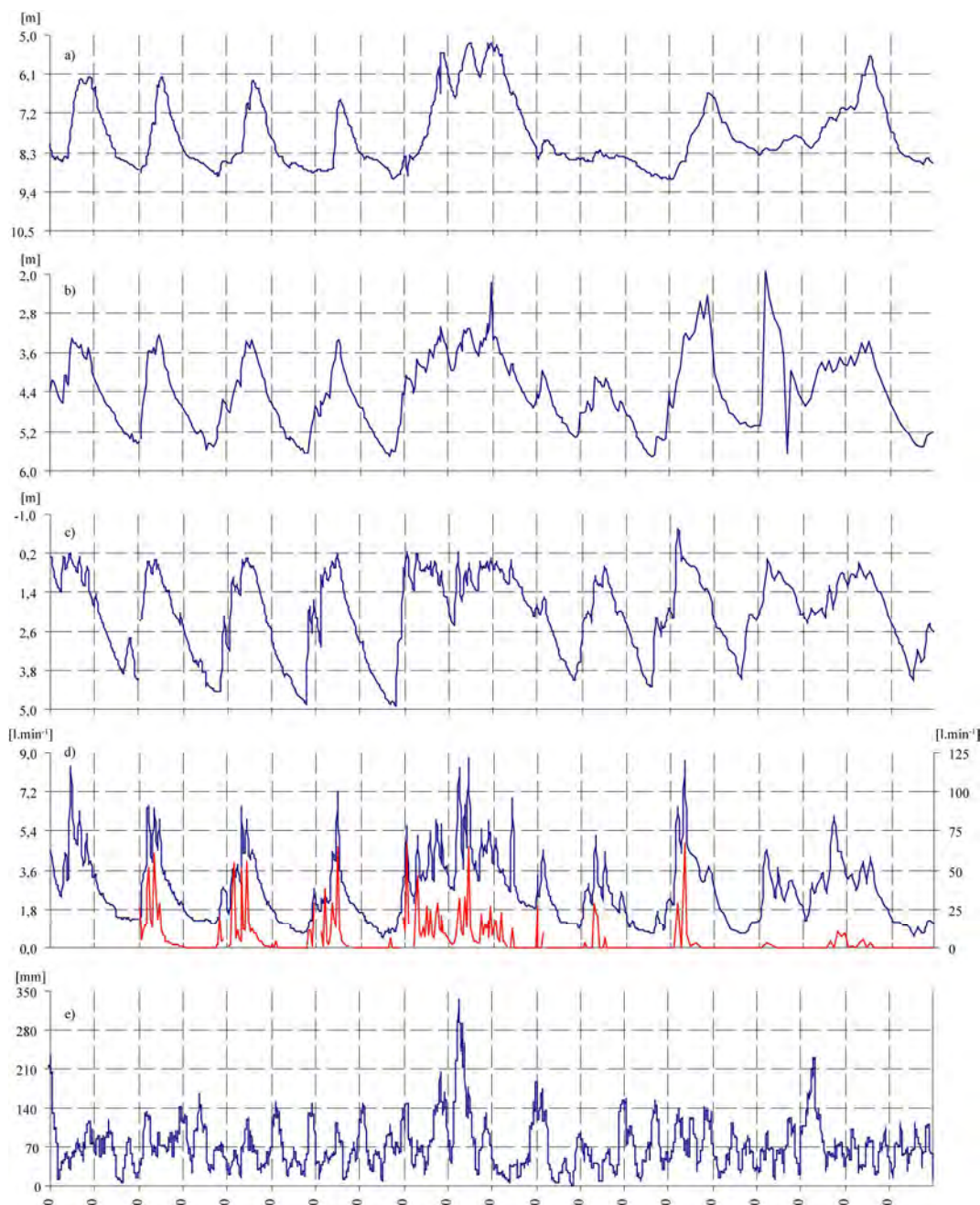
Tab. 4.7.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2015

| 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                   |



Obr. 4.7.4. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody v [m], zaznamenané v roku 2015 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania). Červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2015

Vrt MK-6 bol počas 14 meraní suchý. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 3,27 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,4 m. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte MK-8 (3,56 m). Dosiahnutá amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje 71,77 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania.



Obr. 4.7.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2010 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Handlová-Kunešovská cesta. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtach: 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)

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2015 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na

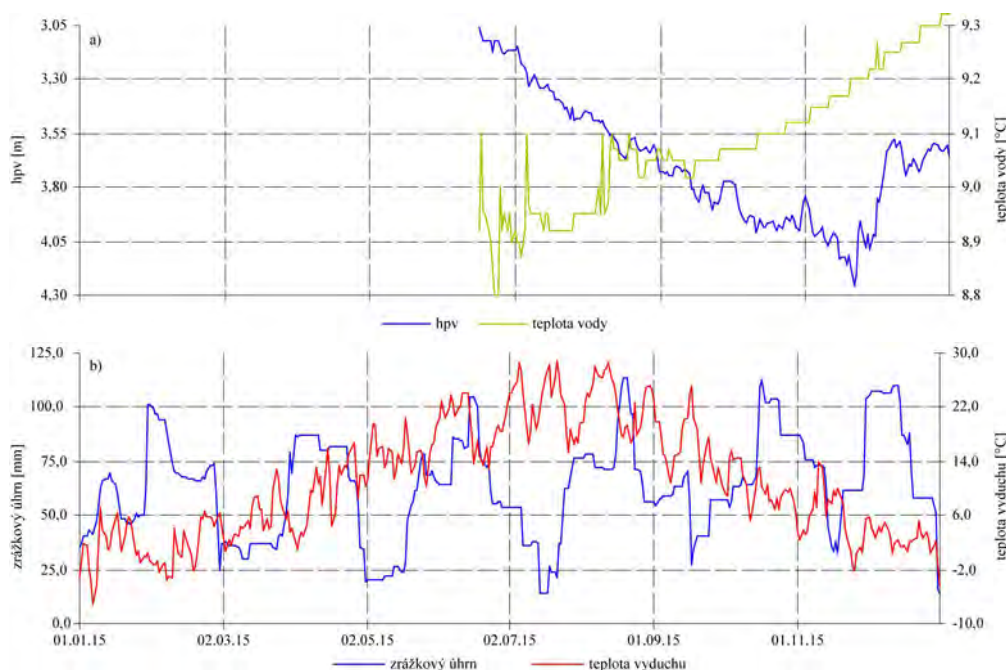


obr. 4.7.5. Priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody so sumárnou výdatnosťou a kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.7.6.

Kolísanie hladiny podzemnej vody v období rokov 2006 až 2015 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.

## b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomeri

V roku 2015 bol do vrtu JK-3 inštalovaný automatický hladinomer. Jeho prevádzka začala 17. júna; záznam hĺbky hladiny podzemnej vody je v dennom intervale. Počas približne polročného obdobia dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla 3,86 m pod terénom. Maximálna úroveň hladiny podzemnej vody bola nameraná počas prvého termínu merania (3,06 m pod terénom – tab. 4.13.6.) a naopak, minimálna 21. novembra (4,26 m pod terénom). Výsledné kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 1,2 m. Priebeh hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia bol ovplyvnený najmä výdatnejšími zrážkovými úhrnmi v jesennom období. Tie sa podpísali pod výraznejší vzostup hladiny podzemnej vody v druhej polovici novembra. Hladina podzemnej vody stúpala až do 10. decembra, kedy dosiahla hĺbku 3,59 m pod terénom (obr. 4.7.7).



Obr. 4.7.7. Priebeh zmien úrovne hĺbky hladiny podzemnej vody a teploty vody, zaznamenaný v roku 2015 automatickými hladinomeri na lokalite Handlová-Kunešovská cesta. Automatický hladinomer je umiestnený vo vrte JK-3 (a); b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) na zrážkomernej stanici SHMÚ Handlová (indikatív 30080) a teploty vzduchu na stanici SHMÚ Prievidza (indikatív 11867).

Tab. 4.13.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomeri na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2015

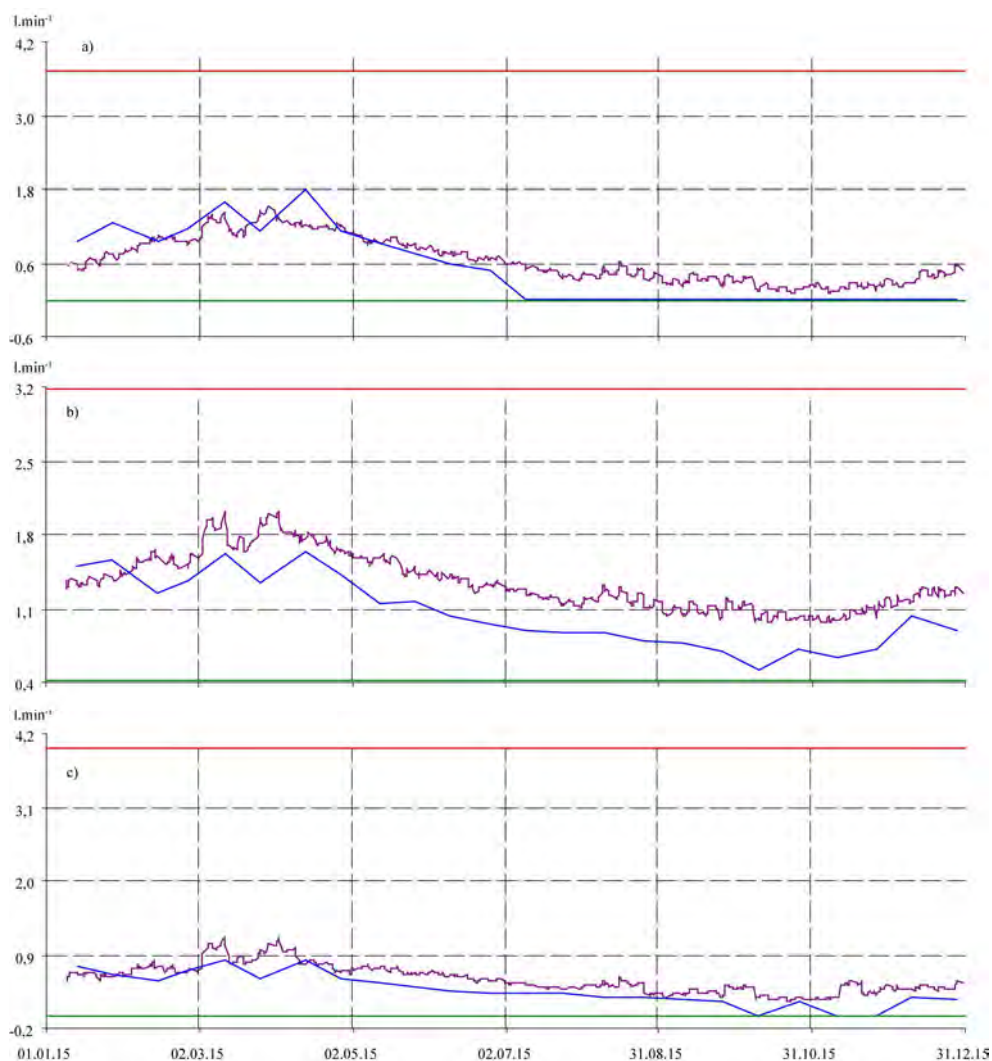
| Bod  | Počet mer. | Max. úroveň hpv |                    |               | Min. úroveň hpv |                    |               | Priem. úroveň hpv |                    | Max. kolísanie hpv [m] |
|------|------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|
|      |            | 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.] |                        |
| JK-3 | 198        | 3,06            | 483,70             | 17.06.15      | 4,26            | 482,50             | 21.11.15      | 3,68              | 483,08             | 1,20                   |

### c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

V roku 2014 dosiahla sumárna hodnota 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. 4.7.7). Najväčšia výdatnosť bola nameraná na výtokovom objekte ( $10,53 \text{ l.min}^{-1}$ ), avšak oproti minulému roku došlo k jej výraznému poklesu. Najväčšie kolísanie výdatnosti ( $10,53 \text{ l.min}^{-1}$ ) bolo, podobne ako počas predchádzajúcich rokov, namerané v objekte „výtok“ (obr. 4.7.6). Najustálenejším režimom sa prejavoval odvodňovací vrt HV-3 s celkovou amplitúdou zmien  $1,1 \text{ l.min}^{-1}$ .

Tab. 4.7.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Kunešovská cesta v roku 2014

| Bod   | Počet meraní | Max. výdatnosť          |          | Min. výdatnosť          |          | Priemer. výdat. [ $\text{l.min}^{-1}$ ] | Max. kolísanie výdat. [ $\text{l.min}^{-1}$ ] |
|-------|--------------|-------------------------|----------|-------------------------|----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|
|       |              | [ $\text{l.min}^{-1}$ ] | dátum    | [ $\text{l.min}^{-1}$ ] | dátum    |                                         |                                               |
| HV-1  | 24           | 1,71                    | 11.02.14 | 0,01                    | 13.01.14 | 0,96                                    | 1,70                                          |
| HV-3  | 24           | 2,01                    | 26.11.14 | 0,91                    | 25.07.14 | 1,42                                    | 1,10                                          |
| HV-4  | 24           | 3,97                    | 12.11.14 | 0,31                    | 25.07.14 | 0,73                                    | 3,66                                          |
| výtok | 24           | 10,53                   | 26.11.14 | 0,00                    | 13.01.14 | 1,52                                    | 10,53                                         |



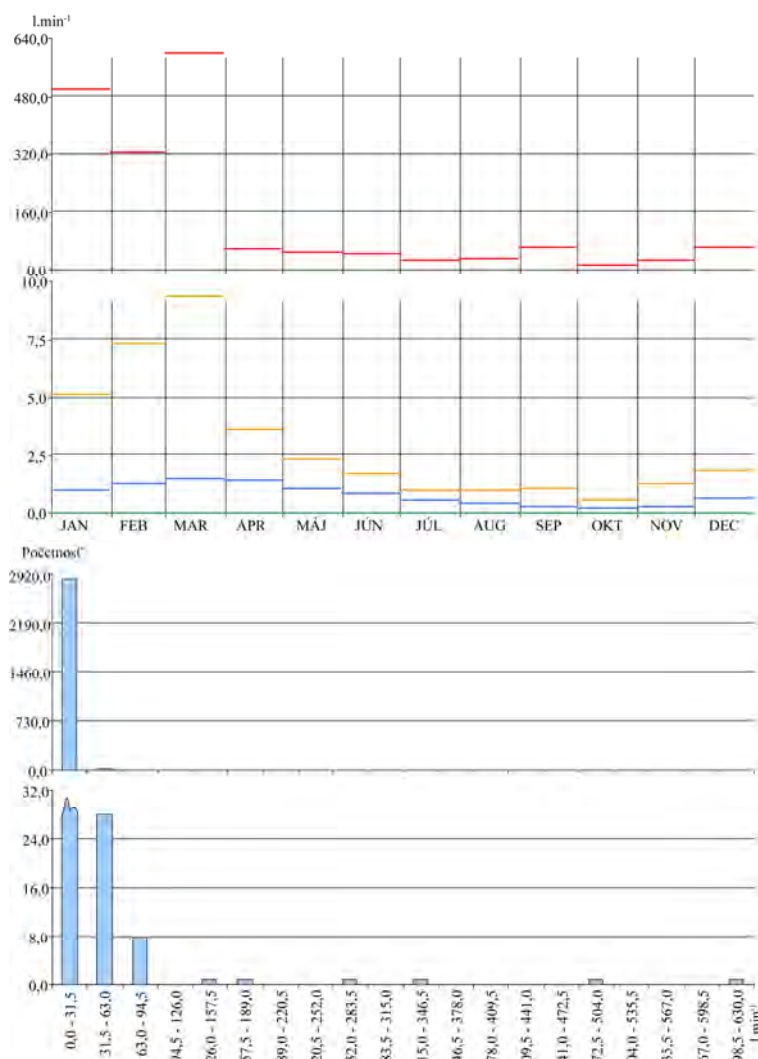
Obr. 4.6.8. Vývoj výdatnosti, zaznamenané v roku 2015 na lokalite Handlová-Kunešovská cesta (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania). Červená – maximálna výdatnosť, fialová – kľzavý priemer výdatnosti, zelená – minimálna výdatnosť, modrá – priebeh výdatnosti v roku 2015



V roku 2015 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k výraznejšiemu poklesu sumárnej hodnoty priemernej výdatnosti. Oproti predchádzajúcemu roku klesla až o  $2,19 \text{ l.min}^{-1}$  a aktuálne dosiahla hodnotu  $4,63 \text{ l.min}^{-1}$ . 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. 4.7.6). Najväčšia výdatnosť bola nameraná na výtokovom objekte ( $10,53 \text{ l.min}^{-1}$ ), avšak oproti minulému roku došlo k jej výraznému poklesu. Najväčšie kolísanie výdatnosti ( $10,53 \text{ l.min}^{-1}$ ) bolo podobne ako po minulé roky namerané v objekte „výtok“ (obr. 4.7.6). Najstálenejším režimom sa prejavoval odvodňovací vrt HV-3 s celkovou amplitúdou zmien  $1,1 \text{ l.min}^{-1}$ .

Tab. 4.7.7. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Handlová-Kunešovská cesta 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 |                                         |                                               |
| HV-1  | 24           | 0,01                    | 1,79  | 10.07.15                | 1,79  | 0,01                                    | 14.04.15                                      |
| HV-3  | 24           | 0,51                    | 1,64  | 10.10.15                | 1,64  | 0,51                                    | 14.04.15                                      |
| HV-4  | 24           | 0,01                    | 0,82  | 10.10.15                | 0,82  | 0,01                                    | 14.04.15                                      |
| výtok | 24           | 0,00                    | 5,50  | 13.05.15                | 5,50  | 0,00                                    | 13.03.15                                      |



Obr. 4.7.9. 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 2006 až 2015 majú prevažne pravidelný cyklus, ktorý súvisí s režimovými zmenami hladiny podzemnej vody (obr. 4.7.8). Najvyššie hodnoty spoločnej výdatnosti boli dosiahnuté 27. septembra 2010 ( $8,74 \text{ l.min}^{-1}$ ) a 18. marca 2013 ( $8,64 \text{ l.min}^{-1}$ ). Naopak, najnižšia hodnota bola nameraná 5. októbra 2009 ( $0,42 \text{ l.min}^{-1}$ ). Počas hodnoteného desaťročného obdobia priemerná hodnota spoločnej výdatnosti z drenážnych vrtov dosiahla hodnotu  $2,20 \text{ l.min}^{-1}$ . Vo výdatnosti výtok z kanalizácie v hodnotenom období je možné pozorovať výrazné zmeny. Maximálna výdatnosť bola nameraná 11. januára 2010 s hodnotou  $67,42 \text{ l.min}^{-1}$ . Minimálna výdatnosť v danom objekte v mnohých prípadoch dosahuje len hodnotu  $0,01 \text{ l.min}^{-1}$ , resp. vrt je suchý.

Zo štatistickej analýzy vyplýva, že výrazne prevládajú výdatnosti v rozsahu od 0,0 do  $31,5 \text{ l.min}^{-1}$ . Najvyššie priemerné hodnoty, ale aj medián a maximálna hodnota výdatnosti, boli namerané v jarných mesiacoch a naopak najnižšie v mesiaci október.

#### 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 2015 bol na zosuvnej lokalite zabezpečený kompletný sortiment monitorovacích meraní. Navyše, v roku 2015, vďaka inštalácii automatického hladinomeru do vrtu JK-3, bol zabezpečený kontinuálny zber údajov o hlavnom zosuvotvornom faktore – hladine podzemnej vody.

Dôležitou skutočnosťou pri hodnotení monitorovanej lokality je, že režimové merania v roku 2015 sú vykonávané po rozsiahlej rekonštrukcii odvodňovacích (sanačných) zariadení. K ich prečisteniu došlo vďaka riešeniu geologickej úlohy „Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza“ (Ilkanič et al., 2014 in Ondrejka et al., 2014) v závere roka 2014. Priame posúdenie efektívnosti vykonaných prác je obtiažne, pretože množstvo vytekajúcej vody z drenážnych vrtov je do veľkej miery podmienené klimatickou situáciou daného obdobia. V roku 2015 bol oproti predchádzajúcemu roku nameraný pokles výdatnosti, avšak v tomto roku, v porovnaní s vlaňajším rokom, bol zaznamenaný aj nižší zrážkový úhrn, a to až o cca 100 mm. Na túto skutočnosť zareagovali poklesom aj priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody. Ich priebeh bol na úrovni, resp. mierne pod úrovňou dlhodobých priemerných hĺbok (kľzavý priemer), odvodených z nameraných údajov v období monitorovania.

Inklinometrické merania opätovne potvrdili zvýšenú pohybovú aktivitu v oblasti vrtu JK-2, avšak v porovnaní s vlaňajším rokom došlo k opačnému smeru pohybu. V roku 2015 mali ročné prírastky deformácie prevládajúci smer na východ. Predpokladaný smer pohybu je ale na západ. Na základe uvedených skutočností nie je možné sa jednoznačne vyjadriť k skutočnej pohybovej aktivite monitorovaného územia. Príčinou môžu byť samotné inklinometrické vrty, ktoré boli pôvodne budované ako viacúčelové, čo zapríčinilo zníženie presnosti stanovenia pohybovej aktivity zosuvného telesa.

V roku 2016 plánujeme venovať pozornosť hlavne režimovým pozorovaniam (26 etáp meraní a denný záznam z automatického hladinomeru). Inklinometrické merania, vzhľadom na neuspokojivý stav monitorovacej siete, budú zabezpečené v závislosti od vývoja klimatických faktorov. Zároveň bude zabezpečený zber údajov zo stacionárnej inklinometrickej sondy, umiestnenej vo vrte JK-3.

#### 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). Na zosuve sa vykonal súbor sanačných prác, zameraných predovšetkým na odvodnenie svahu a priťaženie 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.

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015*

V roku 2015 boli v zosuvnom území obnovené 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 roku 2015

| Metódy monitorovania      | Monitorovacie objekty |                                             | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                       |
|---------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                           | Počet                 | Označenie                                   | 2015                                                             |
| Inklinometrické           | 1                     | AH-1                                        | 5<br>(3. apríl*, 14. apríl,<br>29. máj, 17. jún,<br>6. november) |
| Meranie zrážkových úhrnov | 1                     | Stanice SHMÚ:<br>Handlová (indikatív 30080) | Denné úhrny zrážok                                               |

\* – nulté meranie

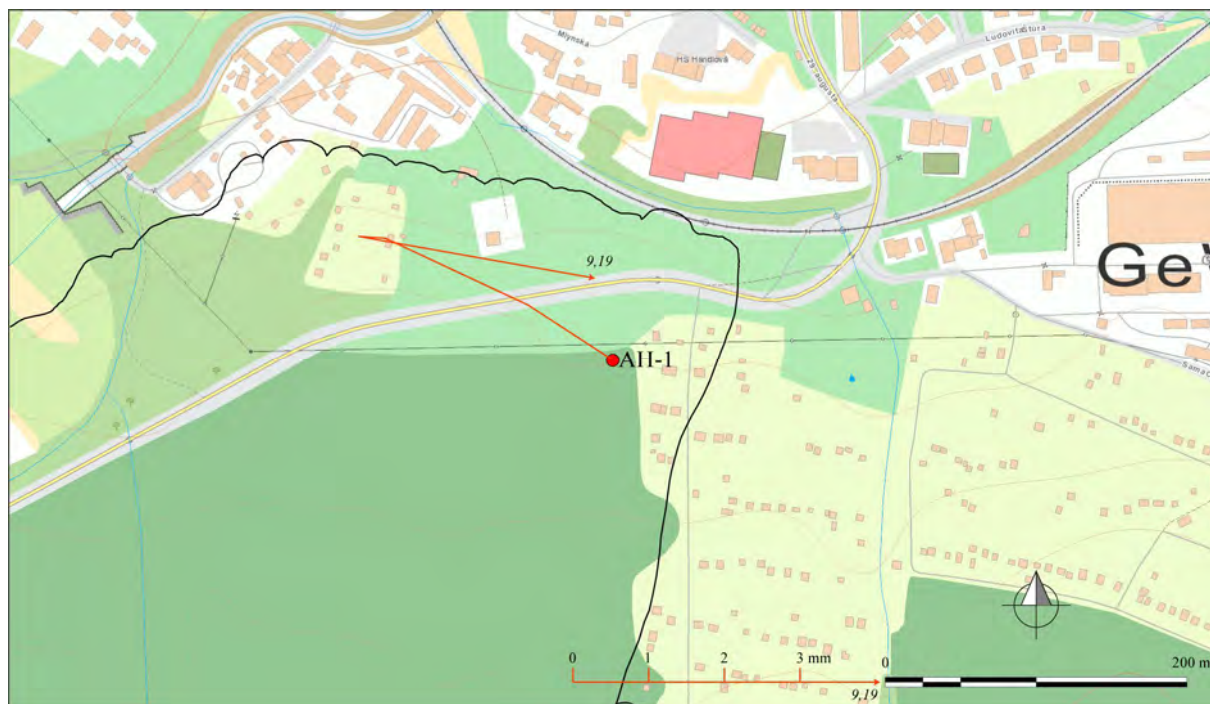
##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za rok 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

##### *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 aktuálne hodnotenom roku boli vykonané štyri etapy meraní (termíny jednotlivých meraní sú uvedené v tab. 4.8.1). Ich účelom bola detekcia úrovne 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. Zásadným problémom pri stanovení hĺbky šmykovej plochy je skutočnosť, že prakticky v celom sledovanom profile (vo všetkých hĺbkových úrovniach) je výsledná deformácia menšia ako maximálna etapová deformácia (obr. 4.8.2). Pre definovanie hĺbky šmykovej plochy je potrebné zabezpečiť ešte viacero meraní. V súčasnosti je stacionárna inklinometrická sonda umiestnená v hĺbke 23 m pod terénom.



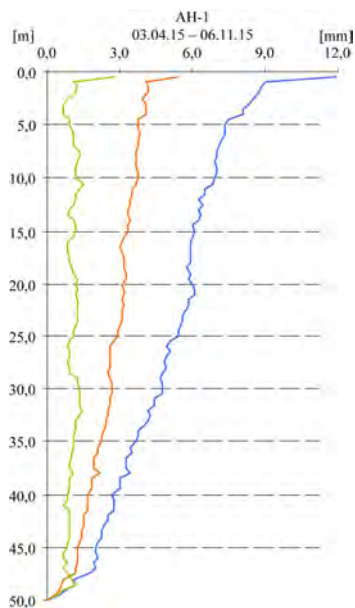
Obr. 4.8.1. Lokalita Handlová-zosuv z roku 1960 – (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.8.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®

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

| Bod  | Hĺbka pod ter. | 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 | 9,19           | 1,34                | 1,34    | 303   | 3,41                | 2,08    | 295   | 3,74                | 0,36    | 274   | 1,14                | 3,12    | 100   |
| AH-1 | 31,69          | 1,25                | 1,25    | 301   | 2,16                | 0,92    | 289   | 2,52                | 0,36    | 296   | 1,30                | 1,70    | 88    |

CD – Celková deformácia od nultého merania (03.04.15); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je treba spomenúť merania realizované na pôvodnej monitorovacej sieti. 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. V období rokov 2005 až 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.



Obr. 4.8.2. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie roku 2015. Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

#### 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 2015 bolo možné vďaka novovybudovanému inklinometrickému vrtu realizovať štyri etapy meraní. Namerané výsledky poukazujú na mierne zvýšenú pohybovú aktivitu v oblasti čela zosuvu. Meraniami sa však nepodarilo naplniť hlavný cieľ – lokalizovať hĺbku aktívnej šmykovej plochy.

V roku 2016 plánujeme v pokračovať v kontrolných meraniach v jedinom funkčnom inklinometrickom vrte. 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 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.9.1.

Tab. 4.9.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Fintice v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                 | Monitorovacie objekty |                                                                                     | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                                                                                                        |                                                                                                                    |
|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | Počet                 | Označenie                                                                           | Rok 2014                                                                                                                                          | Rok 2015                                                                                                           |
| Geodetické (GNSS)                    | 6                     | P1, P2, P3, P4, P5, pevný bod P                                                     | 1<br>(2. december)                                                                                                                                | 1<br>(11. december)                                                                                                |
| Inklinometrické                      | 2                     | K-3, K-5                                                                            | 2<br>(2. december)                                                                                                                                | 1<br>(15. máj,)                                                                                                    |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody | 11                    | K-1, 2, 2a*, 2b, 3, 4, 4a, 4b, 5, 5a, 5b                                            | 10<br>(28. január,<br>26. február,<br>28. marec,<br>29. apríl,<br>26. máj, 8. júl,<br>4. august,<br>4. september,<br>1. október,<br>13. november) | 8<br>(29. január,<br>30. marec,<br>28. apríl,<br>25. máj,<br>30. jún,<br>23. júl,<br>28. august,<br>18. september) |
|                                      | 2                     | K-1a, K-2a**<br>– automatické hladinoměry                                           | Kontinuálne<br>(každú hodinu)                                                                                                                     |                                                                                                                    |
| Meranie zrážkových úhrnov            | 2                     | Stanice SHMÚ:<br>Kapušany (indikatív 59220)<br>Prešov-planetárium (indikatív 59160) | Denné úhrny zrážok                                                                                                                                |                                                                                                                    |

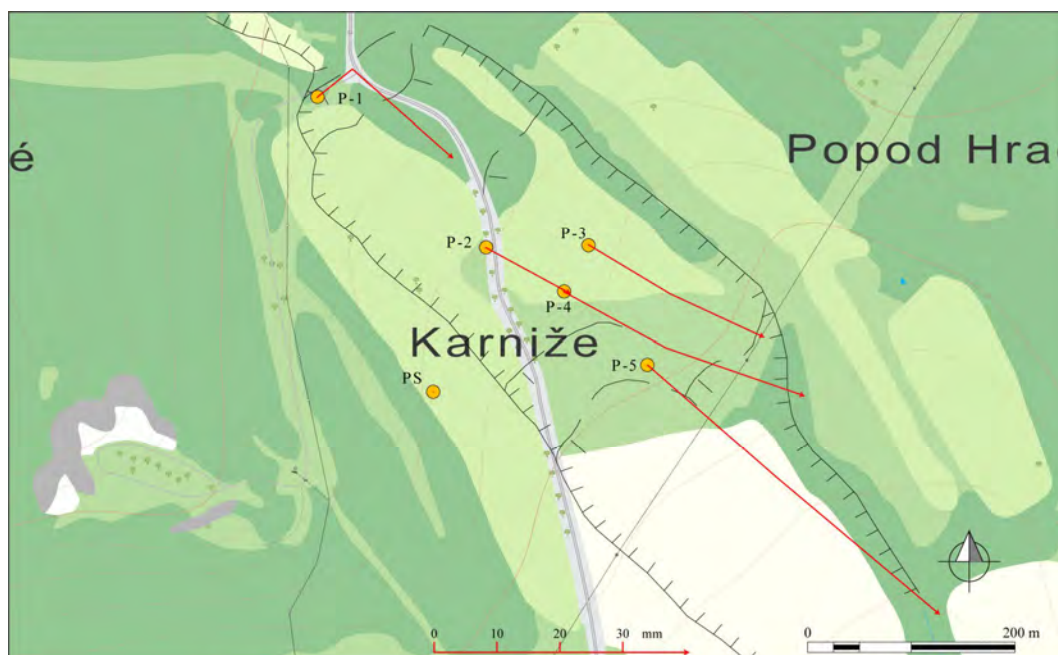
\* – jedno meranie (18. september 2015), \*\* – automatický hladinomer bol počas roka 2015 poškodený

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

###### *a/ Geodetické merania*

V roku 2014 bola najväčšia polohová zmena nameraná v bode P-5 (za obdobie od júla 2013 do decembra 2014 – 26,70 mm). Naopak, najmenšie zmeny boli pozorované v bode P-1, a to len 7,12 mm (obr. 4.9.1). V prípade bodu P-5 ide o najjužnejšie situovaný v rámci siete geodetických objektov a naopak, P-1 predstavuje najsevernejší bod. V oblasti medzi uvedenými bodmi dosahovali veľkosti posunov od 14,32 mm do 17,94 mm. Analogicky, v smere zo severu na juh gradovali i veľkosti posunov vo vertikálnom smere (min. v bode

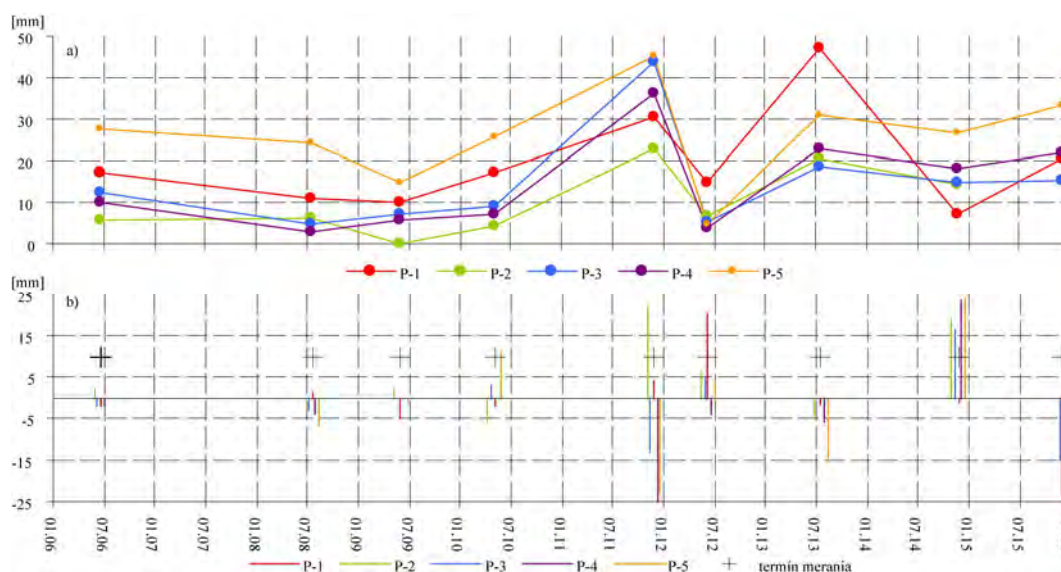
P-1 – -1,20 mm a max. v bode P-5 – 24,11 mm). Z uvedeného vyplýva, že najvyššia pohybová aktivita sa sústreďuje do oblasti, ktorá je najbližšie k intravilánu obce.



Obr. 4.9.1. Lokalita Fintice – výsledky geodetických meraní (metódou GNSS) v rokoch 2014 a 2015. Obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.9.2; mapový podklad: ZBGIS<sup>®</sup>

Tab. 4.9.2. Výsledky geodetických (GNSS) meraní na lokalite Fintice v rokoch 2014 a 2015

| Bod | 24.07.13 – 02.12.14 |         |             | 02.12.14 – 11.12.15 |         |             |
|-----|---------------------|---------|-------------|---------------------|---------|-------------|
|     | Premiestnenie [mm]  |         |             | Premiestnenie [mm]  |         |             |
|     | polohové            | výškové | priestorové | polohové            | výškové | priestorové |
| P-1 | 7,12                | -1,20   | 7,22        | 20,58               | -23,70  | 31,39       |
| P-2 | 14,32               | 19,44   | 24,15       |                     |         |             |
| P-3 | 14,86               | 16,28   | 22,04       | 15,43               | -15,10  | 21,59       |
| P-4 | 17,94               | 23,44   | 29,52       | 21,80               | -16,30  | 27,22       |
| P-5 | 26,70               | 24,11   | 35,98       | 33,27               | -18,20  | 37,92       |



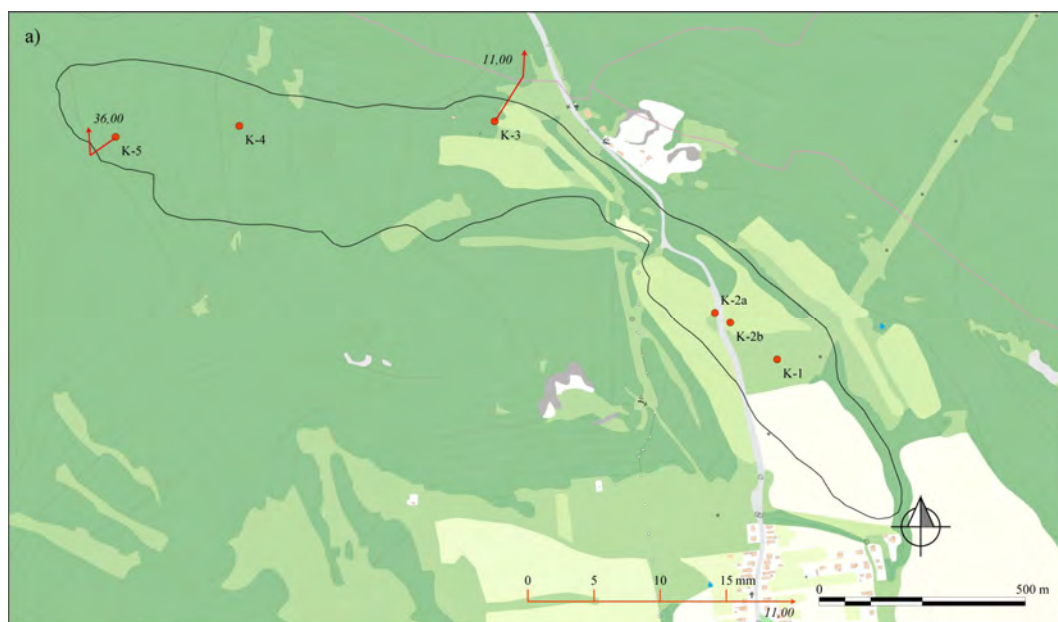
Obr. 4.9.2. Dlhodobé (2006 – 2015) zmeny polohy a výšky geodetických bodov na lokalite Fintice. a – polohové zmeny, b – vertikálne zmeny

V roku 2015 došlo k poškodeniu geodetického bodu P-2. Z tohto dôvodu na ňom neboli vykonané merania. Na ostatných bodoch v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2014 došlo 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).

Pri hodnotení dlhodobého vývoja pohybovej aktivity (od roku 2006 do roku 2015) 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). Najväčšie posuny boli dosiahnuté v roku 2013 (tab. 4.9.2).

#### b/ Inklinometrické merania

Na lokalite sa aktuálne vykonávajú monitorovacie merania v dvoch funkčných vrtoch. V roku 2014 boli merania realizované v prvej polovici decembra. Vo vybratých hĺbkových úrovniach boli zaznamenané relatívne vysoké etapové prírastky deformácie. Vo vrte K-3, relatívne hlboko pod terénom (11 m) bol nameraný etapový vektor 3,99 mm. Výsledný vektor v prezentovanej hĺbke za monitorované obdobie (od novembra 2011) dosiahol len 1,89 mm.



Obr. 4.9.3. Lokalita Fintice – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.9.3; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenatej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®

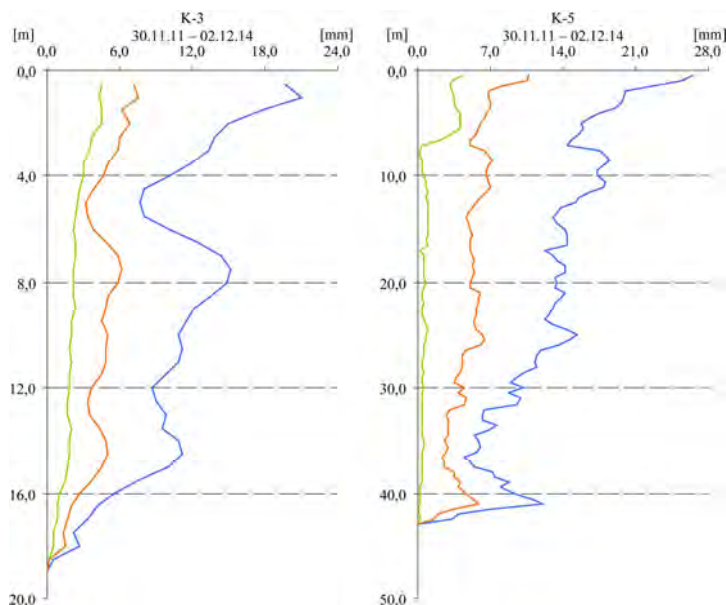
Tab. 4.9.3. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Fintice v rokoch 2014 a 2015

| Bod | Hĺbka pod ter. | 24.07.13 – 02.12.14 |         |       | 02.12.14 – 15.05.15 |         |       |
|-----|----------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|     |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| K-3 | 11,00          | 1,98                | 3,99    | 32    | 1,71*               | 1,71    | 3     |
| K-5 | 36,00          | 0,45                | 2,31    | 235   | 1,86*               | 1,86    | 356   |

CD – Celková deformácia od nultého merania (30.11.11)

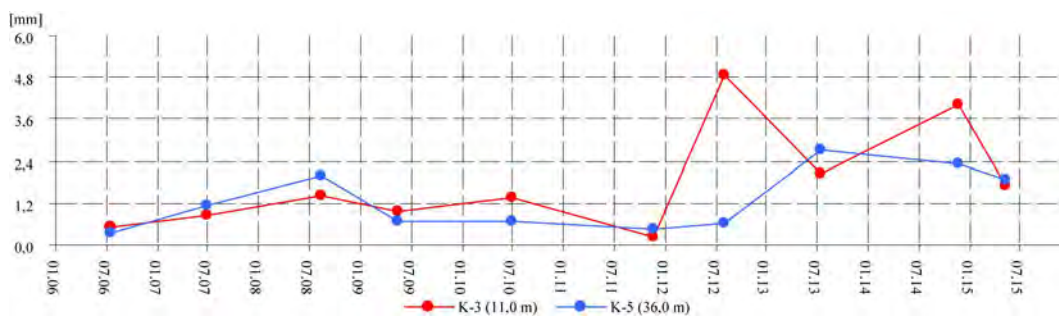
\* – nulté meranie novej epochy bolo 02.12.14 (výmena meracej sondy)

Znamená to, že etapový prírastok deformácie sa v zásadnej miere podieľa na celkovej deformácii inklinometrickej pažnice. Na skutočnosť, že merané deformácie nemajú vzťah so svahovým pohybom, poukazuje i azimut zaznamenaného vektora. Táto situácia je rovnaká prakticky v každom hĺbkovom horizonte. Situácia vo vrte K-5 bola veľmi podobná. Z tohto dôvodu nie je možné v uvedených vrtoch definovať hĺbku šmykovej plochy.



Obr. 4.9.4. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie. Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

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 (2006 – 2015) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Fintice

Z dlhodobého hľadiska (obr. 4.9.5) bolo možné zvýšenú pohybovú aktivitu pozorovať najmä od roku 2012. Zaujímavosťou je, že v prezentovaných horizontoch, v období spojenom s rokom 2010, neboli zaznamenané zvýšené hodnoty prírastkov deformácie. Táto skutočnosť potvrdzuje, že monitorovaná severozápadná časť zosuvu priamo nesúvisí s pohybovou aktívnou juhovýchodnou časťou.

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). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (28. január – 13. november). Najbližšie k povrchu terénu bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte K-3 (0,45 m pod terénom – 433,55 m n. m. – 13. november). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody vyskytovali prevažne koncom mája. Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte K-5 (14,57 m – 522,43 m n. m. – 28. január). Výskyt minimálnych stavov hladiny podzemnej vody dominoval v zimnom a jesennom období. Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 0,76 (K-3) až 13,82 m pod terénom (K-5a). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte K-1 (3,89 m). V roku 2014 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 5,73 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

Tab. 4.9.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Fintice v roku 2014

| 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           | 2,36            | 349,64             | 26.05.14      | 6,25            | 345,75             | 29.04.14      | 5,14              | 346,86             | 3,89                   |
| K-2  | 10           | 0,70            | 370,30             | 13.11.14      | 1,50            | 369,50             | 01.10.14      | 1,18              | 369,82             | 0,80                   |
| K-2b | 10           | 1,06            | 377,04             | 29.04.14      | 1,93            | 376,17             | 08.07.14      | 1,26              | 376,84             | 0,87                   |
| K-3  | 10           | 0,45            | 433,55             | 13.11.14      | 1,18            | 432,82             | 26.02.14      | 0,76              | 433,24             | 0,73                   |
| K-4  | 10           | 2,75            | 491,25             | 26.05.14      | 4,45            | 489,55             | 28.01.14      | 3,95              | 490,05             | 1,70                   |
| K-4a | 10           | 1,43            | 492,57             | 26.05.14      | 2,30            | 491,70             | 01.10.14      | 1,89              | 492,11             | 0,87                   |
| K-4b | 10           | 1,42            | 492,58             | 26.05.14      | 2,03            | 491,97             | 01.10.14      | 1,72              | 492,28             | 0,61                   |
| K-5  | 10           | 12,17           | 524,83             | 26.05.14      | 14,57           | 522,43             | 28.01.14      | 13,76             | 523,24             | 2,40                   |
| K-5a | 10           | 12,85           | 524,15             | 26.05.14      | 14,50           | 522,50             | 28.01.14      | 13,82             | 523,18             | 1,65                   |
| K-5b | 10           | 13,10           | 523,90             | 26.05.14      | 14,33           | 522,67             | 28.01.14      | 13,79             | 523,21             | 1,23                   |

V aktuálne hodnotenom 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.

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.

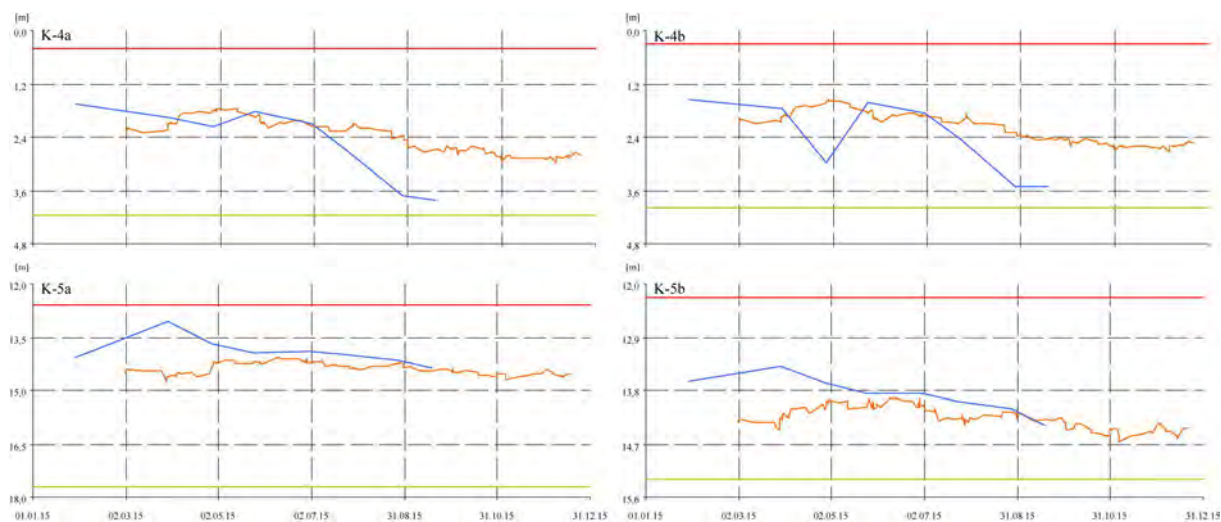


Tab. 4.9.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Fintice v roku 2015

| 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                   |



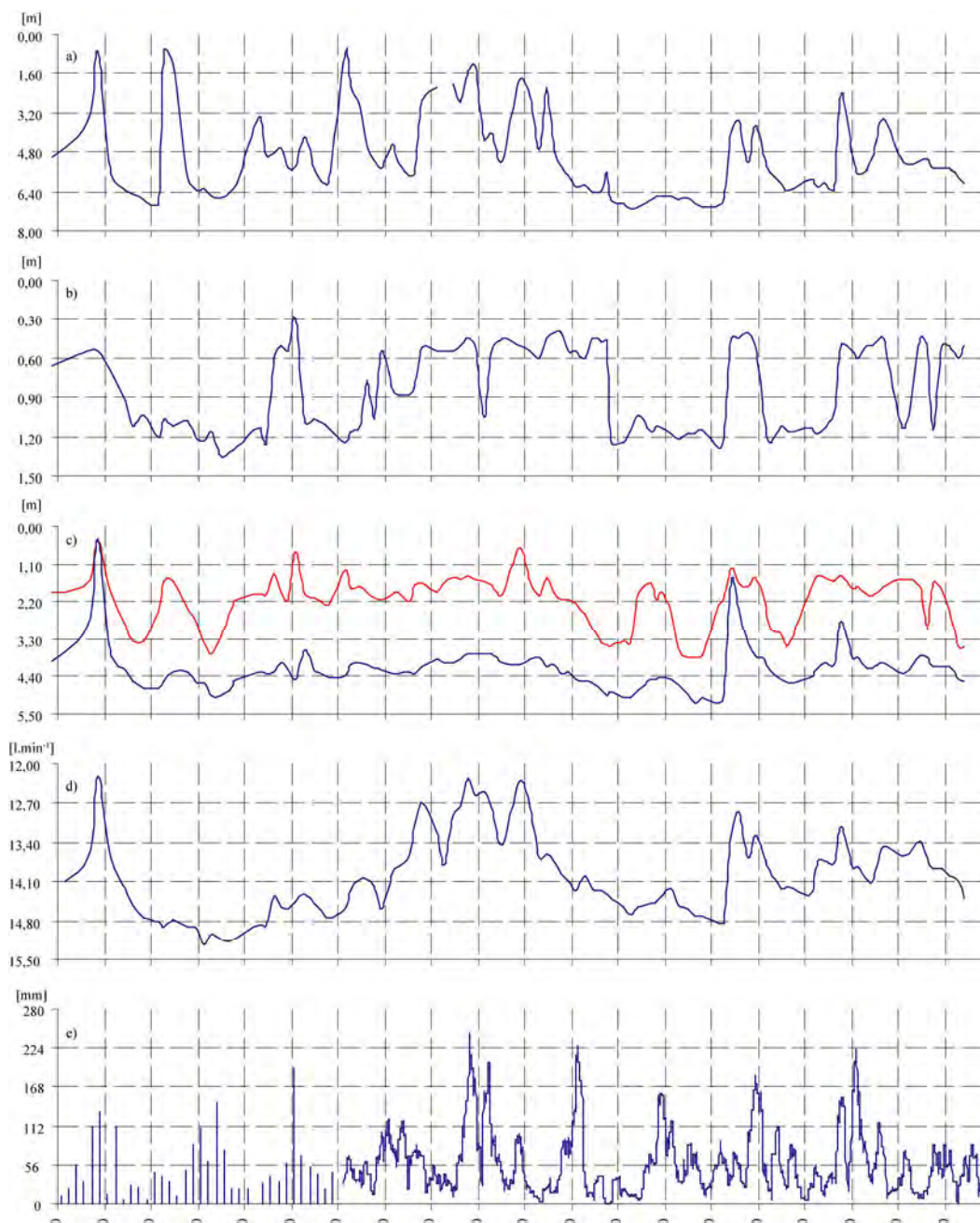
Obr. 4.9.6. Lokalita Fintice – monitorovacia sieť priezometrických vrtov (mapový podklad: ZBGIS®)



Obr. 4.9.7. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2015 na lokalite Fintice (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania). Červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej, oranžová – kľzavý priemer hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2015

Počas dlhšieho hodnoteného obdobia (roky 2006 až 2015 – 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 0,84 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 14,4 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.



Obr. 4.9.8. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2006 – 2015) 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 (SHMÚ Prešov-Planetárium)

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 hladinomeri). V týchto vrtoch počas posledného desaťročia hladina podzemnej vody viackrát vystúpila do blízkosti terénu. Najvyššie hodnoty hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch boli dosiahnuté 23. februára 2007 (K-1 – 0,67 m pod terénom) a 26. júla 2006 (K-2 – 0,30 m pod terénom).

V skupine vrtov, ktoré sa nachádzajú v odľučnej oblasti, sú monitorované minimálne dve odlišné hydrogeologické štruktúry. Vo vrtach označených K-4 sú sledované hladiny podzemnej vody v plytších horizontoch, so spoločnou priemernou hĺbkou 2,88 m pod terénom (za posledných desať rokov). V najvyššie položenej časti zosuvu, vo vrtach 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 vrtach je 14,1 m pod terénom (za posledných desať rokov).

#### c2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomeri

Vo vrte K-1a v roku 2014 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 17. mája (5,28 m pod terénom – tab. 4.9.6). Po dosiahnutí jarnom maxime hladina podzemnej vody začala klesať. Do konca roku došlo ešte k dvom výraznejším vzostupom. Súviseli s intenzívnejšími zrážkami (obr. 4.9.9). Najnižšia hladina podzemnej vody bola nameraná na začiatku roka, a to 7. januára (7,58 m pod terénom). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla 6,45 m pod terénom. Teplota vody kolísala v rozsahu 9,5 až 10,3°C. Jej priemerná hodnota dosiahla 9,9°C, čo je oproti predchádzajúcemu roku 0,2°C viac. Jej najnižšie hodnoty boli dosiahnuté v čase maximálneho stavu hladiny podzemnej vody a naopak, najvyššie koncom októbra, počas výraznejšieho zostupu hladiny podzemnej vody.

Tab. 4.9.6. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomeri na lokalite Fintice v roku 2014

| 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.] |                        |
| K-1a | 8241       | 5,28            | 346,72             | 17.05.14 20:00 | 7,58            | 344,42             | 07.01.14 14:00 | 6,45              | 345,55             | 2,30                   |
| K-2a | 8240       | 1,21            | 369,79             | 18.05.14 09:00 | 2,09            | 368,91             | 20.09.14 02:00 | 1,65              | 369,35             | 0,88                   |

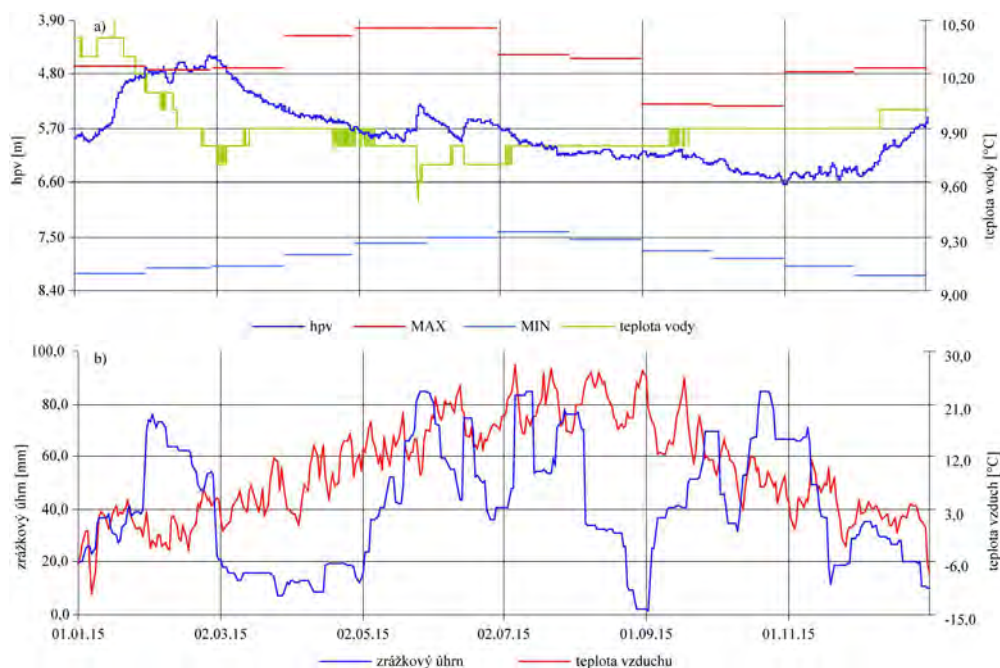
V roku 2015 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 27. apríla (4,48 m pod terénom – tab. 4.9.7). Tomuto stavu predchádzal intenzívny vzostup počas januára. Počas prevažnej časti februára sa nachádzala nad dlhodobým mesačným maximálnym stavom (odvodený z údajov nameraných v období monitorovaného obdobia). Do konca októbra mala prevažne zostupný charakter. Výnimkou boli len jarné vzostupy v súvislosti s intenzívnymi zrážkami. Minimálna úroveň hladiny podzemnej vody bola dosiahnutá 31. októbra s hodnotou 6,63 m pod terénom. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody oproti roku 2014 stúpila o 0,67 m a v roku 2015 dosiahla 5,77 m pod terénom. Teplota vody kolísala v rozsahu 9,5 až 10,5°C. Minimálna hodnota bola dosiahnutá v čase jarného vzostupu hladiny podzemnej vody. Naopak, maximálna hodnota bola nameraná v januári počas výraznejšieho zostupu hladiny podzemnej vody.

Tab. 4.9.7. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomeri na lokalite Fintice 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 14:00      | 6,63            | 345,37             | 31.10.15 18:00      | 5,77              | 346,23             | 2,15                   |

Vo vrte K-2a, v roku 2014 bola maximálna hladina podzemnej vody nameraná 18. mája (1,21 m pod terénom – tab. 4.9.6). Ide o najvyšší nameraný stav hladiny podzemnej vody počas mesiaca máj za celé monitorované obdobie. Následne hladina začala výraznejšie klesať

a podobne ako vo vrte K-1a, v júli a v novembri došlo k jej opätovnému výraznejšiemu vzostupu. Minimálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná v prvej polovici septembra (2,09 m p. t.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla 1,65 m pod terénom. Zmeny teploty vody mali, podobne ako v predchádzajúcich rokoch, pravidelný sínusový priebeh. Minimálna teplota bola dosiahnutá počas jarných maximálnych stavov hladiny podzemnej vody (8,5°C) a maximálna teplota v druhej polovici októbra (11,8°C – obr. 4.9.9). Priemerná teplota vody v roku 2014 dosiahla hodnotu 10,1°C.

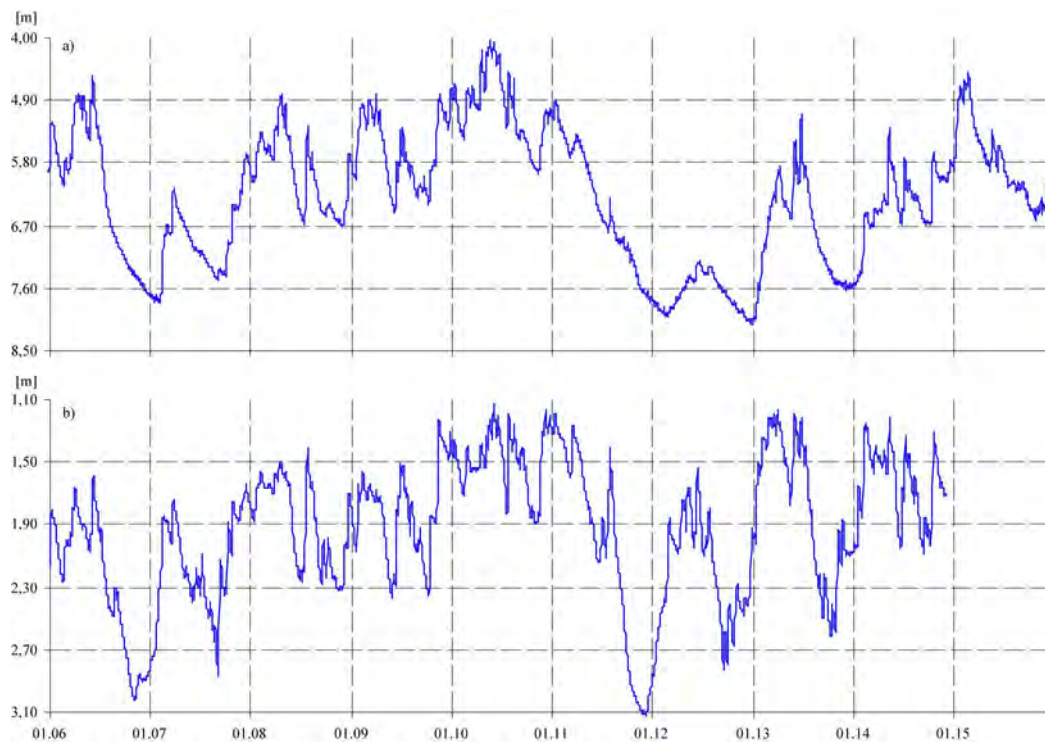


Obr. 4.9.9. Priebeh zmien úrovně hladiny podzemnej vody (v porovnaní s dlhodobými maximálnymi a minimálnymi mesačnými stavmi) a teploty vody, zaznamenaný v roku 2015 automatickými hladinomermi na lokalite Fintice. Automatické hladinometry sú umiestnené vo vrtoch: a – K-1a, b – K-2a, c – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a teploty vzduchu, na zrážkomernej stanici SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160)

V roku 2015 došlo k poškodeniu monitorovacieho objektu. 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.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (od roku 2006 do roku 2015 – obr. 4.9.10) sa výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody prejavuje vo vrte K-1a (s hodnotou 4,12 m). Maximálna hladina v tomto vrte (4,02 m p. t.) bola dosiahnutá 23. mája 2010 a minimálna 29. decembra 2012. Vo vrte K-2a kolísanie hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia dosiahlo hodnotu 2,0 m. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná 5. júna 2010 s hĺbkou 1,13 m pod terénom a minimálna dňa 10. decembra 2011 s hĺbkou 3,12 m pod terénom.





Obr. 4.9.10. Dlhodobé (2006 – 2015) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomerami na lokalite Fintice. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – K-1a, b – K-2a

#### d/ Merania zrážkových úhrnov

Pri hodnotení zrážkových úhrnov sa opierame o údaje zo stanice SHMÚ Kapušany, ktoré sú zhodnotené v rámci lokality Kapušany.

#### 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 sa preukázala zvýšená aktivita svahového pohybu najmä v južnej časti zosuvu. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k nárastu pohybovej aktivity.

Pri hodnotení režimu podzemnej vody možno konštatovať, že v porovnaní z rokom 2014 došlo k vzostupu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody, monitorovanej automatickým hladinomerom. Priemerná hladina podzemnej vody vypočítaná zo všetkých monitorovaných objektov meraných pozorovateľom zaznamenala veľmi malý pokles.

Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality (ohrozenie trasy vysokotlakového plynovodu, štátnej cesty a stožiarov VVN) je i v budúcom roku plánované pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu ako v roku 2015. 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 Slanec-TP

##### *Stručná charakteristika lokality*

Zosuvný svah sa nachádza na JZ 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 2014 a 2015*

Na lokalite Slanec-TP sa v rokoch 2014 a 2015 vykonávali len režimové pozorovania. Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.10.1.

Tab. 4.10.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Slanec-TP v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                                                                              | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                                                                                 |                                                                                                        |
|--------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                                                                                    | Rok 2014                                                                                                                   | Rok 2015                                                                                               |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 11                    | J-4, J-5, J-6, J-7, J-9, J-11, J-12, J-13, J-14, J-15, J-16                                                  | 10<br>(28. január, 26. február, 28. marec, 28. apríl, 27. máj, 10. júl, 5. august, 5. september, 2. október, 14. november) | 9<br>(29. január, 18. marec, 29. apríl, 26. máj, 7. júl, 27. júl, 31. august, 5. október, 30. október) |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 20                    | V-1/1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, V-2/1, 2/2, 2/3, 2/4, 2/5, V-3/1, 3/2, 3/3, V-4/1, 4/2, 4/3, V-5/1, 5/2, 5/3, 5/4 | 10<br>(28. január, 26. február, 28. marec, 28. apríl, 27. máj, 10. júl, 5. august, 5. september, 2. október, 14. november) | 8<br>(29. január, 18. marec, 29. apríl, 26. máj, 7. júl, 27. júl, 31. august, 5. október)              |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 1                     | Stanica SHMÚ Slanská Huta (indikatív 51 160)                                                                 | Mesačné úhrny zrážok                                                                                                       |                                                                                                        |

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

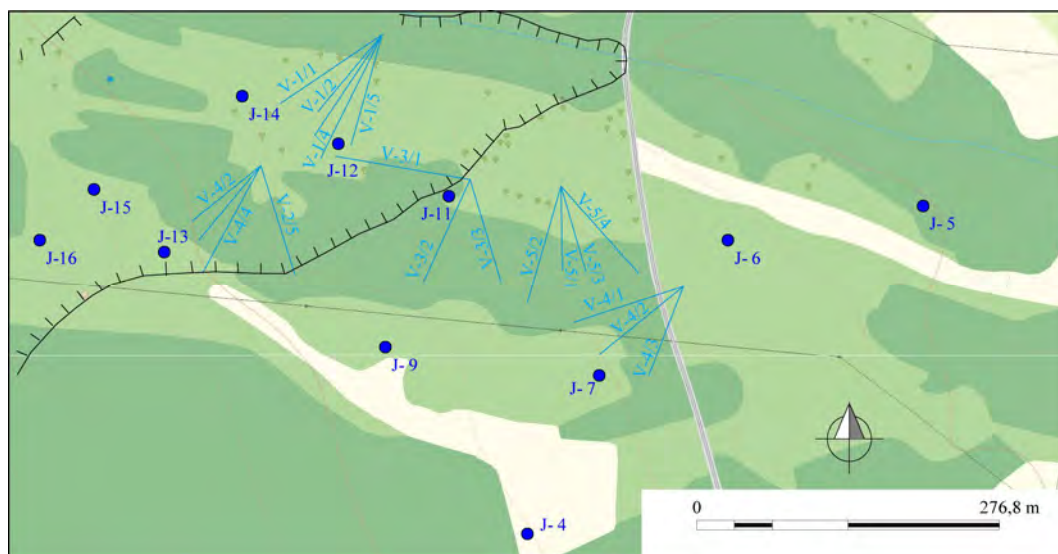
##### *a/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody*

V roku 2014, pokračovali režimové pozorovania na rozšírenom súbore monitorovacích objektov z roku 2013 (obr. 4.10.1). V roku 2014 priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla hĺbku 5,61 m pod terénom. Najvyššia hladina podzemnej vody, na úrovni terénu,

bola zaznamenaná vo vrte (J-11 – 26. februára). Z ostatných vrtov sa k terénu priblížila hladina podzemnej vody vo vrte J-13 (0,7 m pod terénom). Najhlbšie pod terénom sa hladiny podzemnej vody udržali vo vrtoch J-6 a J-7 (minimálna hĺbka pod 10 m pod terénom). Najväčšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané vo vrte J-16 (4,65 m). O niečo menšie kolísanie bolo namerané vo vrtoch J-14 (3,08 m), J-12 (2,76 m), J-11 (2,45 m). Najmenšie zmeny hladiny podzemnej vody boli podobne ako v prechádzajúcom roku pozorované vo vrte J-5 (0,51 m; obr. 4.10.2 a tab. 4.10.2). V porovnaní s predchádzajúcim rokom dosahovali zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody výrazne menšie amplitúdy. Zároveň poklesol i počet prípadov, kedy hladiny podzemnej vody vystúpili na úroveň terénu.

Tab. 4.10.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Slanec-TP v roku 2014

| Bod  | Počet meraní | Max. úroveň hpv |                    |               | Min. úroveň hpv |                    |               | Priem. úroveň hpv |                    | Max. kolísanie hpv [m] |
|------|--------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|
|      |              | pod ter. [m]    | nad mor. [m n. m.] | dátum merania | pod ter. [m]    | nad mor. [m n. m.] | dátum merania | pod ter. [m]      | nad mor. [m n. m.] |                        |
| J-4  | 10           | 4,01            | 338,49             | 26.02.14      | 5,67            | 336,83             | 02.10.14      | 5,06              | 337,44             | 1,66                   |
| J-5  | 10           | 7,94            | 294,85             | 27.05.14      | 8,45            | 294,34             | 28.01.14      | 8,26              | 294,53             | 0,51                   |
| J-6  | 10           | 8,78            | 306,54             | 27.05.14      | 10,56           | 304,76             | 28.01.14      | 9,60              | 305,72             | 1,78                   |
| J-7  | 10           | 9,87            | 324,78             | 27.05.14      | 11,54           | 323,11             | 28.01.14      | 11,03             | 323,62             | 1,67                   |
| J-9  | 10           | 7,97            | 337,91             | 27.05.14      | 9,17            | 336,71             | 28.01.14      | 8,57              | 337,31             | 1,20                   |
| J-11 | 10           | 0,00            | 324,98             | 26.02.14      | 2,45            | 322,53             | 28.01.14      | 1,06              | 323,92             | 2,45                   |
| J-12 | 10           | 2,13            | 333,48             | 28.04.14      | 4,89            | 330,72             | 28.01.14      | 3,58              | 332,03             | 2,76                   |
| J-13 | 10           | 0,70            | 352,09             | 26.02.14      | 1,63            | 351,16             | 02.10.14      | 1,27              | 351,52             | 0,93                   |
| J-14 | 10           | 1,04            | 338,65             | 26.02.14      | 4,12            | 335,57             | 28.01.14      | 2,82              | 336,87             | 3,08                   |
| J-15 | 10           | 6,61            | 354,52             | 27.05.14      | 7,67            | 353,46             | 02.10.14      | 7,24              | 353,89             | 1,06                   |
| J-16 | 10           | 1,13            | 357,16             | 27.05.14      | 5,78            | 352,51             | 14.11.14      | 3,25              | 355,04             | 4,65                   |

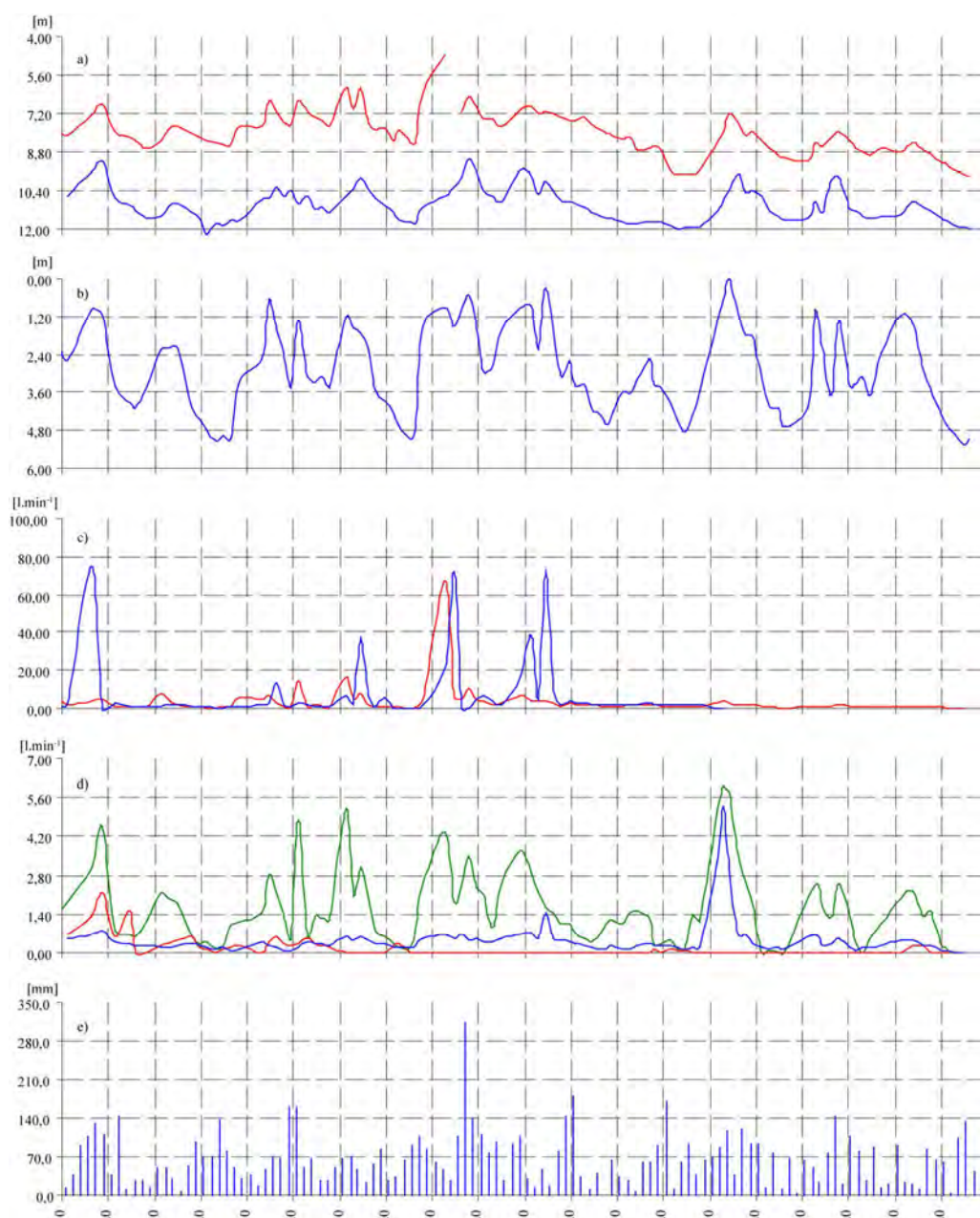


Obr. 4.10.1. Lokalita Slanec-TP – situácia sanačných a monitorovacích objektov (mapový podklad: ZBGIS®)

V aktuálne hodnotenom roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október) v 11 pozorovacích vrtoch. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná vo vrte J-11 (0,20 m pod terénom – 324,78 m n. m. – 18. marec). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (0,00 m pod terénom, zaznamenanou dňa 28. mája 2010), je nameraná maximálna hladina v roku 2015 hlbšia o 0,2 m. 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 posledne spomenutom vrte J-7 (min. hladina podzemnej vody 11,99 m pod terénom bola nameraná dňa 30. októbra).

Tab. 4.10.3. 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. 4.10.2. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2006 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Slanec-TP. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – J-7(modrá) a J-9 (červená), b – J-14, c – spoločná výdatnosť horizontálnych vrtov v šachtách V1 a V2, d – spoločná výdatnosť horizontálnych vrtov v šachtách V-3, V4 a V5; e – mesačné úhrny zrážok v mm zo stanice SHMÚ Slanská Huta (indikatív 51160)

Minimálne hladiny podzemnej vody vo vrtoch J-4 (6,59 m pod terénom), J-11 (2,46 m pod terénom) a J-14 (5,27 m pod terénom), predstavujú najnižšie úrovne namerané za celé monitorovacie obdobie. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 6,09 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,48m. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte J-14 (4,13 m). Dosiahnutá amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje 80,19 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybratých vrtoch spolu s mesačnými zrážkovými úhrnmi sú znázornené na obr. 4.10.2.

#### b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

V rokoch 2014 a 2015 sa merania výdatnosti realizovali na 20 odvodňovacích vrtoch, ktoré sú rozdelené do piatich stanovišť. Počas hodnotených rokov bolo 2. a 4. stanovište značnú časť monitorovaného obdobia zaplavené vodou.

V roku 2014 sumárna priemerná výdatnosť meraných objektov (objekty V1, 3 a 5) dosiahla 2,66 l.min<sup>-1</sup>. Najvyššia výdatnosť bola nameraná vo vrte V3/1 (1,24 l.min<sup>-1</sup>) počas májového merania (tab. 4.10.4). V tomto vrte bolo zároveň pozorované aj najväčšie kolísanie výdatnosti (1,24 l.min<sup>-1</sup>). Po dosiahnutí maximálneho stavu (vo vrte V3/1) začala výdatnosť klesať a počas augustového a septembrového merania bol vrt suchý, resp. vlhký. Na zosuvnej lokalite boli maximálne výdatnosti namerané prevažne počas februárovej a májovej etapy. Opačne, veľmi nízke hodnoty výdatnosti boli pozorované na objektoch V4 a V5, pričom všeobecne najnižšie výdatnosti boli namerané počas augustovej a septembrovej etapy.

Tab. 4.10.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2014

| Bod  | Počet meraní | Max. výdatnosť                                                                  |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat.                                                                    | Max. kolísanie výdat. |
|------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|      |              | [l.min <sup>-1</sup> ]                                                          | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    |                                                                                    |                       |
| V1/1 | 9            | 0,82                                                                            | 27.05.14 | 0,02                   | 14.11.14 | 0,42                                                                               | 0,80                  |
| V1/2 | 9            | 0,30                                                                            | 27.05.14 | 0,10                   | 05.09.14 | 0,16                                                                               | 0,20                  |
| V1/3 | 9            | 0,36                                                                            | 27.05.14 | 0,22                   | 02.10.14 | 0,29                                                                               | 0,14                  |
| V1/4 | 9            | 0,30                                                                            | 27.05.14 | 0,02                   | 10.07.14 | 0,13                                                                               | 0,28                  |
| V1/5 | 9            | 0,28                                                                            | 14.11.14 | 0,01                   | 26.02.14 | 0,10                                                                               | 0,27                  |
| V2/1 | 9            | Ústia odvodňovacích vrtov sa počas všetkých meraní nachádzali pod hladinou vody |          |                        |          |                                                                                    |                       |
| V2/2 | 9            |                                                                                 |          |                        |          |                                                                                    |                       |
| V2/3 | 9            |                                                                                 |          |                        |          |                                                                                    |                       |
| V2/4 | 9            |                                                                                 |          |                        |          |                                                                                    |                       |
| V2/5 | 9            |                                                                                 |          |                        |          |                                                                                    |                       |
| V3/1 | 9            | 1,24                                                                            | 27.05.14 | 0,00                   | 05.08.14 | 0,54                                                                               | 1,24                  |
| V3/2 | 9            | 0,86                                                                            | 26.02.14 | 0,01                   | 05.09.14 | 0,23                                                                               | 0,85                  |
| V3/3 | 9            | 0,96                                                                            | 27.05.14 | 0,00                   | 05.09.14 | 0,49                                                                               | 0,96                  |
| V4/1 | 9            | 0,00                                                                            | 28.03.14 | 0,00                   | 28.03.14 | Ústia odvodňovacích vrtov sa počas značnej časti roka nachádzali pod hladinou vody |                       |
| V4/2 | 9            | 0,00                                                                            | 28.03.14 | 0,00                   | 28.03.14 |                                                                                    |                       |
| V4/3 | 9            | 0,01                                                                            | 28.04.14 | 0,00                   | 28.03.14 |                                                                                    |                       |
| V5/1 | 9            | 0,24                                                                            | 26.02.14 | 0,03                   | 05.08.14 | 0,14                                                                               | 0,21                  |
| V5/2 | 9            | 0,22                                                                            | 26.02.14 | 0,01                   | 28.03.14 | 0,05                                                                               | 0,21                  |
| V5/3 | 9            | 0,02                                                                            | 26.02.14 | 0,01                   | 28.03.14 | 0,01                                                                               | 0,01                  |
| V5/4 | 9            | 0,20                                                                            | 26.02.14 | 0,03                   | 05.08.14 | 0,10                                                                               | 0,17                  |

V roku 2015 bolo zabezpečených 8 kontrolných meraní. Najvyššia výdatnosť bola nameraná 7. júla na odvodňovacom vrte V2/4 (2,25 l.min<sup>-1</sup>) 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 vrtov, 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.

Tab. 4.10.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Slanec-TP v roku 2015

| Bod  | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat.<br>[l.min <sup>-1</sup> ]                                                       | Max. kolísanie<br>výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
|------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
|      |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | 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 vrtov<br>sa minimálne počas jedného merania<br>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 vrtov<br>sa minimálne počas šiestich meraní<br>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                                            |

Minimálna nameraná výdatnosť bola zaznamenaná vo vrtach 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<sup>-1</sup>). Sumárna priemerná výdatnosť na objektoch V1, V3 a V5 v roku 2015 dosiahla hodnotu 1,87 l.min<sup>-1</sup>, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,8 l.min<sup>-1</sup>. Maximálne kolísanie výdatnosti bolo zaznamenané vo vrte V3/3 (1,14 l.min<sup>-1</sup>).

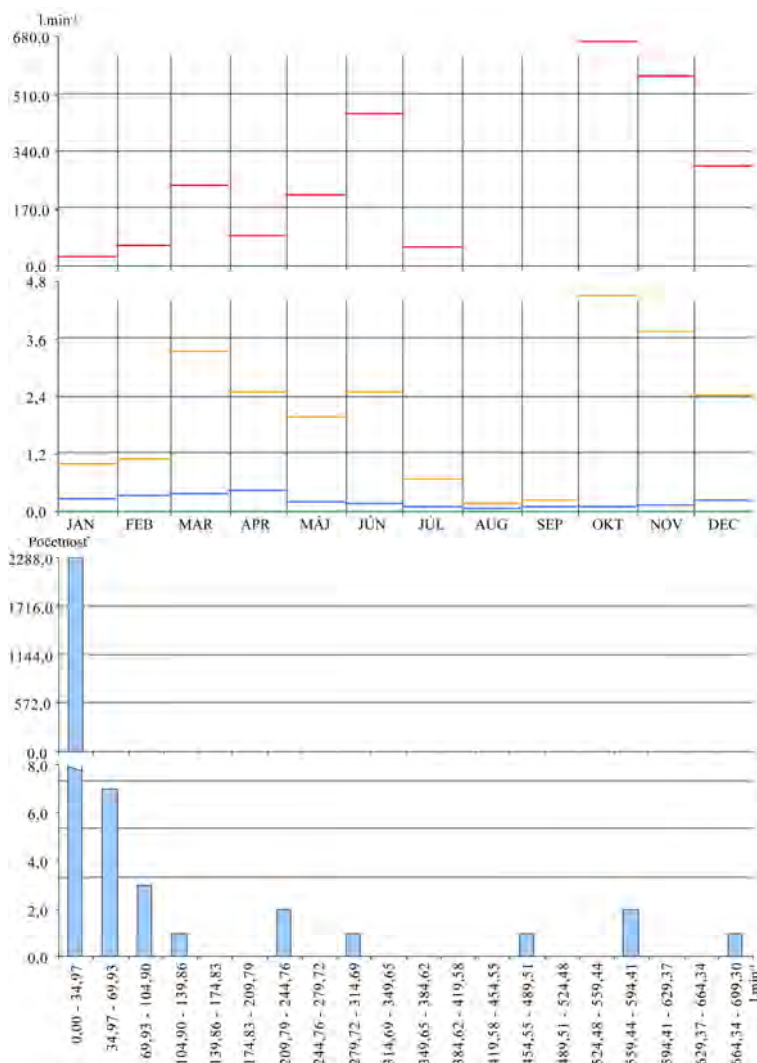
Z dlhodobého hľadiska možno za najvyššie výdatnosti označiť tie, ktoré boli zaznamenané počas rokov 2006 (V2 – 28. apríla – 75,12 l.min<sup>-1</sup>), 2010 (V2 – 31. marca – 72,45 l.min<sup>-1</sup>; V1 – 25. februára – 67,32 l.min<sup>-1</sup>) a 2011 (V2 – 29. marca 73,31 l.min<sup>-1</sup> – obr. 4.10.2).

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). Dlhodobu najnižšiu výdatnosť sú pozorované vo vrtach označených V4.

V súbore nameraných výdatností počas monitorovaného obdobia výrazne prevládajú prietoky do 34,9 l.min<sup>-1</sup> (obr. 4.10.3) Pri rozdelení jednotlivých nameraných hodnôt výdatnosti do kalendárnych mesiacov je najvyššia hodnota mediánu dosiahnutá v apríli, čo pravdepodobne súvisí s minimálnou evapotranspiráciou. Extrémne vysoké výdatnosti boli zaznamenané v mesiacoch október a november.

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 a navyše, dochádza k znižovaniu účinnosti hĺbkového odvodnenia.





Obr. 4.10.3. Štatistické zhodnotenie nameranej výdatnosti počas sledovaného obdobia (do roku 2014) na lokalite Slanec-TP. Červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti (2. kvartil), zelená – minimálna mesačná výdatnosť

#### c/ 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 2014 bol ročný zrážkový úhrn 706,5 mm, čo predstavuje 97,35 % dlhodobého zrážkového priemeru (normálny rok). V roku 2015 bol ročný zrážkový úhrn 640,4 mm (88,25 % dlhodobého zrážkového úhrnu), čo charakterizuje suchý rok.

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Na lokalite sú sledované len zmeny režimových ukazovateľov. Na základe získaných údajov z roku 2015 a po ich zhodnotení je možné konštatovať pokles priemerných ukazovateľov sledovaných hodnôt. Uvedený zostup je odrazom nižších zrážkových úhrnov ako v predchádzajúcom roku 2014. Pokles hladiny podzemnej vody sa priamo odrazil i na množstve vytekajúcej vody z drenážnych zariadení.

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 2016 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2015.

#### 1.4.11. 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 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015 na lokalite Dolná Mičiná, sú zhrnuté v tab. 4.11.1.

Tab. 4.11.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Dolná Mičiná v rokoch 2014 a 2015

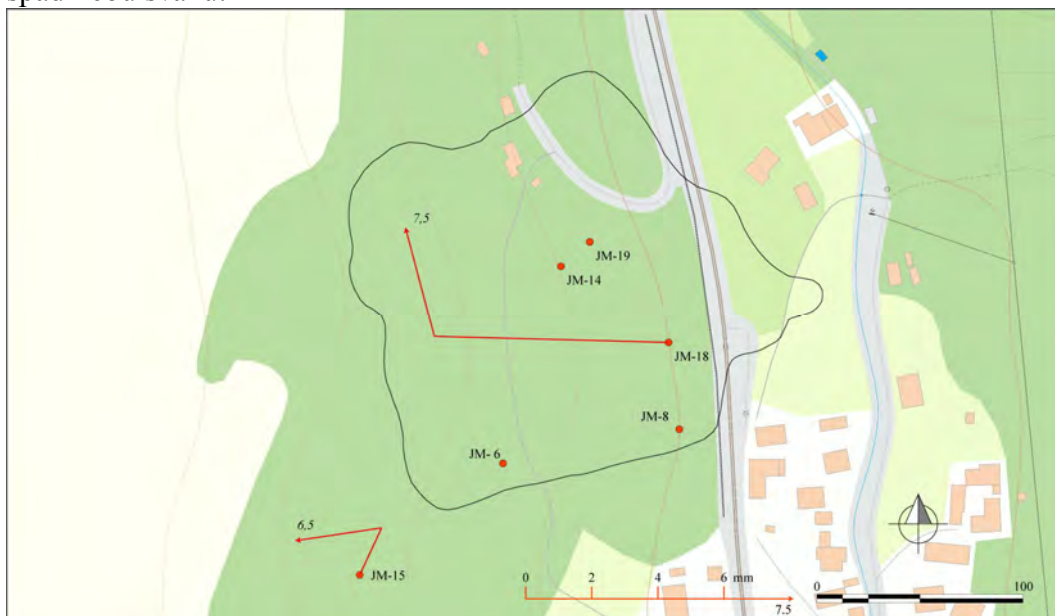
| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                       | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                                 |                |
|--------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                             | Rok 2014                                                                   | Rok 2015       |
| Inklinometrické                            | 3                     | JM-8, JM-15, JM-18                                    | 1<br>(16. október)                                                         | 1<br>(28. júl) |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 10                    | JM-2, 3, 8, 9, 10, 13, 15, 16, 18, 19                 | 5<br>(12. marec,<br>19. máj,<br>10. júl,<br>9. september,<br>26. november) | 0              |
|                                            | 1                     | JM-6<br>automatický hladinomer                        | Kontinuálne<br>(každú hodinu)                                              |                |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 7                     | HV-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7                                | 5<br>(12. marec,<br>19. máj,<br>10. júl,<br>9. september,<br>26. november) | 0              |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 1                     | Stanica SHMÚ:<br>Banská Bystrica<br>(indikatív 34300) | Denné úhrny zrážok                                                         |                |

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

##### *a/ Inklinometrické merania*

V roku 2014 boli merania realizované v polovici októbra a namerané prírastky deformácie charakterizujú pohybovú aktivitu za približne jednoročné obdobie. Najväčšia pohybová aktivita v rámci dlhodobu sledovaných horizontov bola nameraná vo vrte JM-15 v hĺbke 8,5 m pod terénom (6,87 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 6,76 mm.rok<sup>-1</sup>). Nameraný etapový vektor mal západný, až severozápadný smer. V horizonte 6,5 m pod terénom bola nameraná deformácia 1,22 mm (1,53 mm.rok<sup>-1</sup>) s azimutom na severo-severovýchod. V oboch prípadoch však celková deformácia za sledované obdobie nepresiahla

1,5 mm. Vysoké hodnoty prírastkov deformácie boli dosiahnuté i vo vrte JM-8. V hĺbke 6,5 m pod terénom tohto vrtu bola nameraná deformácia 6,54 mm a v hĺbke 8,0 m pod terénom 6,4 mm. V hĺbke 7,5 m pod terénom (tab.4.11.2) bol nameraný vektor 7,09 mm ( $6,99 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Orientácia nameraných vektorov je v oboch prípadoch v protiklade so spádnicou svahu.



Obr. 4.11.1. Lokalita Dolná Mičina – výsledky inklinometrických meraní za roky 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.11.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Jadroňa et al. (1998), mapový podklad: ZBGIS®

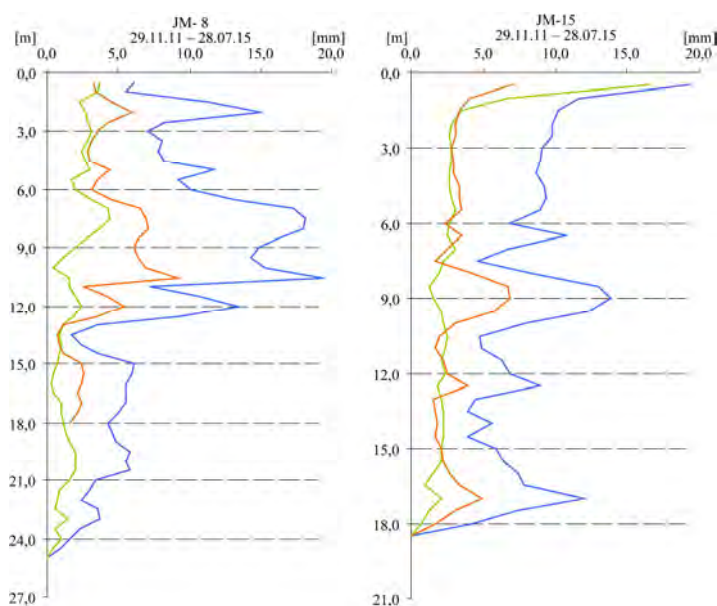
V roku 2015 sa na lokalite vykonala jedna etapa kontrolných meraní. Výsledok meraní potvrdil, že namerané hodnoty nemajú priami súvis s svahovým pohybom. Výsledky meraní vo vybraných horizontoch sú zhrnuté v tab. 4.11.2.

Tab. 4.11.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Dolná Mičina v rokoch 2014 a 2015

| Bod   | Hĺbka pod ter. | 10.10.13 – 16.10.14 |         |       | 16.10.14 – 28.07.15 |         |       |
|-------|----------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|       |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| JM- 8 | 7,50           | 1,80                | 7,09    | 272   | 3,72                | 3,31    | 345   |
| JM-15 | 6,50           | 1,22                | 1,55    | 25    | 3,11                | 2,53    | 262   |

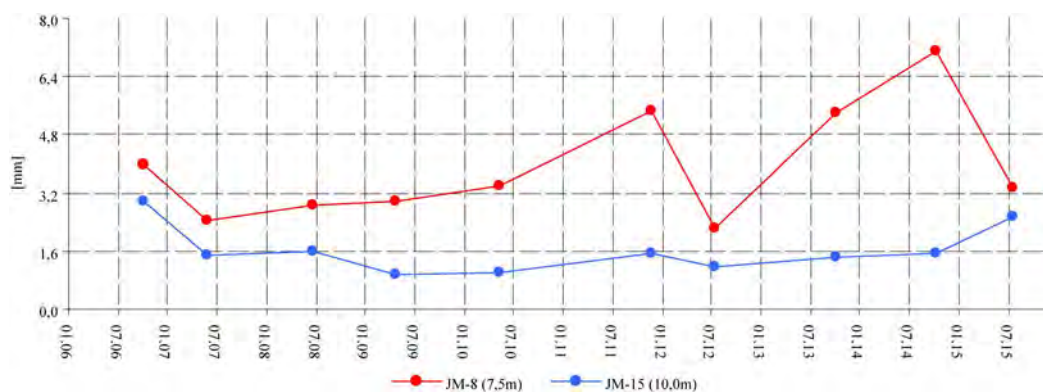
CD – Celková deformácia od nultého merania (29.11.11)

ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora



Obr. 4.11.2. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie (od roku 2011 do roku 2015). zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

Vysvetlenie je možné hľadať v technickom vystrojení inklinometrických vrtov. Vrtý boli pôvodne vybudované ako viacúčelové a mnohé z nich okrem inklinometrických meraní i dnes slúžia na sledovanie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody. Pri zabudovaní týchto vrtov nebol priestor medzi stenou vrtu a inklinometrickou pažnicou vyplnený cementovo-bentonitovou zálievkou, ale bol aplikovaný obsypový materiál v podobe jemnozrnného štrku. Predpokladáme, že uvedený neštandardný spôsob zabudovania inklinometrickej pažnice zapríčiňuje nejednoznačnosť nameraných výsledkov. Vysvetlenie nejasností súvisiacich s orientáciou nameraných vektorov však nie je možné získať bez hlbšej analýzy viacerých faktorov, vplývajúcich na deformáciu inklinometrickej pažnice a tiež i na kvalitu samotného merania.



Obr. 4.11.3. Dlhodobé (2006 – 2015) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Dolná Mičina

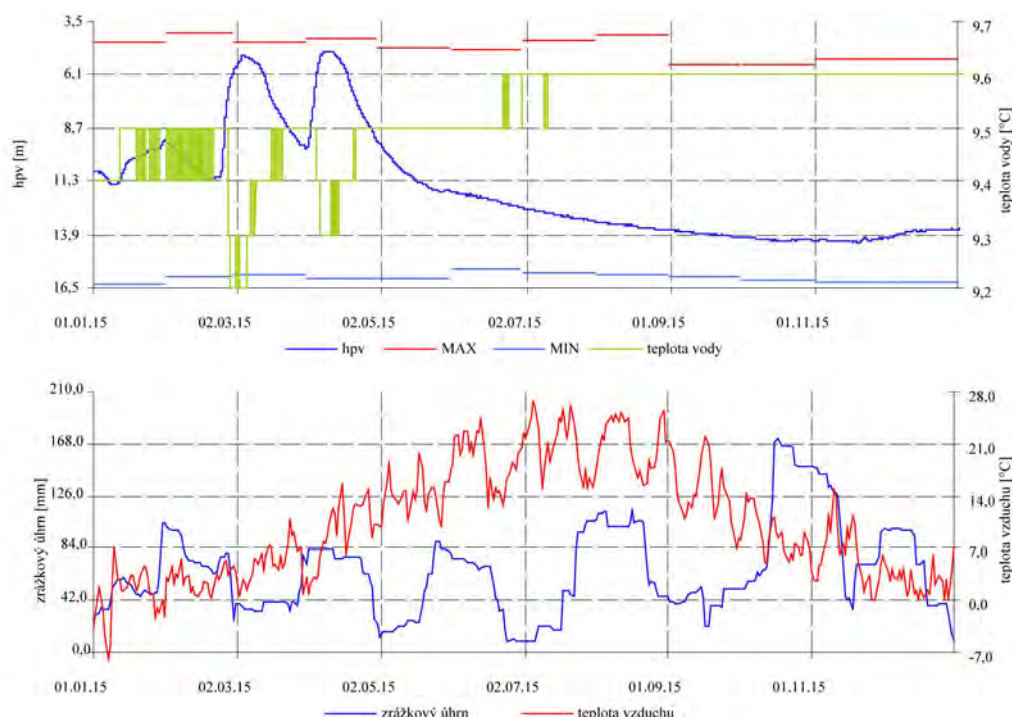
Pri sledovaní dlhodobého vývoja vo vrte JM-8, ktorý je prezentovaný na obr. 4.11.3 je vidieť, že nárasty deformácií za posledných desať rokov súviseli s obdobiami, ktoré boli významné z hľadiska vývoja klimatických faktorov. Znamená to, že prostredie v oblasti tohto inklinometrického vrtu reaguje na stabilnú situáciu zosuvného telesa, ale namerané výsledky deformácií majú kvôli nevhodnému vystrojeniu veľmi nízku výpovednú hodnotu.

## b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami

V roku 2014 bola maximálna hĺbka hladiny podzemnej vody v tomto vrte nameraná 20. septembra (6,86 m pod terénom – tab. 4.11.3, obr. 4.11.4). Minimálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná 6. januára (14,75 m pod terénom). Celkové kolísanie hĺbky hladiny podzemnej dosiahlo 7,89 m, čo je oproti predchádzajúcemu roku výrazné ustálenie. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla 12,08 m pod terénom. Hladina podzemnej vody sa počas jednotlivých mesiacov nachádzala v rámci intervalov minimálnych a maximálnych mesačných stavov, odvodených z nameraných údajov v rokoch 2005 až 2013.

Tab. 4.11.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Dolná Mičina v roku 2014

| 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       | 6,86            | 406,03             | 20.09.14 16:00 | 14,75           | 398,14             | 06.01.14 17:00 | 12,08             | 400,81             | 7,89                   |



Obr. 4.11.4. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (v porovnaní s dlhodobými maximálnymi a minimálnymi mesačnými stavmi) a teploty vody, zaznamenaný v roku 2015 automatickými hladinomerami na lokalite Dolná Mičina. a – záznam z automatického hladinomeru vo vrte JM-6, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a teploty vzduchu, na zrážkomernej stanici SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300)

V roku 2015 bola maximálna hĺbka hladiny podzemnej vody v tomto vrte nameraná 10. apríla 4,93 m pod terénom (tab. 4.11.4). Minimálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná na 18. novembra (14,28 m pod terénom). Celkové kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody dosiahlo 9,35 m a jej priemerná hĺbka stúpila oproti roku 2014 o 0,40 m a v roku 2015 dosiahla 11,68 m pod terénom.

Zmeny hladiny podzemnej vody súviseli najmä s jarnými zrážkami, vďaka ktorým bol zaznamenaný jej viacnásobný vzostup (striedaný s poklesom). Po dosiahnutí maximálneho stavu mala prevažne klesajúci trend. Až začiatkom decembra došlo k jej miernemu vzostupu.

Zmeny teploty podzemnej vody súviseli s dotáciou chladnejšími vodami. Počas druhej časti hodnoteného roka mala teplota vody vyrovnaný priebeh. Celkový teplotný rozsah je však



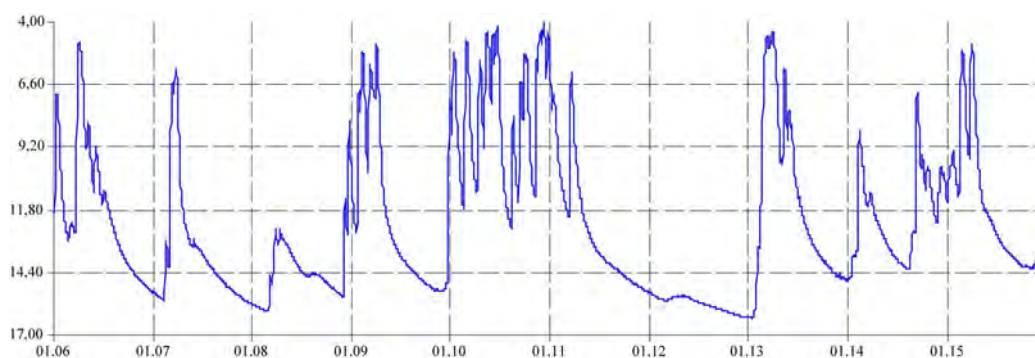
veľmi nízky, len 0,4°C (od 9,2 do 9,6°C). Ustálený teplotný režim podzemnej vody poukazuje na jej dlhší a hlbší obeh.

Tab. 4.11.4. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Dolná Mičina

| Bod  | Počet mer. | 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.] |                        |
| JM-6 | 8760       | 4,93            | 407,96             | 10.04.15 16:00 | 14,28           | 398,61             | 18.11.15 21:00 | 11,68             | 401,21             | 9,35                   |

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.

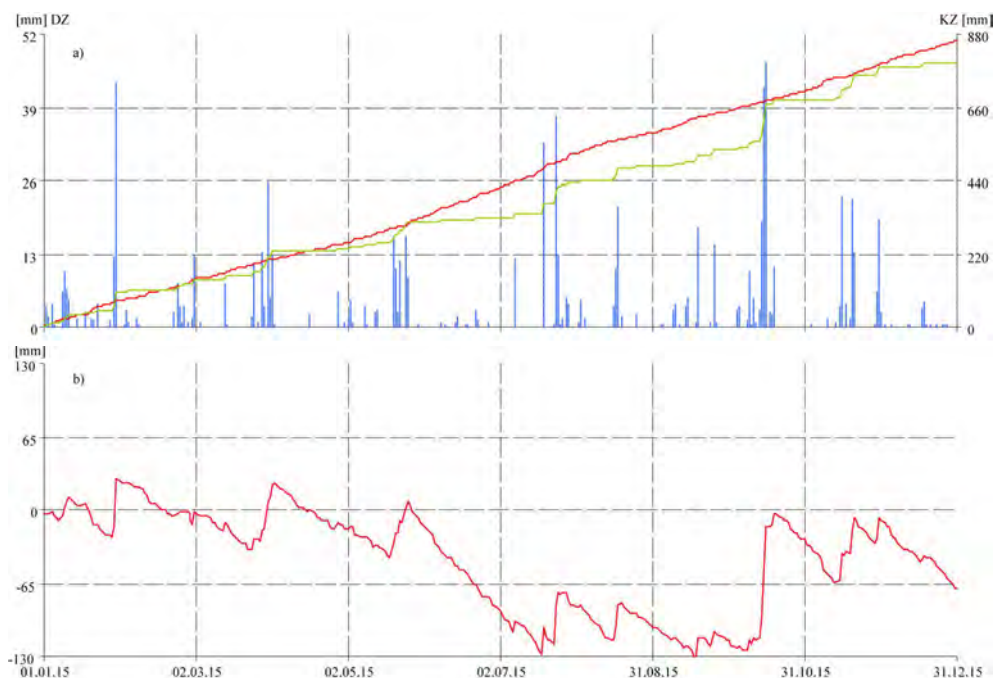
Maximálna hladina bola vo vrte zaznamenaná 12. decembra 2010 s hĺbkou 4,02 m pod terénom (obr. 4.11.5). Ide o najvyššiu úroveň hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia. Opačným príkladom je rok 2012, ktorý je možné vyhodnotiť ako najsuchší – s najnižšou priemernou úrovňou hladiny podzemnej 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. 4.11.5. Dlhodobé (2006 – 2015) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody v [m], zaznamenané automatickým hladinomerom, umiestneným vo vrte JM-6 na lokalite Dolná Mičina

#### d/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkových pomeroch zo stanice SHMÚ Banská Bystrica (obr. 4.11.6), na ktorej je dlhodobý zrážkový priemer 855,15 mm. Úhrn zrážok za rok 2014 bol 1011,1 mm, čo predstavuje 118,24 % dlhodobého priemeru a hodnotí sa ako vlhký rok. Za rok 2015 bol nameraný úhrn zrážok 792,2 mm, čo predstavuje 92,64 % dlhodobého priemeru a hodnotí sa ako normálny rok.



Obr. 4.11.6. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300). a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2015 (modrá línia – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená línia – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená línia – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2000 – 2014); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2015

### **Zhrnutie výsledkov a upozornenia**

Zo zabezpečených meraní v roku 2015 máme najlepší obraz 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 2015, ale aj z údajov získaných zo stanice SHMÚ v Banskej Bystrici (s indikátivom 34300) je možné pozorovať, že v jarých mesiacoch došlo k zhoršeniu stabilitných pomerov. Tento stav súvisí so zvýšenými úhrnmi zrážok. Naopak, v letnom a jesennom období prevládali stabilitne priaznivé pomery.

Meranie pohybovej aktivity metódou presnej inklinometrie, realizované 28. júla, potvrdilo, že monitorovacie objekty nepodávajú spoľahlivé výsledky.

V roku 2016, vzhľadom na súčasný stav monitorovacej siete plánujeme zabezpečiť len zber a analýzu údajov z automatického hladinomera, situovaného vo vrte JM-6 a klimatických ukazovateľov zo stanice SHMÚ Banská Bystrica.

#### 1.4.12. 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 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, podobne ako v prípade predchádzajúcej lokality, 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 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.12.1.

Tab. 4.12.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v rokoch 2014 a 2015

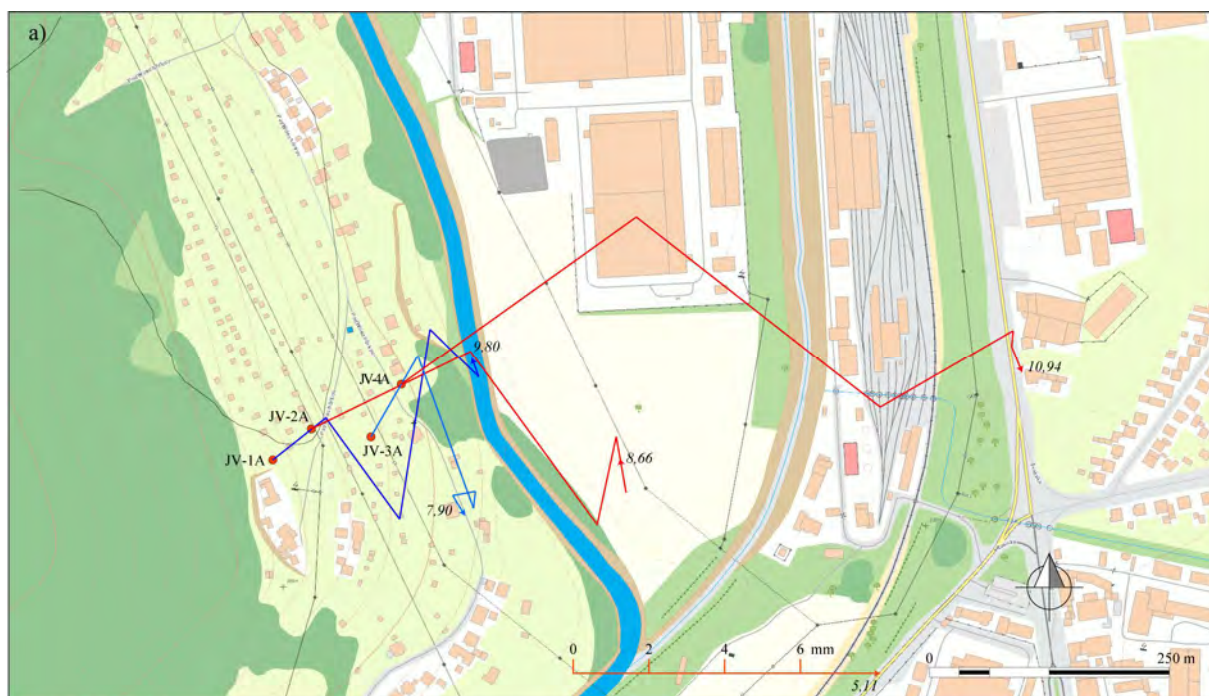
| Metódy monitorovania                 | Monitorovacie objekty |                                                          | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania)                                                                                                  |                                                                                                                                 |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | Počet                 | Označenie                                                | Rok 2014                                                                                                                                       | Rok 2015                                                                                                                        |
| Inklinometrické                      | 4                     | JV-1A, JV-2A,<br>JV-3A, JV-4A                            | 2<br>(3. jún,<br>3. december)                                                                                                                  | 3<br>(7. máj,<br>31. august,<br>9. november)                                                                                    |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody | 4                     | JV-1, JV-2,<br>JV-3, JV-4                                | 10<br>(28. január,<br>26. február,<br>28. marec, 30. apríl,<br>26. máj, 8. júl,<br>4. august,<br>4. september,<br>1. október,<br>13. november) | 9<br>(29. január,<br>30. marec,<br>28. apríl,<br>25. máj, 30. jún,<br>23. júl,<br>28. august,<br>25. september,<br>21. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov            | 1                     | Stanica SHMÚ:<br>Prešov-planetárium<br>(indikatív 59160) | Denné úhrny zrážok                                                                                                                             |                                                                                                                                 |

*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 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. 4.12.1). V roku 2014 boli realizované 2 etapy inklinometrických meraní. Prvá etapa charakterizuje pohybovú aktivitu v období november 2013 až jún 2014 a druhá jún 2014 až december 2014 (v tab. 4.12.2 je prezentovaná len druhá etapa meraní). Vyššia pohybová aktivita bola nameraná počas druhej etapy. Najväčšie deformácie boli namerané vo vrte JV-4A. V hĺbke 10,94 m pod terénom bola počas 6-mesačného obdobia nameraná deformácia 8,18 mm. Vysoké hodnoty deformácie boli počas tejto etapy namerané aj vo vrtach JV-2A a JV-3A (deformácie na sledovaných šmykových plochách presiahli 6 mm – tab. 4.12.2; priebeh šmykových plôch je zrejmý z obr. 4.12.2). Počas prvej etapy (6-mesačné obdobie) boli výraznejšie deformácie zaznamenané len vo vrte JV-4A (v hĺbke

10,94 m pod terénom – deformácia 7,62 mm). V ostatných vrtoch prírastky deformácie nepresiahli 4 mm (tab. 4.12.2).



Obr. 4.12.1. Lokalita Prešov-Pod Wilec Hôrka – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.12.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®

V roku 2015 sa zvýšila frekvencia monitorovania, vo vrtoch boli zabezpečené tri etapy meraní (jar, leto a jeseň). Počas prvej etapy, ktorá trvala od decembra do mája, boli najvyššie prírastky deformácie namerané vo vrte JV-1A v sledovanej hĺbke 9,80 m pod terénom (5,1 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť  $12,09 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). O niečo nižší prírastok deformácie bol pozorovaný vo vrte JV-4A v hĺbke 10,94 m pod terénom (4,06 mm –  $9,63 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Vo vrtoch JV-2A a JV-3A sa na sledovaných šmykových plochách pohybovali veľkosti prírastkov etapových deformácií v rozsahu 0,45 až 2,38 mm. Zaznamenané vektory boli orientované na sever až severovýchod.

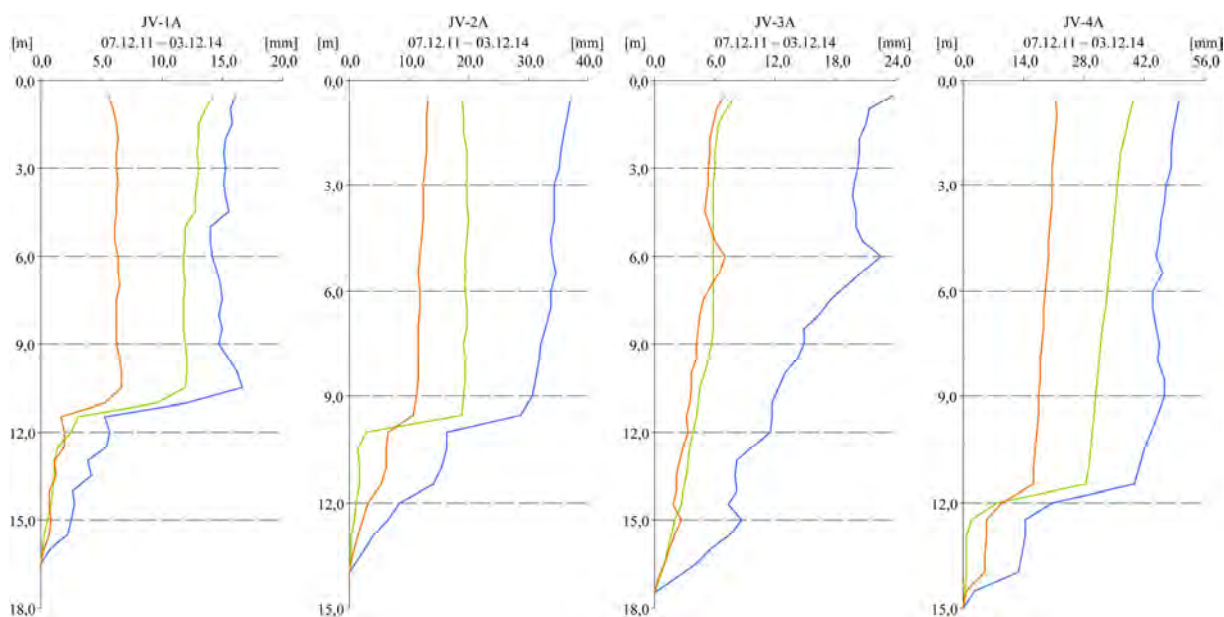
Tab. 4.12.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrka v rokoch 2014 a 2015

| Bod   | Hĺbka pod ter. | 03.06.14 – 03.12.14 |         |       | 03.12.14 – 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 [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| JV-1A | 9,80           | 11,96               | 3,31    | 144   | 5,10                | 5,10    | 9     | 4,31                | 1,80    | 134   | 4,60                | 0,42    | 340   |
| JV-2A | 8,66           | 19,46               | 5,68    | 144   | 2,38                | 2,38    | 12    | 1,14                | 1,50    | 170   | 1,75                | 0,80    | 350   |
| JV-3A | 7,90           | 5,85                | 4,30    | 160   | 0,45                | 0,45    | 7     | 0,64                | 0,61    | 259   | 0,30                | 0,51    | 149   |
| JV-4A | 10,94          | 28,30               | 8,18    | 128   | 4,06                | 4,06    | 60    | 3,83                | 0,42    | 185   | 3,85                | 0,63    | 158   |

CD – Celková deformácia od nultého merania (07.12.11 pre etapu 03.06.14 – 03.12.14; 03.12.14 bolo zabezpečené nové nulté meranie); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora

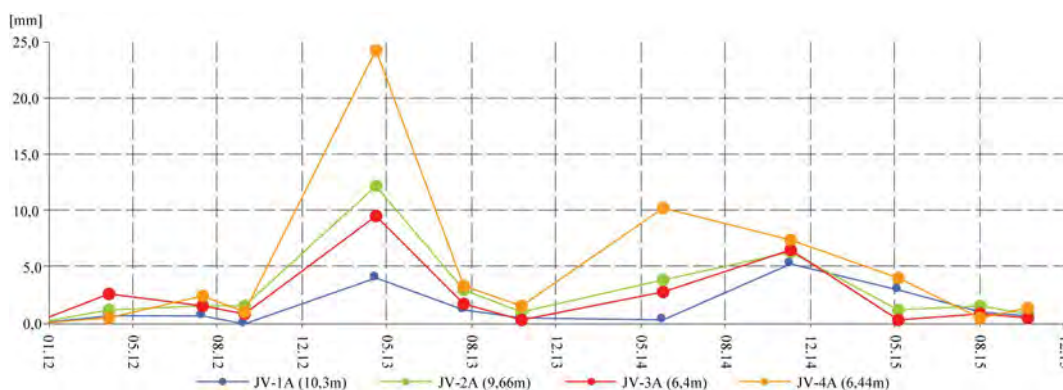
Počas druhej a tretej etapy došlo k celkovému poklesu pohybovej aktivity. Maximálne prírastky etapových deformácií v jednotlivých sledovaných horizontoch nepresiahli 2 mm (max. dosiahnutá priemerná rýchlosť bola  $5,67 \text{ mm.rok}^{-1}$  – JV-1A v hĺbke 9,80). Došlo i k zmene azimutov vektorov. Prevládajúcim smerom bol juhovýchod, resp. juh (najmä počas druhej etapy meraní).





Obr. 4.12.2. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie. Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

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. 4.12.3).



Obr. 4.12.3. Dlhodobé (2012 – 2015) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou

#### b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 4 vrtoch (tab. 4.12.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.12.3 a 4.12.4). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (28. január – 13. november). Najbližšie k povrchu terénu bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte JV-2 (2,64 m pod terénom – 272,13 m n. m. – 26. máj – maximálne úrovne hladiny podzemnej vody v ostatných vrtoch sa vyskytovali tiež počas tohto termínu). Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte JV-1 (10,18 m – 279,38 m n. m. – 1. október). Výskyt minimálnej úrovne sa v jednotlivých vrtoch výrazne líšil (január, apríl a október). Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 3,49 (JV-3) až 9,75 m pod terénom (JV-1). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte JV-1 (2,63 m). V roku 2014 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 5,99 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).



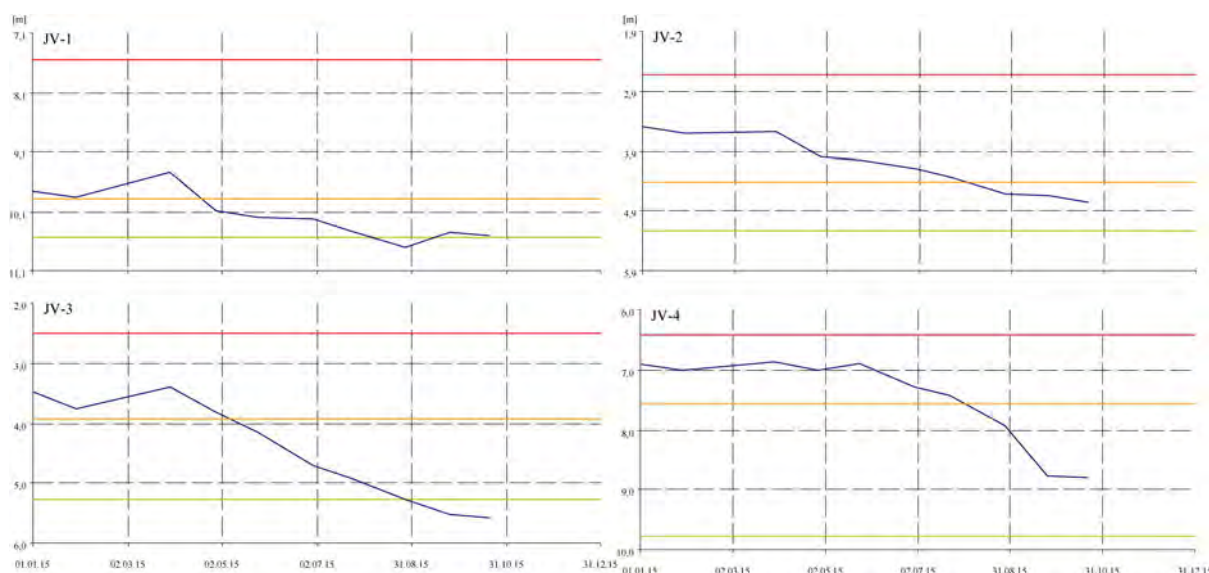


Obr. 4.12.4. Lokalita Prešov-Pod Wilec Hôrkou – situácia monitorovacích objektov hĺbky hladiny podzemnej vody; obrysy zosuvov podľa Tupého et al. (2011b); mapový podklad: ZBGIS®

V aktuálne hodnotenom 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). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (2,49 m pod terénom, zaznamenanou dňa 25. apríla 2013), nameraná maximálna hladina v roku 2015 bola o 0,90 m hlbšie. Podobne ani v ostatných monitorovaných vrtoch neboli prekročené dlhodobé maximálne hladiny podzemnej vody. 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 minimálne stavy namerané za celé monitorovacie obdobie. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 6,63 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,64 m. 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 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2015 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní sú znázornené na obr. 4.12.5. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody so sumárnou výdatnosťou a kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.12.6.

Tab. 4.12.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou v roku 2014

| 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           | 7,55            | 282,01             | 26.05.14      | 10,18           | 279,38             | 01.10.14      | 9,75              | 279,81             | 2,63                   |
| JV-2 | 10           | 2,64            | 272,13             | 26.05.14      | 4,37            | 270,40             | 30.04.14      | 3,77              | 271,00             | 1,73                   |
| JV-3 | 10           | 2,80            | 262,29             | 26.05.14      | 4,19            | 260,90             | 01.10.14      | 3,49              | 261,60             | 1,39                   |
| JV-4 | 10           | 6,42            | 249,07             | 26.05.14      | 7,52            | 247,97             | 28.01.14      | 6,96              | 248,53             | 1,10                   |

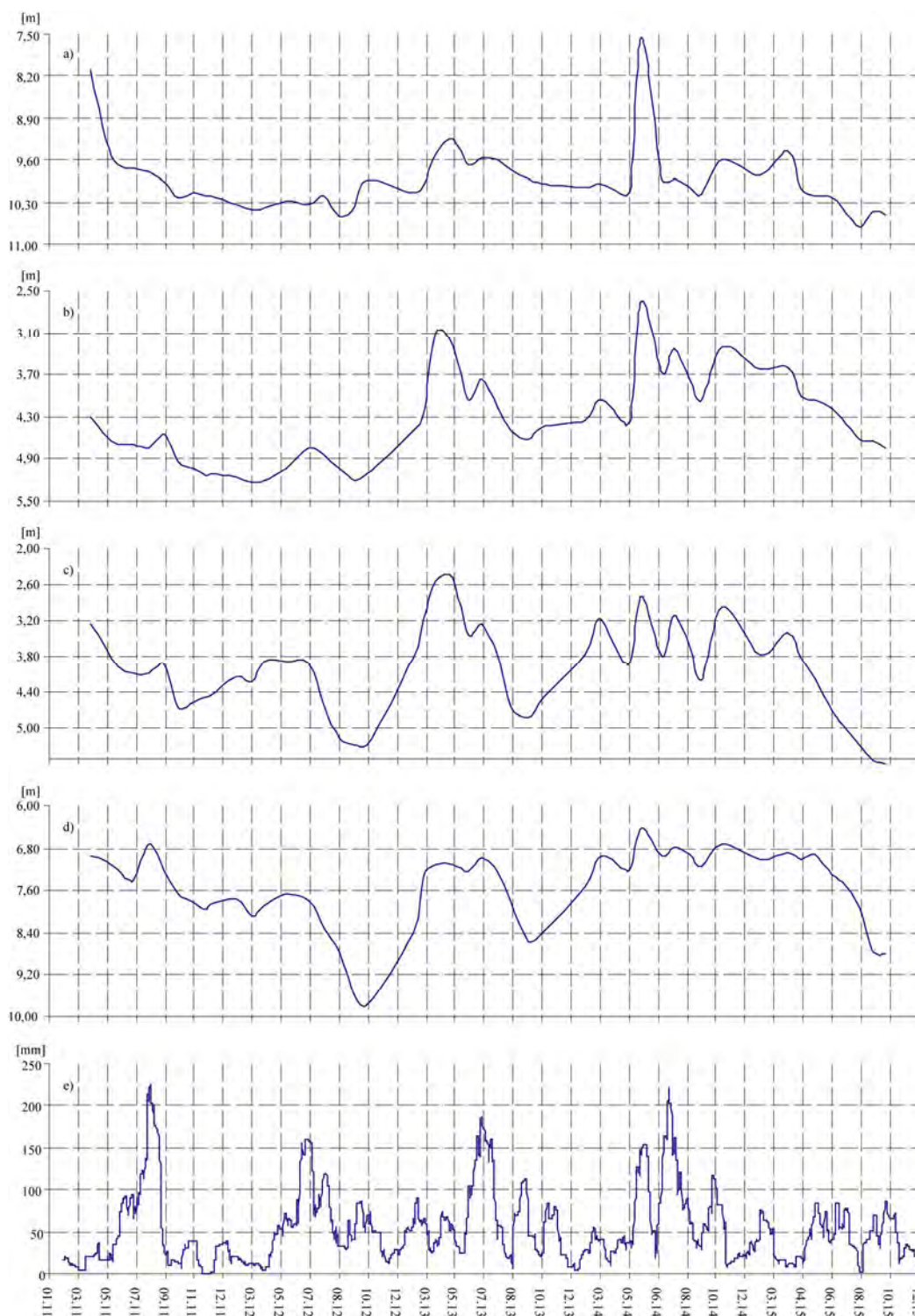


Obr. 4.12.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2015 na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania); červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2015

Tab. 4.12.4. 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                   |

Pri pohľade na výsledky režimových pozorovaní je vidieť, že priebeh hladiny podzemnej vody je ovplyvnený striedaním sa období s výdatnejšími zrážkovými úhrnmi s obdobiami s nižšími úhrnmi. Vo vrtoch JV-1, 2 a 4 boli v roku 2014 namerané najvyššie hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie. Jej najväčší vzostup bol pozorovaný vo vrte JV-1, počas ktorého hladina prekonal maximálny stav zo začiatku monitorovacieho obdobia. Naopak, v aktuálne hodnotenom roku boli v prípade vrtov JV-1 a 3 prekročené dlhodobé minimálne stavy hladiny podzemnej vody.



Obr. 4.12.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou. Pribeh 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 indikatívom 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, a tiež ich dosah na veľkosť pohybovej aktivity, ktorá je sledovaná metódou presnej inklinometrie.

V roku 2015, hlavne počas letnej a jesennej etapy meraní došlo v porovnaní z predchádzajúcim rokom k poklesu pohybovej aktivity. Súvisí to s priaznivými klimatickými faktormi, ktoré sa prejavili poklesom hladiny podzemnej vody.

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 2015.

#### 1.4.13. 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 Fussgängera a Jadroňa (1977).

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.13.1.

Tab. 4.13.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Okoličné v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                                                                        | Počet uskutočnených meraní (dátum merania) |                      |
|--------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                                                                              | 2014                                       | 2015                 |
| Geodetické                                 | 16                    | P10, P11, P12, P13, P14, P15, P16, P18, P19, P22, P24, P5, P7, P8, P9, ŠPS v L. Mikuláši (vzťažný bod) | 1<br>(31. máj)                             | 1<br>(24. júl)       |
| Inklinometrické                            | 4                     | M-2, 3, 4, JO-1A                                                                                       | 2<br>(8. júl,<br>17. október)              | 1<br>(31. júl,)      |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 8                     | J-3A, J-3B, J-6B, JP-44, JO-1, M-2, M-3, M-4                                                           | 45<br>(1x za týždeň)                       | 46<br>(1x za týždeň) |
|                                            | 2                     | J-1; AH-2<br>automatické hladinomery                                                                   | Kontinuálne<br>(každú hodinu)              |                      |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 10                    | D1, D2, D3, V-1, 3, 5, 101, 102, 103, 104                                                              | 45<br>(1x za týždeň)                       | 46<br>(1x za týždeň) |
|                                            | 2                     | vertikálne piezometrické vrty, na ktorých sa meria výdatnosť JH-14, JH-17                              | 45<br>(1x za týždeň)                       | 46<br>(1x za týždeň) |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 2                     | Stanice SHMÚ:<br>Lipt. Mikuláš (indikatív 21060)<br>Lipt. Mikuláš – Ondrášová (indikatív 21130)        | Denné úhrny zrážok                         |                      |

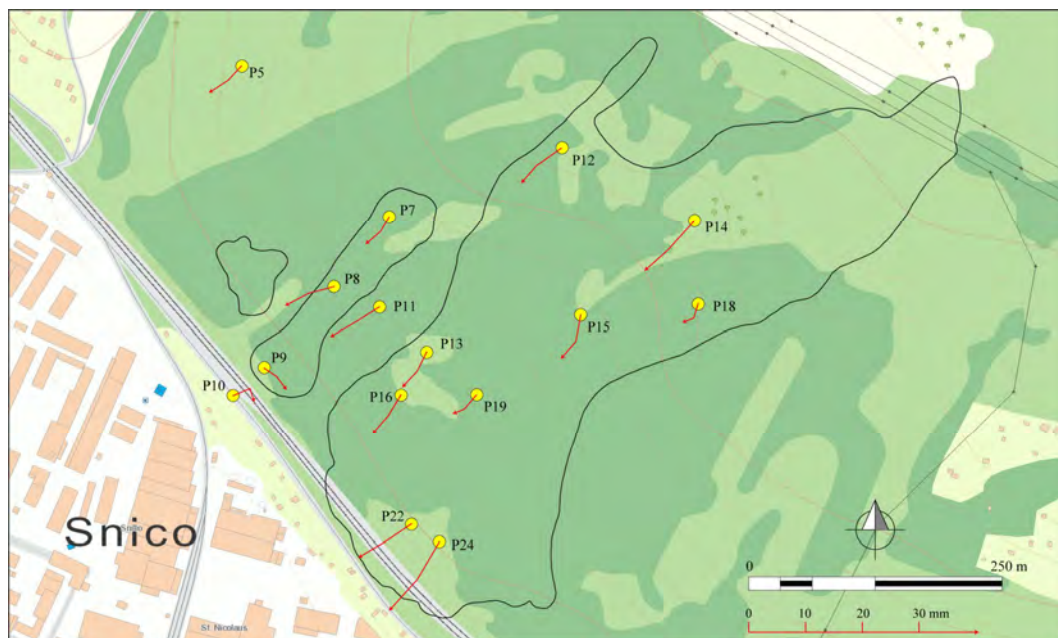
*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

##### *a/ Geodetické merania*

V roku 2014 bol geodetickým meraním dokumentovaný stabilný stav. Meranie bolo realizované koncom mája, teda namerané vektory charakterizujú pohybovú aktivitu v jednoročnom období. Najväčšie polohové zmeny, nad 10 mm, boli namerané len v bodoch P24 (13,75 mm) a P14 (11,18 mm – obr. 4.13.1). V ostatných bodoch boli namerané priestorové zmeny do 10 mm. Vertikálne zmeny mali prevažne klesajúci charakter. Najvýraznejší pokles bol nameraný v bode P24 (tab. 4.13.2; Pisca, 2014).



Podobne ako v predchádzajúcom roku, i 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). Na základe nameraných výsledkov je možné zosuvné územie považovať za potenciálne stabilné (Pisca, 2015).



Obr. 4.13.1. Lokalita Okoličné – výsledky geodetických meraní. Obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.13.2; mapový podklad: ZBGIS®

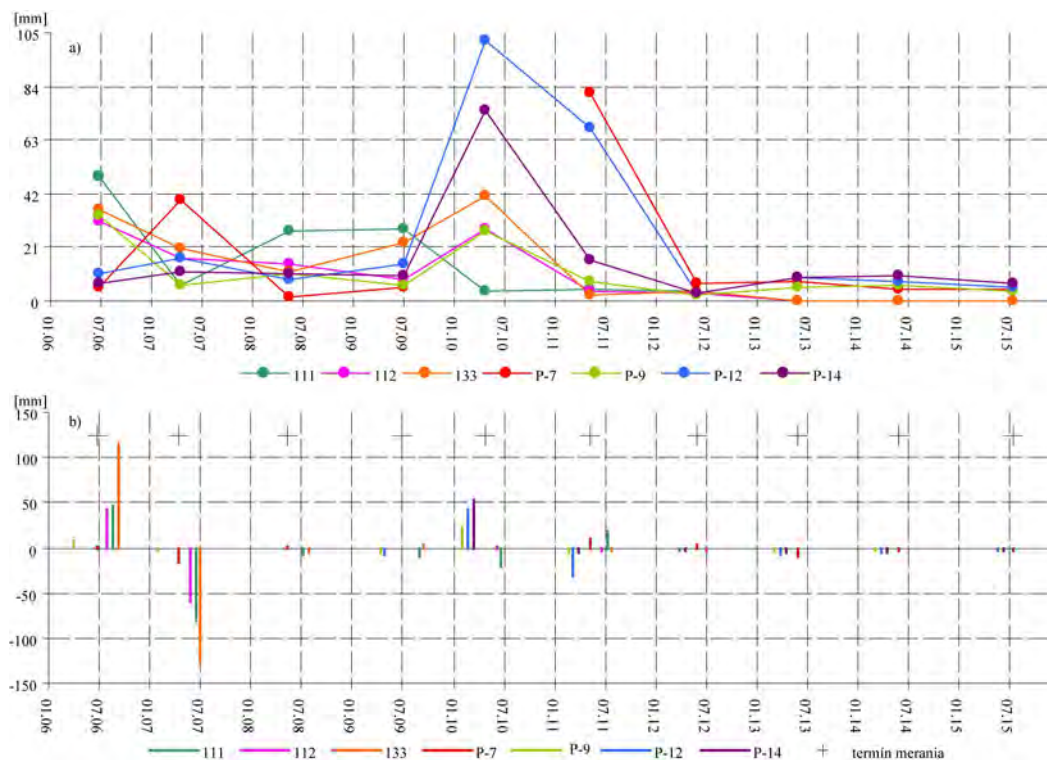
Z dlhodobého hľadiska (obdobie 2006 až 2015 – obr. 4.13.2a) možno konštatovať, že najväčšie hodnoty posunov boli zaznamenané v rokoch 2010 a 2011 (výsledky meraní môžu byť do určitej miery ovplyvnené zmenou technológie merania – prechod z výlučne terestrického merania na GNSS). K určitému nárastu pohybovej 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. 4.13.2. Výsledky geodetických meraní na lokalite Okoličné v rokoch 2014 a 2015

| Bod | 31.05.13 – 31.05.14 |         |             | 31.05.14 – 24.07.15 |         |             |
|-----|---------------------|---------|-------------|---------------------|---------|-------------|
|     | Premiestnenie [mm]  |         |             | Premiestnenie [mm]  |         |             |
|     | polohové            | výškové | priestorové | polohové            | výškové | priestorové |
| P10 | 4,47                | -3,00   | 5,39        | 3,162               | -2,000  | 3,742       |
| P11 | 6,40                | -1,00   | 6,48        | 7,211               | -3,000  | 7,810       |
| P12 | 7,81                | -5,00   | 9,27        | 5,000               | -4,000  | 6,403       |
| P13 | 5,39                | -5,00   | 7,35        | 5,000               | -3,000  | 5,831       |
| P14 | 10,00               | -5,00   | 11,18       | 7,071               | -4,000  | 8,124       |
| P15 | 7,07                | -4,00   | 8,12        | 5,000               | -1,000  | 5,099       |
| P16 | 6,71                | -4,00   | 7,81        | 5,000               | -1,000  | 5,099       |
| P18 | 4,12                | -2,00   | 4,58        | 2,236               | -2,000  | 3,000       |
| P19 | 5,00                | 0,00    | 5,00        | 2,236               | -1,000  | 2,449       |
| P22 | 7,81                | -6,00   | 9,85        | 7,211               | -5,000  | 8,775       |
| P24 | 11,18               | -8,00   | 13,75       | 10,000              | -5,000  | 11,180      |
| P5  | 5,00                | -2,00   | 5,39        | 5,000               | -2,000  | 5,385       |
| P7  | 4,472               | -4,00   | 6           | 4,243               | -3,000  | 5,196       |
| P8  | 4,47                | -4,00   | 6,00        | 5,831               | -2,000  | 6,164       |
| P9  | 6,33                | -3,00   | 7,00        | 3,606               | -2,000  | 4,123       |

Pri hodnotení vertikálnych zmien v dlhšom časovom období (2006 až 2015) boli najvýraznejšie zmeny zaznamenané v rokoch 2006 a 2007 (obr. 4.13.2b). Počas roku 2006

boli zaznamenané výrazné vzostupné zmeny. Najväčšia z nich bola nameraná na bode 133 (dňa 14. augusta bola zistená vertikálna zmena – vzostup o 116,0 mm). Počas nasledujúceho roka 2007 bol nameraný výrazný pokles pozorovacích bodov, pričom k najväčšej zmene došlo opäť 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.



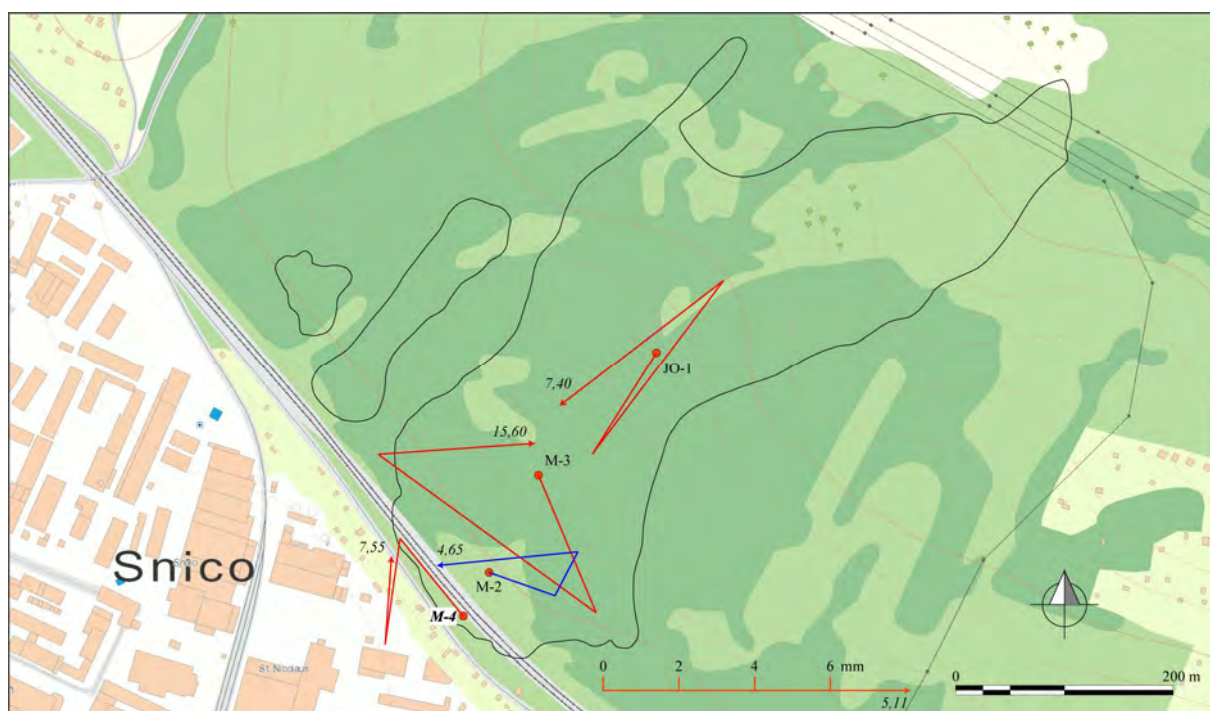
Obr. 4.13.2. Dlhodobé (2006 – 2015) zmeny polohy a výšky pozorovaných bodov, zistené geodetickým meraním na lokalite Okoličné. a – polohové zmeny geodetického bodu, b – vertikálne zmeny geodetického bodu

#### b/ Inklinometrické merania

V roku 2014 bola overená aktivita zosuvného územia dvomi etapami meraní. Najvyššia deformácia v rámci sledovaných horizontov bola dosiahnutá vo vrte M-3. V období od 17. júla 2012 do 8. júla 2014 bola v tomto vrte v hĺbke 3,1 m pod terénom nameraná deformácia 6,63 mm. Následne, počas druhého kontrolného merania (17. októbra) dosiahla deformácia v tomto horizonte 0,67 mm. Orientácia nameraných azimutov v sledovaných horizontoch počas jednotlivých meraní však varíruje (tab. 4.13.3). Podobne, rozdiely medzi azimutmi nameranými počas letnej a jesennej etapy, sú aj v ostatných vrtoch. Rozdiely medzi poslednými dvomi etapami sa v jednotlivých vrtoch pohybujú v intervale od 90 do 208°, prevládajú však hodnoty blízke 180°. Z uvedeného vyplýva, že výsledná deformácia medzi júlom 2012 a októbrom 2014 je v skutočnosti oveľa menšia (obr. 4.13.3). Z pohľadu vývoja deformácie vo vrte je zaujímavý obr. 4.13.4, kde vidieť celkovú deformáciu inklinometrickej pažnice za dlhšie monitorované obdobie (od roku 2011).

V roku 2015 bolo vo vrtoch vykonané jedno kontrolné meranie. Vysoké hodnoty deformácie boli opätovne 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 majú široké zastúpenie – od severu, cez severovýchod, juhozápad až po západ.

Z obr. 4.13.3 je zrejmé, že vrty, ktoré sa nachádzajú vo svahu, počas jednotlivých meraní vykazujú pomerne „vysokú“ aktivitu, no celková deformácia v jednotlivých hĺbkových úrovniach je nízka. Napríklad vo vrte M-3 sa počas vykonaných meraní neprejavila

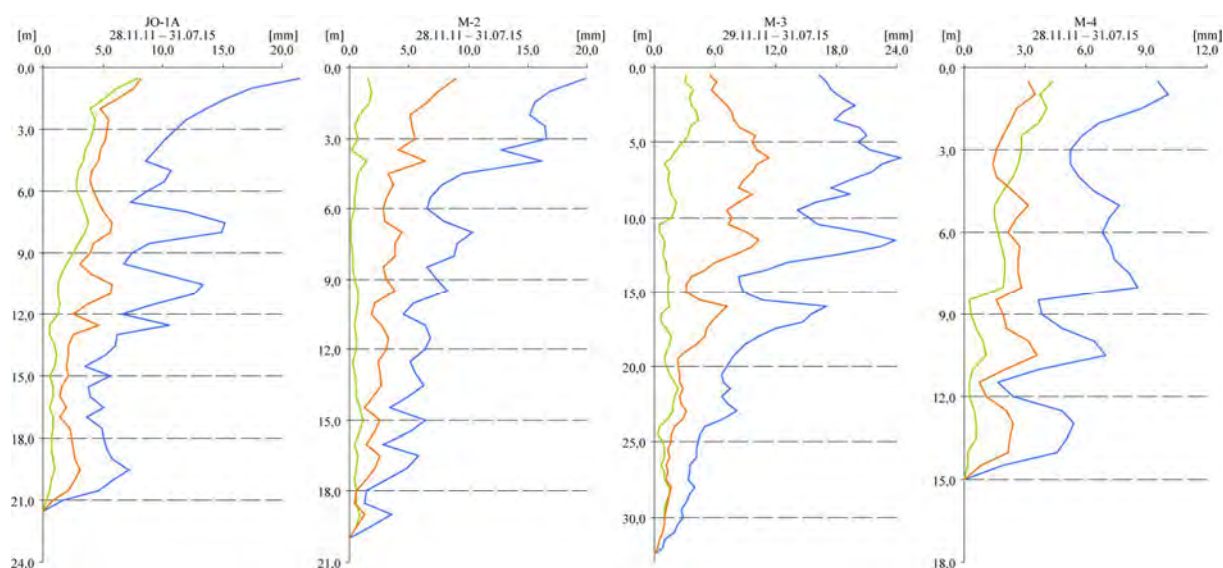


Obr. 4.13.3. Lokalita Okoličné – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2014 a 2015 (obdobia meracích etáp sú v súlade s tab. 4.13.3; čísla zobrazené pri vektorech označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa: Fussgängera a Jadroňa (1977), mapový podklad: ZBGIS®

Tab. 4.13.3. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Okoličné v rokoch 2014 a 2015

| Bod    | Hĺbka pod ter. | 17.07.12 – 08.07.14 |         |       | 08.07.14 – 17.10.14 |         |       | 17.10.14 – 31.07.15 |         |       |
|--------|----------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|        |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| JO-1 A | 7,40           | 4,03                | 3,18    | 212   | 1,73                | 5,76    | 37    | 3,74                | 5,35    | 233   |
| M-2    | 4,65           | 2,86                | 1,84    | 109   | 3,22                | 1,30    | 28    | 0,51                | 3,62    | 264   |
| M-3    | 3,10           | 4,05                | 6,63    | 243   | 4,18                | 0,67    | 337   | 4,30                | 7,88    | 60    |
| M-3    | 15,60          | 5,46                | 3,94    | 157   | 2,55                | 7,12    | 306   | 1,49                | 4,03    | 86    |
| M-4    | 7,55           | 2,00                | 2,65    | 321   | 2,55                | 2,83    | 188   | 1,93                | 2,22    | 4     |

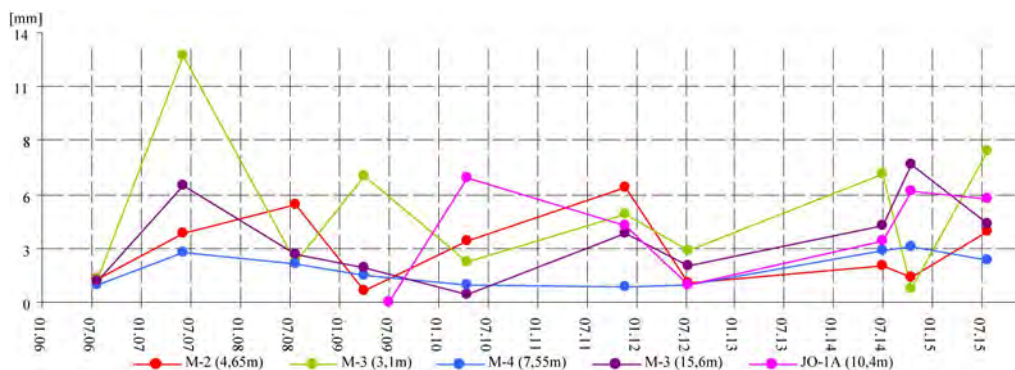
CD – Celková deformácia od nultého merania (29.11.11); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora



Obr. 4.13.4. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie. Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.



deformácia, ktorá by indikovala priebeh šmykovej plochy. Namerané deformácie v tomto vrte poukazujú jednoznačne na problém s jeho vystrojením. Podobne, ako v prípade lokality Dolná Mičina, aj na zosuve v Okoličnom boli niektoré inklinometrické vrty zrealizované ako viacúčelové, teda i v tomto prípade sa opakuje problém so zabudovaním vrtov. Namiesto cementovo-bentonitovej zálievky bol použitý štrkový obsyp.



Obr. 4.13.5. Dlhodobé (2006 – 2015) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Okoličné

Počas dlhšieho časového obdobia, boli najvýraznejšie deformácie namerané v roku 2007. Predpokladáme, že ich vysoká hodnota zaznamenaná vo vrte M-3 súvisela s nepriaznivými klimatickými pomermi predchádzajúceho roku 2006. Ostatné namerané deformácie oscilujú v rozsahu od cca 0 do cca 7 mm. Ako sme už uviedli vyššie, mnohé z nich súvisia s nedokonale zabudovanými vrtmi, pričom je problematické rozoznať vektory súvisiace so svahovým pohybom od „šumu“ zapríčineného technológiou zabudovania inklinometrickej pažnice.

#### c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

##### c1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

V rokoch 2014 a 2015 sa hladina podzemnej vody na lokalite merala v 10 objektoch s týždennou frekvenciou. Dva z meraných vertikálnych vrtov (JH-14 a JH-17) sú trvalo prelivové, teda voda z nich vyteká. Žiaľ, táto voda spätne infiltruje do prostredia zosuvu, čím zhoršuje jeho stabilitný stav. Výdatnosti týchto vrtov sú uvedené v rámci výsledkov meraní na odvodňovacích zariadeniach v tab. 4.13.8 a 9.

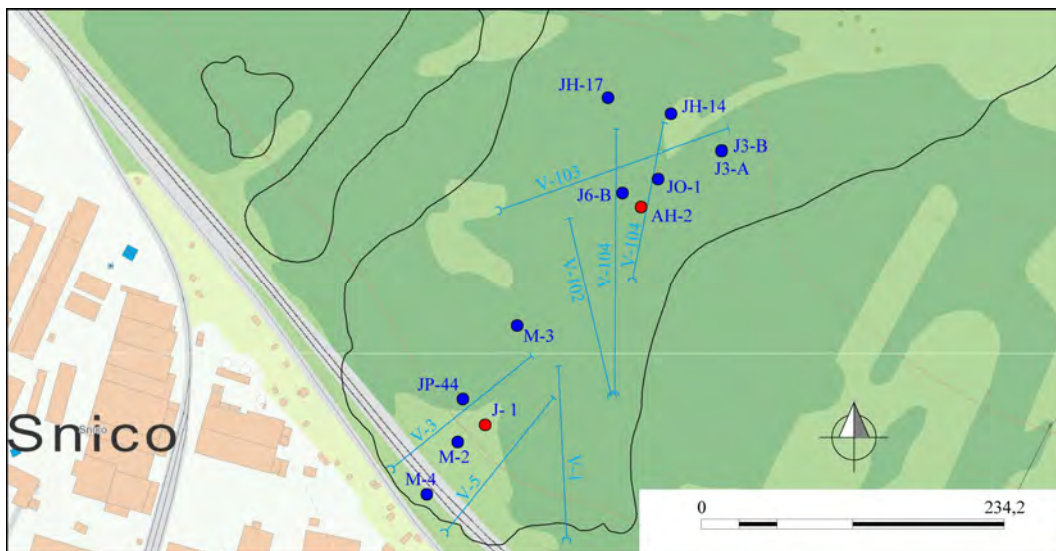
Tab. 4.13.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Okoličné v roku 2014

| 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   | 44           | 9,90            | 630,16             | 26.10.14      | 11,20           | 628,86             | 02.03.14      | 10,48             | 629,58             | 1,30                   |
| J3-B   | 44           | 4,30            | 635,76             | 20.04.14      | 4,50            | 635,56             | 02.03.14      | 4,42              | 635,64             | 0,20                   |
| J6-B   | 44           | 2,35            | 629,78             | 26.10.14      | 3,25            | 628,88             | 02.03.14      | 2,77              | 629,36             | 0,90                   |
| JO-1   | 45           | 5,65            | 630,07             | 26.10.14      | 6,95            | 628,77             | 09.03.14      | 6,21              | 629,51             | 1,30                   |
| JP-44  | 45           | 21,40           | 587,78             | 10.08.14      | 21,90           | 587,28             | 04.05.14      | 21,56             | 587,62             | 0,50                   |
| M-2    | 45           | 16,25           | 585,18             | 30.03.14      | 19,85           | 581,58             | 06.07.14      | 16,69             | 584,74             | 3,60                   |
| M-3    | 44           | 9,60            | 609,91             | 16.11.14      | 10,80           | 608,71             | 02.03.14      | 10,05             | 609,46             | 1,20                   |
| M-4    | 44           | 12,35           | 580,38             | 10.08.14      | 13,25           | 579,48             | 02.03.14      | 12,81             | 579,92             | 0,90                   |
| JH-14* | 51           |                 |                    |               |                 |                    |               |                   |                    |                        |
| JH-17* | 51           |                 |                    |               |                 |                    |               |                   |                    |                        |

\* – monitorovaná HPV predstavuje pozitívny vztlačový horizont s prelivom; výsledky monitorovania sú uvádzané v tab. 4.13.8

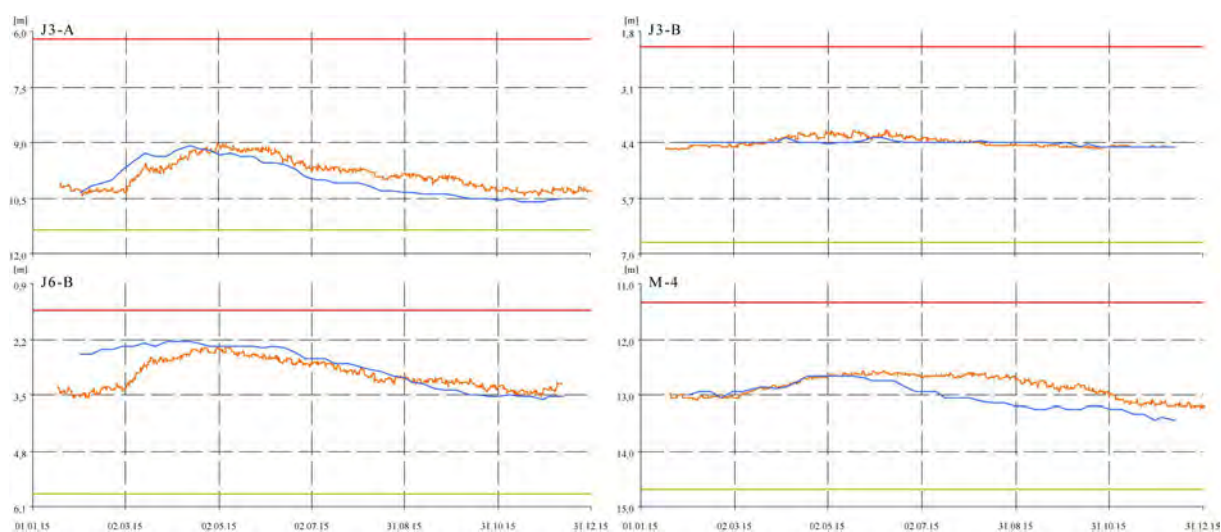
Na lokalite Okoličné sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované vo 8 vrtoch (tab. 4.13.1.; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.13.4 a 5). Počas

roka 2014 bolo zabezpečených 45 kontrolných meraní (24. február – 28. december). Najbližšie k povrchu terénu bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte J6-B (2,35 m pod terénom – 629,78 m n. m. – 26. október; okrem vrtov JH-14 a JH-17, v ktorých je dlhodobý pozorovaný preliv). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody vyskytovali v rôznych časových obdobiach, pričom prevládalo jesenné a letné obdobie.



Obr. 4.13.6. Lokalita Okoličné – situácia sanačných a monitorovacích objektov; obrisy zosuvov podľa Fussgänger a Jadroňa (1977), mapový podklad: ZBGIS®

Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte JP-44 (21,90 m – 587,28 m n. m. – 4. máj). Všeobecne, minimálna úroveň hladiny podzemnej vody v jednotlivých vrtoch bola nameraná prevažne počas mesiaca marec, ojedinele i v mesiacoch máj a jún. Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 2,77 (J6-B) až 21,90 m pod terénom (JP-44). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte M-2 (3,60 m). V roku 2014 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 10,62 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).



Obr. 4.13.7. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2015 na lokalite Okoličné (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania). Červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej, oranžová – kľzavý priemer úrovne hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2015



V aktuálne hodnotenom roku 2015 bolo zabezpečených 46 kontrolných meraní (1. február – 13. december). Maximálna hladina podzemnej vody bola už ďalší rok po sebe zaznamenaná vo vrte J6-B (2,25 m pod terénom – 629,88 m n. m. – 29. marec). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (1,54 m pod terénom, zaznamenanou dňa 24. marca 2007), predstavuje nameraná maximálna hladina v roku 2015 pokles o 0,71 m. Maximálna hladina podzemnej vody nameraná vo vrte M-3 (7,40 m pod terénom – 15. marec) ale prekonal doterajší maximálny stav hladiny podzemnej vody (8,98 m pod terénom), zaznamenaný 8. apríla 2007. 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.

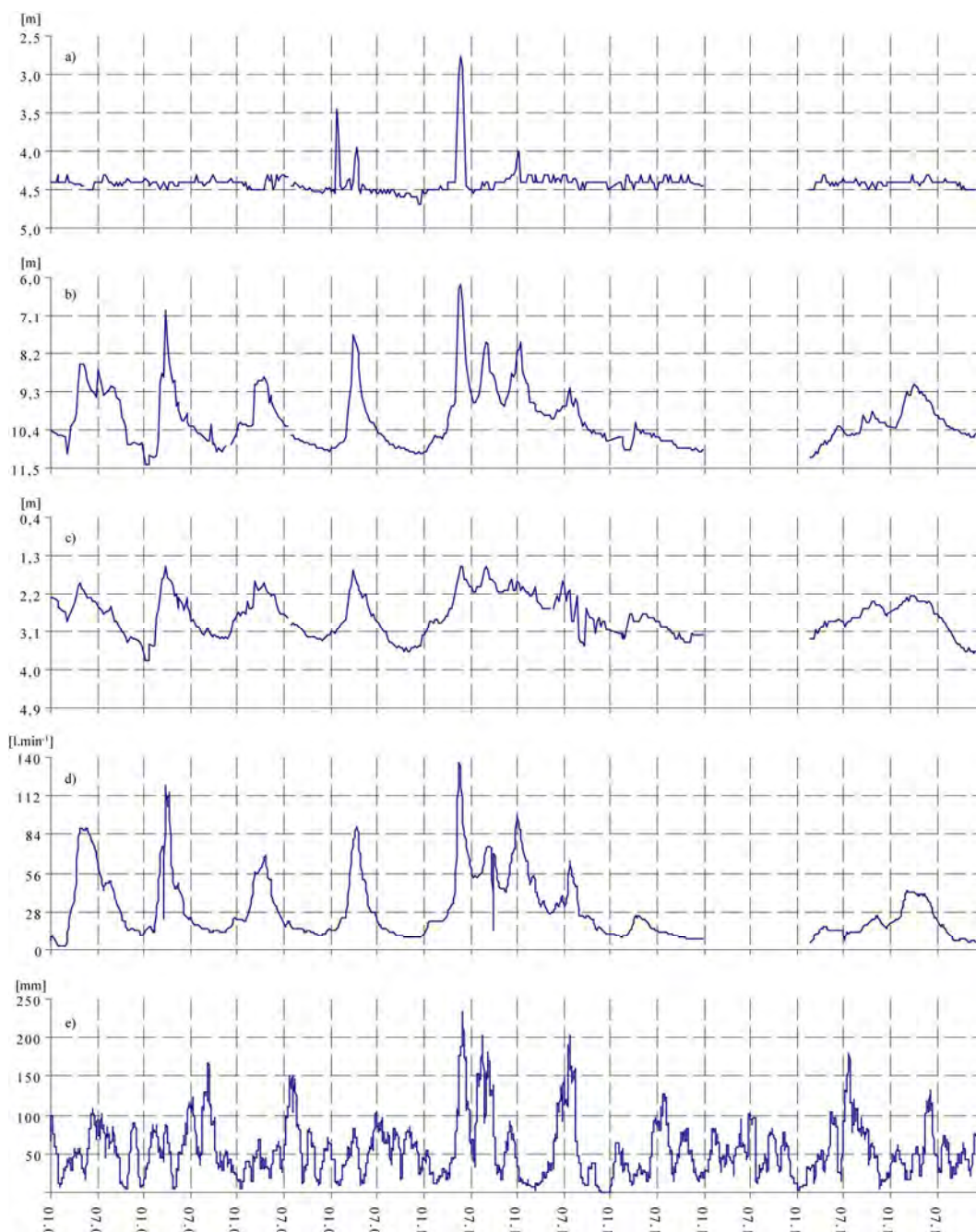
Tab. 4.13.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Okoličné v roku 2015

| 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. 4.13.9

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). Dosiahnutá amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje 73,98 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania. V tejto súvislosti je potrebné podotknúť, že v ostatných vrtoch sú postupne zaznamenané čoraz menšie zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody počas roka. Napríklad vo vrte dochádza J3-B celkové ročné zmeny dosiahli len 0,20 m, čo predstavuje len 4,39 % celkových zmien v danom vrte od začiatku monitorovania. Podobne sú na tom i zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrtoch JP-44 a M-4. Pribehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2015 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní sú znázornené na obr. 4.13.7. Pribehy hĺbky hladiny podzemnej vody so sumárnou výdatnosťou a kumulatívnymi zrážkami v poslednej dekáde monitorového obdobia sú znázornené na obr. 4.13.8.

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. 4.13.8). 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.



Obr. 4.13.8. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2006 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Okoličné. Priebeh 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)

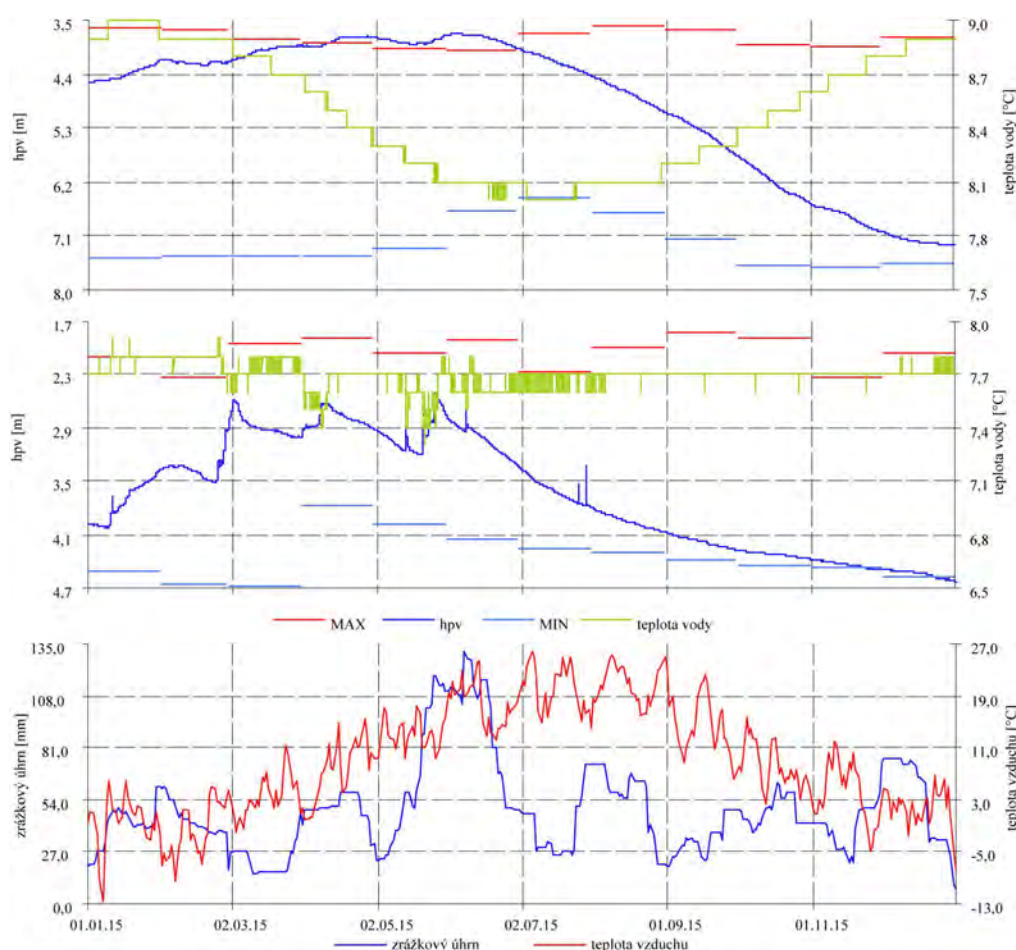
#### c2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

V roku 2014 vo vrte J-1 priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla 5,76 m pod úrovňou terénu. V januári a februári boli prekročené dlhodobé minimálne mesačné stavy (odvodené v období 1997 až 2013). V tomto období bola nameraná i najnižšia hladina podzemnej vody za aktuálne hodnotený rok (tab. 4.13.6). K jej vzostupu došlo v až v prvej polovici marca. Vzostupný trend si podzemná voda zachovala až do prvej polovici novembra, keď po dosiahnutí maximálneho stavu (4,40 m pod terénom – 12. novembra) začala stagnovať.

Tab. 4.13.6. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Okoličné v roku 2014

| 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       | 2,87            | 629,63             | 03.07.14 01:00 | 4,71            | 627,79             | 04.02.14 01:00 | 3,93              | 628,57             | 1,84                   |
| J-1  | 8295       | 4,40            | 603,67             | 12.11.14 20:00 | 7,52            | 600,55             | 01.02.14 20:00 | 5,76              | 602,31             | 3,12                   |

V roku 2015 mal priebeh hladiny podzemnej vody odlišný charakter ako v predchádzajúcom roku. Hladina podzemnej vody od januára až do začiatku júna stúpala. Maximálna úroveň bola zaznamenaná 5. júna, následne, zhruba od druhej polovice júna začala klesať. Minimálny stav bol nameraný na konci decembra (tab. 4.13.7). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2014 zaznamenala vzostup o 0,88 m a jej aktuálna hodnota predstavuje 4,88 m pod úrovňou terénu. V mesiacoch apríl, máj a najmä jún došlo k prekročeniu dlhodobé maximálnych mesačných úrovní (odvodených v období 1997 až 2013 – obr. 4.13.9).



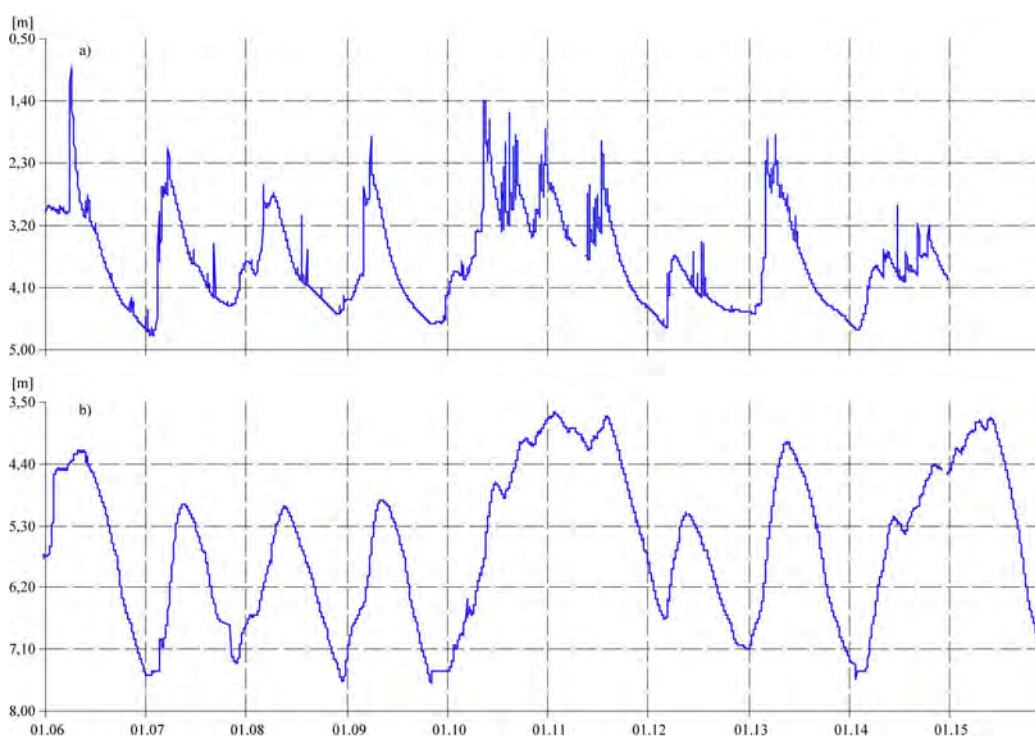
Obr. 4.13.9. Priebeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody (v porovnaní s dlhodobými maximálnymi a minimálnymi mesačnými stavmi) a teploty vody, zaznamenaný v roku 2014 automatickými hladinomerami na lokalite Okoličné. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – J-1, b – AH-2, c – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a teploty vzduchu na zrážkomernej stanici SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130)

Priebeh teploty má podobne, ako v predchádzajúcom roku, pravidelný tvar sinusoidy. Maximálna teplota bola dosiahnutá v januári (9,0 °C). Podobne, vysoká teplota podzemnej vody bola pozorovaná i na konci roka. Najnižšie teploty boli namerané počas letných mesiacov (8,0 °C).

Tab. 4.13.7. 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 18:00 | 4,63            | 627,87             | 30.12.15 21:00 | 3,65              | 628,85             | 2,13                   |
| J-1  | 8760       | 3,72            | 604,35             | 05.06.15 17:00 | 7,26            | 600,81             | 31.12.15 05:00 | 4,88              | 603,19             | 3,54                   |

Vo vrte AH-1 v roku 2014 priemerná hladina podzemnej vody dosiahla hĺbku 3,93 m pod terénom. Zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody, na rozdiel od vrtu J-1, pomerne dobre reagovali na klimatické pomery. Okrem náhlych a krátkodobých vzostupov, ktoré pravdepodobne súvisia s nedostatočnou tesnosťou vrchnej časti vrtu, hladina podzemnej vody kolísala v závislosti od veľkosti zrážkových úhrnov. Teplota vody kolísala v intervale 6,9 – 7,9 °C. Najväčšie výkyvy boli zaznamenané počas prudkého vzostupu hladiny podzemnej vody. Pribeh hladiny podzemnej vody a tiež kolísanie jej teploty poukazujú na plytší obeh.



Obr. 4.13.10. Dlhodobé (2006 – 2015) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomerami na lokalite Okoličné. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – J-1, b – AH-2

V roku 2015 priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody oproti predchádzajúcemu roku 2014 len mierne stúpala (o 0,28 m) a dosiahla hĺbku 3,56 m pod terénom. Hladina podzemnej vody počas prvého polroka trikrát výraznejšie stúpala. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná 26. mája (s hĺbkou 2,5 m pod terénom), i keď podobná hĺbka bola zaznamenaná už počas prvej polovice apríla (2,62 m pod terénom). Od konca mája mala hladina podzemnej vody zostupný trend, ktorý pretrval až do konca roka. Počas posledných dvoch mesiacov boli prekročené dlhodobé mesačné minimá úrovne hladiny podzemnej vody.

Teplota vody kolísala v intervale 7,3 – 7,9 °C. Rovnako ako v predchádzajúcich rokoch, najväčšie výkyvy teploty boli sprevádzané prudkými vzostupmi hladiny podzemnej vody.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možno pozorovať, že zmeny hladiny podzemnej vody súvisia prevažne s ročným klimatickým cyklom (obr. 4.13.10). 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. Vo vrte AH-2 sú maximálne stavy hladiny podzemnej vody

dosahované prevažne v mesiacoch marec až apríl (najvyššia hladina bola zaznamenaná 6. apríla roku 2006 s hĺbkou 0,9 m pod úrovňou terénu). Minimálne stavy hladiny podzemnej vody sa v oboch vrtoch vyskytujú prevažne na sklonku, prípadne v prvých mesiacoch kalendárneho roka. Vo vrte J-1 hladina podzemnej vody najnižšie klesla 4. novembra 2009 a vo vrte AH-2 počas aktuálne hodnoteného roka.

#### d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

V roku 2014 sumárna priemerná výdatnosť meraných objektov dosiahla hodnotu  $15,78 \text{ l.min}^{-1}$ . Najväčšie hodnoty výdatnosti boli dosiahnuté vo vrtoch V-101 ( $10,71 \text{ l.min}^{-1}$ ) a JH-14 ( $10,32 \text{ l.min}^{-1}$ ), pritom treba poznamenať, že JH-14 je piezometrický vrt s pozitívnym prelivom. Najväčšie kolísanie v skupine subhorizontálnych vrtoch bolo namerané v objekte V-101.

Tab. 4.13.8. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Okoličné v roku 2014

| 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    |                                       |                                             |
| D-1   | 44           | 0,72                  | 10.08.14 | 0,00                  | 24.02.14 | 0,02                                  | 0,72                                        |
| D-2   | 44           | 0,00                  | 24.02.14 | 0,00                  | 24.02.14 | 0,00                                  | 0,00                                        |
| D-3   | 44           | 0,16                  | 07.09.14 | 0,01                  | 24.02.14 | 0,06                                  | 0,15                                        |
| V- 1  | 43           | 1,02                  | 27.04.14 | 0,48                  | 10.08.14 | 0,69                                  | 0,54                                        |
| V- 3  | 43           | 1,18                  | 27.04.14 | 0,96                  | 09.03.14 | 1,06                                  | 0,22                                        |
| V- 5  | 44           | 2,40                  | 29.06.14 | 1,08                  | 20.10.14 | 1,76                                  | 1,32                                        |
| V-101 | 44           | 10,70                 | 04.05.14 | 1,48                  | 02.03.14 | 6,53                                  | 9,22                                        |
| V-102 | 44           | 0,60                  | 23.03.14 | 0,18                  | 24.02.14 | 0,39                                  | 0,42                                        |
| V-103 | 19           | 0,82                  | 26.10.14 | 0,00                  | 07.12.14 | 0,27                                  | 0,82                                        |
| V-104 | 45           | 0,63                  | 28.12.14 | 0,01                  | 29.06.14 | 0,16                                  | 0,62                                        |
| JH-14 | 43           | 10,32                 | 09.11.14 | 0,01                  | 09.03.14 | 4,00                                  | 10,31                                       |
| JH-17 | 45           | 2,85                  | 04.05.14 | 0,60                  | 30.03.14 | 0,84                                  | 2,25                                        |

\* – nameraná výdatnosť pochádza z vertikálnych vrtoch s prelivom z tab. 4.13.4

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 vrtoch (ktoré nie sú zaradené do monitorovacej siete), vyteká a spätne infiltruje do zosuvného telesa.

Tab. 4.13.9. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Okoličné v roku 2015

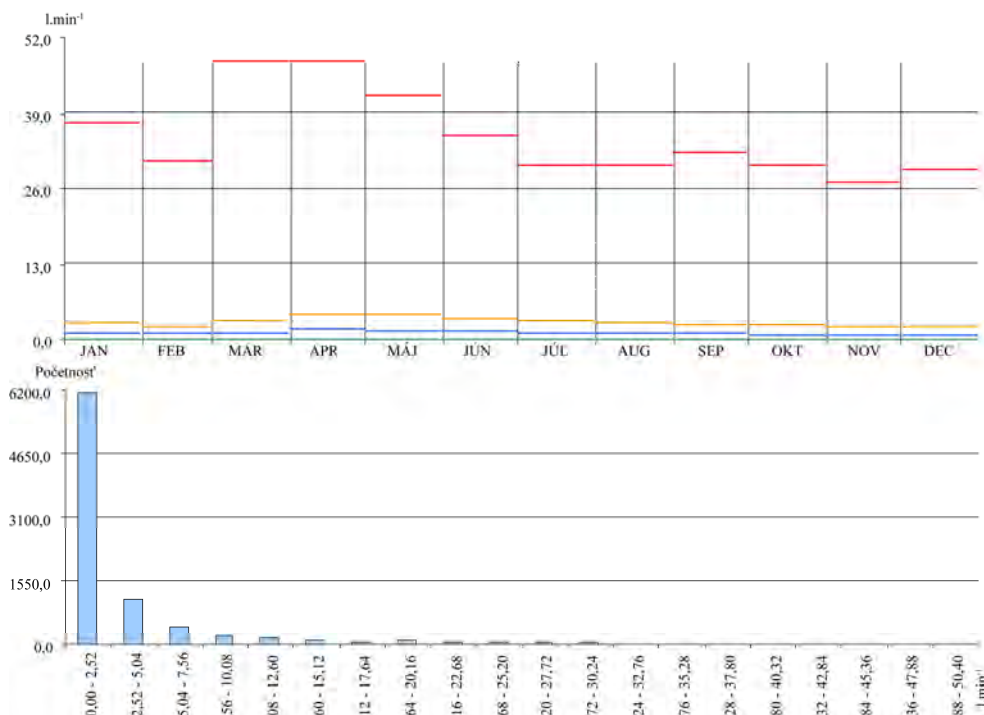
| Bod   | Počet meraní | Max. výdatnosť        |          | Min. výdatnosť        |          | Priemer. výdat. $[\text{l.min}^{-1}]$ | Max. kolísanie výdat. $[\text{l.min}^{-1}]$ |
|-------|--------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
|       |              | $[\text{l.min}^{-1}]$ | dátum    | $[\text{l.min}^{-1}]$ | dátum    |                                       |                                             |
| D-3   | 46           | 0,33                  | 22.03.15 | 0,00                  | 14.06.15 | 0,06                                  | 0,33                                        |
| JH-14 | 46           | 20,00                 | 16.11.15 | 0,26                  | 15.03.15 | 7,88                                  | 19,74                                       |
| JH-17 | 46           | 1,02                  | 26.07.15 | 0,51                  | 07.06.15 | 0,73                                  | 0,51                                        |
| V-1   | 46           | 1,20                  | 13.12.15 | 0,54                  | 29.03.15 | 0,92                                  | 0,66                                        |
| 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                                        |
| 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                                        |
| D-3   | 46           | 0,33                  | 22.03.15 | 0,00                  | 14.06.15 | 0,06                                  | 0,33                                        |
| JH-14 | 46           | 20,00                 | 16.11.15 | 0,26                  | 15.03.15 | 7,88                                  | 19,74                                       |

\* – nameraná výdatnosť pochádza z vertikálnych vrtoch s prelivom z tab. 4.13.5

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 bazálnu šmykovú plochu 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.



Obr. 4.13.11 Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Okoličné. červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti (2. kvartil), zelená – minimálna mesačná výdatnosť.

Kolísanie výdatnosti drenážnych objektov počas dlhšieho časového horizontu súvisí prevažne so sezónnymi zmenami hladiny podzemnej vody (obr. 4.13.8). Maximálne výdatnosti sú pozorované prevažne v mesiacoch marec a apríl (obr. 4.13.11). Počas obdobia rokov 2006 až 2007 a 2008 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  $2,52 \text{ l.min}^{-1}$  (obr. 4.13.11).

#### e/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o režimových pozorovaniach dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130). Dlhodobý zrážkový priemer na tejto stanici je 667,82 mm. V roku 2014 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 681,1 mm, čo zodpovedá 101,99 % dlhodobého priemeru, a teda ide o normálny rok. V roku 2015 bol na tejto stanici zaznamenaný zrážkový úhrn 586,1 mm, čo predstavuje len 87,76 % z dlhodobého zrážkového úhrnu a daný rok je možné hodnotiť ako suchý (obr. 4.13.12).



Obr. 4.13.12. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130). a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2015 (modrá línia – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená línia – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená línia – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1999 – 2014); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2015

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2015 bol v zosuvnom území zrealizovaný kompletný súbor monitorovacích meraní. Na základe výsledkov geodetických meraní možno konštatovať relatívne stabilný stav. Geodetické merania viac rokov po sebe potvrdili, že zosuvné územie je relatívne stabilné. Namerané posuny len ojedinele dosiahli 10 mm.

Iná situácia je v prípade výsledkov inklinometrických meraní. Z poslednej etapy, realizovanej v roku 2015, vyplýva zvýšená pohybová aktivita. Na základe výsledkov kritickej analýzy nameraných výsledkov sa ukázalo, že prírastky etapových deformácií súvisia pravdepodobne so sporným spôsobom zabudovania inklinometrických pažníc. Tie sú totiž prispôbené meraniu hladiny podzemnej vody. Vďaka tejto skutočnosti sú namerané deformácie skreslené.

Priemerné hĺbky hladiny podzemnej vody zaznamenali v porovnaní s predchádzajúcim rokom (2014) mierny nárast, čo sa prejavilo aj na hodnote výdatnosti odvodňovacích vrtov.

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.

V zosuvnom území je v súčasnosti vážny problém zo zabezpečením inklinometrických, ale aj režimových (hladina podzemnej vody) meraní. Dôvodom je neuspokojivý stav monitorovacích objektov. Monitorovacie vrty boli realizované ako viac účelové, avšak v súčasnosti sa ukázalo, že práve tento zámer vytvára značnú neistotu v interpretácii 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 2016 plánované zabezpečiť geodetické (v plnom rozsahu) a inklinometrické merania (vo vrtoch, ktoré sú v tesnej blízkosti železničnej trate).

#### 1.4.14. 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. 4.14.1). 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 2014 a 2015

Na zosuvnej lokalite boli v rokoch 2014 a 2015 realizované inklinometrické a režimové merania. Frekvencia meraní je zhrnutá v tab. 4.14.1.

Tab. 4.14.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Červený Kameň v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                 | Monitorovacie objekty |                                                | Počet uskutočnených meraní (dátum merania) |                            |
|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|
|                                      | Počet                 | Označenie                                      | Rok 2014                                   | Rok 2015                   |
| Inklinometrické                      | 1                     | KHI-1                                          | 2<br>(7. október,<br>24. november)         | 2<br>(12. máj,<br>28. júl) |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody | 4                     | KHG-2* – automatický hladinomer                | Kontinuálne (každú hodinu)                 |                            |
| Meranie zrážkových úhrnov            | 1                     | Stanica SHMÚ: Horná Mariková (indikatív 26220) | Denné úhrny zrážok                         |                            |

##### Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015

##### a/ Inklinometrické merania

V roku 2014 boli na lokalite zabezpečené dve merania (úvodné a prvé etapové). Z nameraných výsledkov v jedinom inklinometrickom vrte vyplýva, že v období medzi 7. októbrom a 24. novembrom došlo v hĺbke 3,5 m (obr. 4.14.2) k deformácii s veľkosťou 0,45 mm (tab. 4.14.2). Priemerná rýchlosť deformácie dosiahla  $3,4 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Azimut nameraného vektora bol  $183^\circ$ .

Tab. 4.14.2 Výsledky inklinometrických meraní na Červený Kameň v rokoch 2014 a 2015

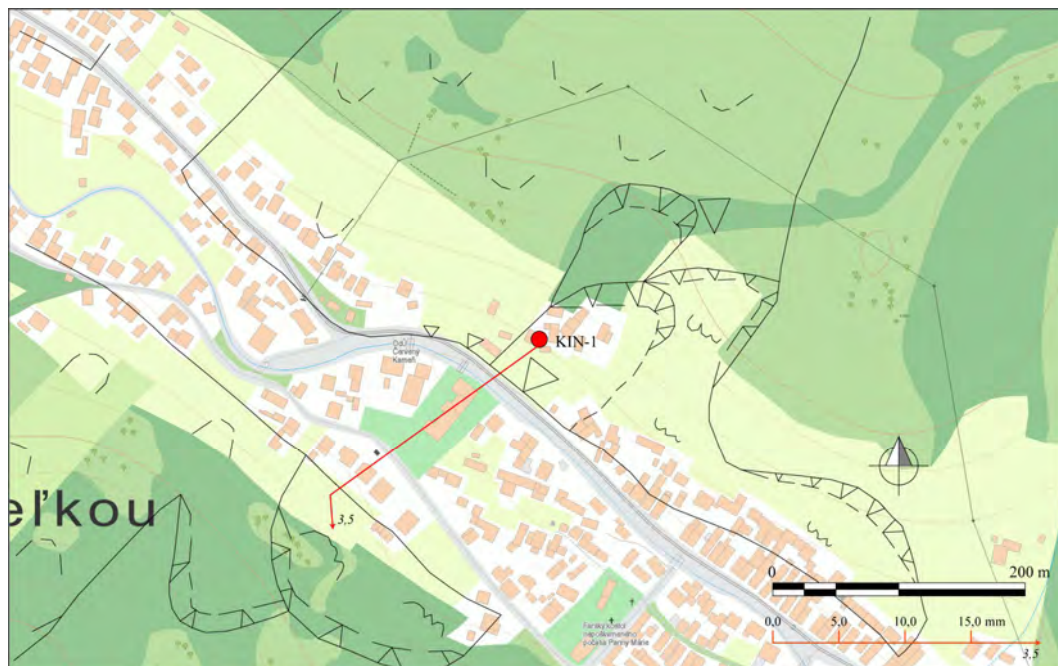
| Bod   | Hĺbka pod ter. | 07.10.14 – 24.11.14 |         |       | 24.11.14 – 12.05.15 |         |       | 12.05.15 – 28.07.15 |         |       |
|-------|----------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|       |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| KIN-1 | 3,5            | 0,45                | 0,45    | 183   | 19,71               | 19,42   | 234   | 21,03               | 2,30    | 176   |
| KIN-1 | 4,5            | 0,45                | 0,45    | 183   | 8,19                | 7,92    | 236   | 8,88                | 1,56    | 165   |

CD – Celková deformácia od nultého merania (07.10.14);

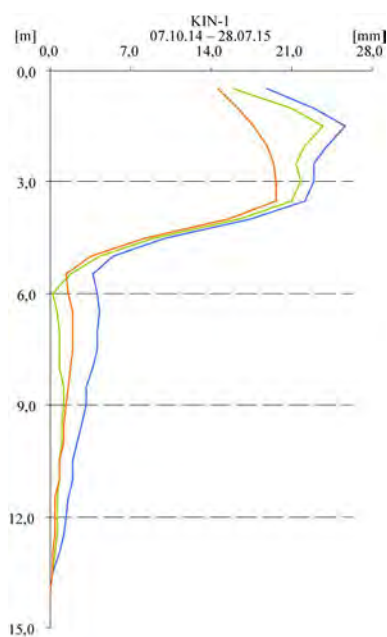
ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora

V roku 2015 boli vykonané dve etapy meraní, ktorými sa potvrdila hĺbka šmykovej plochy v hĺbke približne 3,5 m od ústia inklinometrickej pažnice (obr. 4.14.2). V tejto hĺbke bol počas májovej etapy nameraný prírastok deformácie 19,42 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu  $41,95 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Následne počas júlovej etapy bola nameraná deformácia

2,30 mm (priemerná rýchlosť  $10,91 \text{ mm.rok}^{-1}$ ), došlo teda k určitému poklesu pohybovej aktivity.



Obr. 4.14.1. Lokalita Červený Kameň – výsledky inklinometrických meraní za roky 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.14.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenatej deformácie od povrchu terénu v m; mapový podklad: ZBGIS®)



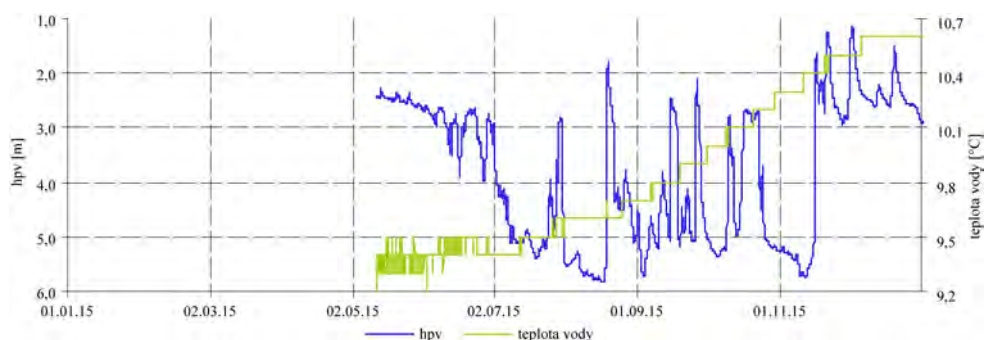
Obr. 4.14.2. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie; zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

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

Na lokalite bol 12. mája v roku 2015 inštalovaný automatický hladinomer do vrtu KHG-2. Počas viac ako polročnej prevádzky hladina podzemnej vody kolísala v rozsahu 1,4 (1. december) až 5,82 m pod terénom (17. august – obr. 4.14.3). Celkové kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte dosiahlo teda 4,68 m. Vypočítaná priemerná hladina podzemnej vody sa nachádzala v hĺbke 3,81 m pod terénom.

Hladina podzemnej vody vykazuje pomerne časté zmeny v hĺbke, ktoré trvajú krátke obdobie. V tejto súvislosti sú zaznamenané jej mimoriadne vzostupy. Napríklad 18. augusta došlo v priebehu jednej hodiny k prudkému nárastu hladiny podzemnej vody až o 1,98 m (z 4,64 m pod terénom na 2,66 m pod terénom). Podobných prípadov je počas sledovaného obdobia viacero. Vysvetlenie tohto stavu je možné hľadať najmä v nedokonalom zabezpečení vrtu voči natekaniu povrchových a hypodermických vôd.

Okrem extrémnych zmien, je možné z jej vývoja pozorovať aj istý trend. Počas jarných a začiatkom letných mesiacov mala hladina podzemnej vody zostupný charakter. V letných mesiacoch boli zaznamenané jej minimálne úrovne a na konca roka, došlo k jej vzostupu. Treba ale poznamenať, že kvalita nameraných údajov nie je úmerná technickému vybaveniu vrtu a výsledky meraní sú výrazne skreslené.



Obr. 4.14.3. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody a jej teploty, zaznamenané automatickým hladinomerom, umiestneným na lokalite Červený Kameň

#### c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informácie o zrážkových pomeroch (mesačné úhrny zrážok) sú prevzaté z dvoch najbližších staníc SHMÚ – Horná Maríková (indikatív 26220) a Lazy pod Makytou (indikatív 26260). Namerané zrážkové úhrny z týchto zrážkomerných staníc sa porovnávajú s dlhodobým priemerom za obdobie 1.1.1993 až 31.12.2005 (t. j. za 13 rokov).

Na stanici Horná Maríková je dlhodobý zrážkový priemer 953,46 mm. V roku 2014 bol zrážkový úhrn 1034,2 mm (čo predstavuje 108,47 %, teda išlo o normálny rok). V roku 2015 zrážkový úhrn dosiahol hodnotu 808,3 mm, čo predstavuje 84,78 % dlhodobého priemeru a hodnotí sa ako suchý rok.

Na stanici Lazy pod Makytou je dlhodobý zrážkový priemer 808,84 mm. V roku 2014 bol ročný zrážkový úhrn 819,2 mm, čo je 101,28 % dlhodobého priemeru (normálny rok). V roku 2015 bol zaznamenaný zrážkového úhrnu 760,4 mm, čo predstavuje 94,1 % dlhodobého zrážkového priemeru a je tiež hodnotený ako normálny rok.

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2015 boli na lokalite zabezpečené dve etapy inklinometrických meraní. Z nameraných výsledkov vyplýva, že aktívna šmyková plocha sa nachádza v hĺbke cca 3,5 m (pod ústím pažnice). Počas májového merania bola v tomto vrte nameraná mimoriadne vysoká pohybová aktivita. Na úrovni šmykovej plochy došlo počas necelého polročného obdobia k deformácii 19,42 mm.

Inštalovaným automatickým hladinomerom bolo možné sledovať zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody vo viac ako sedemmesačnom období. Výsledky meraní poukázali na istý vývoj hĺbky hladiny podzemnej vody počas roku, avšak v dôsledku natekania povrchových a hypodermických vôd do vrtu nie je možné získané údaje považovať za spoľahlivé.

V roku 2016 plánujeme pokračovať v monitorovacích aktivitách v nezmenenom rozsahu a frekvencii ako v roku 2015.



#### 1.4.15. 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 ohrozuje prakticky celú zástavbu domov, hospodárskych budov a príľahlých záhrad a dvorov na ľavej strane Ďačovského potoka (obr. 4.15.1). Ide o svahovú poruchu frontálneho charakteru. V postihnutom území sa vyskytujú samostatné menšie parciálne prúdové zosuvy, ako aj deformácie blokového charakteru. Rozmery zosuvného územia sú približne 2400 x 570 m (s plochou 0,5311 km<sup>2</sup>).

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 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.14.1.

Tab. 4.15.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ďačov v rokoch 2014 a 2015

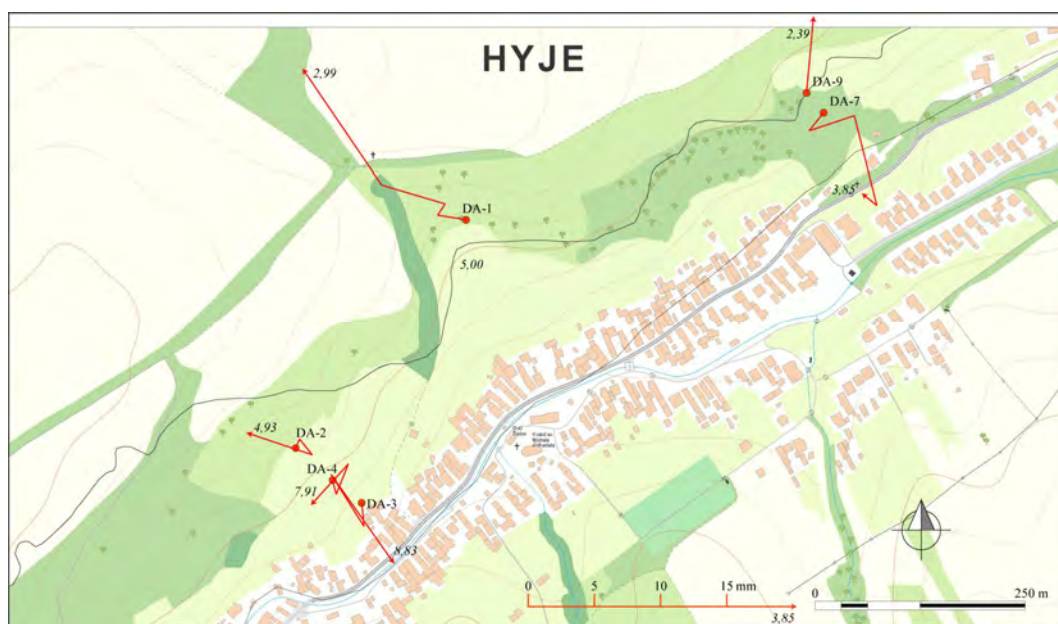
| Metódy monitorovania                 | Monitorovacie objekty |                                              | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania)                                                                                               |                                                                                                                              |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | Počet                 | Označenie                                    | Rok 2014                                                                                                                                    | Rok 2015                                                                                                                     |
| Inklinometrické                      | 7                     | DA-1 až 4, 7, 9, 15                          | 2<br>(3. jún, 20. august)                                                                                                                   | 1 – 2*<br>(27. apríl,<br>30. júl,<br>26. október)                                                                            |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody | 3                     | DA-5, DA-8, DA-10                            | 10<br>(27. január,<br>25. február,<br>27. marec, 29. apríl,<br>26. máj, 8. júl,<br>4. august, 4. september,<br>1. október,<br>13. november) | 9<br>(29. január,<br>30. marec,<br>28. apríl, 25. máj,<br>30. jún, 23. júl,<br>28. august,<br>25. september,<br>30. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov            | 1                     | Stanica SHMÚ:<br>Lipany<br>(indikatív 59100) | Denné úhrny zrážok                                                                                                                          |                                                                                                                              |

\* – jedna etapa meraní (30. júl) bola realizovaná na bodoch DA-15, DA-2, DA-3, DA-4; dve etapy meraní (27. apríl, 26. október) boli realizované na bodoch DA-1, DA-7, DA-9

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

###### *a/ Inklinometrické merania*

Inklinometrické meranie 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. 4.15.1). V roku 2014 boli na lokalite zrealizované dve etapy meraní. 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. 4.15.2).



Obr. 4.15.1. Lokalita Dačov – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.15.2; čísla zobrazené pri vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®

V roku 2014 bola najvyššia pohybová aktivita nameraná vo vrte DA-7 (obr. 4.15.1). Šmyková plocha sa v tomto vrte nachádza v hĺbke 3,85 m pod terénom (obr. 4.15.2). Počas prvej etapy merania (za obdobie november 2013 až jún 2014) bola v tejto hĺbke nameraná deformácia 1,75 mm. O niečo vyššia deformácia bola v uvedenom horizonte nameraná počas augustového merania (tab. 4.15.2). V ostatných inklinometrických vrtoch neboli monitorovacími meraniami doteraz zachytené prejavy svahového pohybu na šmykovej ploche (obr. 4.15.2). Pohybová aktivita v týchto vrtoch sa v sledovaných úrovniach pohybovala v intervale od 0,73 (DA-2) do 4,66 mm (DA-4). Medzi výsledkami meraní, zaznamenanými v týchto vrtoch počas jarnej a letnej etapy, nebol pozorovaný výraznejší rozdiel. Mnohé vektory namerané v roku 2014 sú orientované inverzne voči spádnicí svahu.

Tab. 4.15.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Dačov v rokoch 2014 a 2015

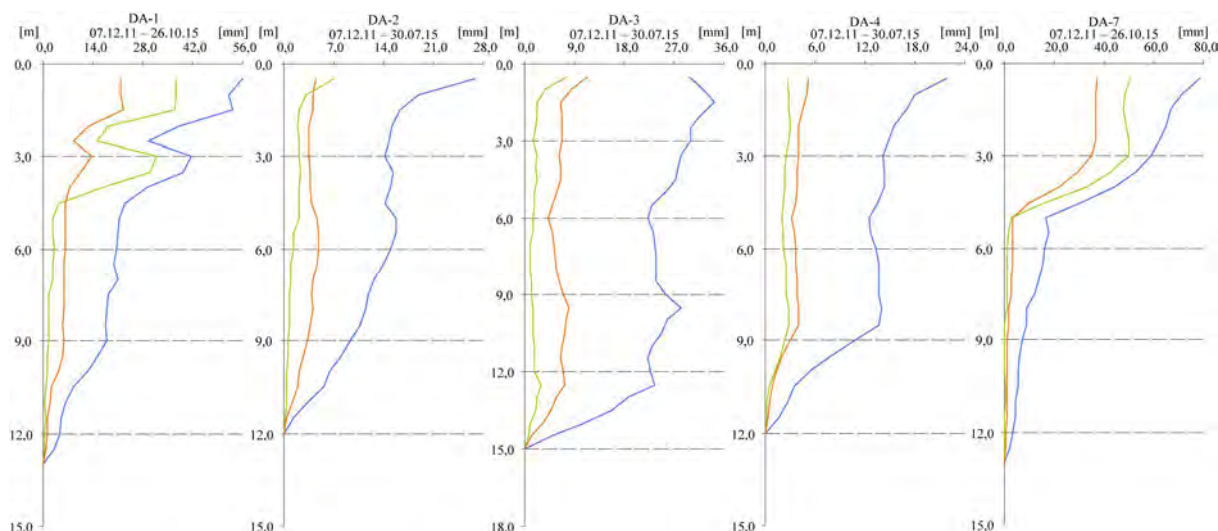
| Bod   | Hĺbka pod ter. [m] | 12.11.13 – 03.06.14 |         |       | 03.06.14 – 20.08.14 |         |       | 20.08.14 – 27.04.15 |         |       | 27.04.15 – 26.10.15 |         |       |
|-------|--------------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|       |                    | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| DA-1  | 2,99               | 15,28               | 2,22    | 279   | 15,69               | 1,02    | 34    | 19,66               | 5,01    | 286   | 29,89               | 10,28   | 326   |
| DA-2  | 4,93               | 5,02                | 0,73    | 24    | 6,05                | 1,53    | 141   |                     |         |       | 1,43                | 4,94*   | 289*  |
| DA-3  | 8,83               | 4,81                | 1,84    | 174   | 9,43                | 4,66    | 328   |                     |         |       | 1,50                | 7,97*   | 145*  |
| DA-4  | 7,91               | 4,36                | 1,10    | 165   | 6,66                | 2,47    | 22    |                     |         |       | 2,76                | 3,92*   | 222*  |
| DA-7  | 3,85               | 9,65                | 1,75    | 219   | 11,44               | 3,60    | 72    | 17,22               | 6,94    | 166   | 16,07               | 1,17    | 309   |
| DA-9  | 2,39               |                     |         |       |                     |         |       |                     |         |       | 5,50                | 5,50    | 5     |
| DA-15 | 5,00               |                     |         |       |                     |         |       |                     |         |       | 16,76               | 16,76** | 224*  |

CD – Celková deformácia od nultého merania (07.12.11 – vrty: DA-1, 2, 3, 4, 7; 10.08.12 – vrt DA-15; 27.04.15 – vrt DA-9); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; \* – etapová deformácia a azimut sú za obdobie 20.08.14 – 30.07.15; \*\* – etapová deformácia a azimut sú za obdobie 10.08.12 – 30.07.15

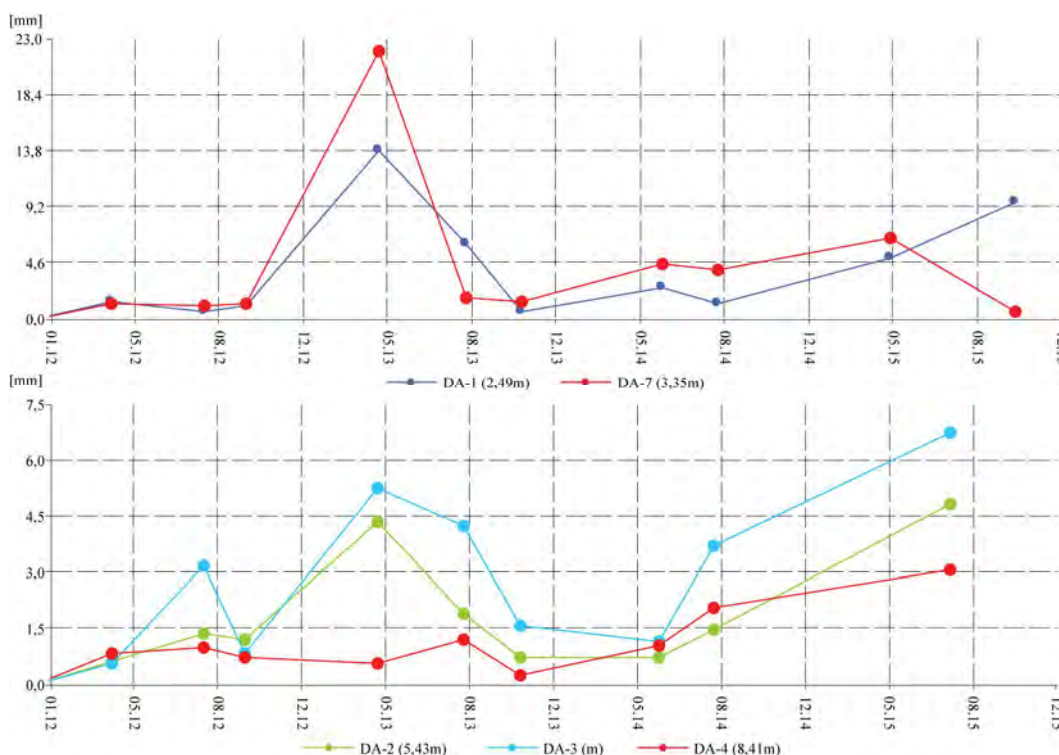
V roku 2015, vzhľadom na zistené skutočnosti, že monitorovacie vrty DA-2, 3 a 4 nezachytávajú pohyb na aktívnej šmykovej ploche, sme rozšírili monitorovacie aktivity i do oblastí, ktoré doteraz neboli monitorované, a merania sme zabezpečili v ďalších dvoch funkčných inklinometrických vrtoch (DA-9 a DA-15). 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 mm.rok<sup>-1</sup>.

Vo vrte DA-9 boli v roku 2015 vykonané dve merania – nulté a prvé etapové. Z výsledkov meraní vyplýva, že podobne ako v prípade vrtov situovaných v juhozápadnej časti obce, i tu dochádza k deformáciám, ktorých orientácia nereprezentuje pohyb po svahu.



Obr. 4.15.2. Pribeh deformácie inklinometrických pažníc za celé monitorované obdobie. Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.



Obr. 4.15.3. Prírastky deformácií namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Dačov počas dlhšieho časového obdobia (2012 – 2015)

Vo vrte DA-7, ktorý sa nachádza v severovýchodnej časti obce, bol počas prvej etapy nameraný prírastok deformácie 6,94 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 10,13 mm.rok<sup>-1</sup>. Azimut etapovej deformácie mal juho-juhovýchodný smer. Následne počas októbrovej etapy

došlo k poklesu pohybovej aktivity (1,17 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 2,34 mm.rok<sup>-1</sup>). Celková deformácia v sledovanom horizonte 3,85 m pod terénom aktuálne dosahuje 16,07 mm (výsledná priemerná rýchlosť 4,13 mm.rok<sup>-1</sup>).

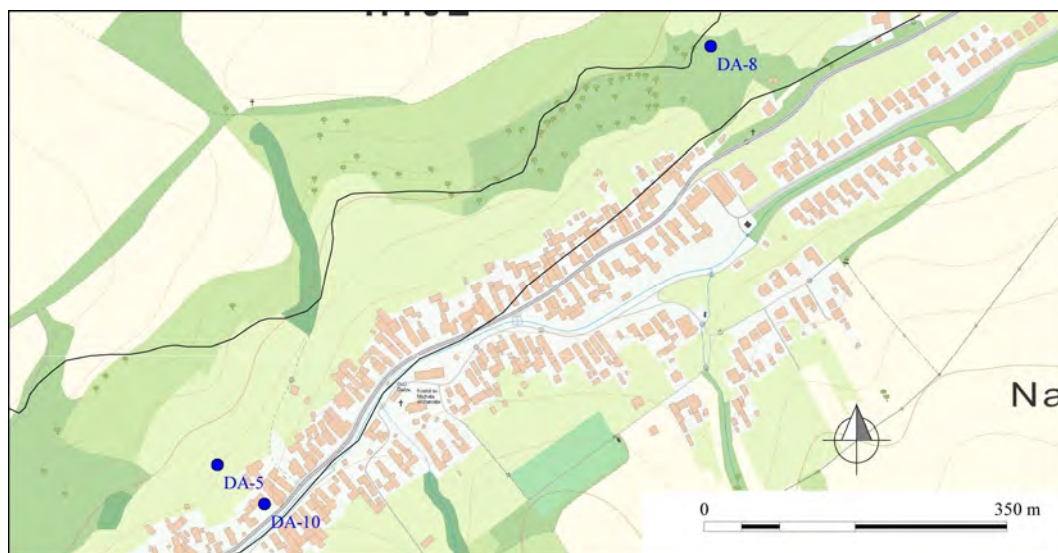
Z dlhodobejšieho pohľadu má zmysel hodnotiť deformácie namerané vo vrte DA-7; najvýraznejší etapový vektor bol nameraný v apríli 2013 (v hĺbke 3,35 m pod terénom – deformácia 21,95 mm – priemerná rýchlosť 41,73 mm.rok<sup>-1</sup>). Počas tohto merania boli zvýšené hodnoty pozorované aj v ostatných vrtoch.

#### b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Ďačov sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 3 vrtoch (tab. 4.15.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.15.3 a 4.15.4). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (27. január – 13. november). Najbližšie k povrchu terénu bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte DA-5 (0,10 m pod terénom – 442,01 m n. m. – 27. marec). V ostatných vrtoch sa maximálne stavy hladiny podzemnej vody vyskytovali prevažne na konci marca, ojedinele na konci mája. Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte DA-8 (11,20 m pod terénom – 425,61 m n. m. – 29. apríl). Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 0,70 m (vo vrte DA-10) až 8,98 m pod terénom (vo vrte DA-8). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte DA-8 (4,92 m). V roku 2014 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 3,64 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

Tab. 4.15.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2014

| 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           | 0,33            | 429,73             | 27.03.14      | 1,29            | 428,77             | 01.10.14      | 0,70              | 429,36             | 0,96                   |
| DA-5  | 10           | 0,10            | 442,01             | 26.05.14      | 3,47            | 438,64             | 27.01.14      | 1,25              | 440,86             | 3,37                   |
| DA-8  | 10           | 6,28            | 430,53             | 27.03.14      | 11,20           | 425,61             | 29.04.14      | 8,98              | 427,83             | 4,92                   |



Obr. 4.15.4. Lokalita Ďačov – situácia monitorovacích objektov hladiny podzemnej vody; mapový podklad: ZBGIS®

V aktuálne hodnotenom roku 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 porovnaní s maximálnou hladinou

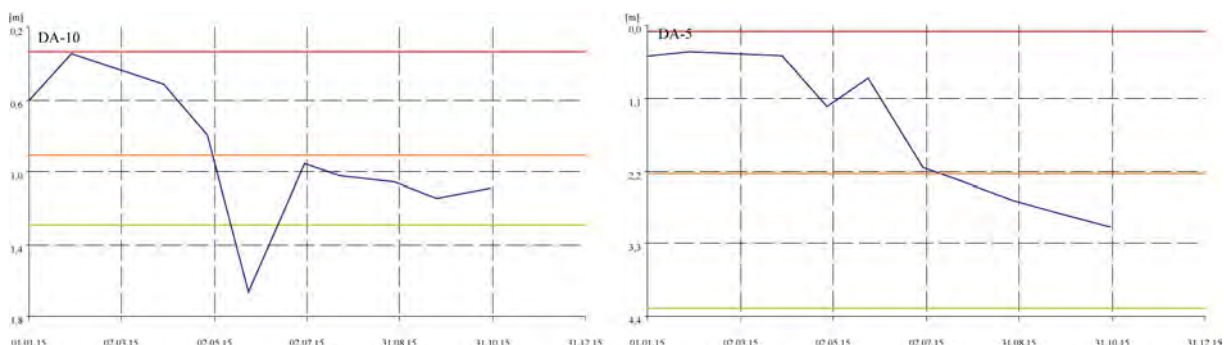


podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (0,33 m pod terénom, zaznamenanou dňa 27. marca 2014), predstavuje nameraná maximálna hladina v roku 2015 pokles o 0,02 m. V ostatných vrtoch sa maximálne hladiny podzemnej vody pohybovali v intervale 0,4 (DA-5) až 4,73 m pod 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). Spolu s hladinou nameranou vo vrte DA-10 (1,67 m pod terénom), ide o minimálne stavy namerané za celé monitorovacie obdobie. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 4,27 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,62 m. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte DA-8 (7,37 m). Dosiahnutá amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje 63,53 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania.

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2015 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní sú znázornené na obr. 4.15.5. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.15.6.

Tab. 4.15.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ďačov v roku 2015

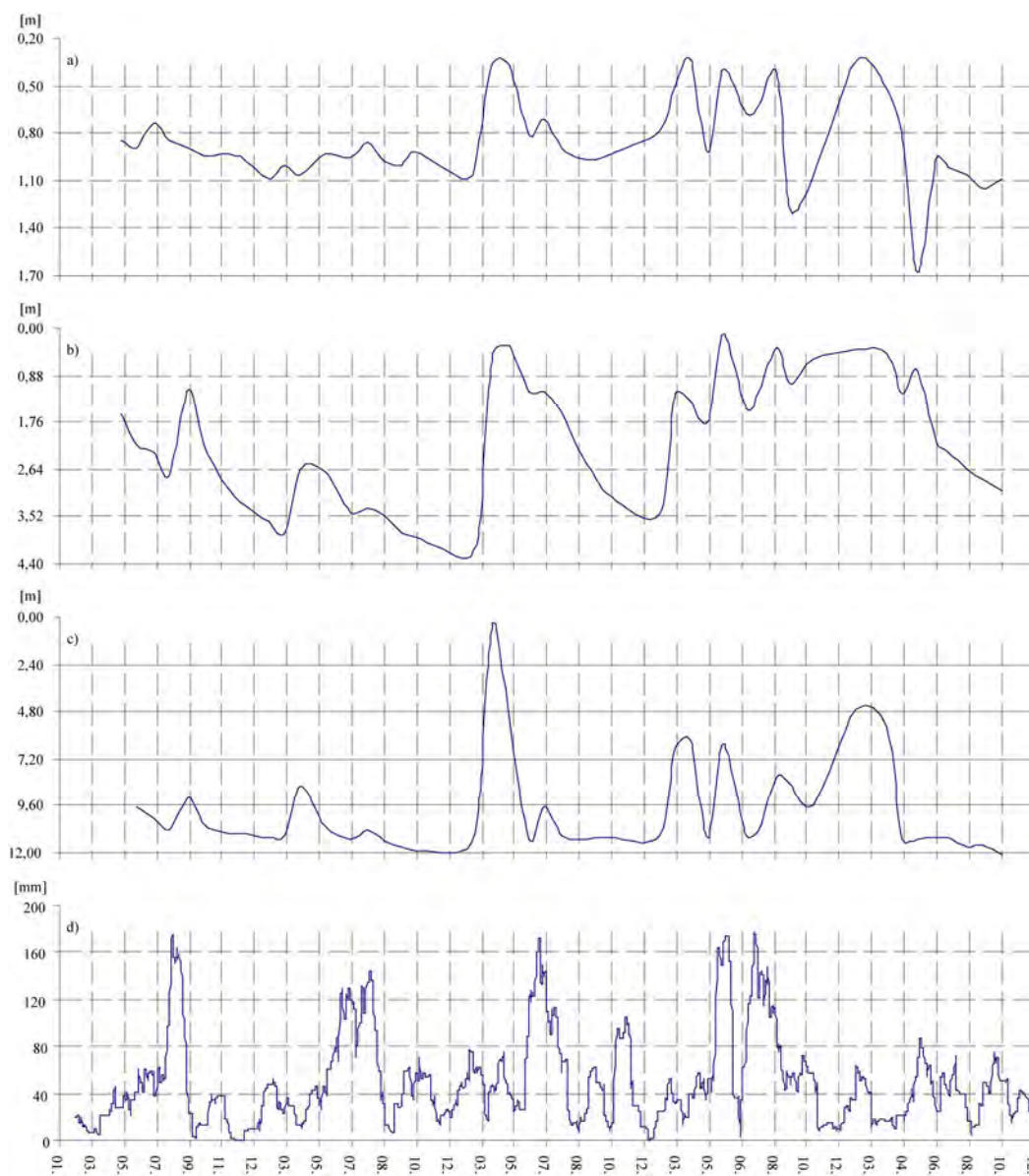
| Bod   | Počet meraní | Max. úroveň hpv |                    |               | Min. úroveň hpv |                    |               | Priem. úroveň hpv |                    | Max. kolísanie hpv [m] |
|-------|--------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|
|       |              | 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. 4.15.5. Vývoj hĺbky hladiny podzemnej vody vo vybraných vrtoch v roku 2015 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. 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.

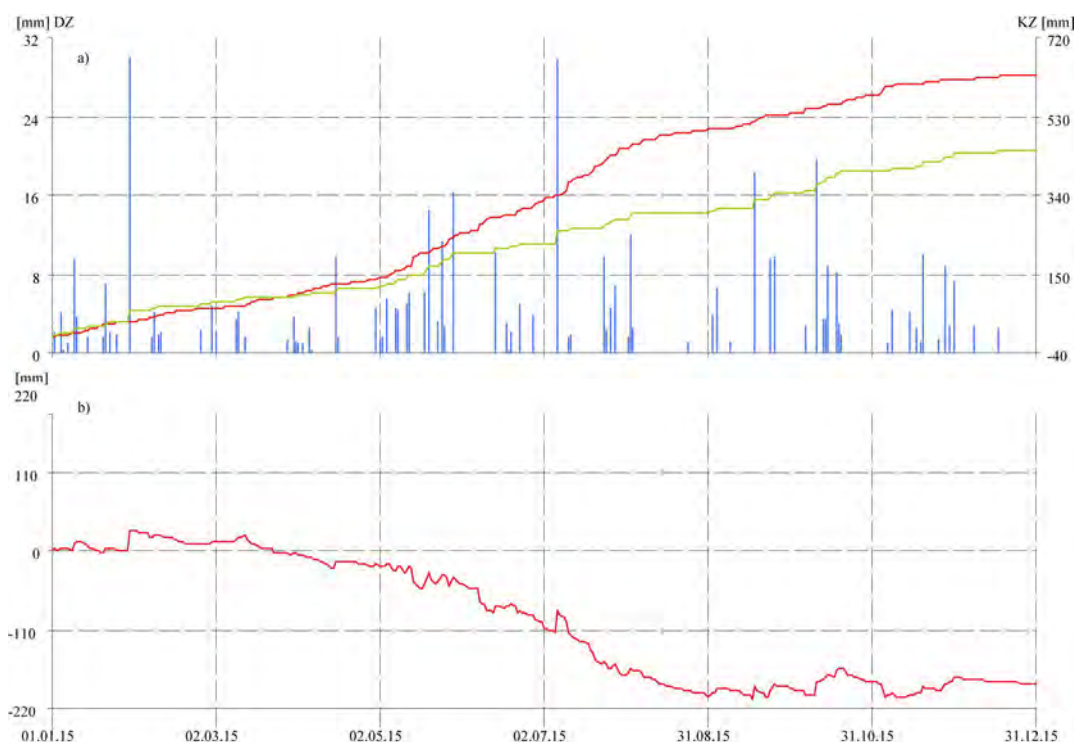




Obr. 4.15.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2015) na lokalite Ďačov. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – DA-10, b – DA-5, c – DA-8, d – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Lipany s indikátivom 59100)

#### c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Lipany s indikátivom 59100. Podľa Mapy priemerných ročných úhrnov zrážok (Faško a Šťastný in Atlas krajiny SR, 2002) možno v danej oblasti očakávať zrážkový úhrn v intervale 600 až 700 mm. V roku 2014 bol na tejto stanici zaznamenaný zrážkový úhrn 754,8 mm, čo je možné v danej oblasti označiť ako nadpriemernú hodnotu. V roku 2015 bol nameraný zrážkový úhrn 444,5 mm, čo je až o 310,3 mm menej ako v roku 2014 (výrazne podpriemerná hodnota pre danú oblasť – obr. 4.15.7).



Obr. 4.15.7. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Lipany (indikatív 59100). a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2015 (modrá línia – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená línia – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená línia – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2014); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2015

### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2015 boli merania vykonané na rozšírenom súbore inklinometrických vrtov. Z meraní vyplýva, že v oblasti vrtu DA-15 došlo v období od roku 2012 do roku 2015 k deformácii až 16,76 mm. Z merania, vzhľadom na dĺžku etapy, nie je známe, v ktorom období sa pohybová aktivita najviac prejavovala. V zosuvnom území naďalej zostáva najaktívnejšou oblasťou okolie vrtu DA-7. Najvyšší prírastok deformácie bol v tomto vrte nameraný počas jarneho merania, teda etapy, ktorá zachytáva najmä predchádzajúce jesenné a zimné obdobia.

Hladiny podzemnej vody kolísali v závislosti od klimatických pomerov. Ich vývoj ovplyvnil zrážkový deficit, v dôsledku čoho bola prekročená dlhodobá minimálna úroveň 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 hladinomerami. Táto požiadavka sa týka najmä vrtu DA-8, ktorý sa nachádza v najaktívnejšej oblasti.

V zosuvnom území neboli doposiaľ vykonané žiadne sanačné opatrenia. Dlhodobu sledujeme nepriaznivú stabilitnú situáciu vo východnej časti územia. Hladina podzemnej vody vo vrte DA-8, ktorý sa tu nachádza, kolíše v závislosti od klimatických pomerov. V roku 2015 sa vďaka nízkemu úhrnu zrážok nachádzala pomerne hlboko. K stabilizácii tejto časti obce by prispelo hĺbkové odvodnenie zosuvného územia.

V roku 2016 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach (cca 10 krát ročne) a inklinometrických meraniach (1 až 2-krát).

#### 1.4.16. Lokalita Bardejovská Zábava

##### *Stručná charakteristika lokality*

Zosuv, ktorý vznikol v roku 2010 v Bardejove, v mestskej časti Bardejovská Zábava, ohrozuje zástavbu rodinných domov (obr. 4.16.1). 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 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.16.1.

Tab. 4.16.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bardejovská Zábava v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                 | Monitorovacie objekty |                                                | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                                                                                                  |                                                                                                       |
|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | Počet                 | Označenie                                      | Rok 2014                                                                                                                                    | Rok 2015                                                                                              |
| Inklinometrické                      | 1                     | BIJ-1                                          | 2<br>(3. jún,<br>2. december)                                                                                                               | 1<br>(15. máj)                                                                                        |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody | 2                     | BHJ-1, BHJ-3                                   | 10<br>(27. január,<br>25. február,<br>27. marec, 29. apríl,<br>26. máj, 8. júl,<br>4. august, 4. september,<br>1. október,<br>13. november) | 7<br>(28. apríl,<br>25. máj,<br>30. jún,<br>23. júl,<br>28. august,<br>25. september,<br>30. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov            | 1                     | Stanica SHMÚ:<br>Bardejov<br>(indikatív 49120) | Denné úhrny zrážok                                                                                                                          |                                                                                                       |

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

###### *a/ Inklinometrické merania*

V roku 2014 bolo prvé meranie realizované v júni a druhé v decembri. Namerané etapové vektory v sledovaných horizontoch počas oboch meraní len ojedinele presiahli 3 mm. Najvyššia hodnota 3,4 mm bola nameraná v hĺbke 5,11 m pod terénom (2. decembra, teda za 182 dní, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 6,82 mm.rok<sup>-1</sup>).

Pri porovnaní etapových vektorov zaznamenaných v roku 2014 s predchádzajúcim obdobím je možné konštatovať útlm aktivity svahového pohybu. Z výsledkov meraní tiež vyplýva, že najaktívnejšia oblasť sa nachádza v hĺbke približne 5,5 m pod terénom (obr. 4.16.2).

V roku 2015 sa pokračovalo v redukovanej frekvencii (jedno meranie – 15. máj). Vo vrte BIJ-1 boli na sledovanej šmykovej ploche v hĺbke 5,61 m pod terénom (obr. 4.16.2) namerané

o niečo vyššie hodnoty prírastku deformácie ako v predchádzajúcom roku (deformácia 1,77 mm predstavuje priemernú rýchlosť  $3,96 \text{ mm.rok}^{-1}$  – s orientáciou na východ).

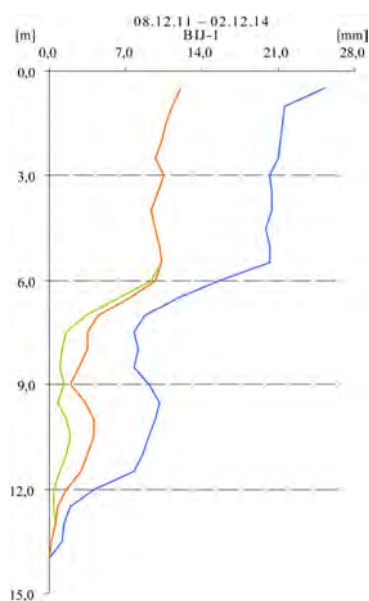


Obr. 4.16.1. Lokalita Bardejovská Zábava – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab.4.15.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrisy zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS<sup>®</sup>

Tab. 4.16.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Bardejovská zábava v rokoch 2014 a 2015

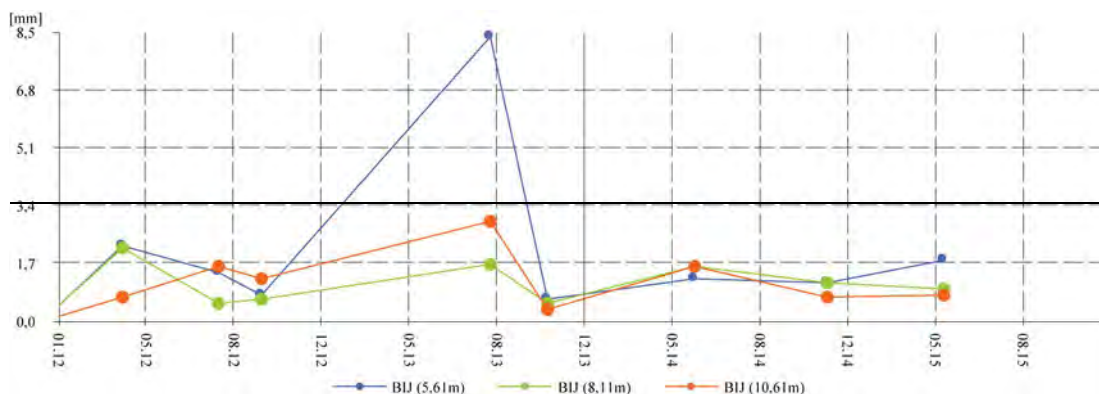
| Bod   | Hĺbka pod ter. [m] | 11.11.13 – 03.06.14 |         |       | 03.06.14 – 02.12.14 |         |       | 02.12.14 – 15.05.15 |         |       |
|-------|--------------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|       |                    | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| BIJ-1 | 5,61               | 8,45                | 1,21    | 254   | 9,43                | 1,12    | 150   | 1,77                | 1,77    | 97    |

CD – Celková deformácia od nultého merania (08.12.11); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora



Obr. 4.16.2. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie (od roku 2011 do roku 2015); zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

Z hľadiska dlhodobého vývoja deformácie, prezentovaného na obr. 4.16.3, 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 8 mm (v období od októbra 2012 do apríla 2013). Azimut vektoru bol orientovaný na severovýchod (čo je v súlade s orientáciou spádnice svahu).



Obr. 4.16.3. Prírastky deformácií namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Bardejovská Zábava počas dlhšieho časového obdobia (2012 – 2015)

#### b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Bardejovská Zábava sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch (tab. 4.16.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.16.3 a 4). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (27. január – 13. november). Bližšie k povrchu terénu bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte BHJ-3 (2,37 m pod terénom – 301,22 m n. m. – 8. júl). Vo vrte BHJ-1 sa maximálny stav hladiny podzemnej vody vyskytol 26. mája. Naopak, najhlbšia hladina podzemnej vody bola nameraná vo vrte BHJ-1 (9,63 m – 334,13 m n. m. – 25. február). Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 2,62 (BHJ-3) až 9,07 m pod terénom (BHJ-1). Väčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte BHJ-3 (1,01 m). V roku 2014 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 5,84 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

V aktuálne hodnotenom 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 porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (2,37 m pod terénom, zaznamenanou dňa 8. júla 2014), predstavuje nameraná maximálna hladina v roku 2015 pokles o 0,15 m. V druhom monitorovanom vrte BHJ-1 dosiahla maximálna hladina podzemnej vody 8,79 m pod terénom (28. apríl). Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte BHJ-1 (min. hladina podzemnej vody 9,42 m pod terénom, zaznamenaná dňa 30. októbra). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 5,87 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nepatrná zmena (pokles o 0,04 m).

Tab. 4.16.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2014

| Bod   | Počet meraní | Max. úroveň hpv |                    |               | Min. úroveň hpv |                    |               | Priem. úroveň hpv |                    | Max. kolísanie hpv [m] |
|-------|--------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|
|       |              | pod ter. [m]    | nad mor. [m n. m.] | dátum merania | pod ter. [m]    | nad mor. [m n. m.] | dátum merania | pod ter. [m]      | nad mor. [m n. m.] |                        |
| BHJ-1 | 10           | 8,71            | 335,05             | 26.05.14      | 9,63            | 334,13             | 25.02.14      | 9,07              | 334,69             | 0,92                   |
| BHJ-3 | 9            | 2,37            | 301,22             | 08.07.14      | 3,38            | 300,21             | 04.08.14      | 2,62              | 300,97             | 1,01                   |





Obr. 4.16.4. Lokalita Bardejovská Zábava – situácia sanačných a monitorovacích objektov; obrysy zosuvov podľa Havča (2012), mapový podklad: ZBGIS®

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.

Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2015, spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, sú znázornené na obr. 4.16.5. Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody so sumárnou výdatnosťou a kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.16.5.

Tab. 4.16.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2015

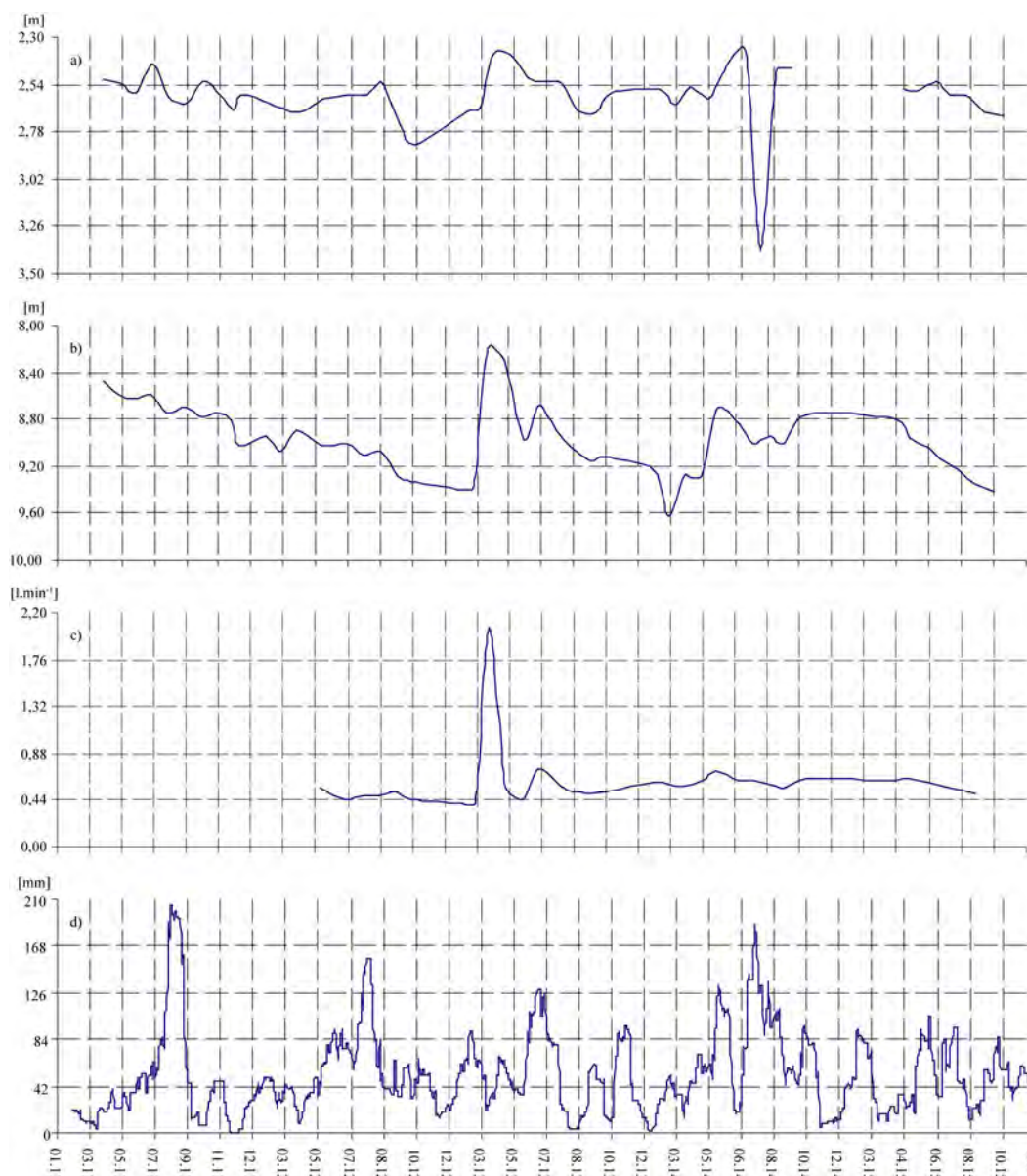
| Bod   | Počet meraní | Max. úroveň hpv |                    |               | Min. úroveň hpv |                    |               | Priem. úroveň hpv |                    | Max. kolísanie hpv [m] |
|-------|--------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|
|       |              | 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                   |

Pri hodnotení celého obdobia režimových pozorovaní (2011 až 2014 – obr. 4.16.6), možno konštatovať, že hladina podzemnej vody na zrážkové úhrny reaguje minimálne. Výraznejší vzostup hladiny podzemnej vody súvisel s jarným obdobím roku 2013.

#### c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Bardejovská Zábava sú monitorované štyri odvodňovacie vrty (tab. 4.16.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.16.5 a 4.16.6). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (27. január – 13. november). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 26. mája na odvodňovacom vrte HV2 ( $0,71 \text{ l.min}^{-1}$ ). Najnižšia výdatnosť na tomto vrte bola zaznamenaná 1. októbra ( $0,55 \text{ l.min}^{-1}$ ). Ostatné vrty (HV1, HV3, HV4) boli počas všetkých meraní suché, resp. ojedinele z nich kvapkala voda. Priemerná výdatnosť jediného funkčného vrtu dosiahla v roku 2014 hodnotu  $0,61 \text{ l.min}^{-1}$ , s celkovým kolísaním  $0,16 \text{ l.min}^{-1}$ .

V roku 2015 bolo na jednotlivých vrtoch zabezpečených 6 kontrolných meraní (28. apríl – 25. september). Počas tohto relatívne krátkeho obdobia bola maximálna hodnota výdatnosti zaznamenaná opäť 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



Obr. 4.16.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Bardejovská Zábava. Pribeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – BHJ-3, b – BHJ-1, c – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov; d – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Bardejov s indikativom 49120)

Tab. 4.16.5. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava v roku 2014

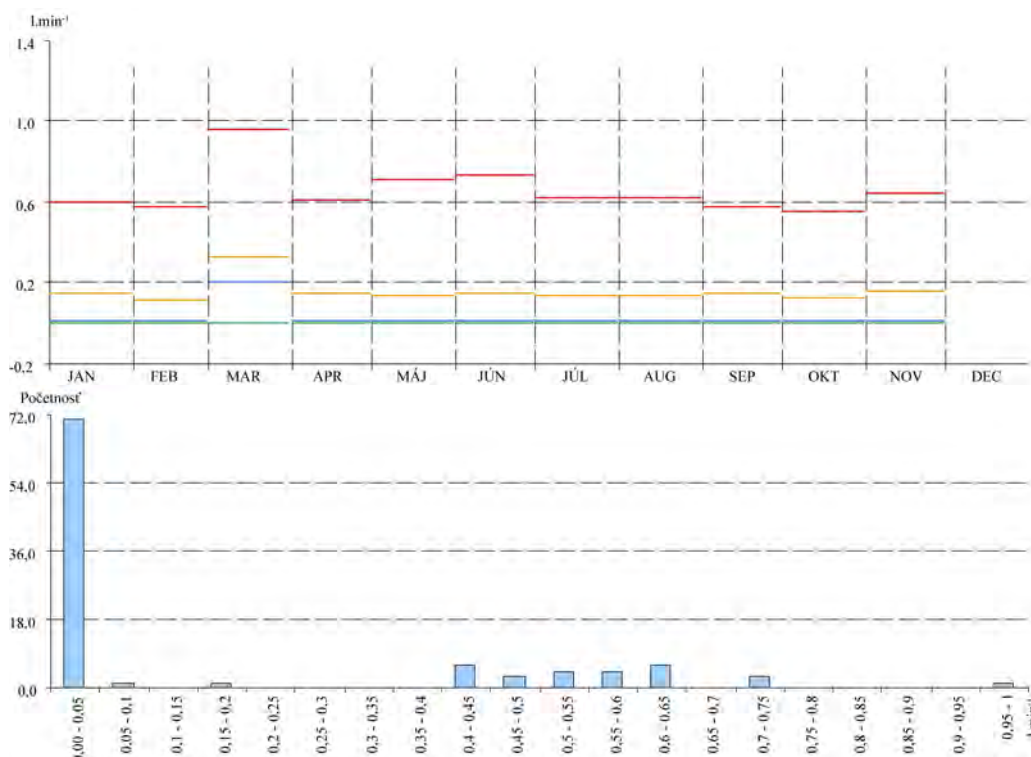
| Bod  | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] | Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
|------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
|      |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    |                                        |                                              |
| HV-1 | 10           | 0,00                   | 27.01.14 | 0,00                   | 27.01.14 | 0,00                                   | 0,00                                         |
| HV-2 | 10           | 0,71                   | 26.05.14 | 0,55                   | 01.10.14 | 0,61                                   | -0,16                                        |
| HV-3 | 10           | 0,00                   | 27.01.14 | 0,00                   | 27.01.14 | 0,00                                   | 0,00                                         |
| HV-4 | 10           | 0,01                   | 27.01.14 | 0,01                   | 27.01.14 | 0,01                                   | 0,00                                         |

výnimočne (28. apríla) bol zaznamenaný súvislý výtok z vrtu HV4 (maximum – 0,02 l.min<sup>-1</sup>; 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 l.min<sup>-1</sup>), 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 l.min<sup>-1</sup>, teda identickú ako v predchádzajúcom roku.

Maximálne kolísanie zaznamenané vo vrte HV2 dosiahlo  $0,08 \text{ l.min}^{-1}$ . Dosiahnuté maximálne výdatnosti v roku 2015 boli v porovnaní s dlhodobým maximálnym hodnotami podpriemerné.

Tab. 4.16.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava 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    |                                         |                                               |
| 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                                          |



Obr. 4.16.7. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Bardejovská Zábava. Červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti (2. kvartil), zelená – minimálna mesačná výdatnosť.

Priebehy množstva odvádzanej vody z vybraných odvodňovacích zariadení, spolu so zmenami hladiny podzemnej vody a kumulatívnymi zrážkami, sú znázornené na obr. 4.16.6.

Počas celého monitorovaného obdobia majú merané výdatnosti veľmi nízke hodnoty (prevládajú výdatnosti v intervale  $0,0$  až  $0,05 \text{ l.min}^{-1}$ , čo je prietok blízky kvapkaniu vody z vrtu – obr. 4.16.7). Výraznejší nárast spoločnej výdatnosti bol nameraný len počas marcového merania v roku 2013, kedy sumárna výdatnosť odvodňovacích zariadení dosahovala až  $2,06 \text{ l.min}^{-1}$  (obr. 4.16.6).

#### d/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Bardejov s indikatívom 49120. Počas roku 2014 bol zaznamenaný zrážkový úhrn  $755,2 \text{ mm}$  a následne v roku 2015 hodnotu  $582,1 \text{ mm}$ , čo je pokles o  $173,1 \text{ mm}$ .



Obr. 4.16.7. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Bardejov (indikatív 49120). a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2015 (modrá línia – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená línia – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená línia – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2014); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2015

### 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 2014 v porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k miernemu nárastu pohybovej aktivity.

Výsledky režimových merní poukazujú na ustálený stav hladiny podzemnej vody. Jej zmeny boli počas roka 2015 len minimálne. V plytšom horizonte sa hladiny podzemnej vody vyskytovala v blízkosti dlhodobého priemeru hladiny podzemnej vody. V hlbšom horizonte bola situácia podobná, avšak v druhej polovici roka hladina podzemnej vody výraznejšie klesala.

V roku 2016 plánujeme kontrolným inklinometrickým meraním overiť stabilitu zosuvného územia a zabezpečiť režimové pozorovania v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v predchádzajúcom roku.

#### 1.4.17. 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 2014 a 2015*

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 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.17.1.

Tab. 4.17.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Prešov-Horárska ul. v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                 | Monitorovacie objekty |                                                          | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania)                                                                                                  |                                                                                                                                 |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | Počet                 | Označenie                                                | Rok 2014                                                                                                                                       | Rok 2015                                                                                                                        |
| Inklinometrické                      | 4                     | JH-1A, JH-2A,<br>JH-3A, JH-4A                            | 1<br>(3. december)                                                                                                                             | 2<br>(7. máj, 27. október)                                                                                                      |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody | 4                     | JH-1, JH-2, JH-4                                         | 10<br>(28. január,<br>26. február,<br>28. marec, 30. apríl,<br>26. máj, 8. júl,<br>4. august,<br>4. september,<br>1. október,<br>13. november) | 9<br>(29. január,<br>30. marec,<br>28. apríl,<br>25. máj,<br>30. jún, 23. júl,<br>28. august,<br>25. september,<br>21. október) |
|                                      | 1                     | JH-3 – automatický hladinomer                            | Kontinuálne<br>(každú hodinu)                                                                                                                  |                                                                                                                                 |
| Meranie zrážkových úhrnov            | 1                     | Stanica SHMÚ:<br>Prešov-planetárium<br>(indikatív 59160) | Denné úhrny zrážok                                                                                                                             |                                                                                                                                 |

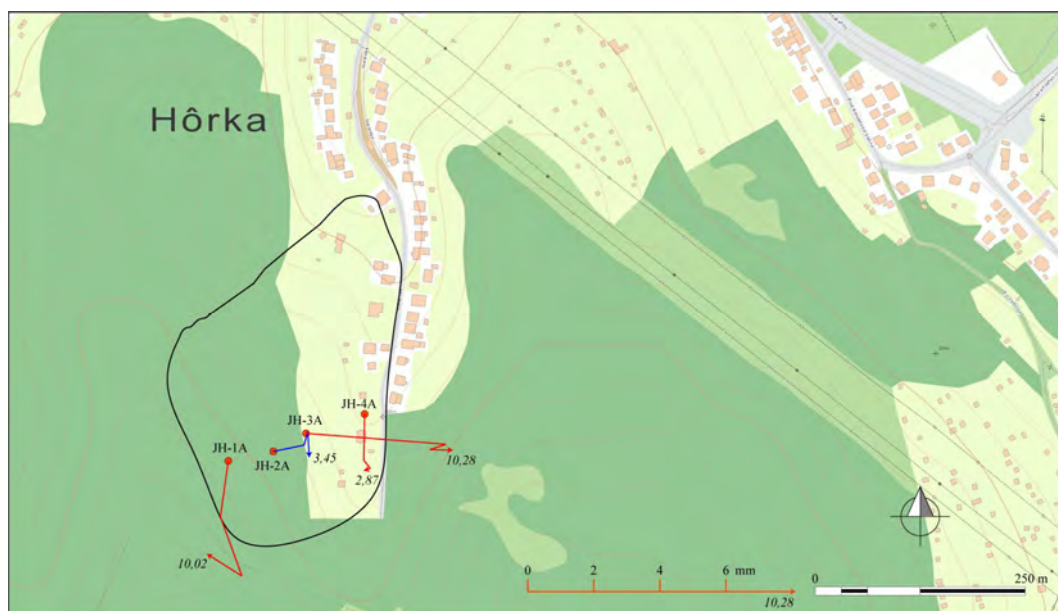
*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

##### *a/ Inklinometrické merania*

Inklinometrické merania sa na lokalite realizujú v štyroch inklinometrických vrtoch (JH-1A, JH-2A, JH-3A, JH-4A – obr. 4.17.1). V roku 2014 boli najvyššie prírastky deformácie v rámci sledovaných horizontov pozorované vo vrte JH-3A, a to 4,24 mm (v hĺbke 2,87 m pod terénom). Nameraná deformácia charakterizuje obdobie do novembra 2013 do decembra 2014, teda viac ako jeden kalendárny rok. Vrt JH-3A sa nachádza v centrálnej časti zosuvného telesa. Zvýšená pohybová aktivita bola nameraná i vo vrte JH-1A (v hĺbke 13,02 m pod terénom – deformácia 4,2 mm; v hĺbke 10,02 m pod terénom –



deformácia 1,70 mm) V ostatných vrtoch (v sledovaných hĺbkových horizontoch) boli namerané prírastky deformácie v rozsahu od 0,95 do 1,39 mm (tab. 4.17.2).



Obr. 4.17.1. Lokalita Prešov-Horárska ul. – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.17.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektorech označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®

Tab. 4.17.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Prešov-Horárska ul. v rokoch 2014 a 2015

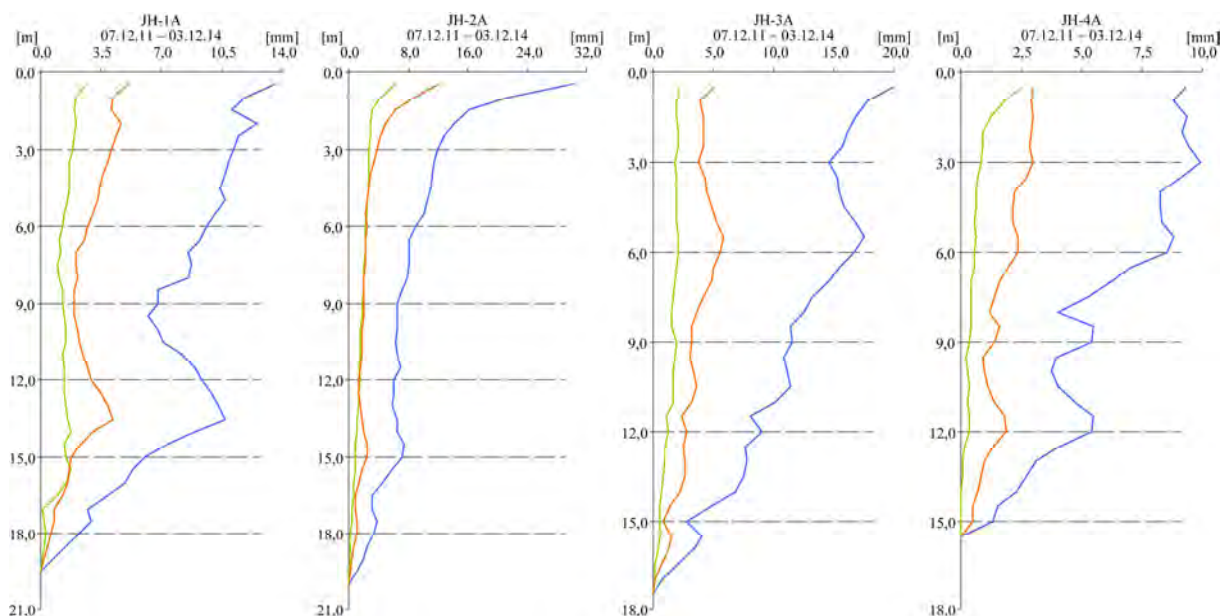
| Bod   | Hĺbka pod ter. | 12.11.13 – 03.12.14 |         |       | 03.12.14 – 07.05.15 |         |       | 07.05.15 – 27.10.15 |         |       |
|-------|----------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|       |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| JH-1A | 10,02          | 1,42                | 1,70    | 188   | 1,90                | 1,90    | 160   | 1,22                | 1,14    | 302   |
| JH-2A | 3,45           | 2,71                | 0,95    | 78    | 0,42                | 0,42    | 15    | 0,30                | 0,67    | 177   |
| JH-3A | 2,87           | 1,99                | 4,24    | 94    | 0,51                | 0,51    | 251   | 0,20                | 0,58    | 91    |
| JH-4A | 10,28          | 0,30                | 1,39    | 181   | 0,32                | 0,32    | 142   | 0,30                | 0,10    | 250   |

CD – Celková deformácia od nultého merania (07.12.11); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora

Azimuty nameraných vektorov mali približne severovýchodnú až východnú (JH-2A a JH-3A) a južnú (JH-1A a JH-4A) orientáciu. Viaceré namerané vektory boli teda v rozpore s predpokladaným vektorom deformácie po spádnicí svahu.

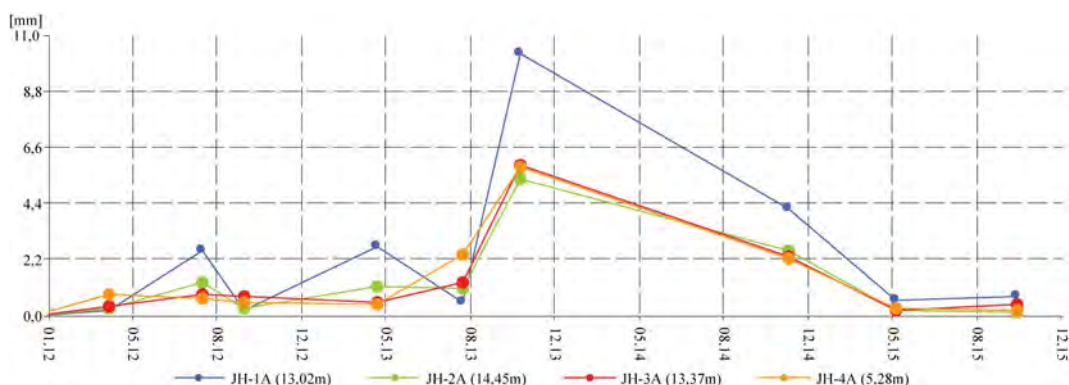
V roku 2015 sa zvýšil počet monitorovacích etáp na dve (jarná a jesenná etapa). Počas jarnej etapy, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu od decembra roku 2014 do začiatku mája 2015, bola v rámci sledovaných hĺbkových horizontov nameraná najvyššia etapová deformácia vo vrte JH-1A (1,90 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,50 mm.rok<sup>-1</sup>). 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<sup>-1</sup>). V ostatných vrtoch boli deformácie do 0,67 mm (1,42 mm.rok<sup>-1</sup>). 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. Táto skutočnosť sa odráža i na výsledných deformáciách inklinometrických pažníc, prezentovaných na obr. 4.17.2.

Vektory etapových deformácií v sledovaných horizontoch majú azimuty s odchýlkou blízku 180°. I keď trajektórie sledovaných bodov rastú, protismerný pohyb neguje celkové deformácie inklinometrických pažníc, vďaka čomu ani v jednom vrte nie je možné definovať priebeh šmykovej plochy. Otázne je, či tento stav súvisí s priaznivým stabilitným stavom svahovej poruchy, alebo nesprávnym spôsobom zabudovania inklinometrických vrto. Jednoznačne však môžeme konštatovať, že zosuvný pohyb sa v nameraných výsledkoch prejavuje len v minimálnom meradle.



Obr. 4.17.2. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie. Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

Pri porovnaní nameraných vektorov v dlhšom období je vidieť, že najväčšie etapové deformácie boli zaznamenané na konci roku 2013. Počas posledných dvoch rokov, hlavne v roku 2015, sledujeme pokles pohybovej aktivity (obr. 4.17.3).



Obr. 4.17.3. Dlhodobé (2012 – 2015) 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

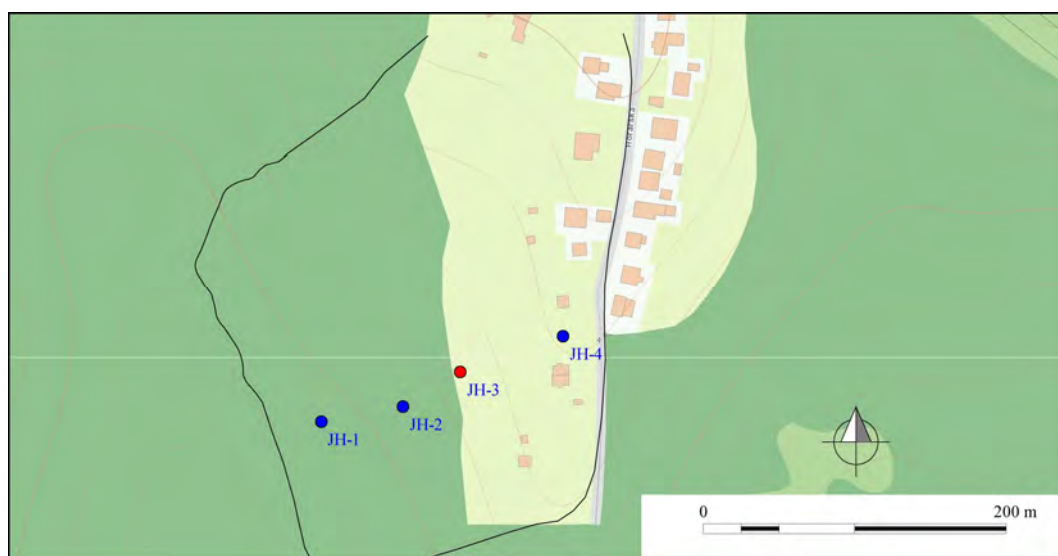
Na lokalite Prešov-Horárska ul. boli v roku 2014 zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 3 vrtoch (tab. 4.17.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je

v tab. 4.17.3 a 4). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (28. január – 13. november). Najbližšie k povrchu terénu bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte JH-1 (0,67 m pod terénom – 350,85 m n. m. – 26. máj). Rovnaký termín výskytu maximálnej hladiny podzemnej vody bol nameraný i vo vrte JH-4 (7,40 m pod terénom – 313,18 m n. m.) Maximálna hladina podzemnej vody bola vo vrte JH-2 nameraná dňa 4. augusta (14,05 m pod terénom – 331,74 m n. m.). Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte JH-2 (15,56 m – 330,23 m n. m. – 28. január). Všeobecne, minimálna úroveň hladiny podzemnej vody sa vyskytovala (vo všetkých vrtoch) počas januárovej etapy merania. Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 3,79 (JH-1) až 14,97 m pod terénom (JH-2). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte JH-1 (5,25 m). V roku 2014 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 9,69 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

Tab. 4.17.3. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Prešov-Horárska ul. v roku 2014

| 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           | 0,67            | 350,85             | 26.05.14      | 5,92            | 345,60             | 28.01.14      | 3,79              | 347,73             | 5,25                   |
| JH-2 | 10           | 14,05           | 331,74             | 04.08.14      | 15,56           | 330,23             | 28.01.14      | 14,97             | 330,82             | 1,51                   |
| JH-4 | 10           | 7,40            | 313,18             | 26.05.14      | 11,89           | 308,69             | 28.01.14      | 10,31             | 310,27             | 4,49                   |

V aktuálne hodnotenom roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 21. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola rovnako ako v predchádzajúcom roku zaznamenaná vo vrte JH-1 (2,79 m pod terénom – 348,73 m n. m. – 30. marec). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (0,67 m pod terénom, zaznamenanou dňa 26. máj 2014), predstavuje nameraná maximálna hladina v roku 2015 pokles o 2,12 m. Podobne ani v ostatných monitorovaných vrtoch neboli prekročené dlhodobé maximálne hladiny podzemnej vody. 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

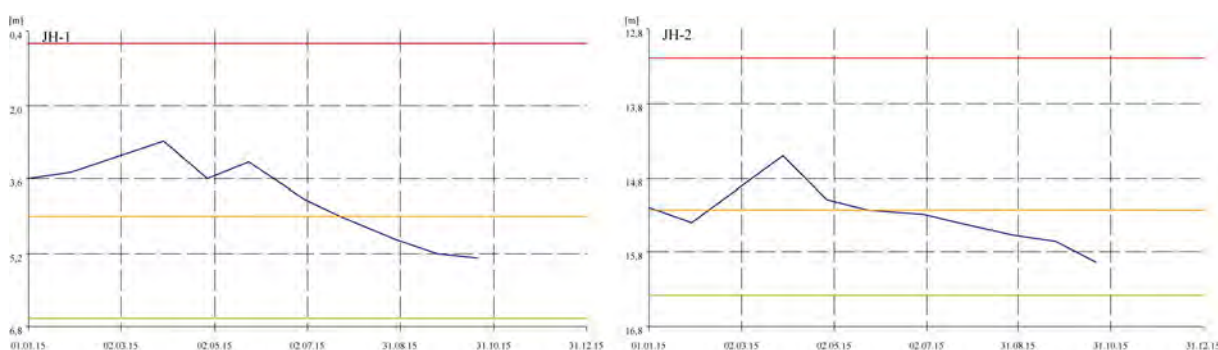


Obr. 4.17.4. Lokalita Prešov-Horárska ul. – situácia monitorovacích objektov hladiny podzemnej vody (mapový podklad: ZBGIS®)

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, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,56 m. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte JH-4 (3,36 m). Dosiahnutá amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje 70,15 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania.

Tab. 4.17.4. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení 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                   |

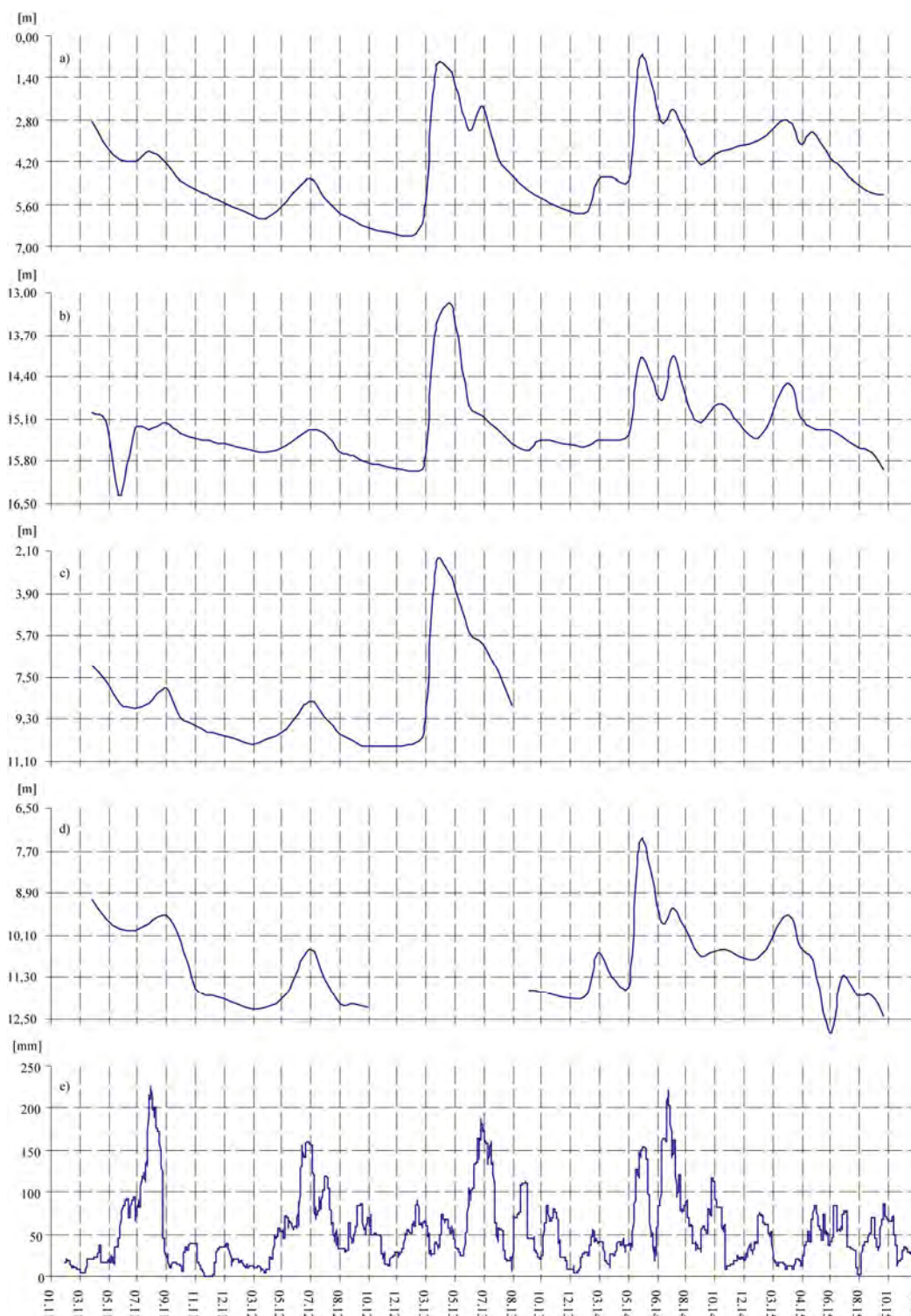


Obr. 4.17.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2015 na lokalite Prešov-Horárska ul. (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania). Červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2015

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.

Z dlhodobjšieho hľadiska zmien hĺbky hladiny podzemnej vody je možné za významný považovať rok 2013, ale aj 2014. V roku 2013 hladiny podzemnej vody začali stúpať v druhej polovici februára, čo sa vzápätí vo väčšine prípadov prejavilo jej prudkým vzostupom s maximálnymi nameranými úrovňami v sledovanom období.





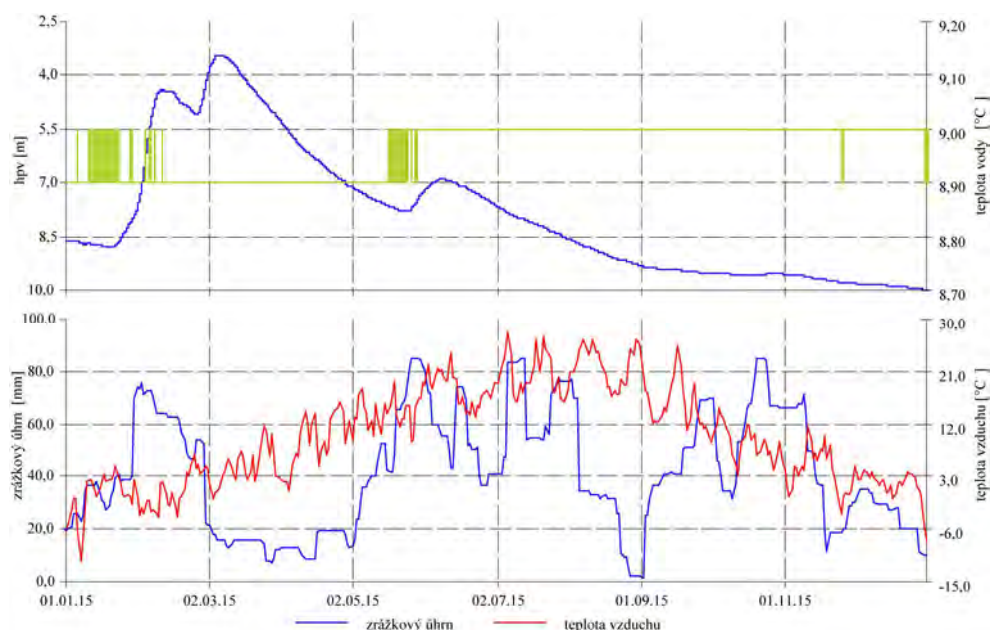
Obr. 4.17.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Prešov-Horárska ul. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – JH-1, b – JH-2, c – JH-3, d – JH-4; e – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Prešov-planetárium s indikatívom 59160)

#### b2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

V roku 2014 priemerná hladina podzemnej vody dosiahla hĺbku 7,13 m pod terénom s maximálnou amplitúdou 6,80 m. Minimálna hĺbka hladiny podzemnej vody bola nameraná v druhej polovici januára. Od tohto termínu mala hladina podzemnej vody prevažne zostupný trend až do prvej polovice júna, kedy dosiahla maximálnu úroveň (tab. 4.17.5). Tento vzostup hladiny podzemnej vody bol zaznamenaný v súvislosti s intenzívnymi májovými zrážkami.



Podobne, ako v prípade vývoja zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v ostatných piezometroch, monitorovaných pozorovateľom, aj pre tento vrt bolo príznačné cyklické striedanie vzostupov a poklesov hladiny podzemnej vody v závislosti od klimatických faktorov.



Obr. 4.17.7. Priebah zmien úrovne hladiny podzemnej vody a teploty vody, zaznamenaný v roku 2015 automatickým hladinomerom na lokalite Prešov-Horárska ul. a – automatický hladinomer umiestnený vo vrte JH-3, b – znázornenie denných zrážkových úhrnov v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň) a teploty vzduchu, na zrážkomernej stanici SHMÚ Prešov-planetárium (indikatív 59160)

Tab. 4.17.5. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Prešov-Horárska ul. v roku 2014

| 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 | 8104       | 3,02            | 332,64             | 01.06.14 02:00 | 9,82            | 325,84             | 19.01.14 02:00 | 7,13              | 328,53             | 6,80                   |

V roku 2015 bola maximálna hladina podzemnej vody zaznamenaná začiatkom marca, počas druhej vzostupnej fázy hladiny podzemnej vody (obr. 4.17.7). V porovnaní s vlnajšou maximálnou hladinou ide o pokles o 0,41 m. Na zimnom vzostupe hladiny podzemnej vody sa podieľali výdatné zrážky, ktoré boli zaznamenané na prelome mesiacov január a február. Od polovice marca hladina podzemnej vody klesala až do konca roka, kedy dosiahla najnižšiu úroveň (tab. 4.17.6). Počas tohto dlhého obdobia postupného poklesu, vplyvom výdatných zrážok na konci jarného a začiatku letného obdobia, hladina podzemnej vody zaznamenala mierny vzostup. Jesenné výdatné zrážky sa na zmenách hladiny podzemnej vody prejavili len minimálne. Pravdepodobne to súvisí s predchádzajúcim mimoriadne suchým obdobím na konci augusta. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 dosiahla 7,87 m pod terénom, čo je oproti predchádzajúcemu roku pokles o 0,74 m. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody počas roka 2015 dosiahlo 6,58 m.

Tab. 4.17.6. 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 14:00 | 10,01           | 325,65             | 31.12.15 23:00 | 7,87              | 327,79             | 6,58                   |

### c/ Meranie zrážkových úhrnov

Zrážkové úhrny zo stanice Prešov-planetárium s indikatívom 59160 sú opísané pri lokalite Kapušany.

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Výsledky režimových meraní, realizovaných v roku 2015 sú odrazom klimatických faktorov. Kým počas jarých mesiacov mali hladiny podzemnej vody vzostupný charakter, v druhej polovici roka, v dôsledku zrážkového deficitu, došlo vo všetkých vrtoch k ich poklesu. Analogický priebeh bol zaznamenaný i automatickým hladinomerom, ktorý poskytuje detailný obraz o vývoji tohto zosuvotvorného faktora. Maximálne stavy boli zaznamenané v prevažnej miere na konci marca.

Na základe výsledkov inklinometrických meraní došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k upokojeniu pohybovej aktivity. Namerané azimuty vektorov však vytvárajú pochybnosti o reprezentatívnosti výsledkov. Predpokladáme, že vektory, ktorých azimuty sú orientované inverzne voči spádnici svahu, súvisia s technickými nedostatkami vystrojenia inklinometrických vrtov.

V budúcom roku, vzhľadom na spoločenský význam zosuvnej lokality, plánujeme zabezpečiť jedno kontrolné inklinometrické meranie. Zároveň budeme pokračovať v režimových meraniach s frekvenciou 10 meraní a zbere a spracovaní údajov z automatického hladinomeru.

#### 1.4.18. 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. 4.18.1). 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 2014 a 2015*

V rokoch 2014 a 2015 bola na zosuvnej lokalite pozornosť venovaná výhradne režimovým meraniam. Rozsah a frekvencia monitorovacích aktivít sú uvedené v tab. 4.18.1.

Tab. 4.18.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Čirč v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                               | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                                                                                                     |                                                                                                       |
|--------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                                     | Rok 2014                                                                                                                                       | Rok 2015                                                                                              |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 2                     | Č-1 a Č-3                                                     | 10<br>(27. január,<br>25. február,<br>27. marec, 29. apríl,<br>26. máj, 8. júl,<br>4. august,<br>4. september,<br>1. október,<br>13. november) | 7<br>(28. apríl,<br>25. máj,<br>30. jún,<br>23. júl,<br>28. august,<br>24. september,<br>30. október) |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 3                     | Spoločná výdatnosť troch odvodňovacích vrtoz VV-1, VV-2, VV-3 | 10<br>(27. január,<br>25. február,<br>27. marec, 29. apríl,<br>26. máj, 8. júl,<br>4. august,<br>4. september,<br>1. október,<br>13. november) | 7<br>(28. apríl,<br>25. máj,<br>30. jún,<br>23. júl,<br>28. august,<br>24. september,<br>30. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 2                     | Stanice SHMÚ: Lipany (59100); Malcov (49040)                  | Denné úhrny zrážok                                                                                                                             |                                                                                                       |

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 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. 4.18.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.18.2 a 4.18.3). 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). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (27. január – 13. november). Bližšie k povrchu terénu hladina podzemnej vody vystúpila vo vrte Č-1

(4,31 m pod terénom – 494,97 m n. m. – 26. máj). Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte Č-3 (11,02 m – 493,69 m n. m. – 8. júl). Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 4,63 (Č-1) až 9,81 m pod terénom (Č-3). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte Č-3 (2,22 m). V roku 2014 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 7,22 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).



Obr. 4.18.1. Lokalita Čirč – situácia sanačných a monitorovacích objektov; obrysy zosuvov podľa Šimekovej et al. (2012), mapový podklad: ZBGIS®

Tab. 4.18.2. Výsledky meraní hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Čirč v roku 2014

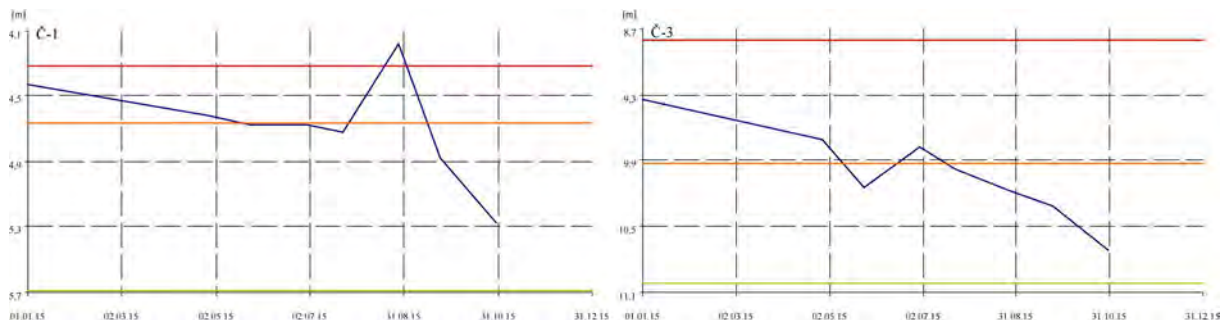
| Bod | Počet meraní | Max. úroveň hpv |                    |               | Mín. úroveň hpv |                    |               | Priem. úroveň hpv |                    | Max. kolísanie hpv [m] |
|-----|--------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|
|     |              | pod ter. [m]    | nad mor. [m n. m.] | dátum merania | pod ter. [m]    | nad mor. [m n. m.] | dátum merania | pod ter. [m]      | nad mor. [m n. m.] |                        |
| Č-1 | 10           | 4,31            | 494,97             | 26.05.14      | 5,69            | 493,59             | 29.04.14      | 4,63              | 494,66             | 1,38                   |
| Č-3 | 10           | 8,80            | 495,91             | 26.05.14      | 11,02           | 493,69             | 08.07.14      | 9,81              | 494,90             | 2,22                   |

V aktuálne hodnotenom roku 2015 bolo zabezpečených 7 kontrolných meraní (28. apríl – 30. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola rovnako ako v roku 2014 zaznamenaná vo vrte Č-1 (4,18 m pod terénom – 495,10 m n. m. – 28. august). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (4,21 m pod terénom, zaznamenanou dňa 26. mája 2014), predstavuje nameraná maximálna hladina v roku 2015 vzostup o 0,13 m, a teda ide o najvyššiu nameranú hladinu v danom objekte za celé monitorované obdobie. Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte Č-3 (min. hladina podzemnej vody 10,71 m pod terénom bola nameraná dňa 30. októbra, rovnako ako aj vo vrte Č-1). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 7,42 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom len minimálna zmena (pokles o 0,20 m). Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte Č-1 (1,09 m). Dosiahnutá amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje 78,99 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania.

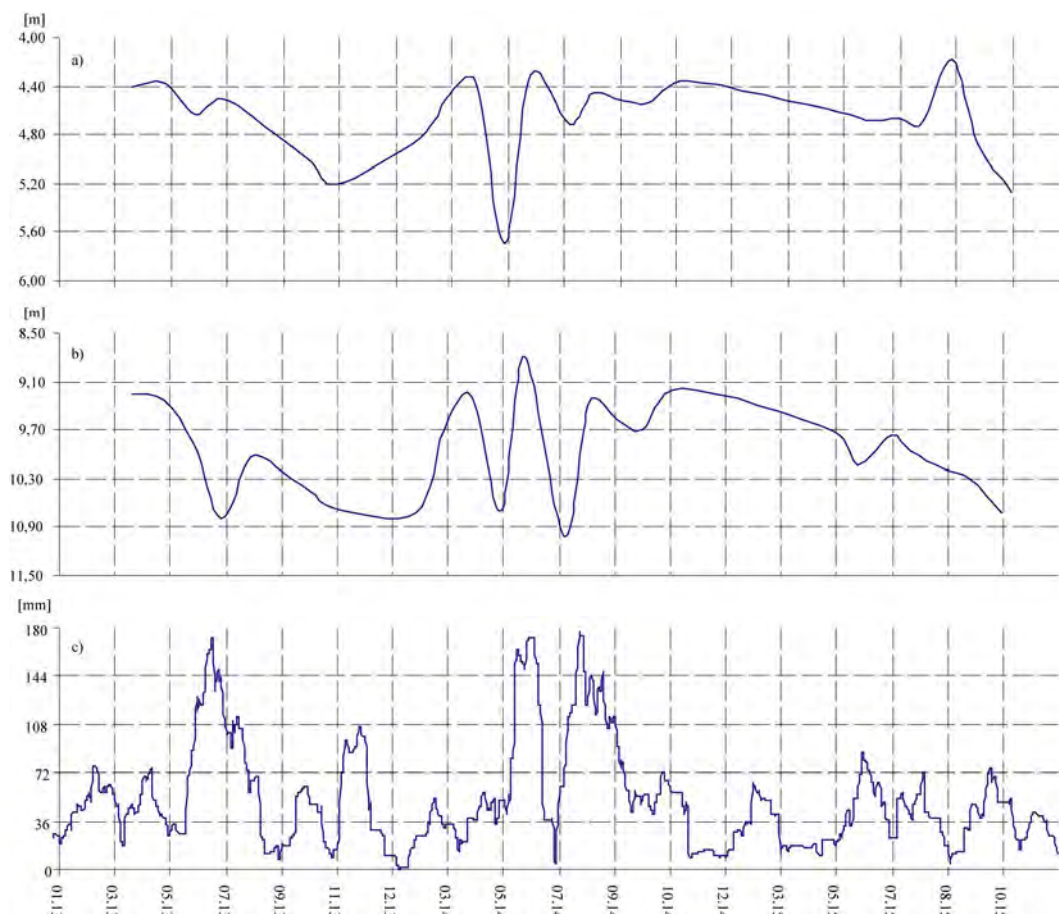
Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody v monitorovaných vrtoch v roku 2015 sú na obr. 4.18.2 a jej dlhodobé zmeny sú spolu kumulatívnymi zrážkovými úhrnmi na obr. 4.18.3.

Tab. 4.18.3. 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                   |



Obr. 4.18.2. Vývoj hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 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 2015



Obr. 4.18.3. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2013 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Čirč. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtach: 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 prekonalá 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. 4.18.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.18.4 a 5). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (27. január – 13. november). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 26. máj (na výtokovom potrubí – 13,20 l.min<sup>-1</sup>), v čase poklesu hĺbky hladiny podzemnej vody v oboch sledovaných vrtoch (Č-1 a Č-3). Naopak, najnižšia výdatnosť bola nameraná 27. januára (odvodňovacie potrubie bolo suché). Priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2014 dosiahla hodnotu 4,56 l.min<sup>-1</sup>. Veľkosť kolísania meranej výdatnosti dosiahla 13,20 l.min<sup>-1</sup>.

Tab. 4.18.4. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2014

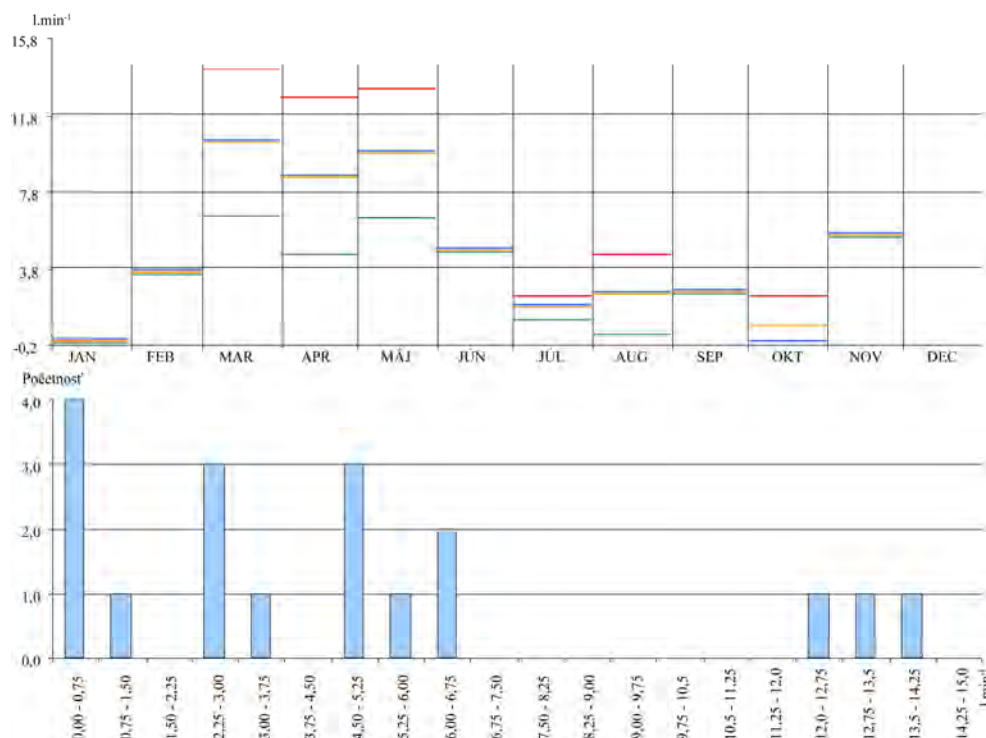
| Bod   | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] | Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
|-------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
|       |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    |                                        |                                              |
| Výtok | 10           | 13,20                  | 26.05.14 | 0,00                   | 27.01.14 | 4,56                                   | 13,20                                        |

V roku 2015 bolo zabezpečených 7 kontrolných meraní (28. apríl – 30. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 28. apríla (3,30 l.min<sup>-1</sup>), 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 (odvodené z údajov nameraných v období od januára 2011 až do decembra 2014 na stanici SHMÚ Lipany – indikatív 59100). Pri porovnaní maximálnej výdatnosti z roku 2015 s dlhodobou maximálnou výdatnosťou, zaznamenanou 22. marca 2013 (14,24 l.min<sup>-1</sup>), môžeme konštatovať výrazný pokles, a to až o 76,83 %.

Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná 30. októbra, kedy bol výtokový objekt suchý (0,00 l.min<sup>-1</sup>), čo súvisí s pomerne výrazným zrážkovým deficitom. Spoločná priemerná výdatnosť odvodňovacích objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu 1,15 l.min<sup>-1</sup>, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 3,41 l.min<sup>-1</sup> a v porovnaní s dlhodobým priemerom až o 3,59 l.min<sup>-1</sup>. Celkové kolísanie výdatnosti dosiahlo 3,30 l.min<sup>-1</sup>. Štatistické ukazovatele množstiev vytekajúcich vody z odvodňovacích zariadení sú znázornené na obr. 4.18.4.

Tab. 4.18.5. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Čirč v roku 2015

| Bod   | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] | Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
|-------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
|       |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    |                                        |                                              |
| Výtok | 7            | 3,30                   | 28.04.15 | 0,00                   | 30.10.15 | 1,15                                   | 3,30                                         |



Obr. 4.18.4. Štatistické zhodnotenie nameranej výdatnosti počas sledovaného obdobia (do roku 2014) na lokalite Čirč. Červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti (2. kvartil), zelená – minimálna mesačná výdatnosť.

Na základe vykonanej štatistickej analýzy je vidieť, že maximálne výdatnosti sú dosahované najmä počas mesiacov marec až máj. Naopak, výrazne najnižšie výdatnosti boli namerané v januári. I keď ide o pomerne malú množinu údajov, z rozdelenia nameraných hodnôt podľa veľkosti výdatnosti vyplýva, že prevládajúci prietok je v intervale od 0,0 – 0,75  $\text{l.min}^{-1}$ . Relatívne časté sú však aj výdatnosti v intervaloch 2,25 – 3,0 a 4,5 – 5,25  $\text{l.min}^{-1}$ .

#### c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Lipany, ktoré sú uvedené pri zosuvnej lokalite Ďačov.

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Monitorovacie aktivity sú v zosuvnom území zamerané len na sledovanie najdôležitejšieho zosuvotvorného faktora – hladiny podzemnej vody (zároveň sa sleduje i efektivita odvodňovacích vrtov). Na základe vykonaných meraní možno konštatovať, že zmeny monitorovaných ukazovateľov priamo korelujú s vývojom klimatických faktorov.

Na zosuvnej lokalite plánujeme v roku 2016 pokračovať v monitorovacích meraniach v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v roku 2015.

#### 1.4.19. 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 (Ondrejka, et al., 2015). Monitorovacia sieť pozostáva zo šiestich vrtov. Tri vrty sú vybudované ako piezometrické a tri ako inklinometrické.

##### Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015

Na zosuvnej lokalite sa v rokoch 2014 a 2015 sústredila pozornosť na inklinometrické merania. Frekvencia meraní je zhrnutá v tab. 4.18.1.

Tab. 4.19.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vranie v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania      | Monitorovacie objekty |                             | Počet uskutočnených meraní (dátum merania) |                    |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------------|
|                           | Počet                 | Označenie                   | Rok 2014                                   | Rok 2015           |
| Inklinometrické           | 3                     | INV-1, INV-2, INV-3         | 2<br>(24. november,<br>15. december)       | 1<br>(29. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov | 1                     | Žilina<br>(indikativ 25040) | Denné úhrny zrážok                         |                    |

##### Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015

##### a/ Inklinometrické merania

V roku 2014 bola na lokalite Žilina-Vranie zabezpečené jedna etapa meraní (úvodné a prvé etapové) vo všetkých troch vrtoch. Z nameraných výsledkov, vzhľadom na krátke obdobie medzi meraniami, nebolo možné jednoznačne stanoviť hĺbku šmykovej plochy. Až merania v roku 2015 priniesli obraz o vývoji deformácie v jednotlivých inklinometrických vrtoch. Najvyššia pohybová aktivita bola 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<sup>-1</sup>). Vo vrtoch INV-1 a 3 bol na sledovaných horizontoch (tab. 4.18.2) nameraný približne rovnaký prírastok deformácie (1,40 mm, čo predstavuje rýchlosť 1,61 mm.rok<sup>-1</sup>). Orientácia jednotlivých vektorov je prevažne na západ, poprípade na juh. Očakávaný pohyb zosuvného telesa je v tomto prípade na východ (obr. 4.18.1). Z analýzy deformácií nameraných v jednotlivých hĺbkových úrovniach je možné šmykovú plochu detegovať v prípade vrtu INV-1 v hĺbke 8,0 m od pažnice (7,69 m pod terénom – obr. 4.18.2). Približne v rovnakej hĺbke je možné sledovať náznaky priebehu šmykovej plochy i vo vrte INV-2.

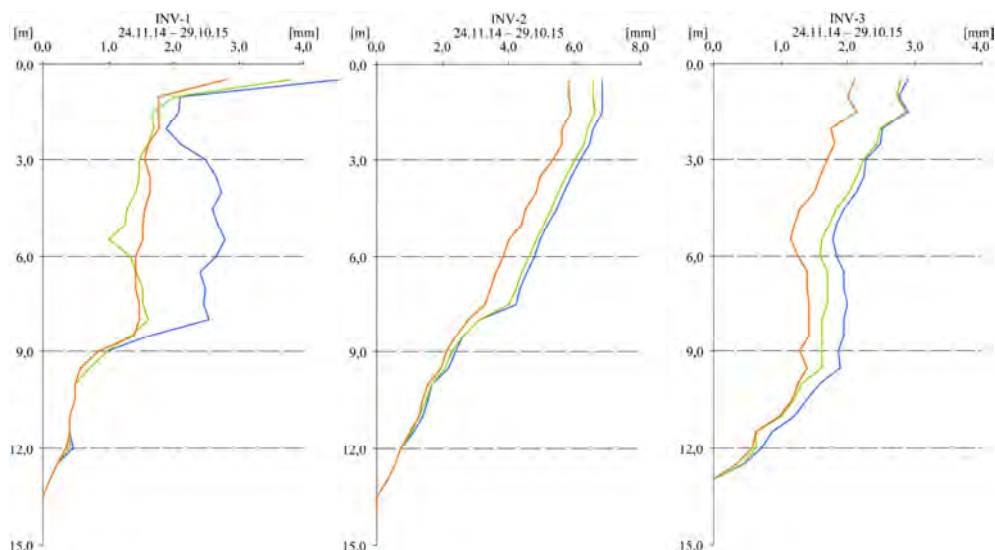
Tab. 4.19.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Žilina-Vranie v rokoch 2014 a 2015

| Bod   | Hĺbka pod ter. | 24.11.14 – 15.12.14 |         |       | 15.12.14 – 29.10.15 |         |       |
|-------|----------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|       |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| INV-1 | 7,69           | 0,22                | 0,22    | 297   | 1,33                | 1,40    | 184   |
| INV-2 | 7,41           | 0,92                | 0,92    | 247   | 3,99                | 3,28    | 291   |
| INV-3 | 8,70           | 0,50                | 0,50    | 182   | 1,60                | 1,39    | 256   |

V súvislosti s opačným smerom nameraných deformácií, ako je orientácia spádnice svahu, vzniká určitá neistota v relevantnosti dosiahnutých výsledkov. Predpokladáme, že podobne ako na mnohých iných monitorovaných lokalitách i v tomto prípade pravdepodobne ide o nedokonalé technické zabudovanie inklinometrických vrtov.



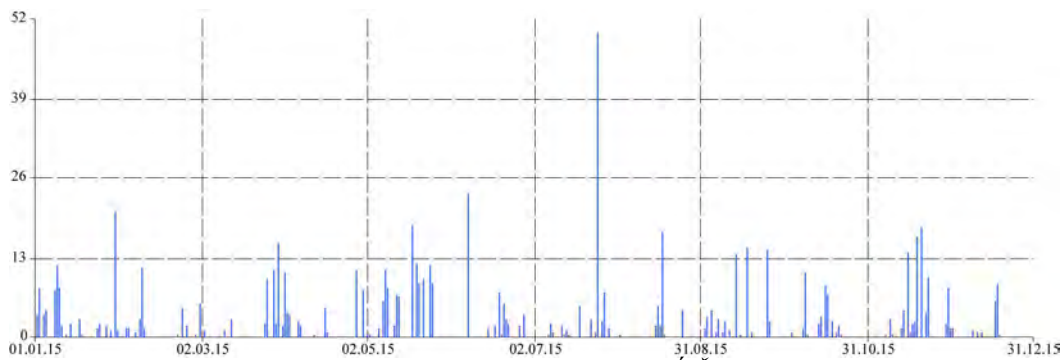
Obr. 4.18.1. Lokalita Žilina-Vranie – výsledky inklinometrických meraní v období rokov 2014 a 2015 (obdobie meracej etapy je v súlade s tab. 4.18.2; číslo zobrazené pri vektore označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®



Obr. 4.18.2. Pribeh deformácie inklinometrickej pažnice za celé monitorované obdobie. Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

#### c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo staníc SHMÚ Žilina (indikatív 25040). Zrážkový úhrn za rok 2015 na tejto stanici dosiahol 692,5 mm (obr. 4.19.3).



Obr. 4.18.3. Denné úhrny zrážok v roku 2015 na stanici SHMÚ Žilina s indikativom 25040.

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

V roku 2015 bolo na lokalite zabezpečené jedno kontrolné inklinometrické meranie. Z výsledkov meraní vyplýva, že najvyššia pohybová aktivita je sledovaná vo vrte INV-2. Výsledky však spochybňuje skutočnosť, že azimuty etapových vektorov sú výrazne odlišné od orientácie spádnice svahu. V roku 2016 plánujeme pokračovať v inklinometrických meraniach s frekvenciou jedno meranie za rok.



#### 1.4.20. Lokalita Lenartov

##### *Stručná charakteristika lokality*

V obci Lenartov sú od roku 2011 monitorované dve svahové poruchy. Prvá sa nachádza na pravom brehu Večného potoka v strednej časti intravilánu obce, na strmom svahu s kótou Dubnica (648 m n. m.) a druhá vznikla na protiľahlom svahu. Zosuv na pravom brehu, s rozmermi 10 x 16 m, je súčasťou rozsiahlej potenciálnej svahovej poruchy a monitorovanie jeho stabilného stavu je zabezpečené inklinometrickým vrtom lokalizovaným nad odľučnou oblasťou. Svahová deformácia na ľavej strane Večného potoka, nachádzajúca sa nad zástavbou rodinných domov, s rozmermi 55 x 10 m, je monitorovaná jedným piezometrickým vrtom.

Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Havčo et al., 2010), ako aj z monitorovania v roku 2011 (Ondrejka et al., 2012).

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.20.1.

Tab. 4.20.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Lenartov v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                 | Monitorovacie objekty |                                              | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania)                                                                                                  |                  |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|                                      | Počet                 | Označenie                                    | Rok 2014                                                                                                                                       | Rok 2015         |
| Inklinometrické                      | 1                     | LIJ-1                                        | 0                                                                                                                                              | 1<br>(30. júl)   |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody | 1                     | LHJ-1                                        | 10<br>(27. január,<br>25. február,<br>27. marec, 29. apríl,<br>26. máj, 8. júl,<br>4. august,<br>4. september,<br>1. október,<br>13. november) | 1<br>(28. apríl) |
| Meranie zrážkových úhrnov            | 1                     | Stanica SHMÚ:<br>Malcov<br>(indikatív 49040) | Denné úhrny zrážok                                                                                                                             |                  |

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

###### *a/ Inklinometrické merania*

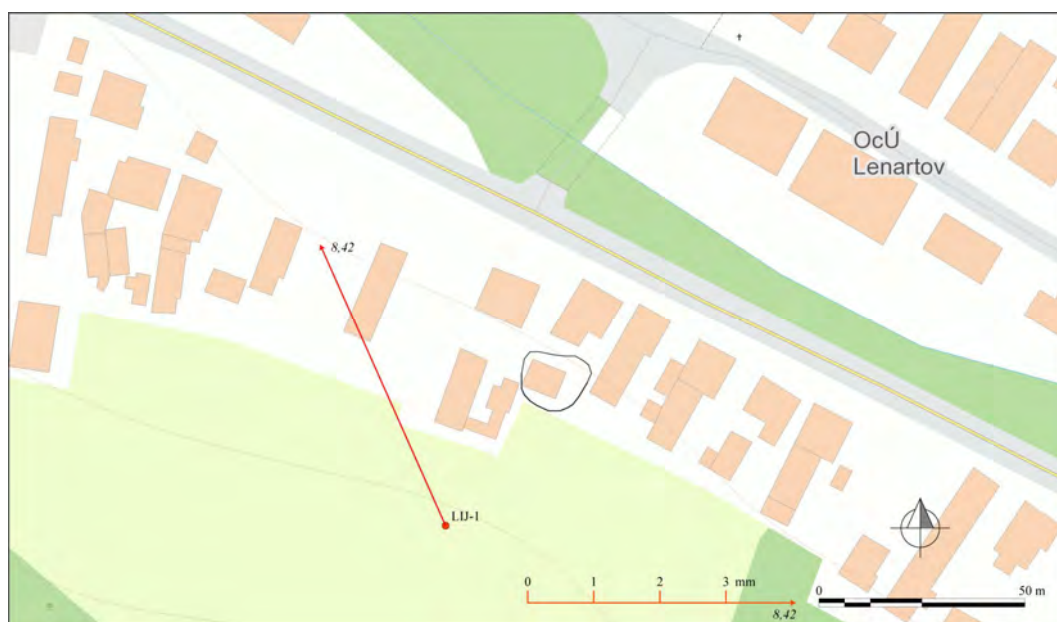
Predposledné inklinometrické meranie bolo na lokalite zabezpečené v auguste roku 2013. Meranie realizované v júli roku 2015 teda charakterizuje pohybovú aktivitu za viac ako dvadsaťtrimesačné obdobie. Prírastok deformácie v tomto období dosiahol veľkosť 4,61 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu  $2,38 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Celková deformácia na sledovanej hĺbkovej úrovni, zaznamenaná počas piatich etáp meraní, predstavuje 0,41 mm. Jej veľmi nízka hodnota súvisí s častou zmenou v azimute etapových deformácií. Napríklad v opisovanom horizonte mala orientácia etapových vektorov spočiatku západný až severozápadný smer, neskôr juhovýchodný a nakoniec opäť severozápadný. Podobne sa azimuty etapových vektorov menili i v ostatných sledovaných hĺbkach. Dokumentuje to

i skutočnosť na obr. 4.20.2. Celkové deformácie namerané za celé monitorované obdobie v jednotlivých hĺbkových horizontoch sú blízke nule, a to i napriek skutočnosti, že trajektória sledovaných bodov vo väčšine prípadov presahuje 10 mm. Na základe nameraných výsledkov a vykonaných analýz môžeme konštatovať, že monitorovaný inklinometrický vrt neprináša informácie o zosuvnom pohybe po šmykovej ploche. Z tohto dôvodu navrhujeme nepokračovať v monitorovacích aktivitách v uvedenom objekte.

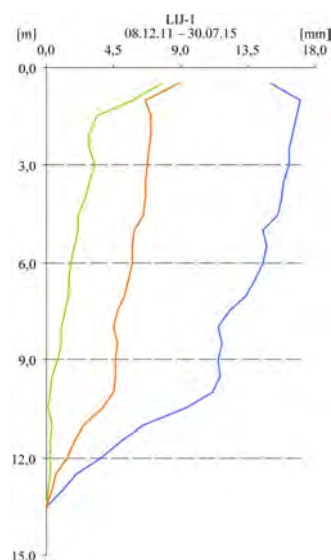
Tab. 4.20.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Lenartov v roku 2015

| Bod   | Hĺbka pod ter. | 22.08.13 – 30.07.15 |         |       |
|-------|----------------|---------------------|---------|-------|
|       |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| LIJ-1 | 8,42           | 0,41                | 4,61    | 336   |

CD – Celková deformácia od nultého merania (08.12.11); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora

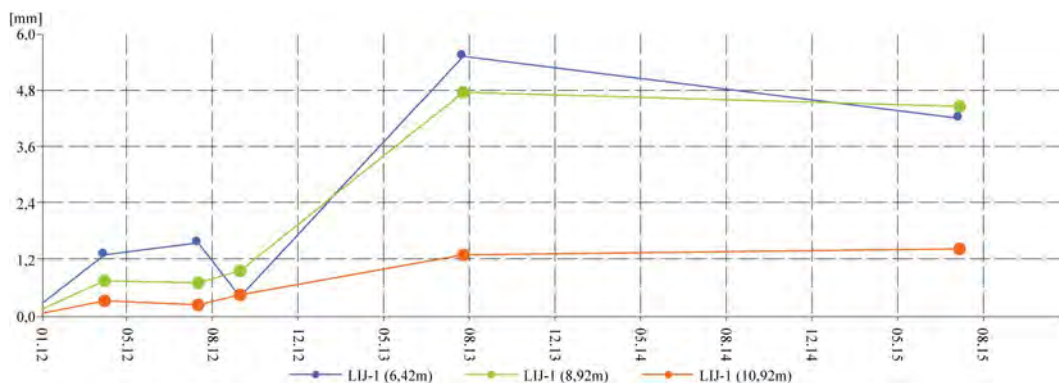


Obr. 4.20.1. Lokalita Lenartov – výsledky inklinometrických meraní v roku 2015 (obdobie meracej etapy je v súlade s tab. 4.20.2; zobrazené číslo označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Havča et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®



Obr. 4.20.2. Priebeh deformácie inklinometrickej pažnice za celé monitorované obdobie; zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

Z dlhodobého hľadiska, vektor nameraný počas predposledného merania (v hĺbke 6,42 m pod terénom) predstavuje najväčšiu deformáciu za monitorované obdobie. Podobne je to aj v prípade etapovej deformácie v hĺbke 8,92 m pod terénom (3,30 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu  $1,71 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). V roku 2015 boli najvyššie hodnoty deformácie namerané v opisovanej hĺbke 8,42 m pod terénom.



Obr. 4.20.3. Dlhodobé prírastky deformácie namerané vo vybratých hĺbkových horizontoch metódou presnej inklinometrie na lokalite Lenartov

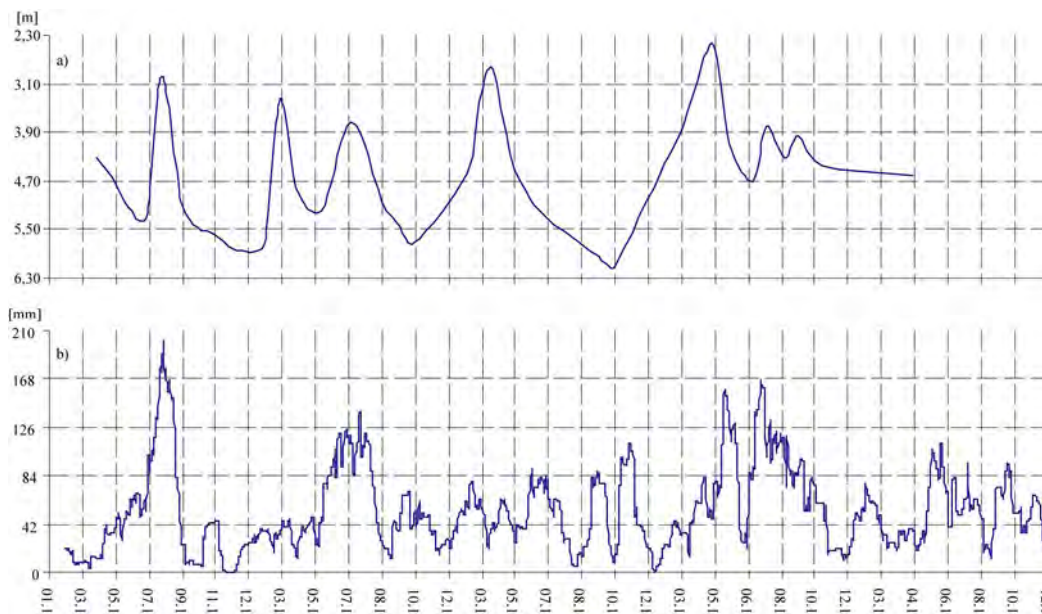
#### b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Lenartov boli zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v jednom vrte (tab. 4.20.1; štatistické spracovanie meraní za rok 2014 je v tab. 4.20.3). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (27. január – 13. november). Najbližšie k povrchu terénu bola hladina podzemnej vody nameraná 29. apríla (2,45 m pod terénom – 481,10 m n. m.). Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná 8. júla (4,71 m – 478,84 m n. m.). Amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody dosiahla 2,26 m a priemerná hĺbka 3,93 m pod terénom.

Tab. 4.20.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Lenartov v roku 2014

| 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.] |                        |
| LHJ-1 | 10           | 2,45            | 481,10             | 29.04.14      | 4,71            | 478,84             | 08.07.14      | 3,93              | 479,63             | 2,26                   |

V aktuálne hodnotenom roku 2015 bol pozastavený výkon režimových pozorovaní. Zabezpečené bolo len 1 kontrolné meranie (28. apríl – 4,60 m pod terénom). Priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody spolu s kumulatívnymi zrážkami je znázornený na obr. 4.20.4.



Obr. 4.20.4. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2012 – 2015) vo vrte LHJ-1 na lokalite Lenartov, spoločne so znázornenými zrážkovými úhrnmi v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň, SHMÚ Malcov s indikativom 49040)

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia, možno pozorovať relatívne pravidelné cyklické zmeny, ktoré súvisia so striedaním ročných období. Maximálne hladiny podzemnej vody sa počas monitorovaného obdobia vyskytovali prevažne v jarných mesiacoch. Najvyššia hladina podzemnej vody bola nameraná v roku 2014 a naopak, minimálna v roku 2013.

#### c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Malcov s indikativom 49040. Počas roka 2014 bol na tejto stanici zaznamenaný zrážkový úhrn 814,9 mm a v roku 2015 – 616,5 mm. Porovnaním dosiahnutých úhrnov s Mapou priemerných ročných úhrnov zrážok (Faško a Šťastný in Atlas krajiny SR, 2002), v ktorej je pre danú oblasť stanovené množstvo zrážok v intervale 600 až 700 mm, je možné rok 2014 považovať za nadpriemerný a rok 2015 za normálny.

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Pri hodnotení stavu jednotlivých zosuvných území v intraviláne obce Lenartov sú k dispozícii vždy len informácie z jednej monitorovacej metódy. V juhovýchodnej časti obce sú realizované merania metódou presnej inklinometrie a v severozápadnej časti obce je sledovaný režim podzemnej vody. Vzhľadom na vzdialenosť, geologické a morfológické rozdiely, nie je možné získané výsledky korelovať.

V roku 2015 boli prerušené režimové pozorovania vo vrte LHJ-1. Zabezpečené bolo len jedno kontrolné meranie. V roku 2015 bolo realizované aj jedno inklinometrické meranie. Meraním sa potvrdila hypotéza, na ktorú sme upozorňovali už v minulosti, že monitorovací objekt nie je vhodný na meranie pohybovej aktivity. Z tohto dôvodu v roku 2016 neplánujeme pokračovať jeho monitorovaní.

#### 1.4.21. Lokalita Lukov

##### *Stručná charakteristika lokality*

Zosuv sa nachádza v strednej časti intravilánu obce. Zosuv vznikol na pôvodne neporušenom svahu pod kostolom. Hrúbka zosuvu dosahuje maximálne 3,5 m (Havčo et al., 2010). Monitorovacie vrty sú situované nad odľučnou oblasťou zosuvu (LKIJ-1 a LKHJ-3 – obr. 4.21.1). Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Havčo et al., 2010), ako aj z monitorovania v roku 2011 (Ondrejka et al., 2012).

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.21.1.

Tab. 4.21.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Lukov v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                 | Monitorovacie objekty |                                           | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                                                                                                     |                  |
|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
|                                      | Počet                 | Označenie                                 | Rok 2014                                                                                                                                       | Rok 2015         |
| Inklinometrické                      | 1                     | LKIJ-1                                    | 0                                                                                                                                              | 1<br>(30. júl)   |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody | 1                     | LKHJ-3                                    | 10<br>(27. január,<br>25. február,<br>27. marec, 29. apríl,<br>26. máj, 8. júl,<br>4. august,<br>4. september,<br>1. október,<br>13. november) | 1<br>(28. apríl) |
| Meranie zrážkových úhrnov            | 1                     | Stanica SHMÚ:<br>Malcov (indikatív 49040) | Denné úhrny zrážok                                                                                                                             |                  |

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

##### *a/ Inklinometrické merania*

Inklinometrické merania sa vykonávajú na jednom vrte, ktorý sa nachádza nad odľučnou časťou zosuvu z roku 2010 (obr. 4.21.1).

Tab. 4.21.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Lukov v roku 2015

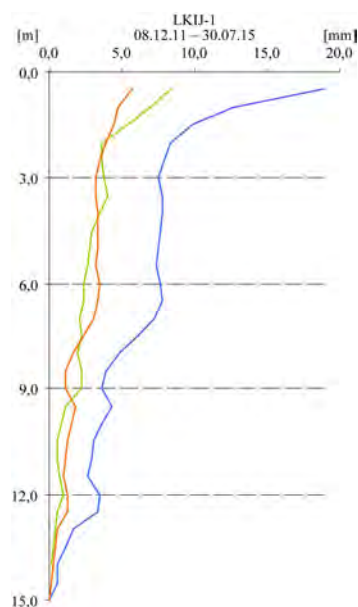
| Bod    | Hĺbka pod ter. | 22.08.13 – 30.07.15 |         |       |
|--------|----------------|---------------------|---------|-------|
|        |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| LKIJ-1 | 5,98           | 2,08                | 3,11    | 24    |

CD – Celková deformácia od nultého merania (08.12.11); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora

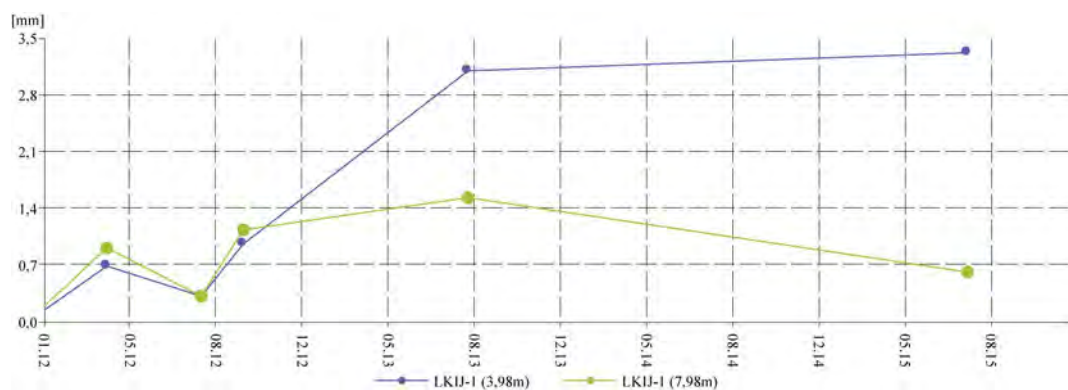




Obr. 4.21.1. Lokalita Lukov – výsledky inklinometrických meraní v roku 2015 (obdobie meracej etapy je v súlade s tab. 4.21.2; zobrazené číslo označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); ohraničenie zosuvu podľa Havča et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®



Obr. 4.21.2. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za celé monitorované obdobie. zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.



Obr. 4.21.3. Dlhodobé (2012 – 2015) prírastky deformácie namerané vo vybratých horizontoch metódou presnej inklinometrie na lokalite Lukov

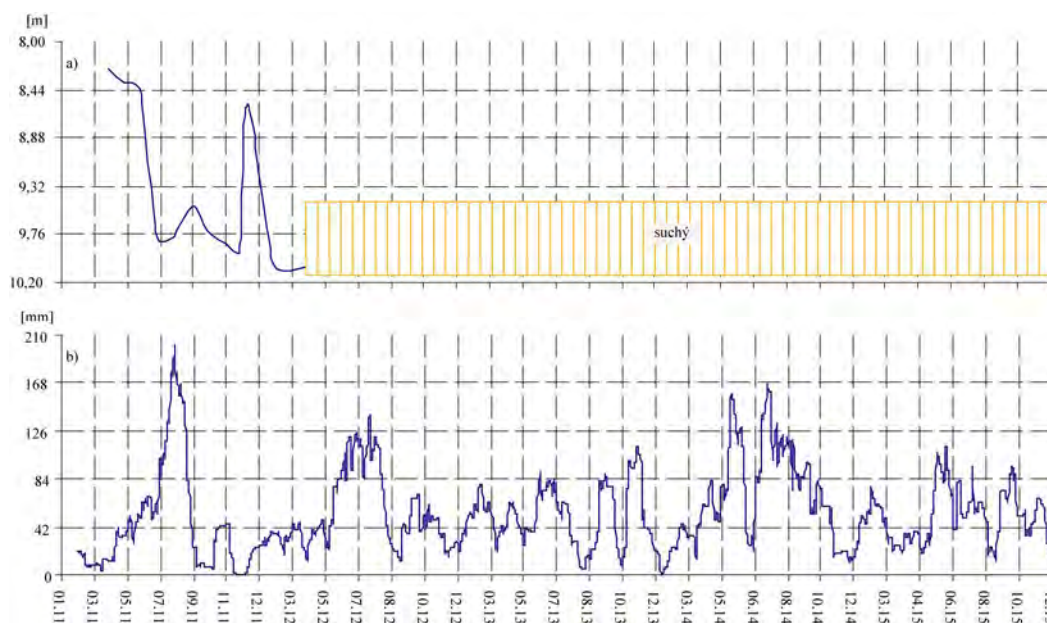
V roku 2015 bolo zrealizované kontrolné meranie po necelých dvoch rokoch. V hĺbke 5,98 m pod terénom bola počas toho merania zaznamenaná etapová deformácia 3,11 mm.

Orientácia etapového vektora je na severovýchod. Počas piatich meraní dosiahol výsledný vektor (medzi nultým a posledným etapovým meraním) hodnotu 2,08 mm. Skutočnosť, že maximálne etapové vektory zaznamenané v jednotlivých hĺbkových úrovniach sú väčšie ako výsledná deformácia za celé monitorované obdobie (obr. 4.21.2), spochybňuje vierohodnosť nameraných výsledkov.

Z dlhodobého hľadiska vektor nameraný počas posledného merania v hĺbke 5,98 m pod terénom predstavuje najväčšiu deformáciu za monitorované obdobie (s priemernou rýchlosťou pohybu  $1,60 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Podobne je to aj v prípade etapovej deformácie v hĺbke 3,98 m pod terénom (3,30 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu  $1,71 \text{ mm.rok}^{-1}$ ).

#### b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Merania sa na zosuvnej lokalite realizujú vo vrte LKHJ-3, ktorý sa nachádza nad odlučnom hranou zosuv z roku 2010. Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (27. január – 13. november). Monitorovaný vrt LKHJ-3 bol počas všetkých meraní suchý. V aktuálne hodnotenom roku 2015 bolo zabezpečené 1 kontrolné meranie (28. apríl), ktoré potvrdilo pretrvanie stavu hladiny podzemnej vody z predchádzajúceho obdobia – vrt bol suchý, teda úroveň hladiny podzemnej vody sa nachádza vo väčšej hĺbke ako je dno monitorovacieho vrtu. Priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte spolu s kumulatívnymi zrážkami je znázornený na obr. 4.21.4.



Obr. 4.21.4. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Lukov. a – priebeh hladiny podzemnej vody vo vrte LKHJ-3, b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Malcov s indikatívom 49040)

#### c/ Meranie zrážkových úhrnov

Zrážkové úhrny na stanici Malcov s indikatívom 49040 sú opísané pri predchádzajúcej lokalite (Lenartov).

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2015 boli zabezpečené kontrolné etapové inklinometrické meranie. Zároveň bol overený stav hladiny podzemnej vody v jedinom piezometrickom vrte – vrt bol suchý.

Inklinometrickým meraním bola v hĺbke 5,98 m pod terénom nameraná deformácia 3,11 mm s orientáciou na severovýchod. Z analýzy nameraných deformácií vyplýva, že

výsledný vektor, ktorý predstavuje deformáciu za celé monitorované obdobie, je vo viacerých hĺbkových úrovniach menší, ako jednotlivé etapové prírastky deformácie. Táto skutočnosť spôsobuje značnú neistotu pri vyhodnocovaní nameraných vektorov. Treba však podotknúť, že monitorovaný vrt sa nachádza nad odlučnou hranou, teda mimo zosuvného telesa, a získané informácie nie sú reprezentatívne vo vzťahu k samotnej svahovej poruche.

Realizované režimové pozorovanie potvrdilo, že v oblasti monitorovaného objektu prevládajú pomerne priaznivé stabilitné pomery. Hladina podzemnej vody sa už dlhodobo nachádza hlbšie ako je dno monitorovaného piezometrického vrtu. V roku 2016 plánujeme na lokalite prerušiť monitorovacie aktivity.

#### 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 za (Ondrejka et al., 2015).

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.22.1.

Tab. 4.22.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšná Hutka v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                 | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania)                                                                                          |                                                                                                                       |
|--------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                       | Rok 2014                                                                                                                               | Rok 2015                                                                                                              |
| Inklinometrické                            | 5                     | VHI-1, 2, 3,<br>VHI-1A, 2A*                     | 2<br>(2. jún, 7. október,<br>3. december**)                                                                                            | 2<br>(12. máj***, 27. október)                                                                                        |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 4                     | VHG-1 až 4                                      | 10<br>(29. január, 27. február,<br>31. marec, 28. apríl,<br>27. máj, 10. júl,<br>5. august, 5. september,<br>2. október, 14. november) | 9<br>(29. január,<br>26. marec,<br>29. apríl, 26. máj, 7. júl,<br>24. júl, 31. august,<br>5. október,<br>30. október) |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 2                     | VHSHV-1,<br>VHSHV-2                             | 10<br>(29. január, 27. február,<br>31. marec, 28. apríl,<br>27. máj, 10. júl,<br>5. august, 5. september,<br>2. október, 14. november) | 9<br>(29. január,<br>26. marec,<br>29. apríl, 26. máj, 7. júl,<br>24. júl, 31. august,<br>5. október,<br>30. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 2                     | Stanice SHMÚ:<br>Vyšný Čaj<br>(indikatív 60100) | Denné úhrny zrážok                                                                                                                     |                                                                                                                       |

\* – vrty vybudované v roku 2014, na ktorých bolo 7. októbra vykonané úvodné meranie (v správe Fekeč et al., 2014d in Šimeková et al., 2014 označené ako VHI-1, 2), \*\* – meranie bolo realizované len na vrtoch VHI-1A, 2A, \*\*\* termín realizácie meraní na vrtoch VHI-1A a VHI-2A bol 18.05.15

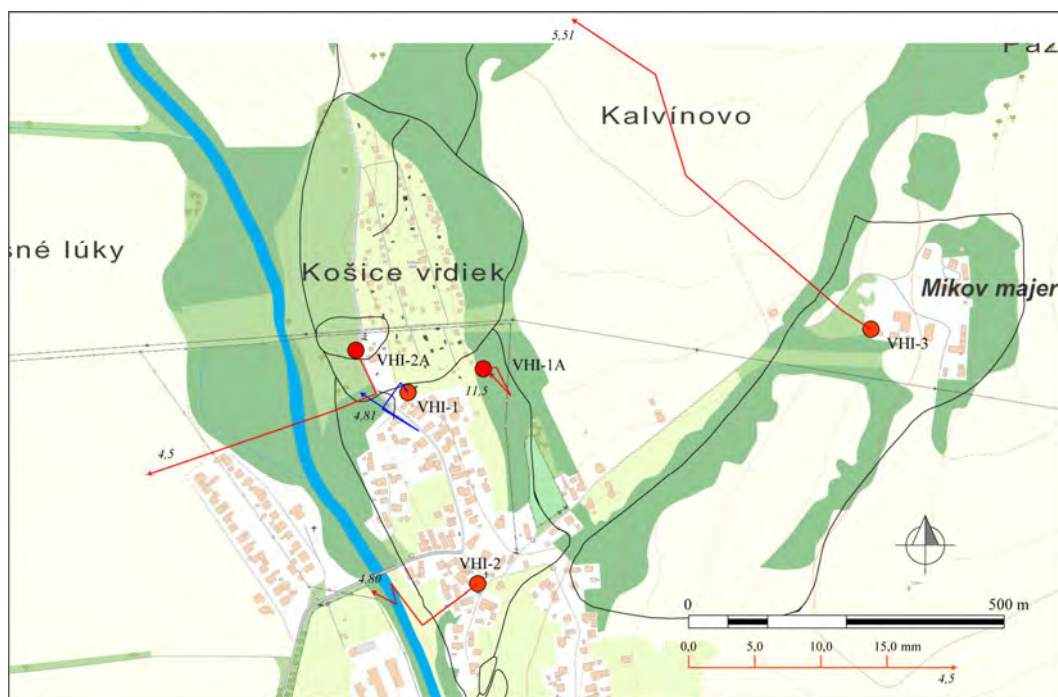
## *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

### *a/ Inklinometrické merania*

Inklinometrické merania na lokalite Vyšná Hutka boli v rokoch 2014 a 2015 zabezpečené na 5 vrtoch, ktoré sú v rámci obce rozdelené do troch častí. 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 2014 boli na starších inklinometrických vrtoch zabezpečené 2 kontrolné merania. Jarné meranie charakterizuje obdobie od druhej polovice augusta 2013 do začiatku júna 2014. Počas tohto merania bola vysoká deformácia inklinometrickej pažnici (6,24 mm) zaznamenaná vo vrte VHI-2 v hĺbke 2,80 m pod terénom a o niečo nižšia v hĺbke 4,8 m pod terénom (tab. 4.22.2). Ešte vyššie hodnoty etapových deformácií boli zaznamenané vo vrte VHI-3 počas jesenného kontrolného merania (pohybová aktivita územia od začiatku júna do 7. októbra). V hĺbke 5,51 m pod terénom bola nameraná deformácia 15,61 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu  $44,85 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Vrt sa nachádza v oblasti Mikovho majera, východne od intravilánu obce. Ide o územie, ktoré sa (v roku 2014) svojou aktivitou výraznejšie odlišovalo od ostatných zosuvných častí v obci. Deformácie namerané v ďalších vrtoch boli teda výrazne nižšie (tab. 4.22.2).

V skupine nových vrtoch (VHI-1A a VHI-2A) bolo zabezpečené úvodné (7. október) a prvé kontrolné meranie (3. december). Počas tejto 55-dennej etapy bola vo vrte VHI-1A na predpokladanej šmykovej ploche (v hĺbke 4,5 m pod terénom) nameraná deformácia 3,66 mm s azimutom  $155^\circ$ . Vrt sa nachádza v severnej časti obce (obr. 4.22.1). V druhom vrte (VHI-2A) bola v hĺbke 11,5 m nameraná deformácia 1,00 mm (s azimutom  $83^\circ$ ; vrt sa nachádza v severnej časti obce na hranici so záhradkárskou kolóniou – cca 200 m východne od vrtu VHI-1A).



Obr. 4.22.1. Lokalita Vyšná Hutka – výsledky inklinometrických meraní za obdobie rokov 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.22.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektorech označujú hĺbku zaznamenatej deformácie od povrchu terénu v m); obrisy zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®



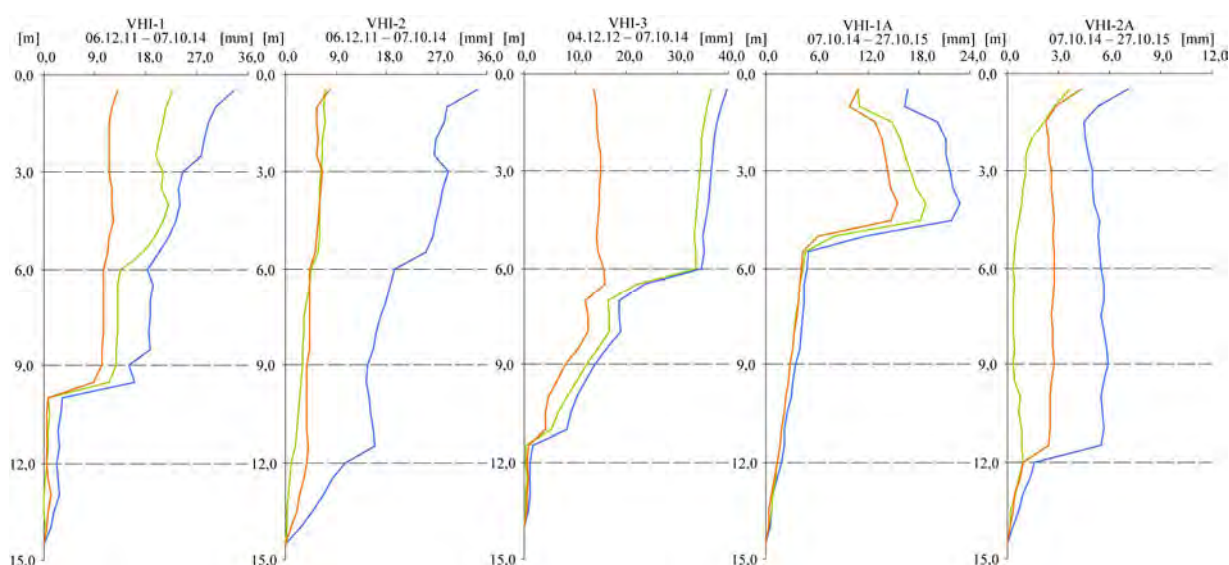
Tab. 4.22.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Nižná Hutka v rokoch 2014 a 2015

| Bod     | Hĺbka pod ter. [m] | 20.08.13 – 02.06.14 |         |       | 02.06.14 – 07.10.14 |         |       | 07.10.14 – 12.05.15 |         |       | 12.05.15 – 27.10.15 |         |       |
|---------|--------------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|         |                    | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| VHI-1   | 4,81               | 16,15               | 0,92    | 323   | 17,49               | 2,41    | 215   | 3,24                | 3,24    | 121   | 1,80                | 5,04    | 303   |
| VHI-2   | 4,80               | 3,64                | 5,21    | 233   | 5,91                | 3,91    | 323   | 1,57                | 1,57    | 167   | 1,43                | 1,84    | 298   |
| VHI-2   | 10,80              | 2,53                | 1,53    | 108   | 1,79                | 4,00    | 320   | 0,71                | 0,71    | 148   | 0,61                | 0,78    | 280   |
| VHI-3   | 5,51               | 18,75               | 2,60    | 303   | 33,65               | 15,61   | 311   | 7,96                | 7,96    | 343   | 14,36               | 7,30    | 303   |
| VHI-3   | 10,51              | 4,32                | 0,76    | 77    | 5,38                | 2,94    | 270   | 2,94                | 2,94    | 352   | 3,44                | 0,72    | 44    |
| NHI-1A* | 4,5                |                     |         |       | 3,66                | 3,66    | 155   | 4,96                | 3,56    | 248   | 18,17               | 14,60   | 251   |
| NHI-3A* | 11,5               |                     |         |       | 1,00                | 1,00    | 83    | 2,89                | 2,39    | 153   | 0,81                | 2,09    | 317   |

CD – Celková deformácia od nultého merania (06.12.11 – vrty: NHI-1, NHI-2, NHI-3; 08.10.14 – vrty: NHI-1A, NHI-2A, NHI-3A); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; \* – etapové deformácie a azimuty sú za obdobia 07.10.14 – 03.12.14 – 18.05.15 – 27.10.15

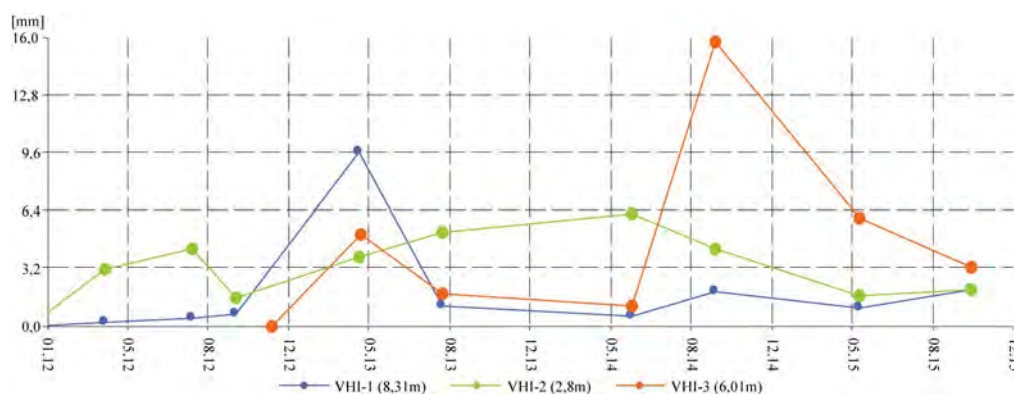
V roku 2015 sa pokračovalo dvomi etapami meraní (12. máj a 27. október). Najvyššia pohybová aktivita bola nameraná vo vrte VHI-1A. Počas májovej etapy bol na úrovni šmykovej plochy nameraný vektor 3,56 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie  $7,86 \text{ mm.rok}^{-1}$  (s orientáciou na juhozápad). 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 ( $5,47 \text{ – } 10,94 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). 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. 4.22.2. Pribeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie (od roku 2011 do roku 2015). Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

Na základe hodnotenia celkových (6. december 2011 – 27. október 2015 – na vrtoch VHI-1, 2 a 3; 7. október 2014 – 27. október 2015 – na vrtoch VHI-1A a 2A) deformácií na jednotlivých šmykových plochách je možné konštatovať, že vo vrte VHI-3 dosiahol výsledný vektor hodnotu 46,98 mm (čo predstavuje priemernú rýchlosť 16,22 mm.rok<sup>-1</sup>). K uvedenému výsledku prispela predovšetkým deformácia zaznamenaná v období medzi 2. júnom a 7. októbrom 2014. Relatívne vysoká výsledná deformácia je dosiahnutá i v novovybudovanom vrte VHI-1A. Za približne 13 mesiacov dosiahla celková deformácia 18,17 mm, čo znamená priemernú rýchlosť 17,23 mm.rok<sup>-1</sup>. Podobná hodnota celkovej deformácie bola nameraná i vo vrte VHI-1, avšak za dlhšie obdobie (cca 4 roky). Z výsledkov inklinometrických meraní realizovaných na lokalite Vyšná Hutka je možné usúdiť, že najvyššia aktivita je v oblasti vrtov VHI-1A, VHI-3 a VHI-1.

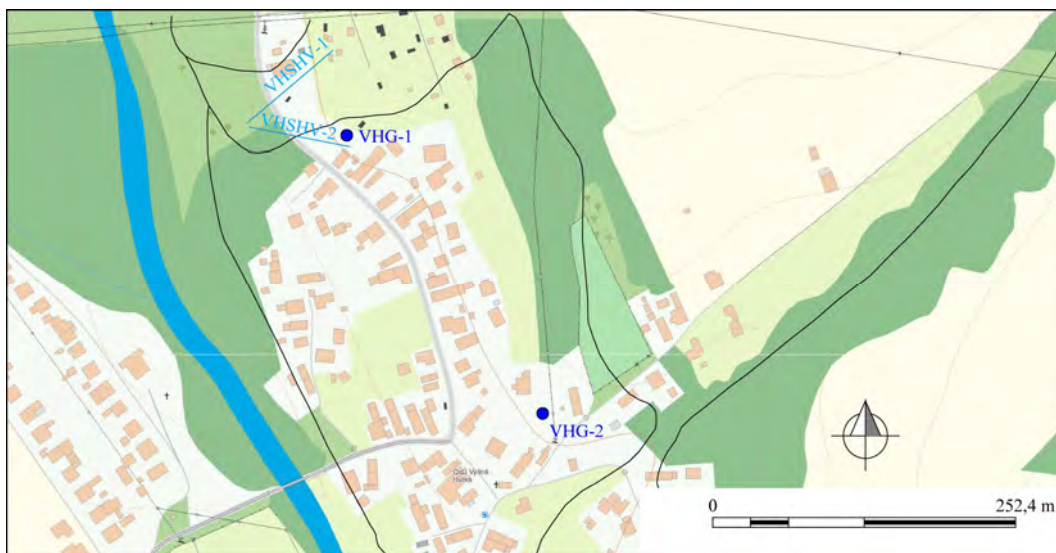


Obr. 4.22.3. Dlhodobé (2012 – 2015) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Vyšná Hutka

Vývoj deformácie na sledovaných šmykových plochách v skupine starších vrtov (časovom horizonte od roku 2012 do roku 2015) je prezentovaný na obr. 4.22.3. Z výsledkov vyplýva, že najvyššia nameraná etapová deformácia bola zaznamenaná počas októbrového merania v roku 2014 vo vrte VHI-3.

#### 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 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (29. január – 14. november). Najbližšie k povrchu terénu hladina podzemnej vody vystúpila vo vrte VH-G-2 (2,23 m pod terénom – 200,18 m n. m. – 27. máj). Podobne i v ostatných vrtoch boli maximálne stavy hladiny podzemnej vody počas tohto termínu. Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte VH-G-4 (10,44 m – 244,17 m n. m. – 29. január). Vrt VH-G-3 bol permanentne suchý. Všeobecne, minimálna úroveň hladiny podzemnej vody bola nameraná najmä počas januárového termínu. Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 2,56 (VH-G-2) až 9,61 m pod terénom (VH-G-4). Najväčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte VH-G-4 (2,20 m). V roku 2014 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 5,89 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).



Obr. 4.22.4. Lokalita Vyšná Hutka – situácia sanačných a monitorovacích objektov; obrysy zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®

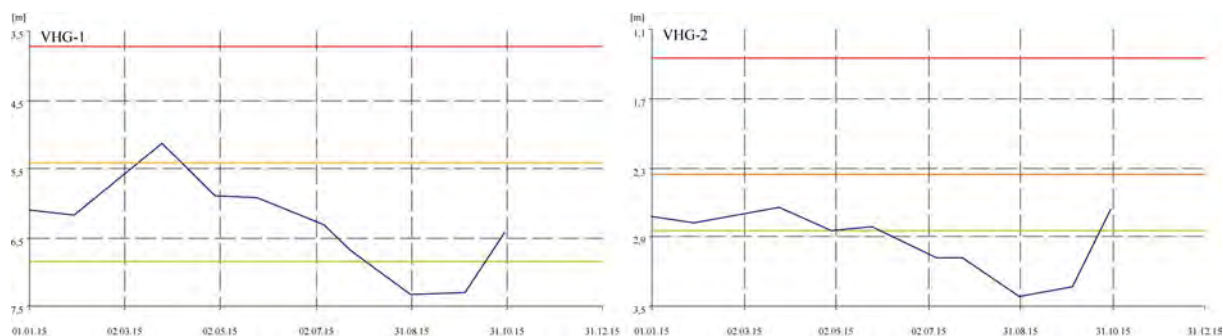
V aktuálne hodnotenom roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná rovnako ako vlani vo vrte VH-G-2 (2,65 m pod terénom – 199,76 m n. m. – 26. marec). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (1,36 m pod terénom, zaznamenanou dňa 31. mája 2011), predstavuje nameraná maximálna hladina v roku 2015 pokles o 1,29 m. V ostatných vrtoch sa maximálne hladiny podzemnej vody vyskytovali zhodne počas májového merania. Naopak, najhlbšie pod terénom bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte VH-G-4 (min. hladina podzemnej vody 11,60 m pod terénom bola nameraná dňa 30. októbra). Spolu s hladinami nameranými vo vrtoch VH-G-2 (3,42 m pod terénom) a VH-G-1 (7,33 m pod terénom) ide o minimálne stavy namerané za celé monitorovacie obdobie. Vrt VH-G-3 bol aj v roku 2015 suchý. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 6,78 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,90 m. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VH-G-1 (2,19 m). Dosiahnutá maximálna amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje až 70,19 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania.

Tab. 4.22.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšná Hutka v roku 2014

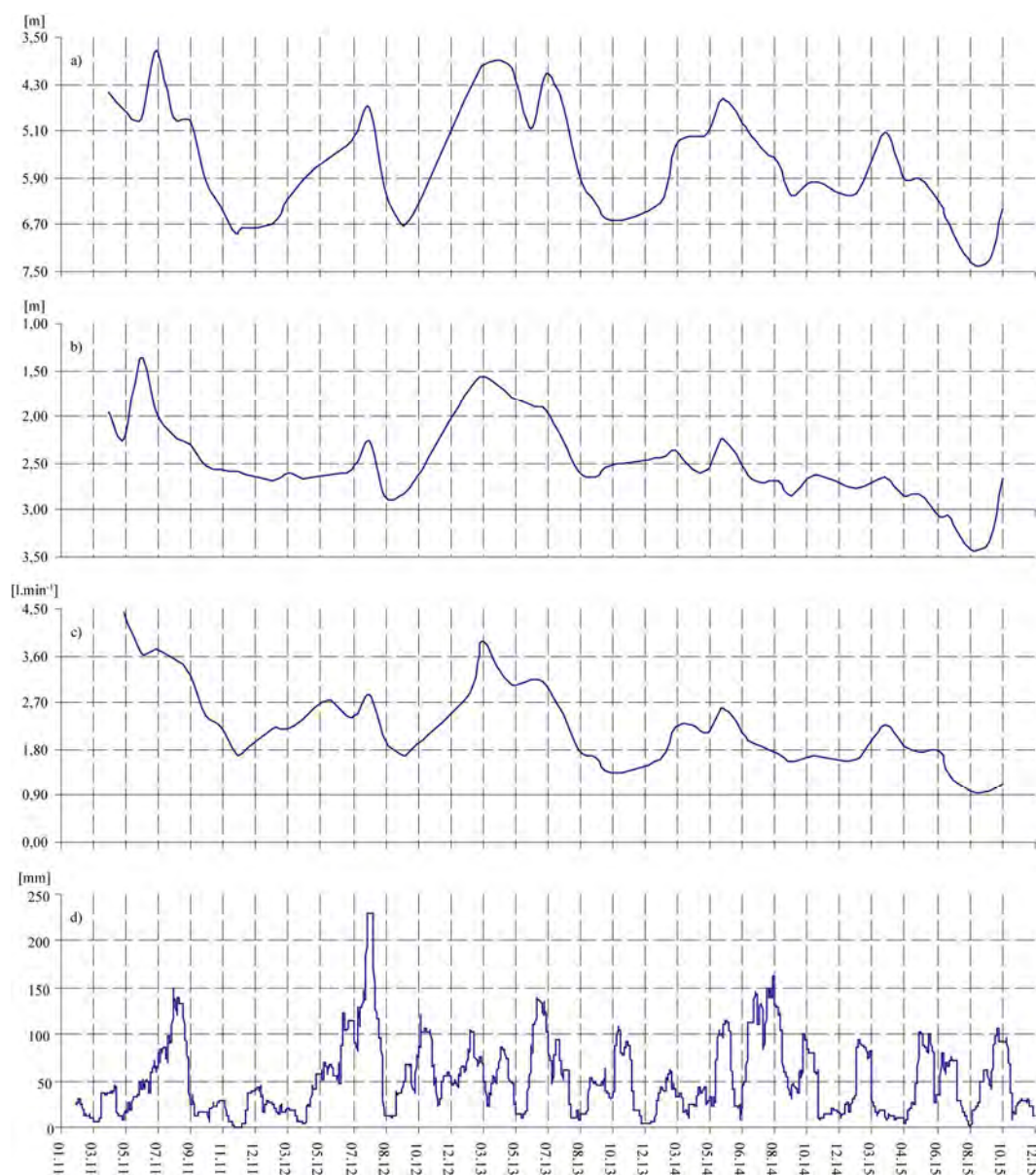
| Bod   | Počet meraní | Max. úroveň hpv |                    |               | Min. úroveň hpv |                    |               | Priem. úroveň hpv |                    | Max. kolísanie hpv [m] |
|-------|--------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|
|       |              | 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           | 4,53            | 196,81             | 27.05.14      | 6,32            | 195,02             | 29.01.14      | 5,48              | 195,86             | 1,79                   |
| VHG-2 | 10           | 2,23            | 200,18             | 27.05.14      | 2,84            | 199,57             | 02.10.14      | 2,56              | 199,85             | 0,61                   |
| VHG-3 | 10           | Suchý           |                    |               |                 |                    |               |                   |                    |                        |
| VHG-4 | 10           | 8,24            | 246,37             | 27.05.14      | 10,44           | 244,17             | 29.01.14      | 9,61              | 245,00             | 2,20                   |

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 so sumárnou výdatnosťou odvodňovacích zariadení a kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie sú znázornené na obr. 4.22.6.





Obr. 4.22.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2015 na lokalite Vyšná Hutka (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania). Červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2015



Obr. 4.22.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Vyšná Hutka. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtach: a – VHG-1, b – VHG-2, c – spoločná výdatnosť horizontálnych vrtov; d – 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.

Tab. 4.22.4. 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                   |

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 jarneho, 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). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (29. január – 14. november). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. mája na odvodňovacom vrte VHSHV-1 (2,33 l.min<sup>-1</sup>). Vo vrte VHSHV-2 sa maximálne prietoky vyskytovali podobne, v rovnakom termíne, avšak s maximálnou hodnotou 0,25 l.min<sup>-1</sup>. Vo vrte VHSHV-2 bola nameraná zároveň minimálna i výdatnosť (0,17 l.min<sup>-1</sup> – 29. január). Minimálna sumárna výdatnosť bola zaznamenaná 2. októbra (1,57 l.min<sup>-1</sup>). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2014 dosiahla hodnotu 1,97 l.min<sup>-1</sup> a najväčšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VHSHV-1 (0,94 l.min<sup>-1</sup>).

Tab. 4.22.5. Výsledky merania výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Hutka v roku 2014

| Bod     | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] | Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
|---------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
|         |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    |                                        |                                              |
| VHSHV-1 | 10           | 2,33                   | 27.05.14 | 1,39                   | 02.10.14 | 1,77                                   | 0,94                                         |
| VHSHV-2 | 10           | 0,25                   | 27.05.14 | 0,17                   | 29.01.14 | 0,20                                   | 0,08                                         |

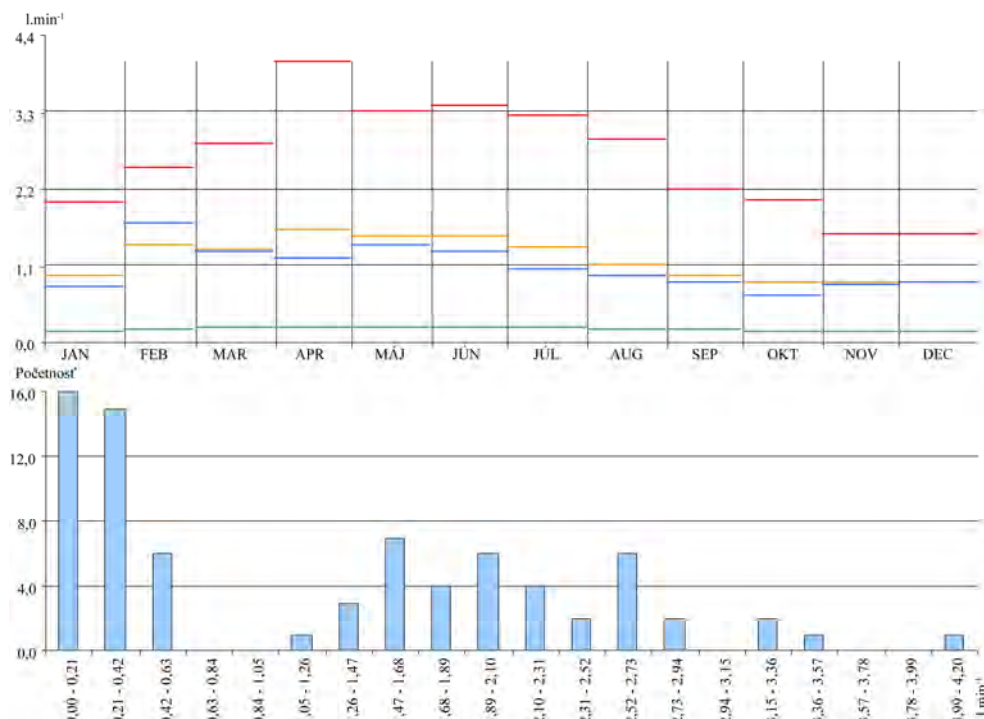
V roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 26. marca na odvodňovacom vrte VHSHV-1 (2,02 l.min<sup>-1</sup>), rovnako ako aj vo vrte VHSHV-2 (0,26 l.min<sup>-1</sup>), počas maximálneho stavu hladiny podzemnej vody vo vrte VHG-1. Išlo o reakciu na zvýšené zrážkové úhrny zaznamenané v predchádzajúcom zimnom období. Minimálna výdatnosť bola zaznamenaná vo vrte VHSHV-2 (0,09 l.min<sup>-1</sup> – 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 l.min<sup>-1</sup>). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu 1,52 l.min<sup>-1</sup>, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom mierny pokles (o 0,45 l.min<sup>-1</sup>). Väčšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VHSHV-1 (1,14 l.min<sup>-1</sup>).

Priebeh množstva odvádzanej vody, spolu zmenami hladiny podzemnej vody je znázornený na obr. 4.22.6 a štatistické vyjadrenie množstiev odvádzanej vody je znázornené na obr. 4.22.7.



Tab. 4.22.6. Výsledky merania výdatnosti vybraných odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšná Hutka v roku 2015

| Bod     | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] | Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
|---------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
|         |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    |                                        |                                              |
| 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                                         |

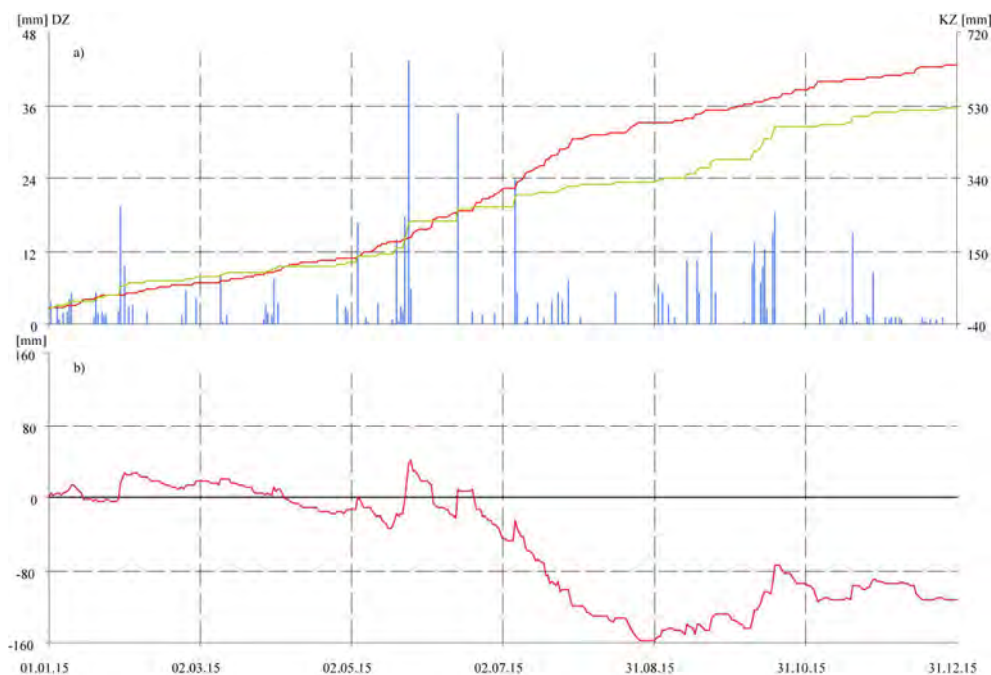


Obr. 4.22.7. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšná Hutka. Červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti (2. kvartil), zelená – minimálna mesačná výdatnosť.

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<sup>-1</sup>; VHSHV-1 – 4,02 l.min<sup>-1</sup>; VHSHV-2 – 0,42 l.min<sup>-1</sup>). Naopak, najnižšia hodnota výdatnosti bola nameraná v roku 2013 počas októbrového merania (28. október 2013 – 1,35 l.min<sup>-1</sup>; VHSHV-1 – 1,18 l.min<sup>-1</sup>; VHSHV-2 – 0,17 l.min<sup>-1</sup>). Z nameraných hodnôt vyplýva, že odvodňovacie vrtý sa na znižovaní hladiny podzemnej vody podieľajú i počas suchých období.

#### d/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach preberané z miestnej stanice SHMÚ s indikatívom 60100. Počas roka 2014 bol na tejto stanici zaznamenaný zrážkový úhrn 657,9 mm. Porovnaním dosiahnutého úhrnu s Mapou priemerných ročných úhrnov zrážok (Faško a Šťastný in Atlas krajiny SR, 2002), v ktorej je pre danú oblasť stanovené množstvo zrážok v intervale 600 až 700 mm, možno zaznamenaný úhrn považovať za normálny. V roku 2015 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 519,6 mm, čo v zmysle uvedenej mapy je možné považovať za podpriemerný ročný úhrn zrážok (obr. 4.22.8).



Obr. 4.22.8. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Vyšný Čaj (indikatív 60100). a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2015 (modrá línia – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená línia – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená línia – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 2011 – 2014); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2015

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Z nameraných ukazovateľov v roku 2015 možno za alarmujúcu považovať pretrvávajúce vysoké hodnoty prírastkov deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte VHI-3. Ide o samostatnú zosuvnú oblasť, situovanú vo východnej časti intravilánu obce, označenú ako Mikov majer. Treba však podotknúť, že oproti predchádzajúcemu roku došlo v sledovanom horizonte – na úrovni šmykovej plochy k miernemu upokojeniu. Vysoká pohybová aktivita je pozorovaná aj v novovybudovanom vrte VHI-2A, ktorý sa nachádza v juhozápadnej časti chatovej osady.

Režimovými pozorovaniami bol v porovnaní s predchádzajúcim rokom zaznamenaný pokles všetkých hodnotených ukazovateľov, z čoho vyplýva, že rok 2015 bol zo stabilného hľadiska priaznivejší ako predchádzajúci. Zmeny hĺbky hladiny súviseli so zimnými, ale aj jarnými zrážkovými úhrnmi. Meraniami výdatnosti odvodňovacích vrtov boli namerané prietoky v intervale od  $0,09 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  (min. vo vrte VHSHV-2) do  $2,02 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  (max. vo vrte VHSHV-1). Z uvedeného vyplýva, že odvodňovacie vrty sa počas celého roka podieľali na znižovaní hladiny podzemnej vody.

V roku 2016 je plánované pokračovanie v monitorovacích meraniach s frekvenciou režimových pozorovaní v mesačnom intervale (desať meraní za rok) a meraní metódou presnej inklinometrie trikrát za rok (o jedno meranie viac ako v roku 2015).

#### 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 sa vykonávajú na sieti pozorovacích vrtov (VV-4A, 6A a 7A – inklinometrické; VV-4, 6 a 7 – piezometrické), ktoré sú situované priamo do oblasti ohrozenej kolónie. 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 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2013 a 2014, sú zhrnuté v tab. 4.23.1.

Tab. 4.23.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Varhaňovce v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                 | Monitorovacie objekty |                                                                                                           | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                                                                                                           |                                                                                                                                    |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                      | Počet                 | Označenie                                                                                                 | Rok 2014                                                                                                                                             | Rok 2015                                                                                                                           |
| InSAR                                | 1                     | obec Varhaňovce<br>– zostupná dráha: 141 prirodzených odražačov (PO);<br>– vzostupná dráha č. 102: 119 PO |                                                                                                                                                      | cca 52<br>(cca 2x2<br>snímky za mesiac)                                                                                            |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody | 1                     | VV-6                                                                                                      | 10<br>(28. január,<br>25. február,<br>27. marec,<br>30. apríl,<br>26. máj,<br>8. júl,<br>4. august,<br>4. september,<br>1. október,<br>13. november) | 9<br>(29. január,<br>30. marec,<br>28. apríl,<br>25. máj,<br>30. jún,<br>23. júl,<br>28. august,<br>25. september,<br>21. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov            | 1                     | Stanica SHMÚ:<br>Ploské<br>(indikatív 59340)                                                              | Denné úhrny zrážok                                                                                                                                   |                                                                                                                                    |

*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

##### *a/ Radarová interferometria (InSAR)*

V roku 2015 bola na monitorovanie tohto zosuvného územia využitá metóda diaľkového prieskumu Zeme – InSAR. 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).

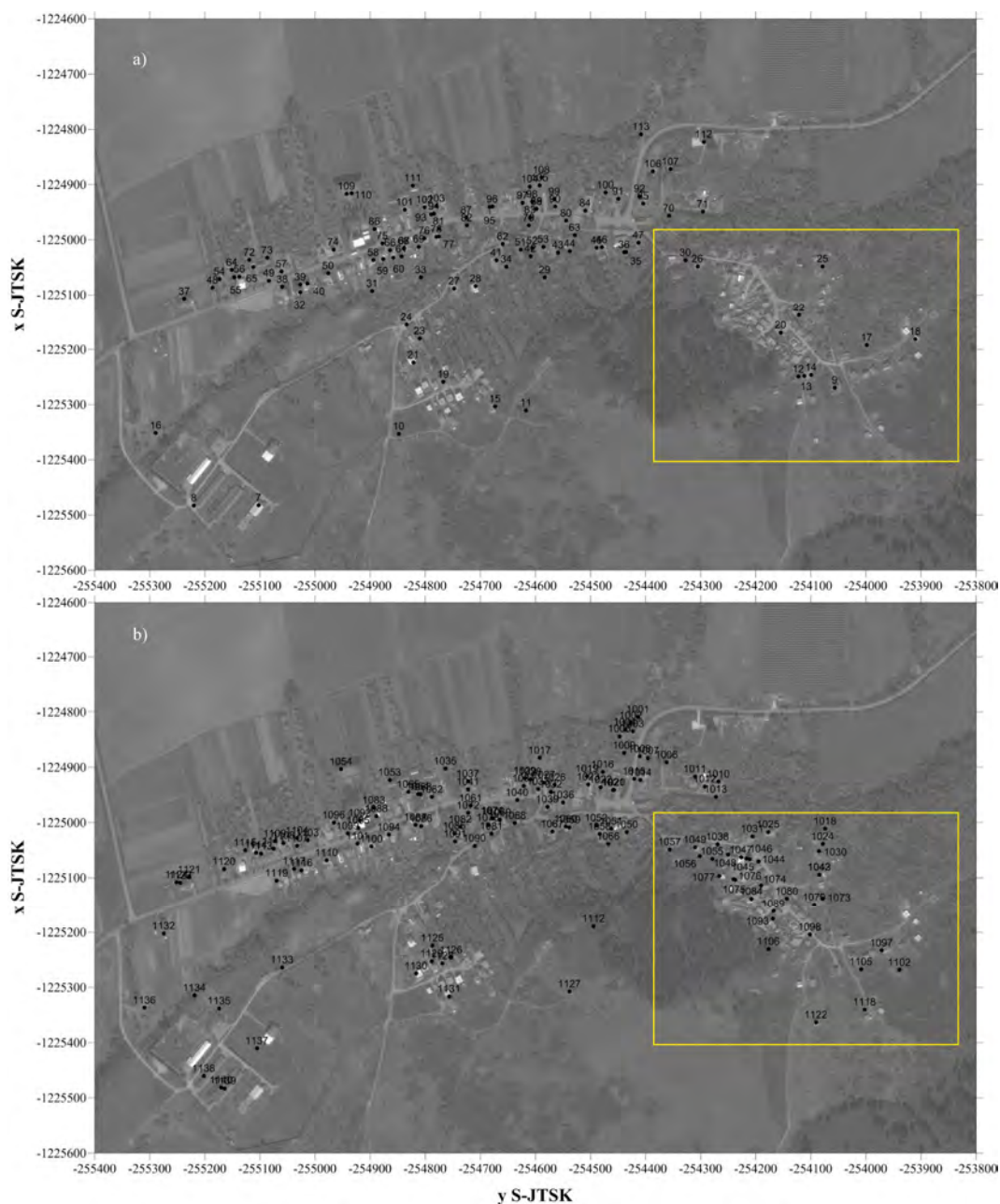
Z analýzy údajov zaznamenaných v rámci územia obce Varhaňovce je vidieť (obr. 4.23.2), že centrálna časť obce (údolie rieky Olšavec) je relatívne stabilná, homogénna, s minimálnym výskytom bodov, ktoré môžu indikovať lokálne deformácie (v niektorých prípadoch môže ísť o výsledok vyššieho šumu v interferometrickej 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  $10 \text{ mm.rok}^{-1}$ , v niektorých extrémnych prípadoch však až do  $40 \text{ mm.rok}^{-1}$ . 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). Lepšie priestorové rozlíšenie, resp. vyššiu hustotu detegovaných bodov by bolo možné dosiahnuť použitím moderných družíc (TerraSAR-X, Cosmo-SkyMed) s rozlíšením 3 m a viac, ktoré má zásadný vplyv na kvalitu výsledkov a vďaka ktorému je možné analyzovať deformácie s väčšou citlivosťou. Ďalšou možnosťou zlepšiť výsledky (zvlášť v kritických oblastiach) je použitie pasívnych alebo aktívnych kútových odrážačov, ktoré nám umožňujú monitorovať aktivitu územia s vysokou presnosťou (teoreticky až do  $0,1 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Kútové odrážače sa plošne umiestňujú (vzhľadom na svoju veľkosť) na najkritickejšie miesta sledovaného územia, resp. ako referenčné body do stabilných oblastí mimo svahové deformácie.

Tab. 4.23.2. Rýchlosti pohybu detegovaných prirodzených odrážačov na lokalite Varhaňovce

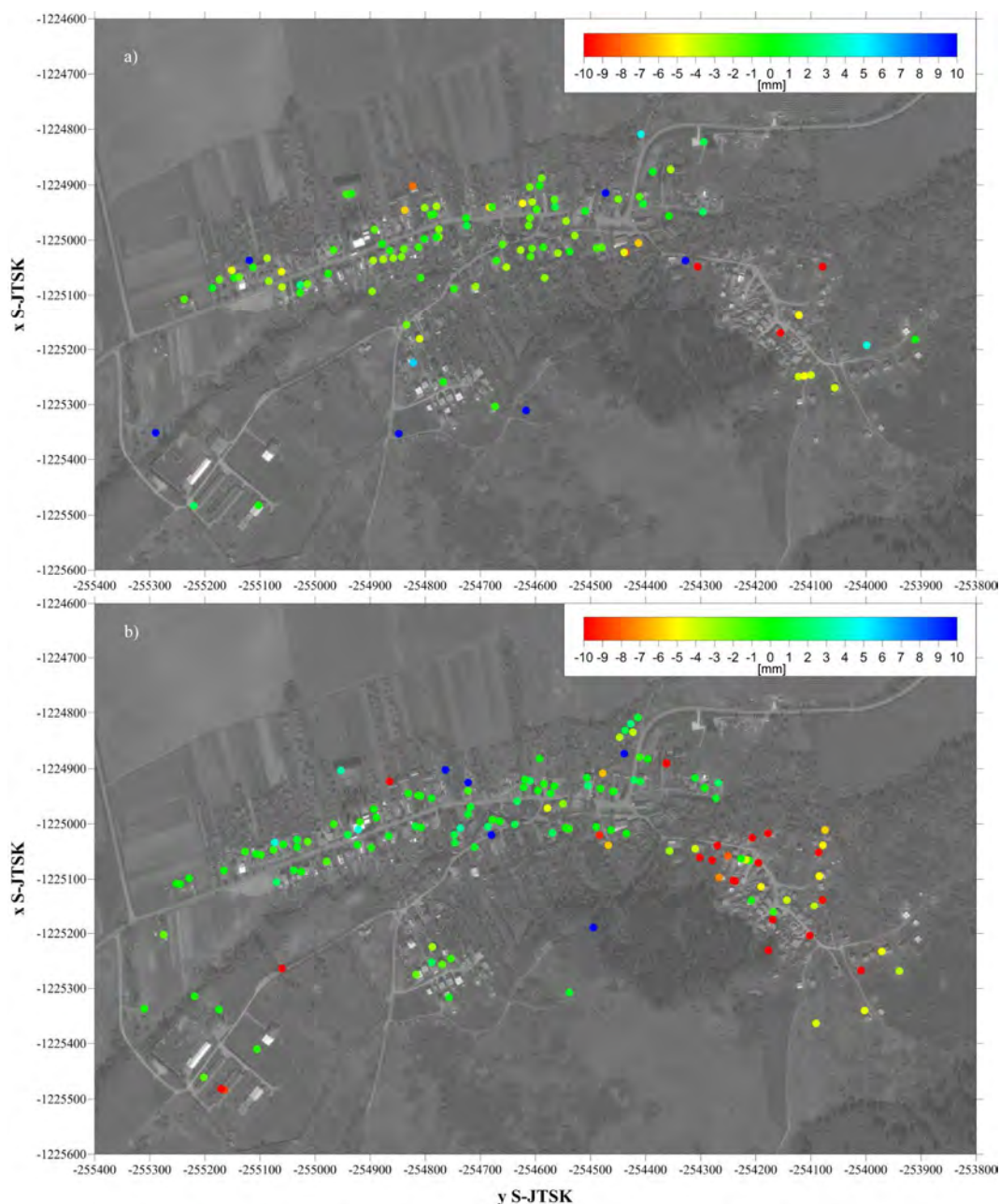
| Zostupná dráha |                                               |      |                                               |      |                                               | Vzostupná dráha |                                               |
|----------------|-----------------------------------------------|------|-----------------------------------------------|------|-----------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------|
| Bod            | Rýchlosť pohybu v LOS [mm.rok <sup>-1</sup> ] | Bod  | Rýchlosť pohybu v LOS [mm.rok <sup>-1</sup> ] | Bod  | Rýchlosť pohybu v LOS [mm.rok <sup>-1</sup> ] | Bod             | Rýchlosť pohybu v LOS [mm.rok <sup>-1</sup> ] |
| 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



Obr. 4.23.1. Detegované prirodzené odrážače na lokalite Varhaňovce. a – vzostupná dráha (č. 102), b – zostupná dráha (č. 153), žltý rámik – ohraničenie záujmového územia





Obr. 4.23.2. Rýchlosť pohybu prirodzeného odrážača v smere dráhy lúča v  $\text{mm.rok}^{-1}$  na lokalite Varhaňovce. a – vzostupná dráha (č. 102), b – zostupná dráha (č. 153)

#### 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 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (28. január – 13. november). Najbližšie k povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody nameraná 26. mája (1,54 m pod terénom – 315,14 m n. m.). Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná 1. októbra (5,58 m – 311,10 m n. m.). V roku 2014 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 4,58 m pod terénom a výsledná amplitúda 4,04 m.

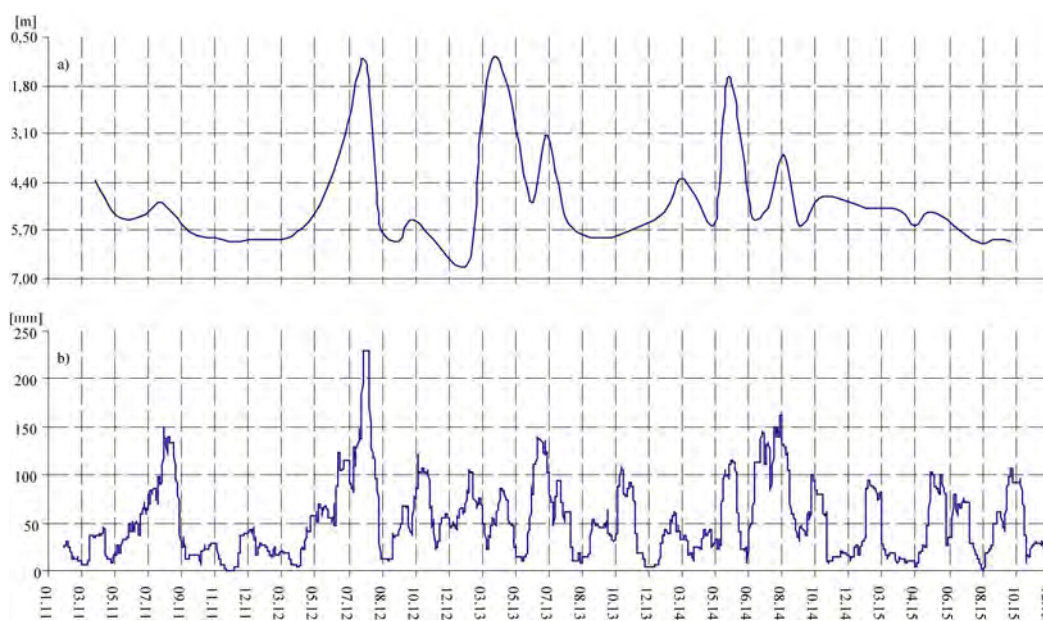
Tab. 4.23.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Varhaňovce v roku 2014

| 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           | 1,54            | 315,14             | 26.05.14      | 5,58            | 311,10             | 01.10.14      | 4,58              | 312,10             | 4,04                   |

V aktuálne hodnotenom roku 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 terénom 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, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,75 m). Kolísanie hladiny podzemnej vody malo veľkosť 0,92 m, čo predstavuje len 16,31 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania. Priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody s kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie je znázornený na obr. 2.23.4.

Tab. 4.23.4. 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                   |



Obr. 4.23.4. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2005 – 2014) z vybraných vrtov na lokalite Varhaňovce. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtach: a – VV-4, b – VV-6, c – VV-7, d – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Ploské s indikativom 59340)

Pri hodnotení záznamov dlhšieho časového obdobia je pozorovateľná periodicitá 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. V Mape priemerných ročných úhrnov zrážok (Faško a Šťastný in Atlas krajiny SR, 2002) je pre danú oblasť stanovená veľkosť zrážkového

úhrnu v intervale 600 až 700 mm. Počas roku 2014 spadlo na tejto stanici 711,5 mm zrážok, čo možno považovať za priemerný zrážkový úhrn. V roku 2015 bolo nameraných 535,3 mm zrážok, čo je o 176,2 mm menej ako v roku 2014 a dosiahnutý úhrn možno hodnotiť ako mierne podpriemerný.

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

V roku 2015 sa začalo z monitorovaním 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<sup>-1</sup>. Treba však poznamenať, že na výslednej rýchlosti sa prejavili i isté technologické obmedzenia, ktoré sú determinované napríklad i kvalitatívnymi charakteristikami odrážača – najčastejšie strešnou krytinou.

Režimové pozorovania boli v roku 2015 zabezpečované v jednom vrte. Z priebehu hĺbky hladiny podzemnej vody vyplýva, že v roku 2015 došlo v porovnaní s predchádzajúcim obdobím k celkovému poklesu. Prejavilo sa to najmä na hodnote ročných zmien hladiny podzemnej vody, ktoré sú v hodnotenom roku najmenšie za celé monitorované obdobie. V tejto súvislosti treba poznamenať, že merania sa vykonávajú s frekvenciou jedenkrát za mesiac (v roku 2015 bolo zabezpečených 9 meraní), a teda nezachytávajú všetky zmeny hladiny podzemnej vody.

V roku 2016 plánujeme pokračovať v režimových meraniach s mesačnou frekvenciou (10 meraní za rok). Merania metódou InSAR v roku 2016 nebudú aplikované z dôvodu nízkej kvality odrazných bodov. Ako sme už naznačili, jednou z výhod použitej metódy je využívanie prirodzených odrážačov. V prípade lokality Varhaňovce, najmä v oblasti kolónie, vzhľadom na nižšiu kvalitu odrazných bodov, je však žiaduce doplniť jestvujúce prirodzené odrážače pasívnymi alebo aktívnymi kútovými odrážačmi.

#### 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 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.24.1.

Tab. 4.24.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                 | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania)                                                                                                |                                                                                                                          |
|--------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                       | Rok 2014                                                                                                                                     | Rok 2015                                                                                                                 |
| Inklinometrické                            | 2                     | VČI-1, VČI-2                                    | 2<br>2. jún,<br>7. október)                                                                                                                  | 2<br>18. máj,<br>23. október)                                                                                            |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 2                     | VČHG-2,<br>VČHG-3                               | 10<br>(29. január,<br>27. február,<br>31. marec, 28. apríl,<br>27. máj, 10. júl,<br>5. august, 5. september,<br>2. október,<br>14. november) | 9<br>(29. január,<br>26. marec,<br>29. apríl, 26. máj,<br>7. júl, 24. júl,<br>28. august,<br>5. október,<br>30. október) |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 4                     | VČSHV-1 až 4                                    | 10<br>(29. január,<br>27. február,<br>31. marec, 28. apríl,<br>27. máj, 10. júl,<br>5. august, 5. september,<br>2. október,<br>14. november) | 9<br>(29. január,<br>26. marec,<br>29. apríl, 26. máj,<br>7. júl, 24. júl,<br>28. august,<br>5. október,<br>30. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 1                     | Stanica SHMÚ:<br>Vyšný Čaj<br>(indikatív 60100) | Denné úhrny zrážok                                                                                                                           |                                                                                                                          |

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

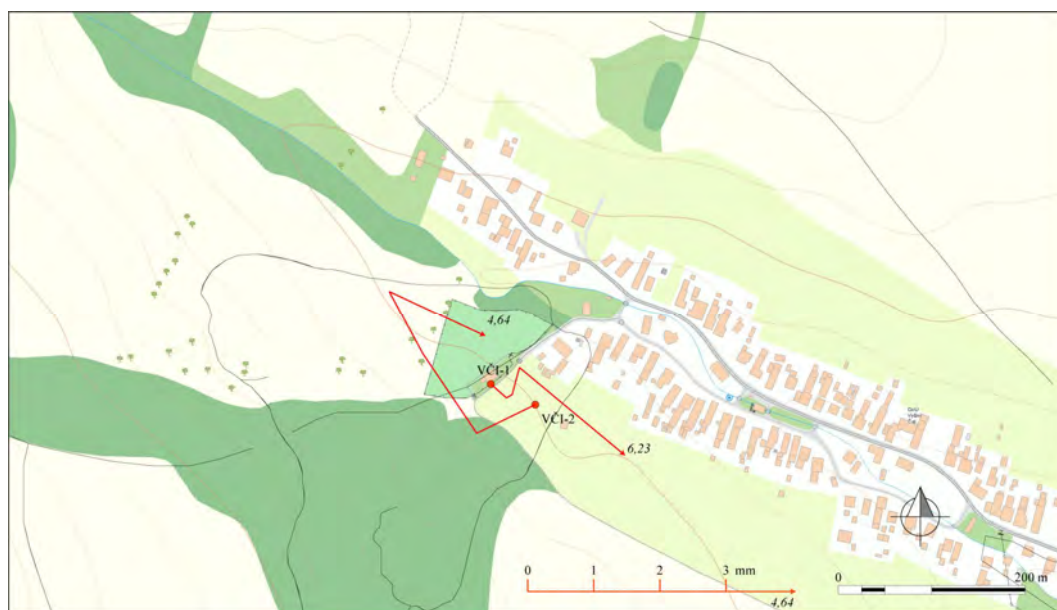
###### *a/ Inklinometrické merania*

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.

Tab. 4.24.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Vyšný Čaj v rokoch 2014 a 2015

| Bod   | Hĺbka pod ter. [m] | 20.08.13 – 02.06.14 |         |       | 02.06.14 – 07.10.14 |         |       | 07.10.14 – 18.05.15 |         |       | 18.05.15 – 23.10.15 |         |       |
|-------|--------------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|       |                    | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| VČI-1 | 6,23               | 3,35                | 0,32    | 132   | 3,45                | 0,10    | 60    | 0,42*               | 0,42    | 15    | 1,89                | 2,02    | 130   |
| VČI-2 | 4,64               | 7,75                | 0,98    | 244   | 7,85                | 1,46    | 326   | 1,08                | 1,08    | 332   | 0,94                | 1,55    | 115   |

CD – Celková deformácia od nultého merania (05.12.11); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; \* – nová séria meraní – od 7. októbra 2014

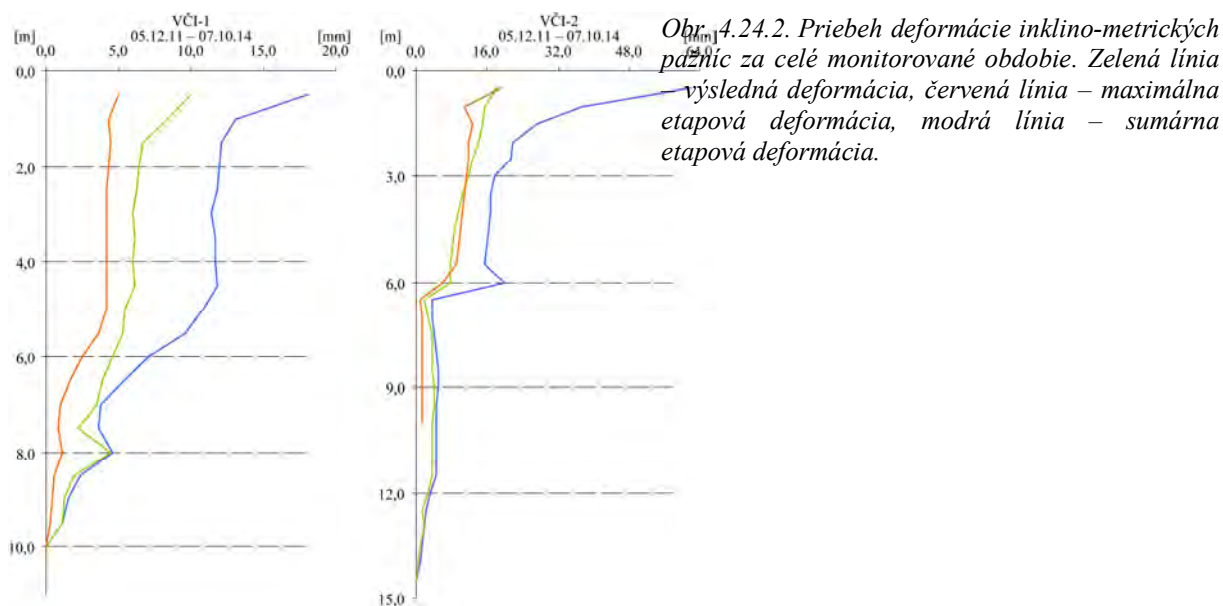


Obr. 4.24.1. Lokalita Vyšný Čaj – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.24.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®

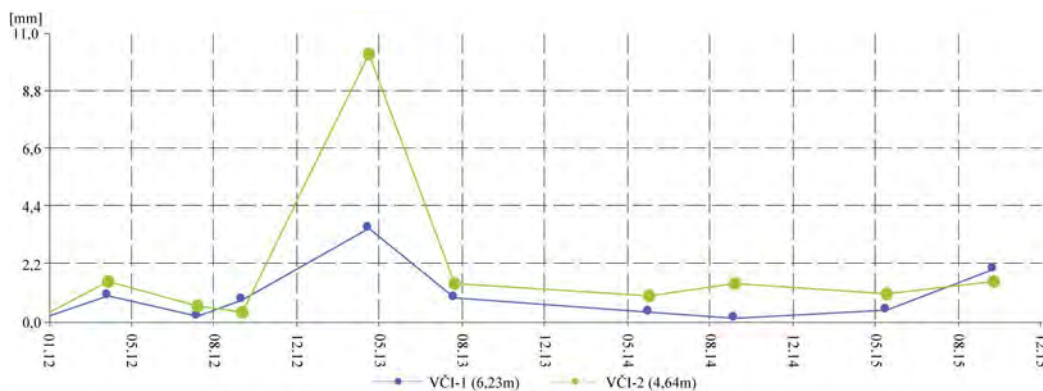
V roku 2014 bola pohybová aktivita v sledovaných horizontoch do 1,5 mm. Najvyššia deformácia bola nameraná vo vrte VČI-2 počas októbrového merania v hĺbke 4,64 m pod terénom. Počas štvormesačnej etapy (2. jún až 7. október) dosiahla 1,46 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie  $4,20 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Počas jarnej etapy bola v uvedenom vrte na sledovanej šmykovej ploche nameraná deformácia 0,98 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie  $1,25 \text{ mm.rok}^{-1}$ . V jarnej etape bol azimut vektoru orientovaný na juhozápad a počas októbrovej etapy na severozápad, pričom azimut spádnice svahu je na severovýchod. Vo vrte VČI-1 namerané deformácie len ojedinele presiahli hodnotu 0,3 mm. Namerané deformácie v oboch vrtoch poukazujú na zlepšenie stabilitných pomerov.

V roku 2015 sa situácia mierne zmenila. Počas prvého merania doznieval vo vrte VČI-1 trend poklesu pohybovej aktivity, ale už počas októbrovej etapy bola v hĺbke 6,23 m pod terénom nameraná deformácia 2,02 mm (čo predstavuje priemernú rýchlosť  $4,68 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) s azimutom  $130^\circ$ . Vo vrte VČI-2 sa etapové prírastky deformácie pohybovali v intervale od 1,08 do 1,55 mm (po prepočte to predstavuje priemerné rýchlosti od  $1,77$  do  $3,59 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Výsledný azimut v prezentovanom období má v prípade vrtu VČI-1 juhovýchodný smer a naopak, v prípade vrtu VČI-2 severozápadný smer. Z vývoja analyzovaných parametrov na obr. 4.24.2 predpokladáme, že vo vrte VČI-2 sa šmyková plocha nachádza v hĺbke cca 6 m od ústia pažnice. Ťažšie je to s definovaním hĺbky šmykovej plochy vo vrte VČI-1.





Vývoj deformácie na sledovaných šmykových plochách, prezentovaných na obr. 4.24.3 naznačuje, že najvyššia pohybová aktivita bola nameraná počas februárovej etapy v roku 2013. Počas tejto jarnej etapy bola vo vrte VČI-2 nameraná deformácia 10,21 mm, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu osemmesačného obdobia (od októbra 2012 do apríla 2013), a teda priemerná rýchlosť deformácie dosiahla hodnotu  $19,93 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Azimut vektora nameranej deformácie bol orientovaný na severovýchod (čo je v súlade s orientáciou spádnice svahu).



Obr. 4.24.3. Dlhodobé (2012 – 2015) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinoimetrie 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). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (29. január – 14. november). Bližšie k povrchu terénu bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte VČHG-3 (1,88 m pod terénom – 253,46 m n. m. – 27. február). Vo vrte VČHG-2 bol maximálny stav hladiny podzemnej vody nameraný 27. máj. Naopak, najhlbšie bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte VČHG-2 (4,26 m – 250,43 m n. m. – 2. október). Podobne, počas tohto termínu bola minimálna úroveň hladiny podzemnej vody nameraná i vo vrte VČHG-3. Priemerné ročné hĺbky hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 2,74 (VČHG-3) až 3,88 m pod terénom (VČHG-2). Väčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej

vody bola nameraná vo vrte VČHG-3 (1,53 m). V roku 2014 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 3,31 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

Tab. 4.24.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Vyšný Čaj v roku 2014

| 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           | 3,38            | 251,31             | 27.05.14      | 4,26            | 250,43             | 02.10.14      | 3,88              | 250,81             | 0,88                   |
| VČHG-3 | 10           | 1,88            | 253,46             | 27.02.14      | 3,41            | 251,93             | 02.10.14      | 2,74              | 252,60             | 1,53                   |

V aktuálne hodnotenom roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október). Maximálna hladina podzemnej vody bola rovnako ako v predchádzajúcom roku zaznamenaná vo vrte VČHG-3 (2,43 m pod terénom – 252,91 m n. m. – 26. marec). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (0,97 m pod terénom, zaznamenanou dňa 26. februára 2013), predstavuje nameraná maximálna hladina v roku 2015 pokles o 1,46 m. Vo vrte VČHG-2 sa maximálna hladina podzemnej vody nachádzala v hĺbke 2,41. Naopak, najhlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody vyskytovala vo vrte VČHG-2 (min. hladina podzemnej vody 5,01 m pod terénom bola nameraná dňa 30. októbra). 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, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,53 m. Výraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte VČHG-3 (1,63 m). Dosiahnutá amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje 66,53 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania.

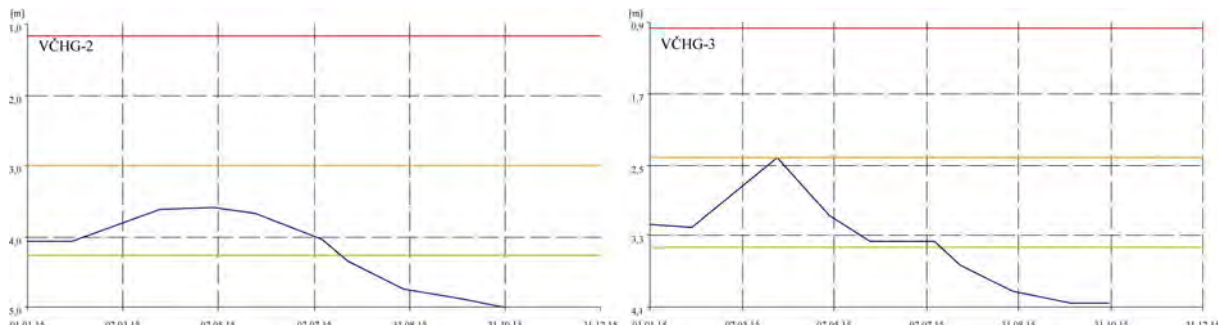


Obr. 4.24.4. Lokalita Vyšný Čaj – situácia sanačných a monitorovacích objektov; obrysy zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®

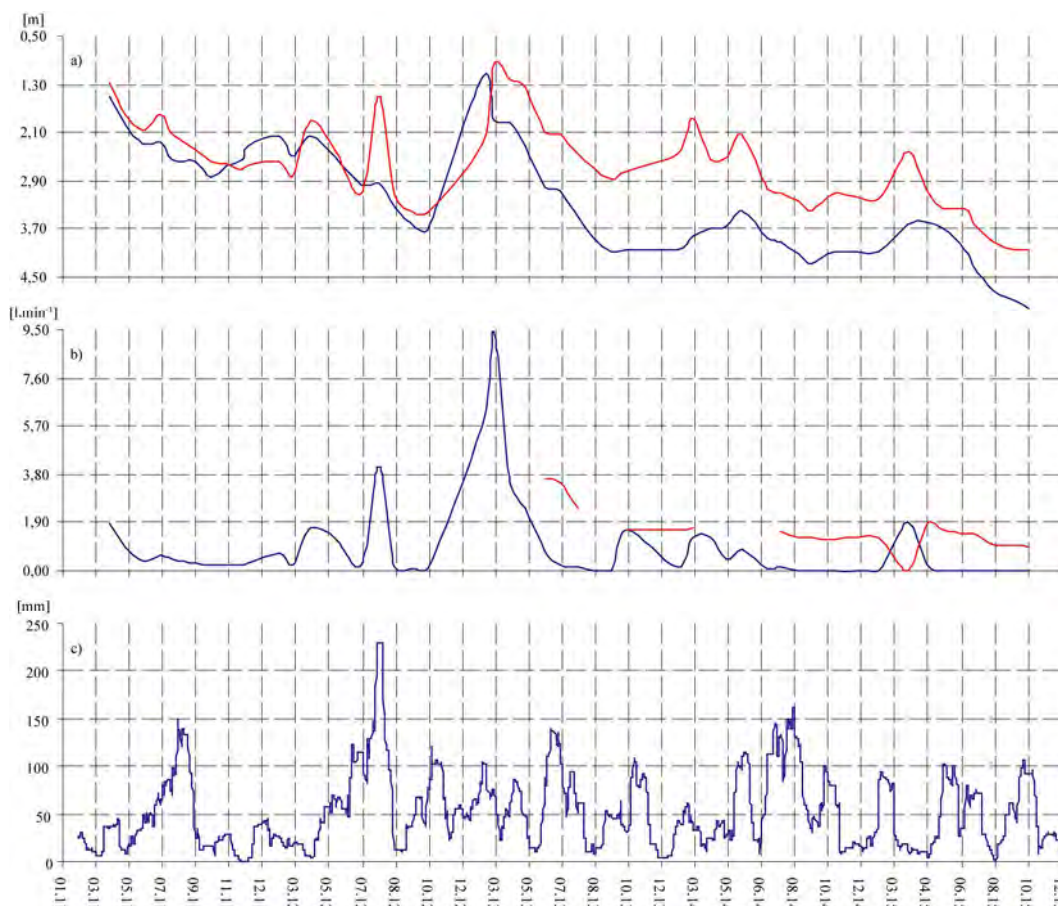
Priebehy hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2015 sú znázornené na obr. 4.24.5. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody spolu so sumárnou výdatnosťou odvodňovacích zariadení a kumulatívnymi zrážkami za obdobie rokov 2011 až 2015 je znázornený na obr. 4.24.6.

Tab. 4.24.4. 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                   |



Obr. 4.24.5. Vývoj hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 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 (2011 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Vyšný Čaj. Pribeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch: a – VČHG-2 a VČHG-3, b – spoločná výdatnosť horizontálnych vrtov VČSHV-1 a 2 a VČSHV-3 a 4; c – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Vyšný Čaj s indikativom 60100)

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 diferenciácii 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 2014 bolo zabezpečených 9 až 10 kontrolných meraní (29. január – 14. november). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. februára na odvodňovacom vrte VČSHV-4 ( $1,66 \text{ l.min}^{-1}$ ). V rovnakom termíne bola nameraná maximálna výdatnosť i na odvodňovacích zariadeniach VČSHV-2 ( $1,16 \text{ l.min}^{-1}$ ), VČSHV-3 ( $0,06 \text{ l.min}^{-1}$ ). Vo vrte VČSHV-1 bola maximálna výdatnosť zaznamenaná 27. mája ( $0,30 \text{ l.min}^{-1}$ ). Vrty VČSHV-1, 2 a 3 boli počas viacerých meraní suché, resp. z nich kvapkala voda. Naviac, z dôvodu zle dimenzovaného odtokového potrubia odvádzajúceho vodu zo zbernej šachty, boli vrty VČSHV-3 a 4 zaplavené vodou. Najnižšia nameraná výdatnosť bola vo vrte VČSHV-4 ( $1,24 \text{ l.min}^{-1}$  – 14. november), ktorý kontinuálne odvádzal podzemné vody počas všetkých meraní. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2014 dosiahla hodnotu  $1,89 \text{ l.min}^{-1}$  a najväčšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte VČSHV-2 ( $1,16 \text{ l.min}^{-1}$ ).

Tab. 4.24.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj v roku 2014

| 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    |                                         |                                               |
| VČSHV-1  | 10           | 0,30                    | 27.05.14 | 0,00                    | 10.07.14 | 0,10                                    | 0,30                                          |
| VČSHV-2  | 10           | 1,16                    | 27.02.14 | 0,01                    | 05.09.14 | 0,35                                    | 1,15                                          |
| VČSHV-3* | 10           | 0,06                    | 27.02.14 | 0,00                    | 29.01.14 | 0,01                                    | 0,06                                          |
| VČSHV-4* | 10           | 1,66                    | 27.02.14 | 1,24                    | 14.11.14 | 1,44                                    | 0,42                                          |

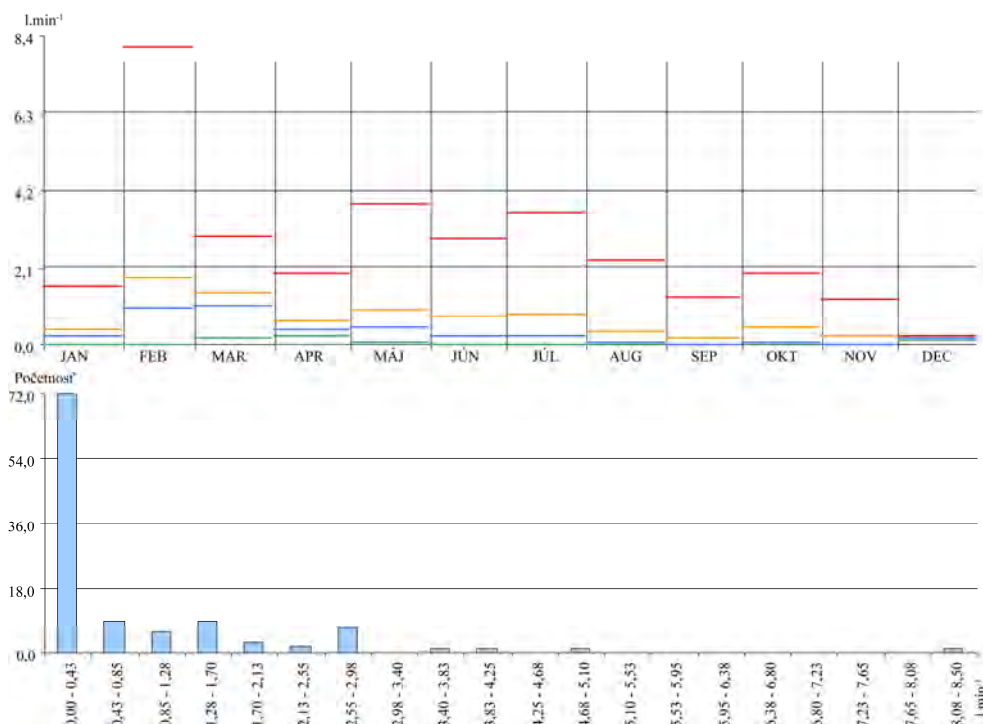
\* – prietok bol počas viacerých termínov režimových pozorovaní nemerateľný, ústia vrtov boli zatopené vodou

V roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 29. apríl, podobne ako v predchádzajúcom roku, 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 rovnakom aprílovom termíne 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  $1,57 \text{ l.min}^{-1}$ , čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o  $0,32 \text{ l.min}^{-1}$ . Maximálne kolísanie bolo zaznamenané opäť vo vrte VČSHV-2 ( $1,58 \text{ l.min}^{-1}$ ).

Tab. 4.24.6. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Vyšný Čaj 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    |                                         |                                               |
| 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                                          |





Obr. 4.24.7. Štatistické zhodnotenie nameranej výdatnosti počas sledovaného obdobia (do roku 2014) na lokalite Vyšný Čaj. Červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti (2. kvartil), zelená – minimálna mesačná výdatnosť

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné konštatovať, že maximálna výdatnosť bola nameraná v roku 2013 (priebehy množstva odvádzanej vody z odvodňovacích zariadení spolu s zmenami hladiny podzemnej vody a zrážkovými úhrnmi sú znázornené na obr. 4.24.6). 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 vysoko efektívne. Vážny nedostatok však predstavuje zle 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 0,43 l.min<sup>-1</sup> (obr. 4.24.7).

#### d/ Meranie zrážkových úhrnov

Zrážkové úhrny na stanici SHMÚ Vyšný Čaj s indikátivom 60100 sú opísané pri zosuvnej lokalite Vyšná Hutka.

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Pri porovnaní nameraných výsledkov z prechádzajúcim rokom, došlo v roku 2015 k pozitívnemu vývoju režimových ukazovateľov. Hladiny podzemnej vody zaznamenali zostup len v jarnom období, generálne mali však zostupný trend. Pokles hladiny podzemnej vody sa prejavil i na objeme vôd odvádzaných drenážnymi vrtmi.

Pohybová aktivita počas hodnoteného roku 2015 dosahovala v sledovaných horizontoch maximálne 2,02 mm.

Pri hodnotení hĺbkovej drenáže, ktorá výraznou mierou ovplyvňuje stabilitu zosuvného územia, opakovane upozorňujeme, že vďaka nevhodne dimenzovanému potrubiu, ktoré



odvádza vodu do recipienta, dochádza k jej kumulácii v zbernej šachte a tým pádom i k strate účinnosti tohto sanačného opatrenia.

V roku 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 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.25.1.

Tab. 4.25.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Nižná Hutka v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                 | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania)                                                                                                |                                                                                                                          |
|--------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                       | Rok 2014                                                                                                                                     | Rok 2015                                                                                                                 |
| Inklinometrické                            | 5                     | VHI-1, 1A, 2, 2A, 3                             | 2<br>(2. jún, 8. október*,<br>3. december**)                                                                                                 | 2<br>(18. máj,<br>27. október)                                                                                           |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 2                     | NHG-1, 2                                        | 10<br>(29. január,<br>27. február, 31. marec,<br>28. apríl, 27. máj,<br>10. júl, 5. august,<br>5. september,<br>2. október,<br>14. november) | 9<br>(29. január,<br>26. marec,<br>29. apríl, 26. máj,<br>7. júl, 24. júl,<br>31. august,<br>5. október,<br>30. október) |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 5                     | NHSHV-1 až 5                                    | 10<br>(29. január,<br>27. február, 31. marec,<br>28. apríl, 27. máj,<br>10. júl, 5. august,<br>5. september,<br>2. október,<br>14. november) | 9<br>(29. január,<br>26. marec,<br>29. apríl, 26. máj,<br>7. júl, 24. júl,<br>31. august,<br>5. október,<br>30. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 2                     | Stanice SHMÚ:<br>Vyšný Čaj<br>(indikatív 60100) | Denné úhrny zrážok                                                                                                                           |                                                                                                                          |

\* – etapové meranie na skupine starších vrtov, označených ako „NHI“ a úvodné meranie na skupine nových vrtov, označených ako VNI; \*\* – etapové meranie len na vrtoch VNI

*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

a/ Inklinometrické merania

V roku 2014 sa pokračovalo v etapových meraniach v starších vrtoch (NHI-1, 2 a 3 – obr. 4.25.1) a zároveň boli zabezpečené merania i v novovybudovaných vrtoch (Fekeč et al., 2014g in Šimeková et al., 2014).

V roku 2014 boli vykonané dve kontrolné etapy meraní. V skupine starších vrtoch, v rámci sledovaných hĺbkových úrovní, boli zvýšené hodnoty deformácie zaznamenané počas druhej etapy (8. október). K najväčšiemu nárastu deformácie došlo vo vrte NHI-2. V období do 2. júna do 8. októbra bola v hĺbke 4,26 m pod terénom nameraná deformácia 8,16 mm. Vysoké prírastky deformácie inklinometrickej pažnice boli v tomto období namerané vo vrte NHI-3. Plytko pod terénom bola nameraná etapová deformácia 5,77 mm a v hĺbke 4,63 m pod terénom 4,50 mm. Vo vrte NHI-1 bol v hĺbke 7,43 m pod terénom nameraný prírastok deformácie s veľkosťou 1,84 mm. Jedine v tomto vrte mal nameraný vektor s orientáciou v smere spádnice svahu (severozápad). Ostatné vektory boli orientované na severovýchod až juhovýchod.

V troch novovybudovaných vrtoch boli počas októbrovej etapy zabezpečené úvodné a následne 3. decembra prvé etapové merania. Počas 56-dňovej etapy boli najväčšie deformácie namerané na predpokladanej šmykovej ploche vo vrte NHI-1A v hĺbke 1,46 m (1,49 mm s azimutom 340°).

Tab. 4.25.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Nižná Hutka v rokoch 2014 a 2015

| Bod     | Hĺbka pod ter. | 20.08.13 – 02.06.14 |         |       | 02.06.14 – 08.10.14 |         |       | 08.10.14 – 12.05.15 |         |       | 12.05.15 – 23.10.15 |         |       |
|---------|----------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|         |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| NHI-1   | 7,43           | 9,55                | 1,46    | 284   | 8,88                | 1,84    | 349   | 1,00                | 1,00    | 173   | 2,51                | 2,19    | 257   |
| NHI-2   | 4,26           | 13,47               | 2,39    | 317   | 5,52                | 8,16    | 159   | 0,92                | 0,92    | 211   | 1,56                | 1,94    | 338   |
| NHI-2   | 9,76           | 3,50                | 0,45    | 287   | 1,71                | 1,81    | 164   | 0,36                | 0,36    | 226   | 1,17                | 1,30    | 346   |
| NHI-3   | 1,13           | 6,81                | 1,55    | 55    | 2,72                | 5,77    | 66    | 2,64                | 2,64    | 339   | 1,62                | 1,71    | 123   |
| NHI-3   | 4,63           | 5,10                | 3,08    | 76    | 1,84                | 4,50    | 77    | 0,92                | 0,92    | 269   | 0,61                | 0,80    | 130   |
| NHI-1A* | 1,46           |                     |         |       | 1,49                | 1,49    | 340   | 1,25                | 0,32    | 198   | 1,24                | 2,47    | 159   |
| NHI-2A* | 8,35           |                     |         |       | 1,03                | 1,03    | 299   | 0,41                | 0,78    | 140   | 0,20                | 0,50    | 53    |
| NHI-3A* | 5,30           |                     |         |       | 0,89                | 0,89    | 63    | 1,48                | 0,91    | 354   | 1,82                | 0,64    | 321   |

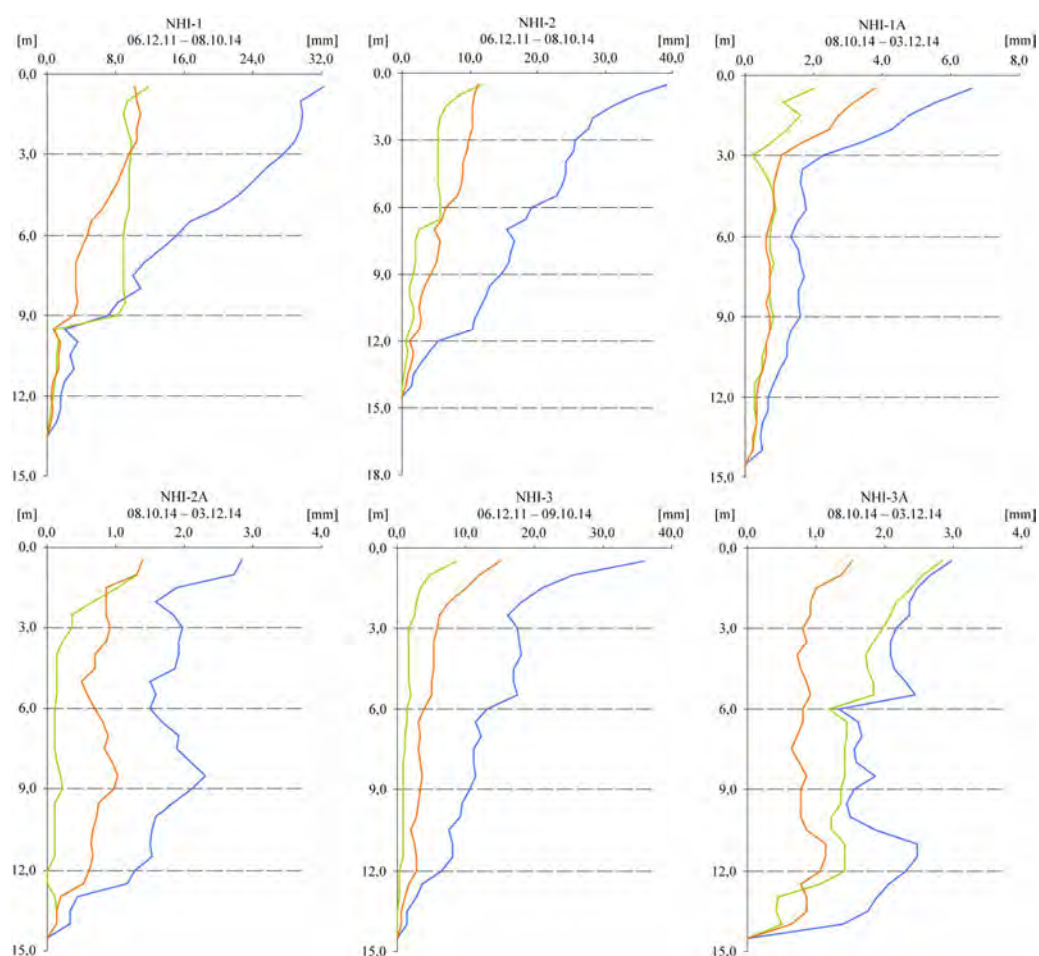
CD – Celková deformácia od nultého merania (06.12.11 – vrty: NHI-1, NHI-2, NHI-3; 08.10.14 – vrty: NHI-1A, NHI-2A, NHI-3A); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora; \* – etapové deformácie a azimuty sú za obdobia 08.10.14 – 03.12.14 – 12.05.15 – 23.10.15

V roku 2015 sa pokračovalo v monitorovacích meraniach s rovnakou frekvenciou ako v roku 2014. V porovnaní s predchádzajúcim rokom došlo k poklesu pohybovej aktivity. Počas jarnej etapy, ktorá charakterizuje prírastky deformácie v období od októbra 2014 do mája 2015, boli na sledovaných hĺbkových úrovniach dosahované hodnoty väčšinou do 1 mm, ojedinele však presiahli 2 mm (vrt NHI-3 – plytko pod terénom v hĺbke 1,13 m pod terénom bola nameraná deformácia 2,64 mm). O niečo vyššie hodnoty deformácie boli namerané počas jesennej etapy. Vo vrte NHI-1 bola v hĺbke 7,43 m pod terénom nameraná etapová deformácia 2,51 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť 4,88 mm.rok<sup>-1</sup>. Nameraný vektor mal juhozápadný smer. Ešte vyššia hodnota etapového prírastku deformácie bola nameraná vo vrte NHI-1A (2,47 mm – 5,50 mm.rok<sup>-1</sup>), relatívne plytko pod terénom.

Z priebehu celkovej deformácie, prezentovanej na obr. 4.25.2, vyplýva, že v monitorovaných vrtoch je šmyková plocha pozorovateľná len v objektoch NHI-1 a 2. I keď v prípade vrtu NHI-2 je potrebné upozorniť na skutočnosť, že výsledná deformácia (za

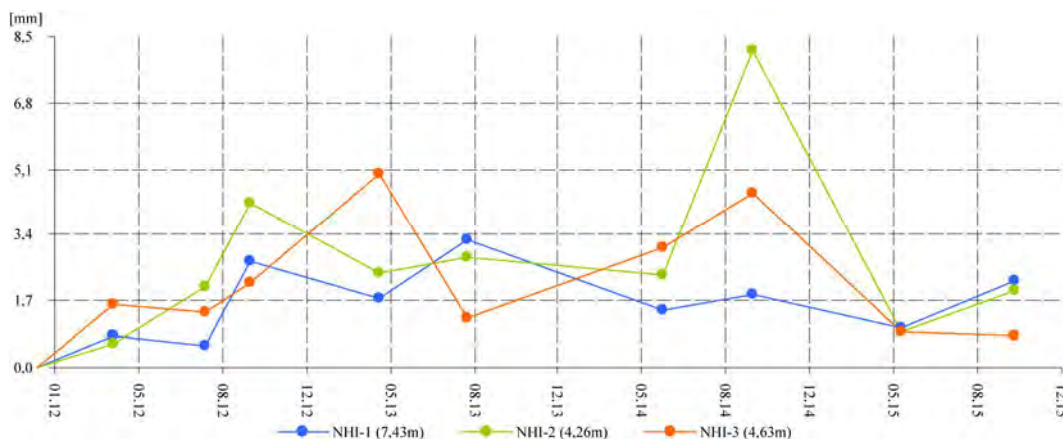


Obr. 4.25.1. Lokalita Nižná Hutka – výsledky inklinometrických meraní za roky 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.25.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®



Obr. 4.25.2. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie. zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

obdobie od decembra roku 2011 do októbra roku 2014) je prakticky vo všetkých meraných hĺbkach menšia ako sú maximálne hodnoty etapových deformácií (obr. 4.25.2). Tento fakt znižuje vierohodnosť nameraných výsledkov. Pri určovaní hĺbky šmykovej plochy má osobitné postavenie vrt NHI-3A. Orientácie etapových vektorov nameraných v jednotlivých hĺbkach majú prevažne severný, resp. severozápadný až severovýchodný azimut.



Obr. 4.25.3. Dlhodobé (2012 – 2015) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Nižná Hutka

Pri posudzovaní nameraných etapových deformácií za dlhšie obdobie (na pôvodnej sieti inklinometrických vrtov – obr. 4.25.3), je možné vo vybratých hĺbkach sledovať, že najvyššie hodnoty boli zaznamenané počas jesene roku 2014.

#### 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). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (29. január – 14. november). 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. Vo vrte NHG-1 bola maximálna úroveň hladiny podzemnej vody nameraná 31. marca (3,70 m pod terénom – 216,42 m n. m.) a minimálna 14. novembra (v hĺbke 5,66 m – 214,46 m n. m.). Amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody dosiahla 1,96 m a priemerná hĺbka 4,59 m pod terénom.

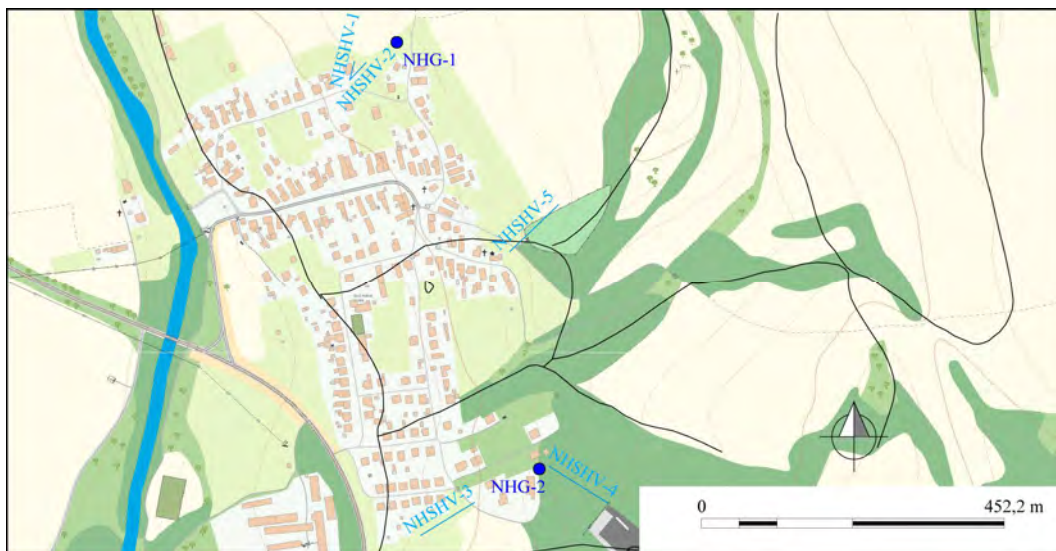
Tab. 4.25.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Hutka v roku 2014

| 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           | 3,70                                        | 216,42             | 31.03.14      | 5,66            | 214,46             | 14.11.14      | 4,59              | 215,54             | 1,96                   |
| NHG-2 | 10           | HPV ovplyvnená čerpaním (majiteľom pozemku) |                    |               |                 |                    |               |                   |                    |                        |

V aktuálne hodnotenom roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október). Vrt NHG-2 bol i v roku 2015 využívaný na exploatáciu podzemnej vody. Vo vrte NHG-1 bola maximálna hladina podzemnej vody zaznamenaná 29. apríla (4,58 m pod terénom – 215,54 m n. m.). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (2,32 m pod terénom, zaznamenanou dňa 4. február 2013), predstavuje nameraná maximálna hladina v roku 2015 pokles o 2,26 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, čo



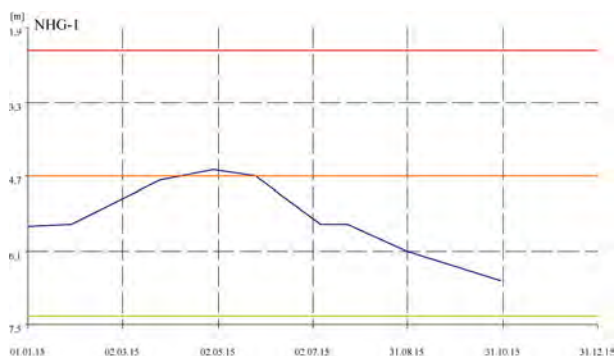
je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles až o 0,98 m. Celkove je možné aktuálnu hĺbku hodnotiť ako podpriemernú (obr. 4.25.5). Kolísanie hladiny podzemnej vody dosiahlo 2,09 m, čo predstavuje 41,72 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania.



Obr. 4.25.4. Lokalita Nižná Hutka – situácia sanačných a monitorovacích objektov; obrysy zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®

Tab. 4.25.4. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Nižná Hutka v roku 2015

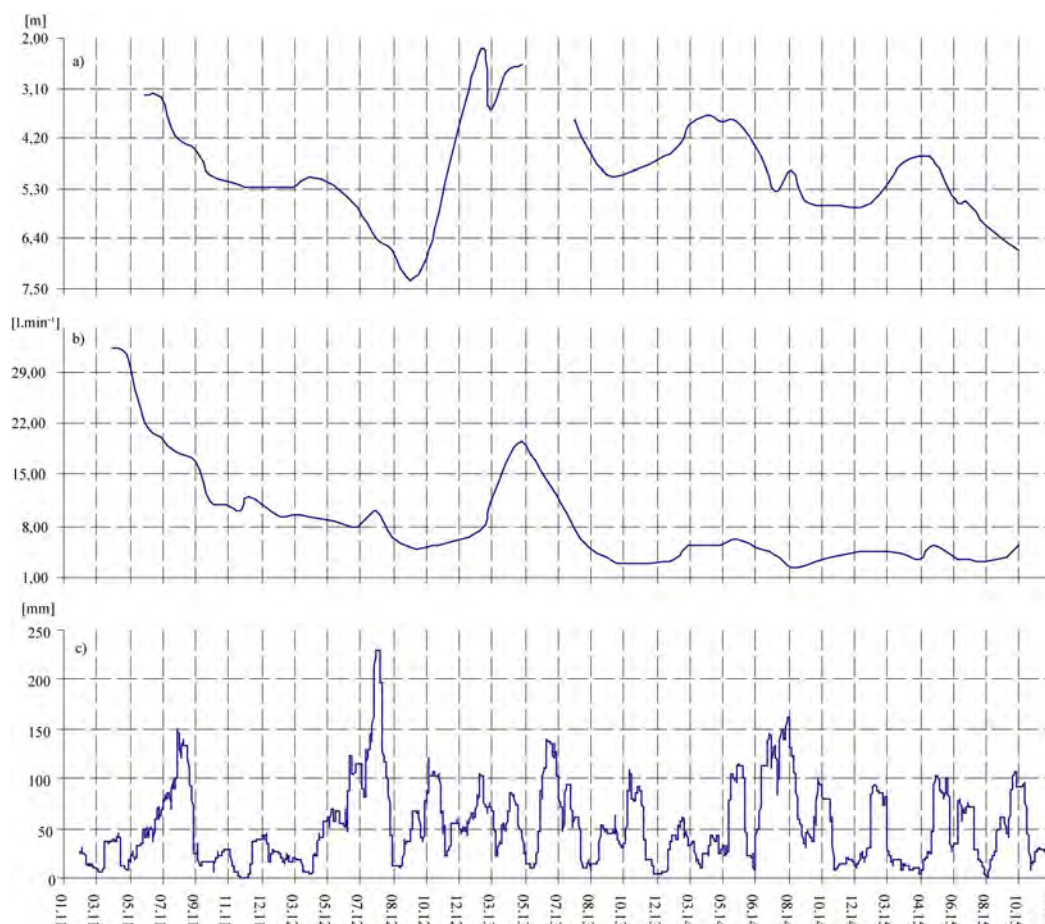
| Bod   | Počet meraní | Max. úroveň hpv                             |                    |               | Min. úroveň hpv |                    |               | Priem. úroveň hpv |                    | Max. kolísanie hpv [m] |
|-------|--------------|---------------------------------------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|
|       |              | 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 | 10           | HPV ovplyvnená čerpaním (majiteľom pozemku) |                    |               |                 |                    |               |                   |                    |                        |



Obr. 4.25.5. Zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2015 na lokalite Nižná Hutka (porovnanie s ukazovateľmi, ktoré boli odvodené z nameraných údajov v predchádzajúcom období monitorovania). Červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej, oranžová – priemerná úroveň hladiny podzemnej vody, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody, modrá – priebeh hladiny podzemnej vody v roku 2015

Priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody za rok 2015 spolu so základnými štatistickými ukazovateľmi, odvodenými z predchádzajúcich výsledkov meraní, je znázornený na obr. 4.25.5. Vývoj zmien hĺbky hladiny podzemnej vody, spolu so sumárnou výdatnosťou a kumulatívnymi zrážkami za monitorované obdobie, je znázornený na obr. 4.25.6.

Z dlhodobého hľadiska vývoja zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte NHG-1 je významné obdobie od jesene roku 2012 až do zimy roku 2013. V tomto období bol zaznamenaný minimálny a zároveň i maximálny stav hladiny podzemnej vody.



Obr. 4.25.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Nižná Hutka. Priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtach: a – NHG-1, b – NHG-2, c – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrtov; d – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Vyšný Čaj s indikativom 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 2014

| Bod     | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat.        | Max. kolísanie výdat.  |
|---------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|------------------------|------------------------|
|         |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | [l.min <sup>-1</sup> ] |
| NHSHV-1 | 10           | 3,64                   | 27.05.14 | 1,08                   | 05.09.14 | 2,68                   | 2,56                   |
| NHSHV-2 | 10           | 2,12                   | 27.05.14 | 0,30                   | 02.10.14 | 1,18                   | 1,82                   |
| NHSHV-3 | 10           | 0,69                   | 05.09.14 | 0,30                   | 14.11.14 | 0,50                   | 0,39                   |
| NHSHV-4 | 10           | 0,01                   | 29.01.14 | 0,01                   | 29.01.14 | 0,01                   | 0,00                   |
| NHSHV-5 | 10           | 0,01                   | 05.08.14 | 0,00                   | 29.01.14 | 0,00                   | 0,01                   |

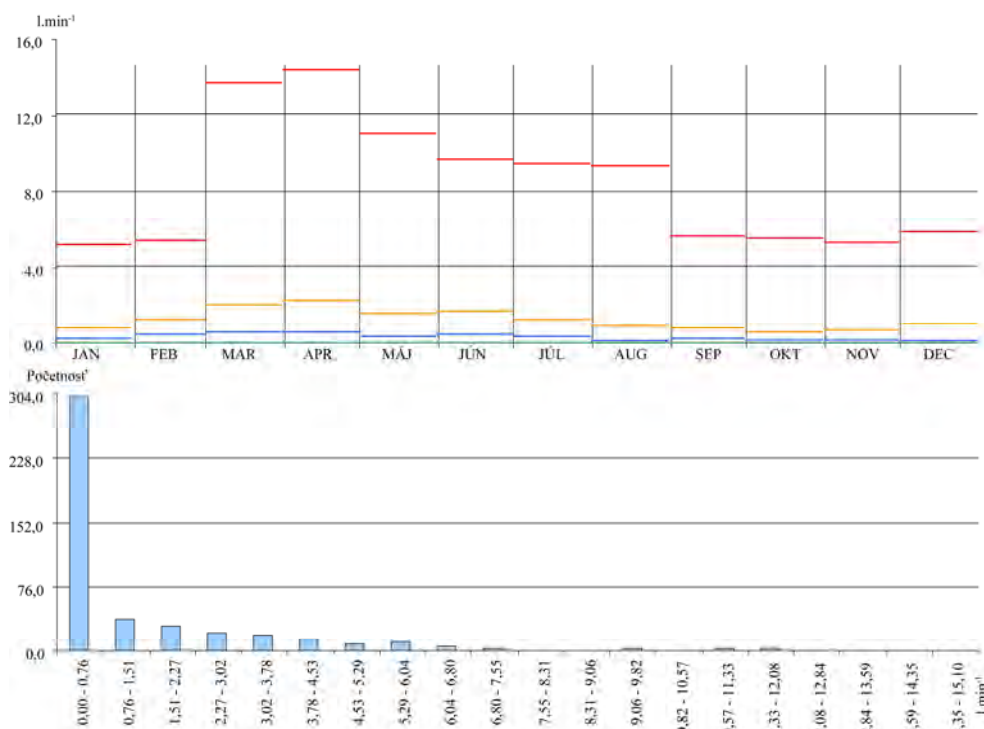
Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (29. január – 14. november). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. mája na odvodňovacom vrte NHSHV-1 (3,64 l.min<sup>-1</sup>). V rovnakom termíne bola nameraná maximálna výdatnosť i vo vrte NHSHV-2 (2,12 l.min<sup>-1</sup>). Vrt NHSHV-5 bol prevažnú časť hodnoteného obdobia suchý, resp. voda z neho len kvapkala. Najnižšia nameraná výdatnosť bola vo vrtach NHSHV-2 (0,30 l.min<sup>-1</sup> – 2. október) a NHSHV-3 (0,30 l.min<sup>-1</sup> – 14. november). Sumárna priemerná

výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2014 dosiahla hodnotu  $4,37 \text{ l.min}^{-1}$  a najväčšie namerané kolísanie bolo zaznamenané vo vrte NHSHV-1 ( $2,56 \text{ l.min}^{-1}$ ).

V roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 30. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 30. októbra na odvodňovacom vrte NHSHV-1 ( $4,04 \text{ l.min}^{-1}$ ), 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). Zaznamenaný maximálny výtok z odvodňovacieho vrtu predstavuje 33,67 % z dlhodobého maxima, ktoré bolo v danom vrte namerané 30. marca 2011. 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  $4,14 \text{ l.min}^{-1}$ , čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o  $0,23 \text{ l.min}^{-1}$ . Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte NHSHV-1 ( $2,38 \text{ l.min}^{-1}$ ).

Tab. 4.25.6. Výsledky merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Hutka 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    |                                         |                                               |
| 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                                          |



Obr. 4.25.7. Štatistické zhodnotenie výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Nižná Hutka. červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti (2. kvartil), zelená – minimálna mesačná výdatnosť.

V roku 2015 nedošlo k prekročeniu dlhodobých maximálnych hodnôt výdatnosti, ale naopak, namerané maximá mali pomerne nízke hodnoty. Priebeh množstva odvádzanej vody

z odvodňovacích zariadení spolu so zmenami hladiny podzemnej vody a kumulatívnymi zrážkami je znázornený na obr. 4.25.6.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je možné pozorovať postupný trend poklesu nameraných hodnôt výdatnosti. V auguste roku 2014 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<sup>-1</sup>. Maximálne prietoky boli dosiahnuté v mesiacoch apríl a marec.

#### d/ Meranie zrážkových úhrnov

Zrážkové úhrny na stanici SHMÚ Vyšný Čaj s indikátivom 60100 sú opísané pri zosuvnej lokalite Vyšná Hutka.

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Režimové pozorovania sa vykonávajú v jednom piezometrickom vrte. Priebeh hladiny podzemnej vody mal počas hodnoteného roka zostupný trend (tento pokles hladiny podzemnej vody je pozorovateľný od zimného obdobia roku 2013). V porovnaní s vlaňajším rokom došlo vo vrte k výraznému poklesu priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody. Zároveň bol pozorovaný i pokles výdatnosti odvodňovacích vrtov. Je to dôsledok nižších úhrnov zrážok, ktoré sa počas roka prejavovali zrážkovým deficitom.

Inklinometrické merania vykonané počas oboch etáp poukázali na priaznivý stabilný vývoj. Maximálne dosiahnuté etapové vektory len ojedinele presiahli 2 mm. Vykonaním analýzy nameraných deformácií v jednotlivých hĺbkových úrovniach sa ukázalo, že šmykové plochy sú pozorovateľné len v dvoch vrtoch – HNI-1 a 2.

V roku 2016 plánujeme zachovať rovnaký sortiment monitorovacích metód ako v roku 2015. Frekvencia meraní zostane v porovnaní s rokom 2015 nezmenená.

#### 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 chát, 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 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.26.1.

Tab. 4.26.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Ruská Nová Ves v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                         | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                                                                                |                                                                                                |
|--------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                               | Rok 2014                                                                                                                  | Rok 2015                                                                                       |
| Inklinometrické                            | 1                     | RS-6                                    | 1<br>(21. august)                                                                                                         | 1<br>(21. august)                                                                              |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 2                     | RS-3, RS-4                              | 10<br>(27. január, 25. február, 27. marec, 29. apríl, 26. máj, 8. júl, 4. august, 4. september, 1. október, 13. november) | 8<br>(26. marec, 28. apríl, 25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 24. september, 21. október) |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 2                     | RVH-1, RVH-2                            | 10<br>(27. január, 25. február, 27. marec, 29. apríl, 26. máj, 8. júl, 4. august, 4. september, 1. október, 13. november) | 8<br>(26. marec, 28. apríl, 25. máj, 30. jún, 23. júl, 28. august, 24. september, 21. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 1                     | Stanica SHMÚ Prešov-planetárium (59160) | Denné úhrny zrážok                                                                                                        |                                                                                                |

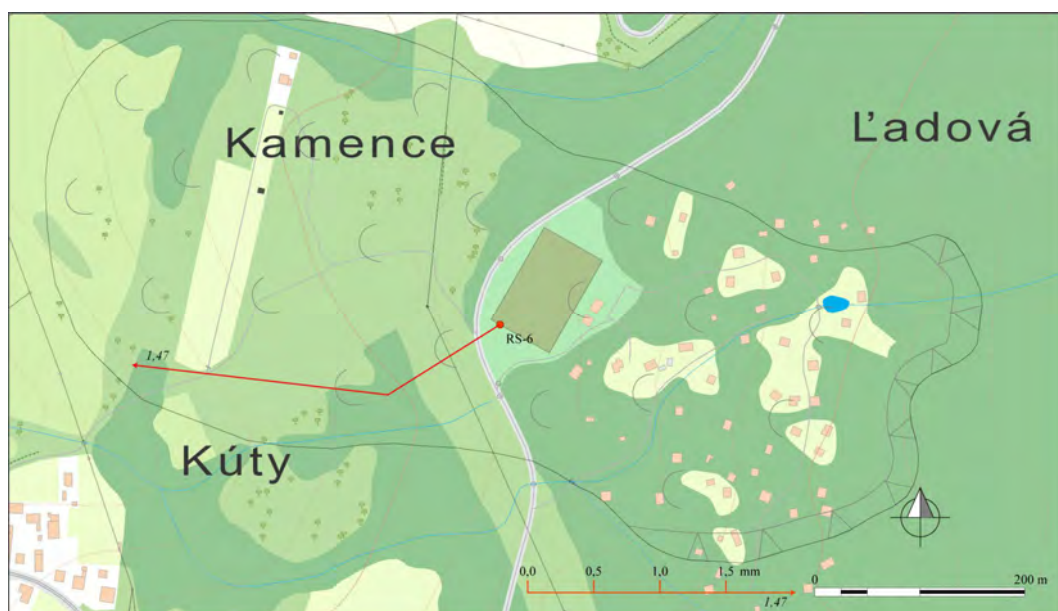
##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

###### *a/ Inklinometrické merania*

Na lokalite Ruská Nová Ves sa pôvodne inklinometrické merania vykonávali na dvoch vrtoch, avšak v dôsledku vysokej pohybovej aktivity bol jeden vrt (RS-5) „ustrihnutý“ a od roku 2013 sa zabezpečujú len vo vrte RS-6.

V roku 2014 bola zabezpečená realizácia jednej kontrolnej etapy. Počas ročného obdobia (august 2013 – august 2014) bol dokumentovaný stabilný stav. Deformácia nad 1 mm bola nameraná len v najplytšom horizonte (0,97 m pod terénom – tab. 4.26.2). V hĺbke 1,47 m pod terénom bola nameraná etapová deformácia 1,0 mm. Azimut deformácie bol orientovaný na juhozápad (spádnica svahu má orientáciu na západ až severozápad).

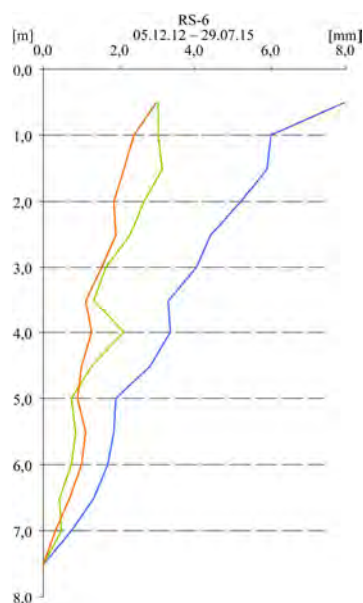




Obr. 4.26.1. Lokalita Ruská Nová Ves – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.26.2; číslo zobrazené pri vektore označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Grecha (2012), mapový podklad: ZBGIS®

V roku 2015 došlo v sledovanom horizonte (1,47 m pod terénom) k nárastu etapovej deformácie. Za približne 11 mesačné obdobie dosiahol jej prírastok 1,92 mm a jeho orientácia bola na západ (obr. 4.26.1).

Na základe jednotlivých zrealizovaných meraní nie je možné detegovať hĺbku aktívnej šmykovej plochy (obr. 4.26.2). Predpokladáme, že (bazálna) šmyková plocha sa nachádza hlbšie ako je dno vrtu a realizované merania nezachytili skutočnú pohybovú aktivitu zosuvného územia. V tejto súvislosti treba pripomenúť, že k spomenutému „ustrihnutiu“ vo vrte RS-5 došlo krátko po jeho vybudovaní. Znamená to, že zosuvné územie bolo (je?) pomerne aktívne. Z tohto dôvodu odporúčame dobudovanie nových hlbších vrtov.



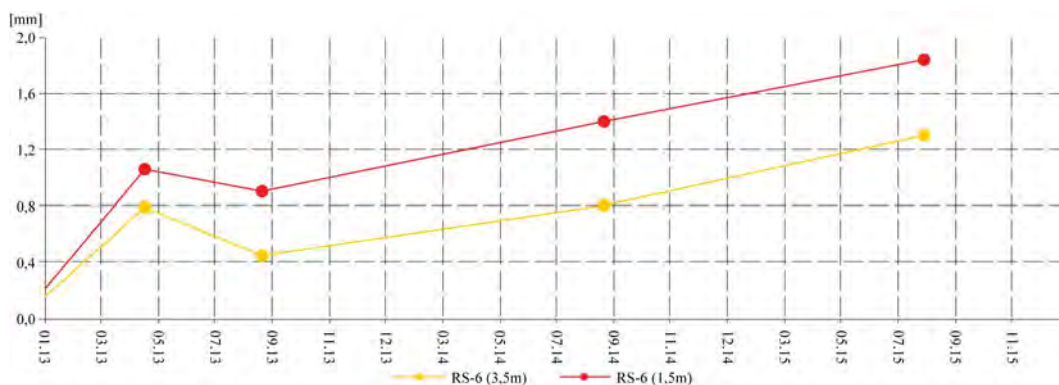
Obr. 4.26.2. Pribeh deformácie inklinometrickej pažnice za celé monitorované obdobie. Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

Tab. 4.26.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Ruská Nová Ves v rokoch 2014 a 2015

| Bod  | Hĺbka pod ter. | 22.08.13 – 21.08.14 |         |       | 21.08.14 – 29.07.15 |         |       |
|------|----------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|      |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| RS-6 | 1,47           | 0,86                | 1,00    | 238   | 2,31                | 1,92    | 277   |

CD – Celková deformácia od nultého merania (05.12.12);

ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora



Obr. 4.26.3. Dlhodobé (2013 – 2015) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite. Hĺbky sú uvádzané do ústia pažnice.

Pri hodnotení celého monitorovaného obdobia vidno, že vo vybratých horizontoch sa prejavuje vzostupný trend nárastu deformácie (obr. 4.26.3). Najvyššie deformácie boli namerané v aktuálne hodnotenom roku 2015.

#### b/ 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. 4.26.3). Prvý (RS-3) sa nachádza v odlučnej a druhý (RS-4) v prechodovej oblasti (obr. 4.26.4).



Obr. 4.26.4. Lokalita Ruská Nová Ves – situácia sanačných a monitorovacích objektov; ohraničenie zosuvu podľa Grecha (2012), mapový podklad: ZBGIS®

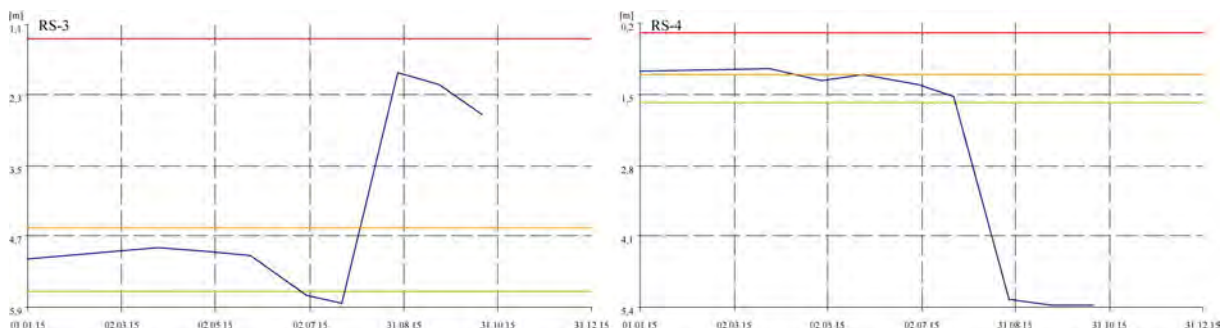
Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (27. január – 13. november). Bližšie k povrchu terénu bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte RS-4 (0,66 m pod terénom – 482,64 m n. m. – 26. máj). Vo vrte RS-3 bol maximálny stav hladiny podzemnej vody nameraný 25. februára. Naopak, najhlbšie pod terénom bola hladina podzemnej vody nameraná vo vrte RS-3 (5,62 m – 502,98 m n. m. – 27. január). Rovnaký termín minimálnej úrovne hladiny podzemnej vody bol zaznamenaný i vo vrte RS-4. Priemerné ročné úrovne hladiny podzemnej vody sa nachádzali v rozsahu 1,05 (RS-4) až 4,82 m pod terénom (RS-3). Väčšia amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody bola nameraná vo vrte RS-3 (2,52 m). V roku 2014 dosiahla priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody 2,93 m pod terénom (odvodená z priemerných hodnôt hĺbky hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovacích objektoch).

Tab. 4.26.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2014

| 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           | 3,10            | 505,50             | 25.02.14      | 5,62            | 502,98             | 27.01.14      | 4,82              | 503,79             | 2,52                   |
| RS-4 | 10           | 0,66            | 482,64             | 26.05.14      | 1,45            | 481,85             | 27.01.14      | 1,05              | 482,25             | 0,79                   |

V aktuálne hodnotenom 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). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (0,38 m pod terénom, zaznamenanou dňa 26. jún 2013), namerané ročné

maximum predstavuje pokles hodnoteného parametra o 0,67 m. 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. Spolu s minimálnou hladinou podzemnej vody, nameranou vo vrte RS-4 (5,35 m pod terénom), ide o celkove najnižšie stavy zaznamenané za celé monitorovacie obdobie.



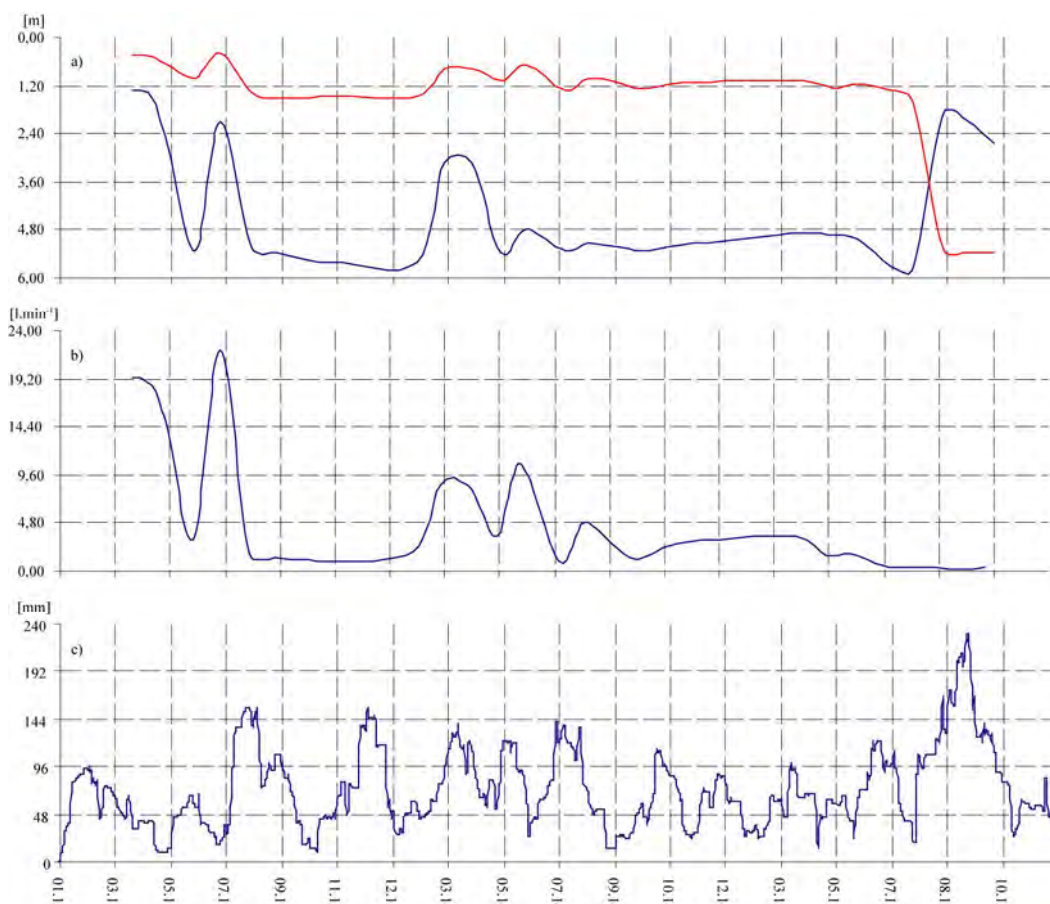
Obr. 4.26.5. Vývoj hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 vo vzťahu k vybraným ukazovateľom na lokalite Ruská Nová Ves. Červená – maximálna úroveň hladiny podzemnej vody za sledované obdobie, oranžová – priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody za sledované obdobie, zelená – minimálna úroveň hladiny podzemnej vody za sledované obdobie

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 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), čo je v porovnaní s doteraz zaznamenanými ročnými zmenami hĺbky hladiny podzemnej vody nárast až o 238 %. Priebiehy hĺbky hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.26.5. a dlhodobé zmeny spolu s kumulatívnymi zrážkami na obr. 4.26.6.

Tab. 4.26.4. 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                   |

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. 4.26.6).



Obr. 4.26.6. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2013 – 2015) na lokalite Ruská Nová Ves. a – priebeh hladiny podzemnej vody vo vrtoch RS-3 a RS4, b – spoločná výdatnosť horizontálnych vrto; c – 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. 4.26.5 a 4.26.6). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (27. január – 13. november). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 26. mája na odvodňovacom vrte RHV-2 ( $6,68 \text{ l.min}^{-1}$ ). Počas tohto termínu bol maximálny prietok nameraný i na vrte RHV-1 ( $4,14 \text{ l.min}^{-1}$ ); maximálna sumárna výdatnosť odvodňovacích zariadení teda dosiahla  $10,82 \text{ l.min}^{-1}$ . Naopak, nižšia výdatnosť bola nameraná vo vrte RHV-1 ( $0,31 \text{ l.min}^{-1}$  – 8. júl; v rovnakom termíne bola minimálna výdatnosť nameraná i na vrte RHV-2 –  $0,68 \text{ l.min}^{-1}$ ); minimálna sumárna výdatnosť dosahovala  $0,99 \text{ l.min}^{-1}$ . Sumárna priemerná výdatnosť oboch meraných objektov v roku 2014 dosiahla hodnotu  $4,62 \text{ l.min}^{-1}$  a väčšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte RHV-2 ( $6,00 \text{ l.min}^{-1}$ ).

Tab. 4.26.5. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2014

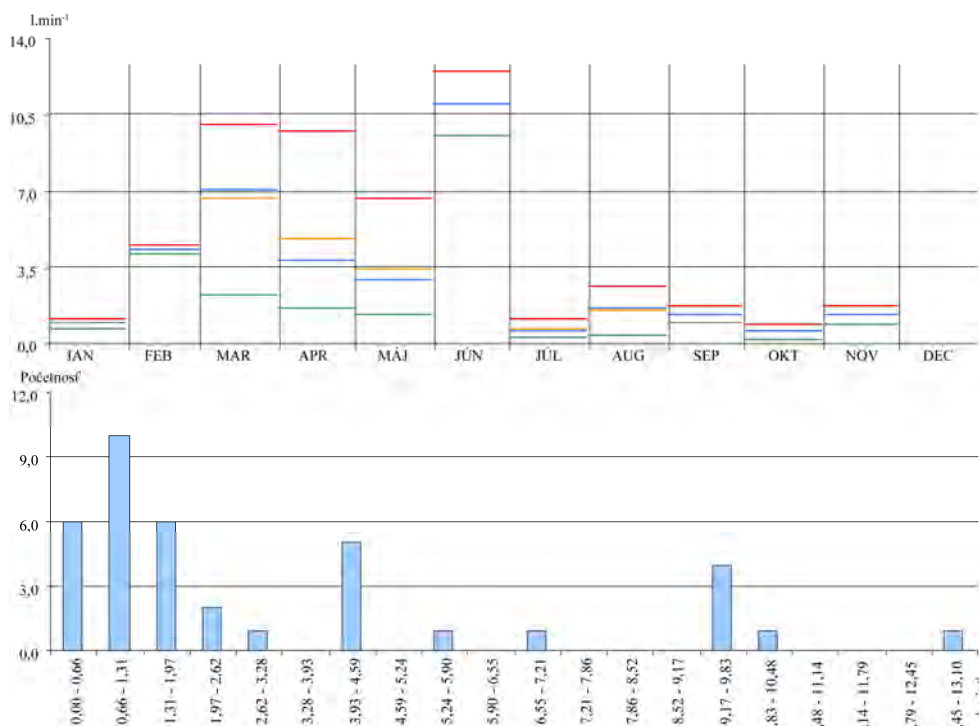
| Bod   | Počet meraní | Max. výdatnosť        |          | Min. výdatnosť        |          | Priemer. výdat. $[\text{l.min}^{-1}]$ | Max. kolísanie výdat. $[\text{l.min}^{-1}]$ |
|-------|--------------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
|       |              | $[\text{l.min}^{-1}]$ | dátum    | $[\text{l.min}^{-1}]$ | dátum    |                                       |                                             |
| RHV-1 | 10           | 4,14                  | 26.05.14 | 0,31                  | 08.07.14 | 2,02                                  | 3,83                                        |
| RHV-2 | 10           | 6,68                  | 26.05.14 | 0,68                  | 08.07.14 | 2,60                                  | 6,00                                        |



V roku 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<sup>-1</sup>, RHV-1 – 0,98 l.min<sup>-1</sup>). 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<sup>-1</sup>). Sumárna priemerná výdatnosť oboch meraných objektov v roku 2015 dosiahla hodnotu 1,11 l.min<sup>-1</sup>, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pomerne výrazný pokles (o 3,51 l.min<sup>-1</sup>). Výraznejšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte RHV-2 (2,17 l.min<sup>-1</sup>).

Tab. 4.26.6. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Ruská Nová Ves v roku 2015

| Bod   | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] | Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
|-------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
|       |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    |                                        |                                              |
| 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                                         |



Obr. 4.26.7. Štatistické zhodnotenie nameranej výdatnosti počas sledovaného obdobia (do roku 2014) na lokalite Ruská Nová Ves. Červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti (2. kvartil), zelená – minimálna mesačná výdatnosť.

Priebehy množstva odvádzanej vody z vybraných odvodňovacích zariadení spolu s kumulatívnymi zrážkami a zmenami hladiny podzemnej vody sú znázornené na obr. 4.26.6.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia je pozorovateľný postupný pokles výdatnosti odvodňovacích vrtov. Zo štatistického spracovania na obr. 4.26.7 je vidieť, že maximálne výdatnosti sa vyskytujú predovšetkým v mesiaci júl. Pomerne vysoké hodnoty boli namerané tiež v mesiacoch marec, apríl a máj. Naopak, nízke prietoky sa vyskytujú najmä v mesiaci október. Z nameraných výdatností na oboch odvodňovacích vrtoch prevládajú hodnoty v intervale od 0,66 do 1,31 l.min<sup>-1</sup>. 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.

#### d/ Meranie zrážkových úhrnov

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

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Meranie výdatnosti potvrdilo, že vybudované odvodňovacie vrty sú funkčné – počas všetkých meraní bol z nich pozorovaný výtok podzemnej vody. Porovnaním medzi nameranými hĺbkami hladiny podzemnej vody a veľkosťami výdatnosti sa ukázal pomerne úzky vzťah, čo znamená, že prietok odvodňovacích vrtovej kolíše v závislosti od výšky hladiny podzemnej vody.

V oblasti jediného funkčného inklinometrického vrtu bol v roku 2015 zaznamenaný v sledovanom horizonte (plytko pod terénom) nárast pohybovej aktivity. Vzhľadom na skutočnosť, že počas jednotlivých etáp meraní nebola detegovaná úroveň šmykovej plochy, nameraným výsledkom neprípisujeme náležitú vážnosť. V prípade jediného používaného inklinometrického vrtu predpokladáme, že aktívna šmyková plocha sa nachádza pod jeho bázou. V tejto súvislosti treba poznamenať, že merania nepodávajú obraz o pohybovej aktivite zosuvného územia. Pre spoľahlivé posúdenie stability, resp. pohybovej aktivity, je potrebné rozšíriť monitorovaciu sieť o nové inklinometrické vrty, ktoré budú siahať do väčšej hĺbky.

V roku 2016 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach v nezmenenej frekvencii, to znamená, že bude zabezpečených 10 etáp.

#### 1.4.27. Lokalita Košice-sídlisko Dargovských hrdinov

##### Stručná charakteristika lokality

V území sídliska Dargovských hrdinov je možné vyčleniť tri samostatné zosuvy. Dva zosuvy postihujú svahy údolia Slivník a tretí zosuv sa vyvinul na juhozápadnom svahu s názvom Na hore. Ide o staré zosuvné územie s výskytom plošných až frontálnych zosuvov. Zosuvy ohrozujú rodinné domy postavené v blízkosti päty zosuvného svahu.

Monitorovacie objekty sú sústredené do najcitlivejších oblastí zosuvu. Dvojica vrtov (inklinometrický a piezometrický vrt) sa nachádza v odľučnej oblasti zosuvného územia, ktoré postihuje južnú časť údolia Slivník a druhá dvojica vrtov sa nachádza nad odľučnou hranou južne situovaného zosuvu. Podrobnejšie informácie o zosuvnej lokalite sú súčasťou správy z prieskumu (Grman et al., 2010), ako aj z monitorovania v roku 2011 (Ondrejka et al., 2012).

##### Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.27.1.

Tab. 4.27.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Košice-sídlisko Dargovských hrdinov v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                                      | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania)                                                                                                  |                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                            | Rok 2014                                                                                                                                       | Rok 2015                                                                                                                        |
| Inklinometrické                            | 2                     | IV-1, IV-2                                           | 2<br>(2. jún,<br>19. august)                                                                                                                   | 1<br>(31. august)                                                                                                               |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 1                     | HGV-10,<br>HGV-11*                                   | 10<br>(28. január,<br>26. február,<br>28. marec, 30. apríl,<br>26. máj, 8. júl,<br>4. august,<br>4. september,<br>1. október,<br>13. november) | 9<br>(29. január,<br>30. marec,<br>28. apríl,<br>25. máj,<br>30. jún, 23. júl,<br>28. august,<br>25. september,<br>21. október) |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 2                     | DHSHV-1,<br>DHSHV-2                                  | 10<br>(28. január,<br>26. február,<br>28. marec, 30. apríl,<br>26. máj, 8. júl,<br>4. august,<br>4. september,<br>1. október,<br>13. november) | 9<br>(29. január,<br>30. marec,<br>28. apríl,<br>25. máj,<br>30. jún, 23. júl,<br>28. august,<br>25. september,<br>21. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 1                     | Stanica SHMÚ:<br>Košice-letisko<br>(indikatív 60120) | Denné úhrny zrážok                                                                                                                             |                                                                                                                                 |

\* – vrt permanentne suchý

*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

*a/ Inklinometrické merania*

V roku 2014 boli v zosuvnom území zabezpečené 3 kontrolné etapy inklinometrických meraní. Prvé meranie zachytáva deformácie počas zimného a jarného obdobia (november 2013 až jún 2014), druhé počas letného obdobia (jún 2014 až august 2014) a nakoniec posledné, tretie, počas jesenného obdobia (august 2014 až október 2014). Počas prvých dvoch etáp vektory deformácií v sledovaných horizontoch nepresiahli ani v jednom prípade 1 mm.

Najvyššia pohybová aktivita bola nameraná pri jesennej etape vo vrte IV-2 v hĺbke 4,16 m pod terénom. Počas necelých dvoch mesiacov dosiahla deformácia v tejto hĺbke 5,89 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu  $42,88 \text{ mm.rok}^{-1}$ . I keď nameraná pohybová aktivita môže do určitej miery súvisieť so zvýšenými augustovými zrážkovými úhrnmi, azimut nameraného vektora je však výrazne odklonený od spádnice svahu (približne  $90^\circ$ ). Podobnú situáciu sledujeme aj vo vrte IV-1. Namerané vektory deformácie majú počas jednotlivých etáp výrazný rozptyl v hodnotách azimutov. Táto skutočnosť sa prejavila i v nepomere medzi trajektóriou sledovaného bodu (počas jednotlivých meracích etáp) a jeho výslednou zmenou určenou medzi nultým a posledným meraním obr. 4.27.2.

*Tab. 4.27.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Košice-sídliisko Dargovských hrdinov v rokoch 2014 a 2015*

| Bod  | Hĺbka pod ter. | 14.11.13 – 02.06.14 |         |       | 02.06.14 – 19.08.14 |         |       | 19.08.14 – 08.10.14 |         |       | 08.10.14 – 31.08.15 |         |       |
|------|----------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|      |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| IV-1 | 4,80           | 3,31                | 1,71    | 329   | 3,23                | 1,53    | 159   | 1,84                | 3,70    | 28    | 1,57                | 1,57    | 143   |
| IV-2 | 4,16           | 7,80                | 0,81    | 17    | 8,10                | 0,81    | 340   | 2,82                | 5,89    | 211   | 6,47                | 6,47    | 248   |

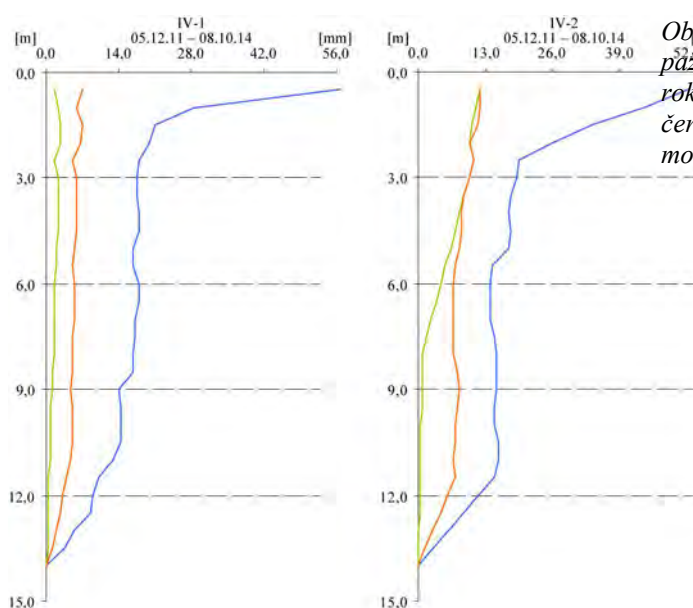
*CD – Celková deformácia od nultého merania (05.12.11); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora*

V roku 2015 bola opäť najvýraznejšia pohybová aktivita nameraná vo vrte IV-2. V sledovanej hĺbke 4,16 m pod terénom bol za obdobie necelých deväť mesiacov zaznamenaný vektor 6,47 mm s orientáciou na juhozápad. Priemerná rýchlosť pohybu v tomto horizonte dosiahla  $7,24 \text{ mm.rok}^{-1}$ .

V južnejšie situovanom vrte IV-1 bol za rovnaký čas v sledovanom hĺbkovom horizonte nameraný vektor 1,57 s azimutom na juhovýchod. Ide o vrt, v ktorom sa zatiaľ neprejavil pohyb po konkrétnej (aktívnej) šmykovej ploche. Celkové zmeny inklinometrickej pažnice (deformácie za obdobie 5. december 2011 až 8. október 2014) v jednotlivých hĺbkových úrovniach dosahujú hodnoty do 2,75 mm; trajektória bodov meraných v jednotlivých hĺbkových úrovniach nezriedka presahuje 20 mm, no a vo väčšine prípadov je v intervale od 10 do 20 mm. Naviac, hodnoty výsledných etapových zmien (v rámci jednotlivých hĺbkových úrovní) sú menšie ako mnohé etapové prírastky. Podobná situácia je aj vo vrte IV-2, rozdiel je ale v horizonte do hĺbky cca 7 m, v ktorom je možné sledovať mierne zvýšené hodnoty celkovej deformácie inklinometrickej pažnice (obr. 4.27.2).



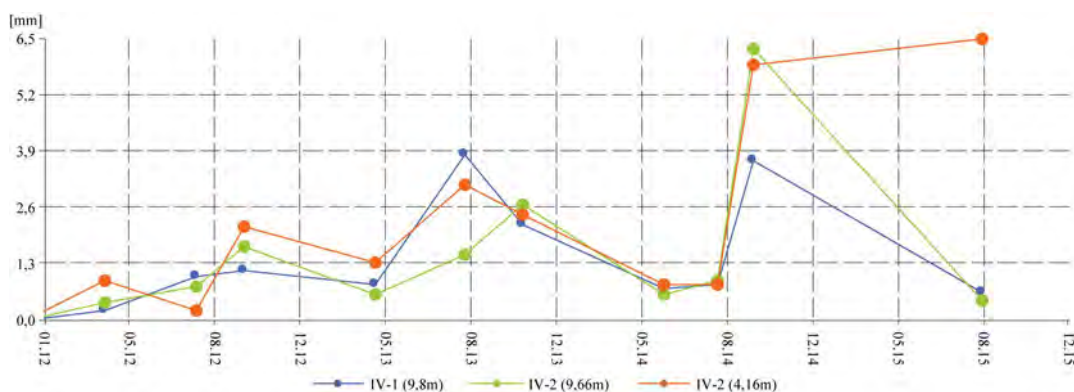
Obr. 4.27.1. Lokalita Košice-sídliisko Dargovských hrdinov výsledky inklinometrických meraní za roky 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meraní sú v súlade s tab. 4.27.2; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®



Obr. 4.27.2. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie (od roku 2011 do roku 2015). Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

Z dlhodobjšieho hľadiska boli najvyššie namerané deformácie rokoch 2014 a v aktuálne hodnotenom roku (tab. 4.27.2). Zvýšené hodnoty deformácie boli namerané aj v roku 2013 (obr. 4.27.3).





Obr. 4.27.3. Deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Košice-sídliisko Dargovských hrdinov

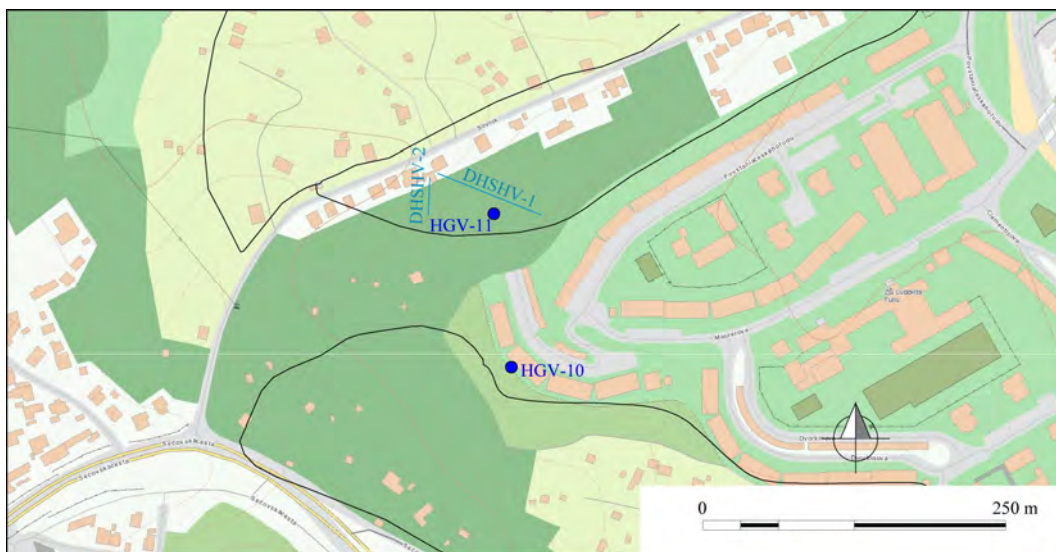
#### b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Košice-sídliisko Dargovských hrdinov sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch – HGV-10 a 11 (tab. 4.27.1; štatistické spracovanie meraní za rok 2014 je v tab. 4.27.3). Vrt HGV-11 je situovaný nad odľučnou oblasťou zosuvu, ktorá lemuje juhozápadné svahy nad údolím rieky Torysy. Vrt HGV-10 sa nachádza v juhozápadnej oblasti Slivníckeho údolia (obr. 4.27.4). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (28. január – 13. november). Hladina podzemnej vody bola pozorovaná len vo vrte HGV-10 (maximálna – 7,92 m pod terénom – 276,96 m n. m. – 26. máj). Vrt HGV-11 je permanentne suchý, teda predpokladáme, že hladina podzemnej vody sa nachádza vo väčšej hĺbke ako je samotná báza vrtu. Vo vrte HGV-10 bola najhlbšia hladina podzemnej vody nameraná 1. októbra (8,72 m – 276,16 m n. m.). Amplitúda ročných zmien hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte HGV-10 dosiahla 0,80 m a priemerná hĺbka 8,22 m pod terénom.

Tab. 4.27.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Košice-sídliisko Dargovských hrdinov v roku 2014

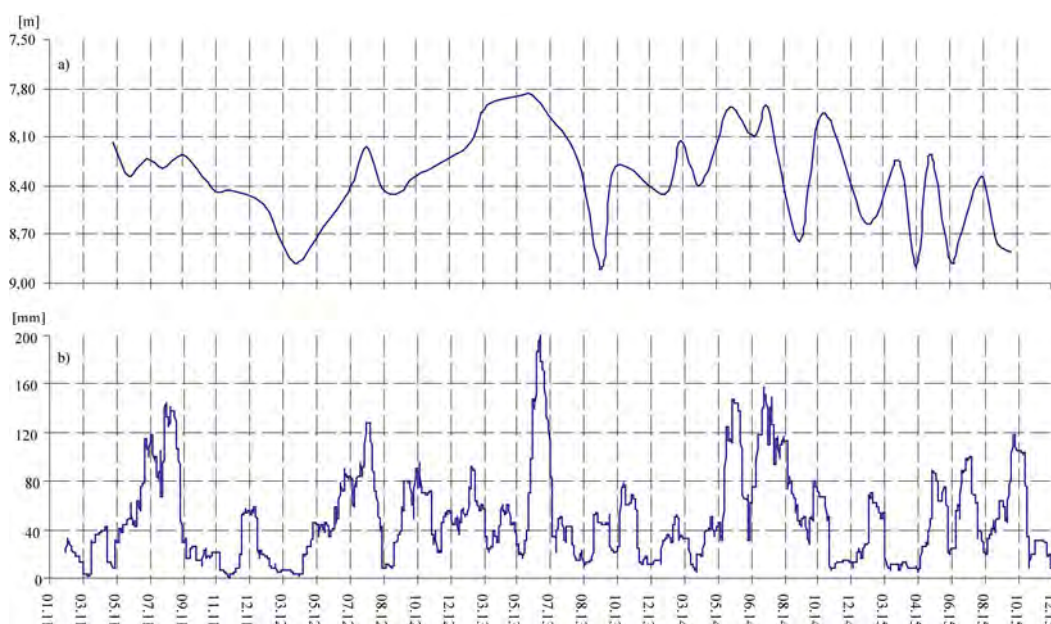
| Bod    | Počet meraní | Max. úroveň hpv |                    |               | Min. úroveň hpv |                    |               | Priem. úroveň hpv |                    | Max. kolísanie hpv [m] |
|--------|--------------|-----------------|--------------------|---------------|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|--------------------|------------------------|
|        |              | 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.] |                        |
| HGV-10 | 10           | 7,92            | 276,96             | 26.05.14      | 8,72            | 276,16             | 01.10.14      | 8,22              | 276,66             | 0,80                   |
| HGV-11 |              | suchý           |                    |               |                 |                    |               |                   |                    |                        |

V aktuálne hodnotenom roku 2015 bolo zabezpečených 9 kontrolných meraní (29. január – 21. október) v jedinom funkčnom pozorovacom vrte HGV-10. Maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná 25. mája (8,21 m pod terénom – 276,67 m n. m.). V porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (7,84 m pod terénom, zaznamenanou dňa 29. mája 2013), predstavuje nameraná maximálna hladina v roku 2015 pokles o 0,37 m. Naopak, najhlbšie pod terén hladina podzemnej vody klesla 28. apríla (8,91 m pod terénom). Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla hĺbku 8,60 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,38 m, s celkovou amplitúdou 0,69 m. Dosiahnuté kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje 64,49 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania. Priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody spolu s kumulatívnymi zrážkami je znázornený na obr. 4.27.5.



Obr. 4.27.4. Lokalita Košice-sídliisko Dargovských hrdinov – situácia sanačných a monitorovacích objektov; obrysy zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®

Z dlhodobého hľadiska, teda od roku 2011, kedy sa začali na lokalite vykonávať monitorovacie merania, majú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody nepravidelný charakter (obr. 4.27.5). Ich vzostup je sprevádzaný najčastejšie topením snehovej pokrývky, spojenej so zrážkami v kvapalnej forme. Výraznejšie zmeny hĺbky hladiny sú však späté i s výdatnejšími letnými zrážkami.



Obr. 4.27.5. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2015) z vybraných vrtov na lokalite Košice-sídliisko Dargovských hrdinov. a – priebeh hladiny podzemnej vody vo vrte HGV-10; b – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Košice-letisko s indikativom 60120)

#### c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Košice-sídliisko Dargovských hrdinov je výdatnosť odvodňovacích zariadení monitorovaná v západnej časti údolia Slivníka na dvoch objektoch. Od roku 2011 sú pozorované 2 odvodňovacie zariadenia (DHSHV-1 a 2). Počas roku 2014, podobne ako i v predchádzajúcom období, boli oba vrty suché. Táto skutočnosť súvisí s tým, že vrty

nezachytili priepustnejšie piesčité alebo štrkovité polohy v rámci stretavského súvrstvia. V roku 2015 bolo pozastavené ich meranie.

#### d/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkach, preberané zo stanice SHMÚ Košice-letisko s indikatívom 60120. Počas roka 2014 bol na tejto stanici zaznamenaný zrážkový úhrn 714,8 mm. Porovnaním dosiahnutého úhrnu s Mapou priemerných ročných úhrnov zrážok (Faško a Šťastný in Atlas krajiny SR, 2002), v ktorej je pre danú oblasť stanovené množstvo zrážok v intervale 600 až 700 mm, možno zaznamenaný úhrn považovať za mierne nadpriemerný. V roku 2015 bol na tejto stanici zaznamenaný zrážkový úhrn 537,0 mm (o 177,8 mm menej ako v roku 2014) a je ho možné označiť za podpriemernú hodnotu.

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

V roku 2015 boli merania vykonávané na dvoch hydrogeologických a dvoch inklinometrických vrtoch. Na odvodňovacích vrtoch, ktoré počas celého monitorovacieho obdobia boli suché, boli merania ukončené. Z dvojice piezometrických vrtov bol jeden suchý a v druhom sa hladina pohybovala v rozsahu od 8,21 do 8,90 m pod terénom. Inklinometrické merania vykonané vo vrte IV-2 naznačujú pomerne vysoký prírastok deformácie v oblasti severozápadného svahu údolia Slivník. Na pravdepodobnej (?) šmykovej ploche v hĺbke 4,16 m pod terénom bola nameraná deformácia 6,47 mm (deformácia nemusí nutne odzrkadľovať len pohybovú aktivitu zosuvného telesa, môže súvisieť i s deformáciami pažnice v dôsledku technicky nezvládnutého zabudovania vrtu). Vrt IV-1, vzhľadom na doterajšie výsledky meraní, je možno hodnotiť ako bezvýznamný.

Z uvedeného vyplýva, že pomerne rozsiahle zosuvné územie, navyše s vysokým socio-ekonomickým významom, je hodnotené na základe výsledkov z dvoch monitorovacích objektov. Na získanie lepšieho obrazu o vývoji zmien jednotlivých parametrov navrhujeme v zosuvnom území vybudovať spoľahlivú monitorovaciu sieť.

#### 1.4.28. 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 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.28.1.

Tab. 4.28.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Košice-Krásna v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie Objekty |                                                      | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania)                                                                                                   |                   |
|--------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                            | Rok 2014                                                                                                                                        | Rok 2015          |
| Inklinometrické                            | 1                     | KI-1                                                 | 2<br>(19. august,<br>8. október)                                                                                                                | 1<br>(18. máj)    |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody       | 2                     | KHG-1,<br>KHG-2                                      | 10<br>(29. január,<br>27. február,<br>31. marec, 28. apríl,<br>27. máj, 10. júl,<br>5. august,<br>5. september,<br>2. október,<br>14. november) | 1*<br>(29. apríl) |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 6                     | KSHV-1, až 6                                         | 10<br>(29. január,<br>27. február,<br>31. marec, 28. apríl,<br>27. máj, 10. júl,<br>5. august,<br>5. september,<br>2. október,<br>14. november) | 1<br>(29. apríl)  |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 1                     | Stanica SHMÚ:<br>Košice-letisko<br>(indikatív 60120) | Denné úhrny zrážok                                                                                                                              |                   |

\*vrty sú permanentne suché

## Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania

### a/ Inklinometrické merania

Na zosuvnej lokalite sa inklinometrické merania vykonávajú vo vrte KI-1 (obr. 4.28.1). V roku 2014 bola najvyššia pohybová aktivita nameraná počas októbrového merania. V období do 19. augusta do 8. októbra bola v hĺbke 2,77 m pod terénom nameraná deformácia 1,92 mm s azimutom 339°. Počas predchádzajúcej letnej etapy bola v tomto horizonte nameraná deformácia 1,22 mm (za deväť mesiacov) s azimutom 231°. Kým počas letnej etapy bol etapový vektor orientovaný v smere spádnice svahu, v čase jesenného merania to bolo na severo-severozápad.



Obr. 4.28.1. Lokalita Košice-Krásna – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.28.2; číslo zobrazené pri poslednom etapovom vektore označuje hĺbku zaznamenananej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Grmana et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®

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 a jej orientácia mala severovýchodný smer, teda opačne ako je smer spádnice svahu. Monitorovacie aktivity sú však sústredné len do oblasti, ktorá sa aktivizovala roku 2010, v rámci rozsiahleho frontálneho zosuvu, a teda namerané výsledky nie je možné extrapolovať na celé zosuvné územie.

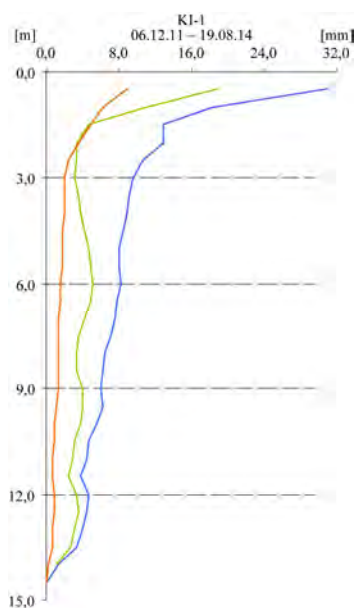
Tab. 4.28.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Košice-Krásna v rokoch 2014 a 2015

| Bod  | Hĺbka pod ter. | 14.11.13 – 19.08.14 |         |       | 19.08.14 – 08.10.14 |         |       | 08.10.14 – 18.05.15 |         |       |
|------|----------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|      |                | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| KI-1 | 2,77           | 3,52                | 1,22    | 231   | 1,97                | 1,92    | 339   | 1,24                | 1,24    | 46    |

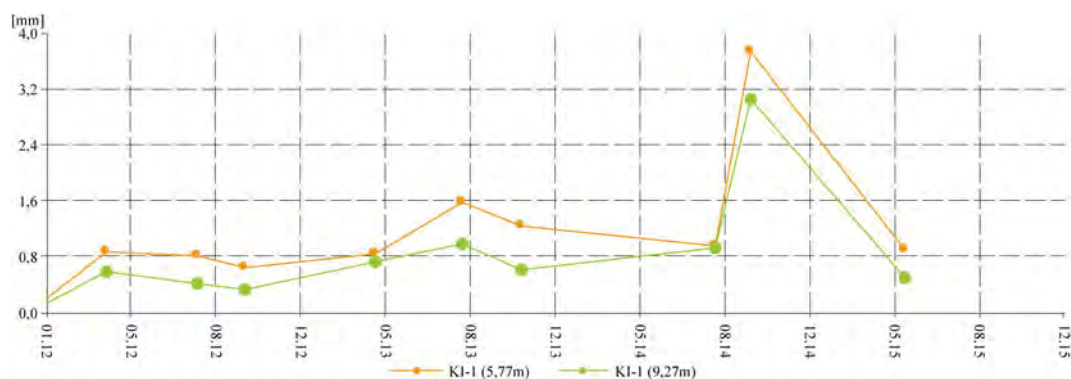
CD – Celková deformácia od nultého merania (06.12.11);

ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora





Obr. 4.28.2. Priebeh deformácie inklinometrickej pažnice za celé monitorované obdobie. Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.



Obr. 4.28.3. Dlhodobé (2012 – 2015) prírastky deformácie namerané v sledovaných horizontoch metódou presnej inklinometrie na lokalite Košice-Krásna

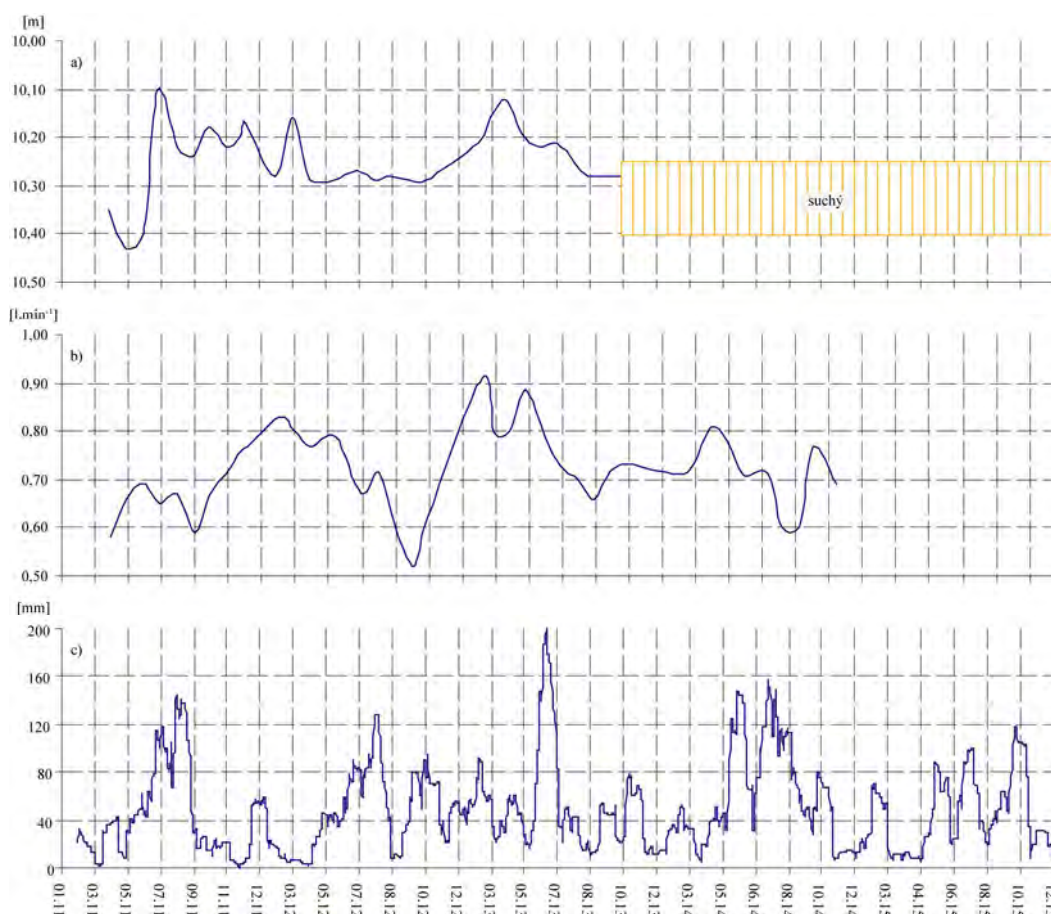
#### b/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Na lokalite Košice-Krásna sú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 2 vrtoch (KHG-1, KHG-2). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (29. január – 14. november). Vrty boli počas celého roka suché. Podobný stav bol pozorovaný i počas kontrolného merania zabezpečeného roku 2015 (29. apríl). Priebeh hĺbky hladiny podzemnej vody, spolu s kumulatívnymi zrážkami a sumárnou výdatnosťou odvodňovacích vrto, je znázornený na obr. 4.28.4.

#### c/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Na lokalite Košice-Krásna je pozorovaných 6 odvodňovacích zariadení (tab. 4.28.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.28.3). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (29. január – 14. november). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 27. mája na odvodňovacom vrte KSHV-6 ( $0,39 \text{ l.min}^{-1}$ ). Vo vrte KSHV-3 bol maximálny prietok nameraný 31. marca ( $0,38 \text{ l.min}^{-1}$ ) a vo vrte KSHV-1 na začiatku októbra ( $0,20 \text{ l.min}^{-1}$ ). Vrty KSHV-2 a 4 boli počas roka suché. Vrt KSHV-5 prevažne kvapkal. Vo vrte KSHV-3 bola najnižšia výdatnosť nameraná 5. septembra ( $0,28 \text{ l.min}^{-1}$ ) a vo vrte KSHV-6 na konci mája ( $0,28 \text{ l.min}^{-1}$ ). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraní

objektov v roku 2014 dosiahla hodnotu  $0,70 \text{ l.min}^{-1}$  a najväčšie kolísanie výdatnosti bolo zaznamenané vo vrtoch KSHV-3 a 6 ( $0,32 \text{ l.min}^{-1}$ ).



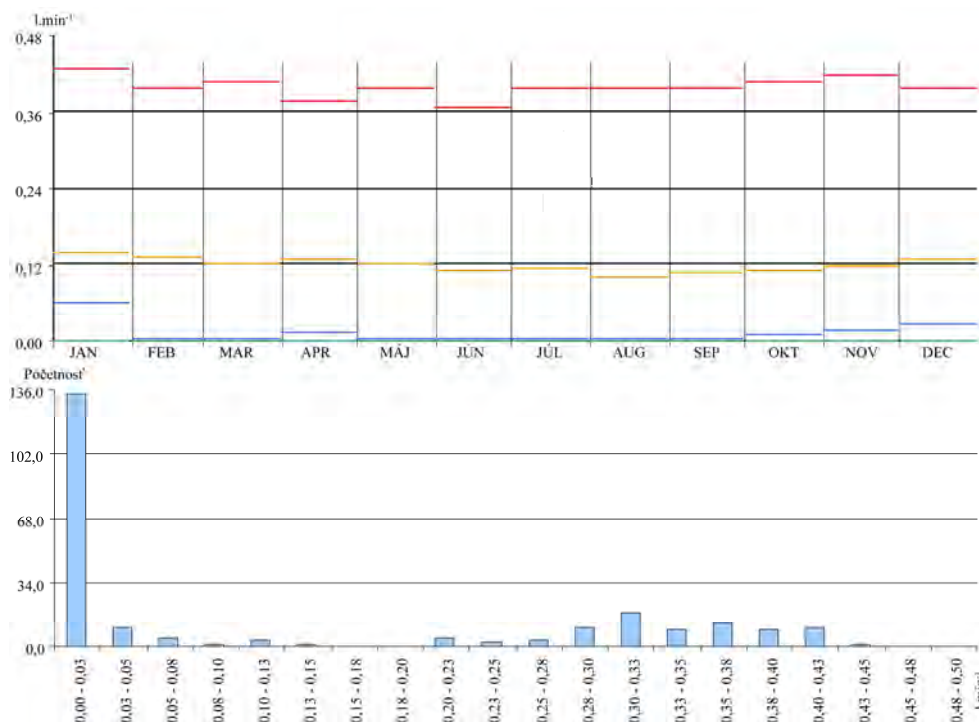
Obr. 4.28.4. Výsledky spracovania dlhodobých režimových pozorovaní (2011 – 2015) na lokalite Košice-Krásna. a – priebeh hladiny podzemnej vody vo vrte KHG-1, b – spoločná výdatnosť všetkých horizontálnych vrto, c – zrážky v mm (súčet za 30 dní s postupom 1 deň; SHMÚ Košice-letisko s indikatívom 60120)

Tab. 4.28.3. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Košice-Krásna v roku 2014

| Bod    | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] | Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] | H |
|--------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|----------------------------------------|----------------------------------------------|---|
|        |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    |                                        |                                              |   |
| KSHV-1 | 10           | 0,20                   | 02.10.14 | 0,01                   | 27.02.14 | 0,06                                   | 0,19                                         | 1 |
| KSHV-2 | 10           | 0,00                   | 29.01.14 | 0,00                   | 29.01.14 | 0,00                                   | 0,00                                         | 1 |
| KSHV-3 | 10           | 0,38                   | 31.03.14 | 0,28                   | 05.09.14 | 0,32                                   | 0,10                                         | 1 |
| KSHV-4 | 10           | 0,00                   | 29.01.14 | 0,00                   | 29.01.14 | 0,00                                   | 0,00                                         | 1 |
| KSHV-5 | 10           | 0,01                   | 29.01.14 | 0,00                   | 10.07.14 | 0,01                                   | 0,01                                         | 1 |
| KSHV-6 | 10           | 0,39                   | 27.05.14 | 0,28                   | 05.08.14 | 0,32                                   | 0,11                                         | 1 |

V roku 2015 bolo zabezpečené 1 inventarizačné meranie (29. apríl). Najvyššia výdatnosť počas tohto merania bola nameraná na odvodňovacom vrte KSHV-3 ( $0,28 \text{ l.min}^{-1}$ ). V čase merania voda vytekala aj z vrto KSHV-6 a KSHV-1. Na vrte KSHV-5 bolo pozorované kvapkanie a ostatné vrty boli suché.

Z dlhodobého hľadiska je možné konštatovať, že na odvodňovacích vrtoch výrazne prevládali veľmi nízke prietoky ( $0,00$  až  $0,03 \text{ l.min}^{-1}$ ). Vrty boli častokrát suché, prípadne z nich voda len kvapkala. Maximálne výdatnosti nepresiahli  $0,5 \text{ l.min}^{-1}$  a hodnota mediánu je počas jednotlivých mesiacov blízka  $0,0 \text{ l.min}^{-1}$ . Štatistické spracovanie nameraných prietokov za celé monitorované obdobie je znázornené na obr. 4.28.5.



Obr. 4.28.5. Štatistické zhodnotenie nameranej výdatnosti počas sledovaného obdobia na lokalite Košice-Krásna. Červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti (2. kvartil), zelená – minimálna mesačná výdatnosť.

#### d/ Meranie zrážkových úhrnov

Zrážkové úhrny na stanici SHMÚ Košice-letisko s indikatívom 60120 sú opísané pri lokalite Košice-sídlisko Dargovských hrdinov.

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V rozsiahlom zosuvnom území sú monitorovacie aktivity sústredené len na oblasť zosuvu, ktorý sa aktivoval v roku 2010. Dlhodobý vývoj hladiny podzemnej vody je možné hodnotiť pozitívne. Hladina podzemnej vody sa nachádza pomerne hlboko pod terénom (oba monitorovacie piezometrické vrty boli suché). Odvodňovacie vrty majú relatívne nízku efektívnosť, zo šiestich vrtovej sú dva suché a jeden kvapká.

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 9 meracích etáp), bolo pri poslednom meraní pozorované mierne upokojenie. Posledný nameraný vektor deformácie sa výrazne odklonil a jeho aktuálna orientácia je na severovýchod, teda proti smeru pôsobenia gravitácie.

V roku 2016 je plánované pokračovať v monitorovacích meraniach v podobnom rozsahu a frekvencii ako v predchádzajúcom roku (inklinometrické meranie jedenkrát za rok).

#### 1.4.29. 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. Monitorovacia sieť pozostáva z dvoch inklinometrických vrtov (INKZS-1 a 2), ktoré sú situované nad odľučnou hranou zosuvu a troch piezometrických vrtov. Tieto vrty sú vybavené automatickými hladinomeri. Jeden sa nachádza v odľučnej oblasti v blízkosti vrtu INKZS-1 a dva vrty (PVZS-2 a 3) sa nachádzajú v prechodovej oblasti zosuvu (obr. 4.29.1).

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 2014 a 2015

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.29.1.

Tab. 4.29.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Šenkvice v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                 | Monitorovacie objekty |                                         | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania) |                |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------|
|                                      | Počet                 | Označenie                               | Rok 2014                                      | Rok 2015       |
| Inklinometrické                      | 2                     | INKZS-1,<br>INKZS-2                     | 3<br>(3. apríl, 3. júl,<br>2. október)        | 1<br>(25. jún) |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody | 3                     | PVZS-1,<br>PVZS-2,<br>PVZS-3            | Kontinuálne<br>(každú hodinu)                 |                |
| Meranie zrážkových úhrnov            | 1                     | Stanica SHMÚ Modra<br>(indikatív 18060) | Denné úhrny zrážok                            |                |

##### Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania

##### a/ Inklinometrické merania

Inklinometrické merania sa vykonávajú v dvoch vrtoch priamo na Ružovej ul. Vo vzťahu k svahovej deformácii im možno pripísať kontrolnú funkciu, pretože sa nachádzajú niekoľko metrov nad odľučnou hranou aktívneho zosuvu. Počas realizovaných meraní v jednotlivých vrtoch nebola jednoznačne identifikovaná šmyková plocha. Navyše, ako sme už upozorňovali v správach z predchádzajúcich rokov, namerané údaje majú vďaka technickým nedostatkom vo vystrojení vrtov malú vierohodnosť.

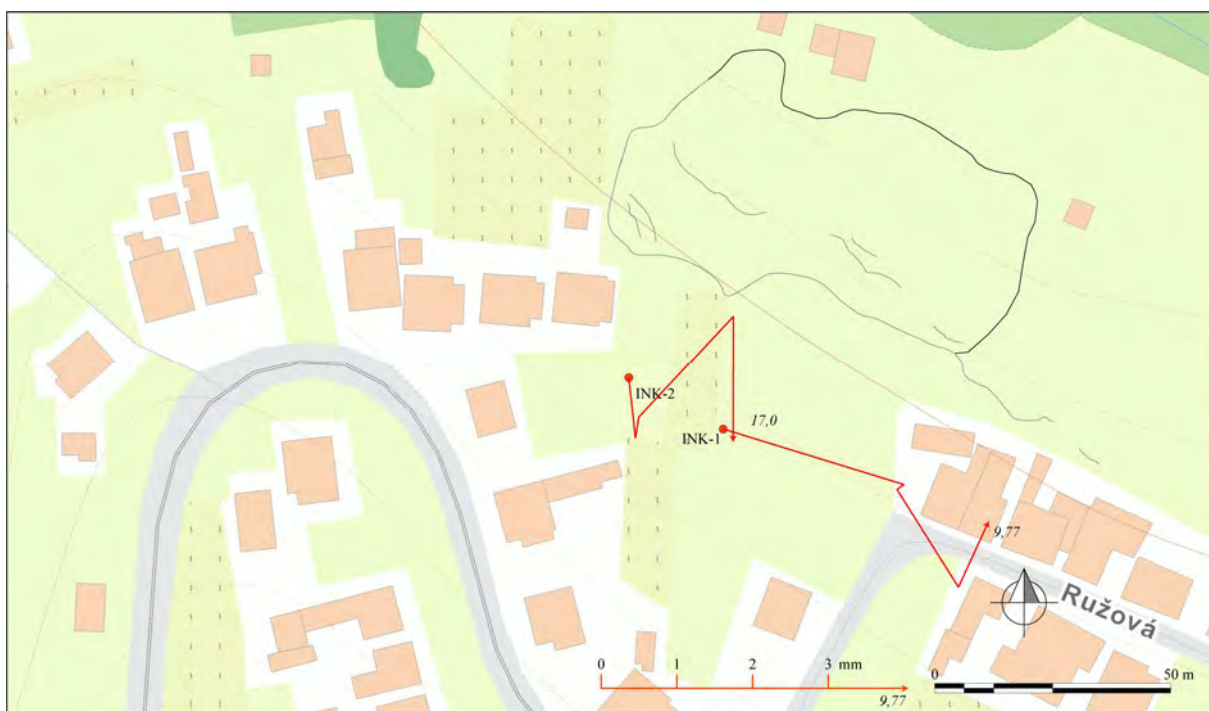
Tab. 4.29.1. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Šenkvice v rokoch 2014 a 2015

| Bod   | Hĺbka pod ter. [m] | 06.11.13 – 03.04.14 |         |       | 03.04.14 – 03.07.14 |         |       | 03.07.14 – 02.10.14 |         |       | 02.10.14 – 25.06.15 |         |       |
|-------|--------------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|       |                    | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| INK-1 | 9,77               | 1,80                | 5,01    | 107   | 1,79                | 0,22    | 234   | 1,26                | 3,05    | 148   | 1,43                | 1,80    | 25    |
| INK-2 | 11,00              | 4,39                | 1,61    | 174   | 3,82                | 0,57    | 9     | 2,06                | 3,67    | 43    | 4,63                | 3,22    | 180   |

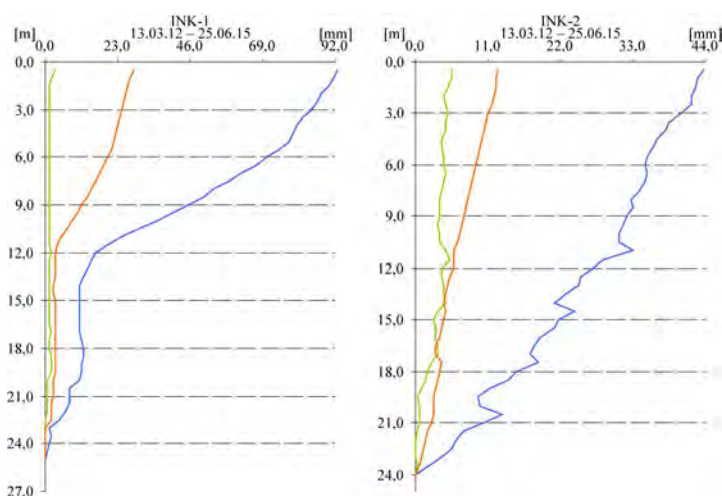
CD – Celková deformácia od nultého merania (13.03.12); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora

Z nameraných výsledkov z roku 2014 nevyplýva, že by počas jednotlivých meraní bol zaznamenaný aktívny svahový pohyb. Naopak, pomerne veľký rozptyl v azimutoch zaznamenaných vektorov potvrdzuje domnienku o zlom technickom stave monitorovacích objektov.

V roku 2015 sa vykonalo jedno kontrolné meranie. Výsledky sú analogické ako v roku 2014. Naďalej pretrváva neistota v určení skutočnej veľkosti pohybovej aktivity. I keď namerané vektory, najmä ich azimuty, nepoukazujú na svahový pohyb, z výsledkov meraní nie je možné jednoznačne usúdiť, že oblasť i nad odlučnou hranou zosuvu je stabilná. Predpokladáme, že v dôsledku dotvárania sa prostredia nad odlučnou oblasťou, i napriek realizácii sanačných opatrení, je možné očakávať i v tomto území určité prejavy pohybovej aktivity.



Obr. 4.29.1. Lokalita Šenkvice – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.29.2.; čísla zobrazené pri jednotlivých vektoroch označujú hĺbku zaznamenatej deformácie od povrchu terénu v m); obrysy zosuvov podľa Žabkovej et al. (2010), mapový podklad: ZBGIS®



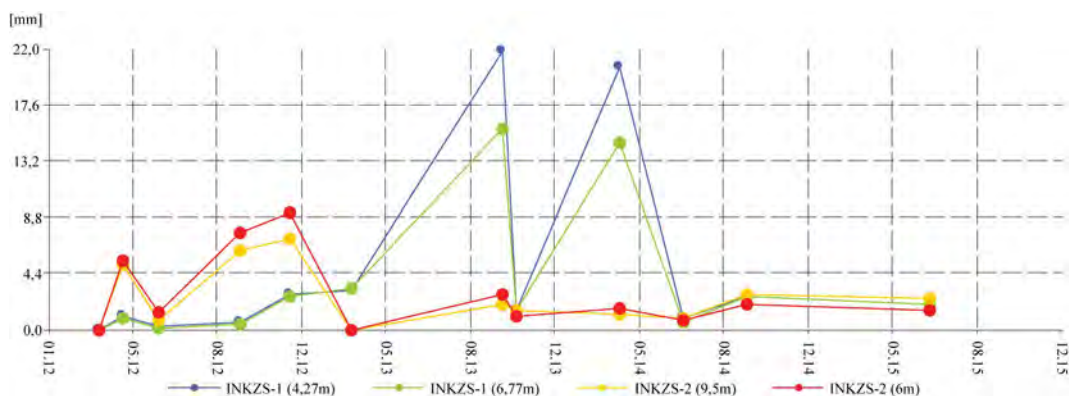
výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

Obr. 4.29.2. Priebeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie (od roku 2011 do roku 2015). Zelená línia –



Na základe vývoja jednotlivých hodnotených parametrov deformácie inklinometrickej pažnice (obr. 4.29.2) sa domnievame, že osadená plastová inklinometrická pažnica vo vrte INK-1 je v oblasti od terénu do hĺbky približne 12 metrov bez zálievky. V tejto oblasti dochádza k pomerne výrazným etapovým „posunom“ na sledovaných bodoch, ktorých výsledkom sú niekoľko centimetrové trajektórie. Naopak, výsledná deformácia je blízka 0 mm. Vo vrte INK-2 rastú maximálne etapové prírastky prakticky lineárne so znižujúcou sa hĺbkou. Predpokladáme podobný problém ako vo vrte INK-2.

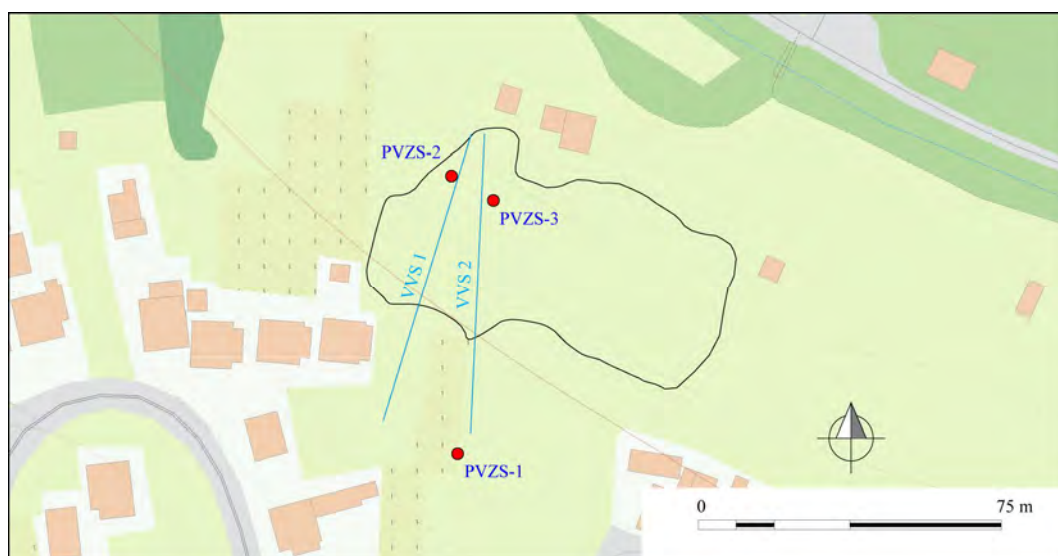
Z hľadiska dlhodobého hodnotenia je na obr. 4.29.3 vidieť, že najvyššia aktivita bola zaznamenaná v roku 2013 a 2014. Ide však o protichodné vektory.



Obr. 4.29.3. Dlhodobé (2012 – 2015) prírastky deformácie namerané na šmykových plochách metódou presnej inklinometrie na lokalite Šenkvice

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

Od roku 2012 sa hladiny podzemnej vody monitorujú v troch vrtoch 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 plytkom a vrt PVZS-3 v hlbšom zvodnenom horizonte (obr. 4.29.4).



Obr. 4.29.4. Lokalita Šenkvice – monitorovacia sieť piezometrických vrtov vystrojených automatickými hladinomerami (mapový podklad: ZBGIS®)

Vo vrte PVZS-1 v roku 2014 priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla hodnotu 11,07 m pod terénom s výslednou amplitúdou 0,94 m. Počas prvých deviatich mesiacov kolísala hĺbka hladiny podzemnej vody bez výraznejších zmien (obr. 4.29.6); v intervale od 10,89 – [28. február] do 11,46 m pod terénom – [26. august]). K výraznému vzostupu hladiny podzemnej vody došlo až v súvislosti s intenzívnymi zrážkami na začiatku septembra. Dňa 13. septembra hladina podzemnej vody v priebehu 12 hodín stúpila o 0,08 m a v priebehu 24 hod. až o 0,15 m. Vďaka tomuto gradientu dosiahla v priebehu 5 dní vzostup až 0,52 m. V mesiacoch október a november mala hladina podzemnej vody v tomto vrte mierne zostupný trend, ktorý bol prerušený decembrovými zrážkovými úhrnmi. Dňa 1. decembra spadlo väčšie množstvo zrážok (na stanici SHMÚ Modra – 29,5 mm za 24 hod.), ktoré sa okamžite prejavili prudkým vzostupom hladiny podzemnej vody. Záver roka bol spojený i s maximálnou hladinou podzemnej vody (27. december – 10,52 m pod terénom). Prudké zmeny hladiny podzemnej vody v mesiaci december poukazujú na pomerne vysokú nasýtenosť zóny aerácie, ako aj na vysoký podiel efektívnych zrážok v rámci nameraného zrážkového úhrnu.

V roku 2015 priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody oproti predchádzajúcemu roku stúpila o 0,35 m a v roku 2015 dosiahla hodnotu 10,72 m pod terénom. Jej maximálna úroveň bola nameraná 7. júla na v hĺbke 9,21 pod terénom. 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. Od tohto momentu až do konca roka zaznamenala mierny vzostup. Celkové kolísanie hladiny podzemnej vody v tomto vrte dosiahlo 2,19 m.

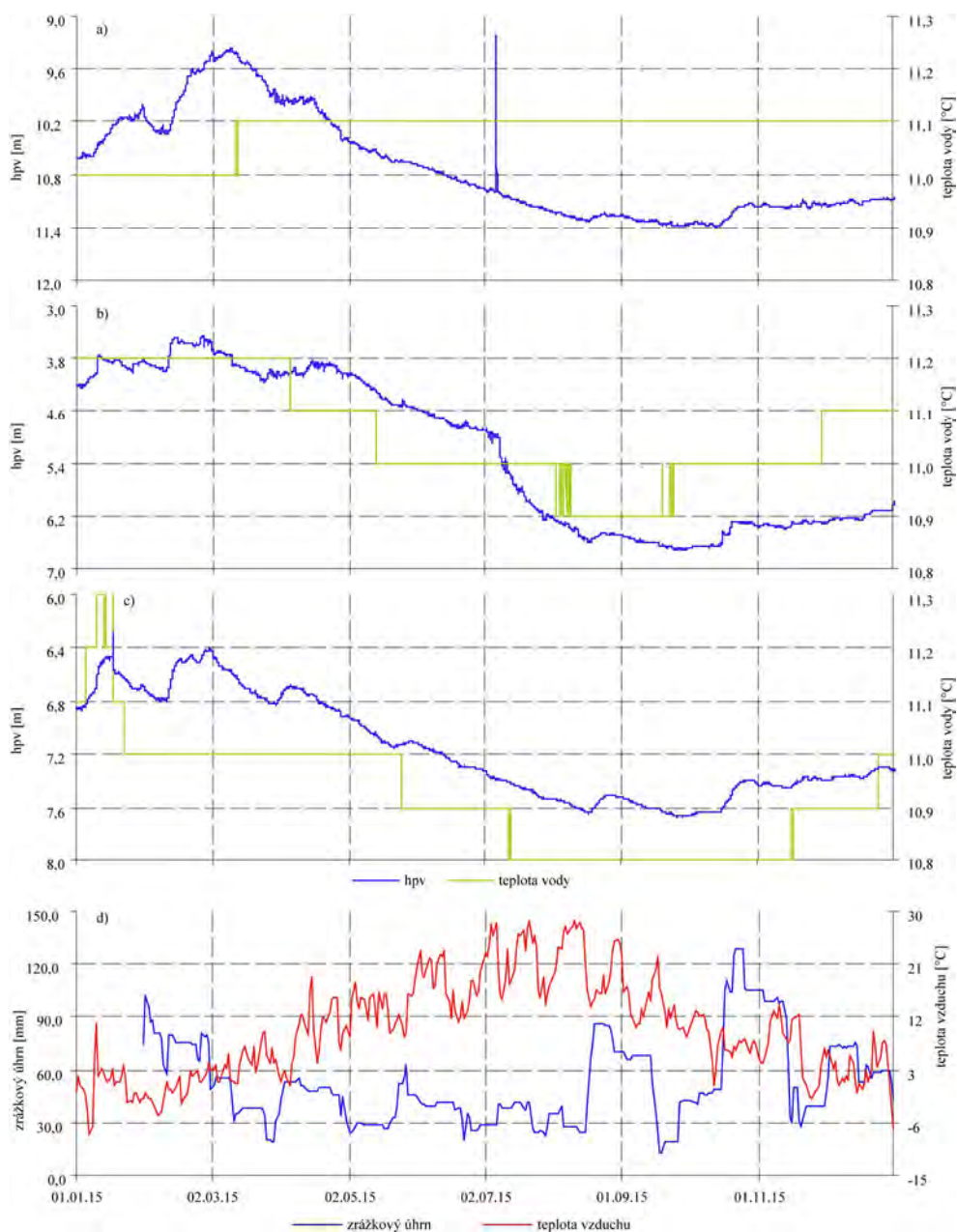
Tab. 4.29.3. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Šenkvice v roku 2014

| Bod    | Počet mer. | Max. úroveň hpv |                    |                | Min. úroveň hpv |                    |                | Priem. úroveň hpv |                    | Max. kolísanie hpv [m] |
|--------|------------|-----------------|--------------------|----------------|-----------------|--------------------|----------------|-------------------|--------------------|------------------------|
|        |            | pod ter. [m]    | nad mor. [m n. m.] | dátum merania  | pod ter. [m]    | nad mor. [m n. m.] | dátum merania  | pod ter. [m]      | nad mor. [m n. m.] |                        |
| PVZS-1 | 8760       | 10,52           | 154,63             | 27.12.14 14:00 | 11,46           | 153,69             | 24.08.14 18:00 | 11,07             | 154,08             | 0,94                   |
| PVZS-2 | 8760       | 3,91            | 149,49             | 10.12.14 07:00 | 6,23            | 147,17             | 15.06.14 06:00 | 5,23              | 148,17             | 2,32                   |
| PVZS-3 | 8760       | 6,61            | 145,69             | 11.12.14 05:00 | 7,42            | 144,88             | 21.08.14 05:00 | 7,14              | 145,16             | 0,81                   |

Vo vrte PVZS-2 v roku 2014 priemerná hladina podzemnej vody dosiahla hĺbku 5,23 m pod terénom. Maximálne zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody zaznamenali až 2,32 m. Automatickým hladinomerom bol výraznejší vzostup hladiny podzemnej vody zaznamenaný počas prvej polovice februára, a to v súvislosti s topením snehovej pokrývky, sprevádzaného zrážkami v kvapalnej forme. Od tohto termínu až do polovice júna hladina podzemnej vody plynule klesala, kedy 15. júna dosiahla minimálny stav – 6,23 m pod terénom. V nasledujúcom období mala naopak vzostupný charakter. Počas tohto obdobia, vplyvom intenzívnejších zrážkových udalostí, dochádzalo k náhlym krátkodobým stúpnutiam hladiny podzemnej vody (obr. 4.29.6). Najvýraznejší takýto vzostup bol nameraný 12. septembra, kedy v priebehu 12 hodín stúpila hladina podzemnej vody až o 0,78 m. Podobne, výrazné stúpnutie bolo pozorované i 1. decembra a následne o desať dní neskôr bola dosiahnutá maximálna hladina podzemnej vody (3,91 m pod terénom).

V roku 2015 sa priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody oproti predchádzajúcemu roku prakticky nezmenila (stúpila len o 0,03 m) a dosiahla hĺbku 5,20 m pod terénom. Maximálna hladina podzemnej vody bola nameraná 26. februára. Išlo o reakciu na výdatnejšie zrážky z predchádzajúceho obdobia. Od konca februára až do prvej polovice júla mala hladina mierny zostupný trend s občasnými vzostupmi, spojenými najmä s intenzívnejšími zrážkovými udalosťami. V období letných mesiacov začala hladina pomerne prudko klesať. Minimálnu úroveň dosiahla však až v druhej polovici septembra (6,71 m pod terénom). Zvyšné obdobie je analogické ako v prípade vrtu PVZS-1 – mierny vzostup úrovne hladiny podzemnej vody.

Celkové kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte dosiahlo 3,25 m. Teplota kolísala v intervale 10,9 až 11,2 °C. Jej minimálna teplota bola dosiahnutá počas letných mesiacov a naopak maximálna, počas zimných mesiacov.



Obr. 4.29.5. Pribeh zmien úrovne hladiny podzemnej vody a teploty vody, zaznamenaný v roku 2015 automatickými hladinomermi na lokalite Šenkvice. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – PVZS-1, b – PVZS-2, c – PVZS-3; d – 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)

Vo vrte PVZS-3 sa v roku 2014 priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody nachádzala v hĺbke 7,14 m pod terénom. Celkové zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody predstavovali 0,81 m (obr. 4.29.6). Pribeh hladiny podzemnej vody je analogický ako vo vrte PVZS-1. Výraznejšie vzostupy boli zaznamenané najmä v druhej polovici roka. Maximálny vzostup počas roka bol pozorovaný v prvej polovici septembra. Počas päťdňového intervalu hladina podzemnej vody vystúpila až o 0,53 m (v období od 11. do 16. septembra). Maximálna

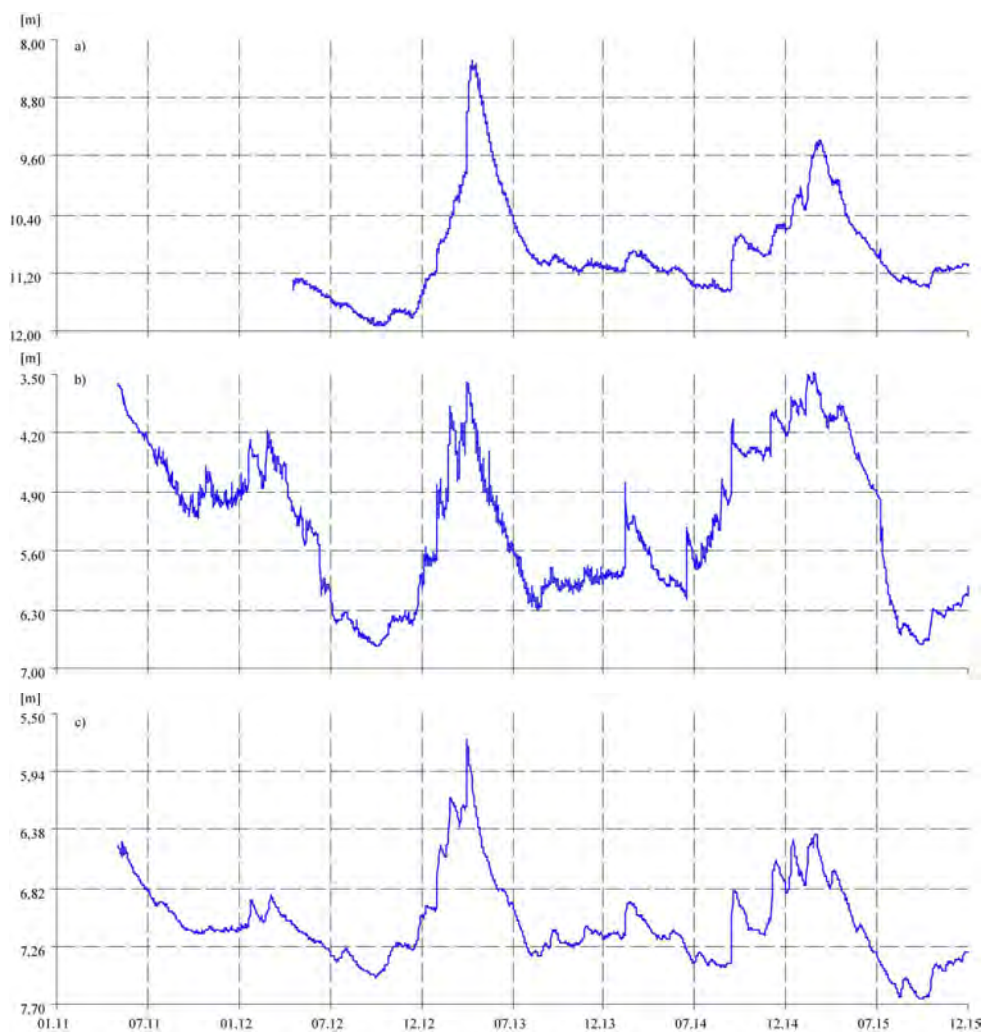
hladina bola dosiahnutá až 11. decembra. Naopak, minimálna hladina bola nameraná 22. augusta (7,42 m pod terénom).

Tab. 4.29.4. 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 06:00 | 11,40           | 153,75             | 12.10.15 11:00 | 10,72             | 154,43             | 2,19                   |
| PVZS-2 | 8760       | 3,46            | 149,94             | 26.02.15 03:00 | 6,71            | 146,69             | 24.09.15 08:00 | 5,20              | 148,20             | 3,25                   |
| PVZS-3 | 8760       | 6,28            | 146,48             | 17.01.15 06:00 | 7,67            | 145,09             | 25.09.15 08:00 | 7,16              | 145,60             | 1,39                   |

V roku 2015 priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody oproti predchádzajúcemu roku sa zmenila minimálne, a to len o 0,02 m a dosiahla hĺbku 7,16 m pod terénom. Priebeh hladiny bol veľmi príbuzný vývoju v susednom vrte PVZS-2, v ktorom je monitorovaný plytší horizont. Maximálna hladina bola zaznamenaná síce o niečo skôr, a to 17. januára. Od tohto obdobia až do začiatku marca pomerne intenzívne kolísala. Od marca do druhej polovice septembra mala klesajúci charakter, ktorý vystriedal mierny vzostup. Zmeny hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavovali 1,39 m (obr. 4.29.5).

V roku 2015 sa na zmenách hĺbky hladiny podzemnej vody vo všetkých vrtoch v plnej miere odrazili klimatické faktory (obr. 4.29.5).



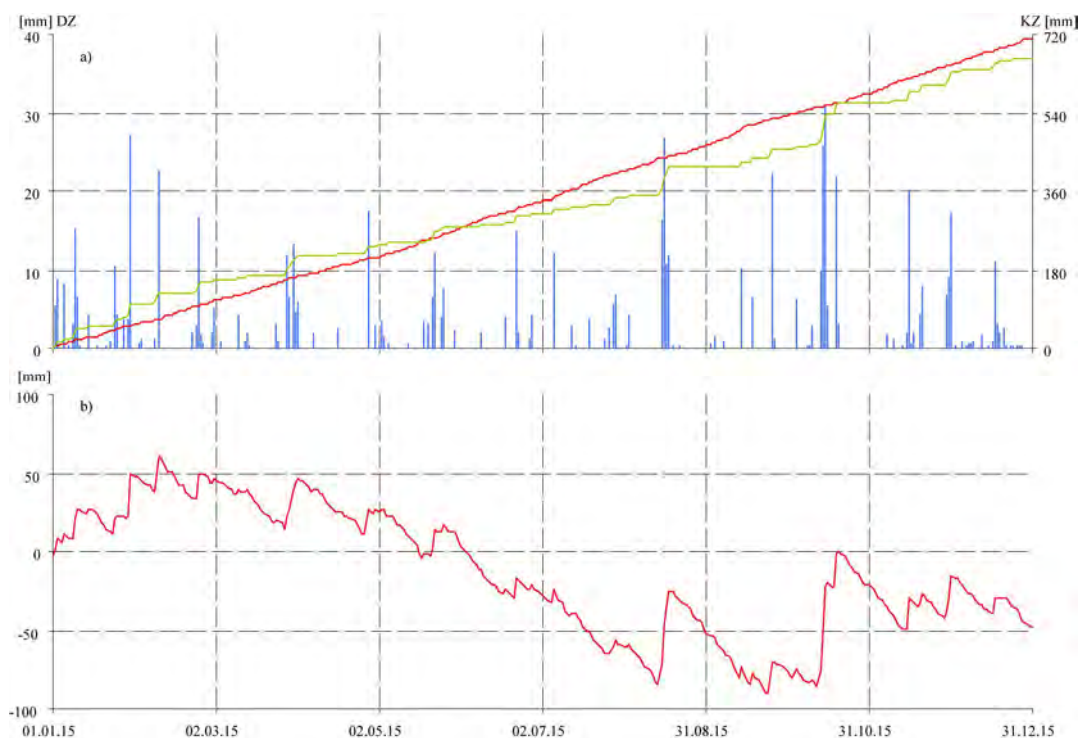
Obr. 4.29.6. Dlhodobé (2011 – 2015) zmeny úrovne hladiny podzemnej vody, zaznamenané automatickými hladinomerami na lokalite Šenkvice. Automatické hladinomery sú umiestnené vo vrtoch: a – PVZS-1, b – PVZS-2, c – PVZS-3



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.

#### c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informáciu o režimových pozorovaniach dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Modra (indikatív 18060 – obr. 4.29.7). Na stanici je dlhodobý zrážkový priemer 694,89 mm. V roku 2014 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 734,2 mm, čo predstavuje 105,66 % dlhodobého priemeru a rok je hodnotený ako normálny. V roku 2015 bol na tejto stanici zaznamenaný zrážkový úhrn 662,5 mm, čo predstavuje 95,34 % dlhodobého priemeru (normálny rok).



Obr. 4.29.7. Výsledky spracovania informácií o zrážkových úhrnoch zo stanice SHMÚ Modra (indikatív 18060). a – denné a kumulatívne zrážkové úhrny v roku 2015 (modrá línia – denné úhrny atmosférických zrážok, zelená línia – kumulatívne denné úhrny atmosférických zrážok, červená línia – kumulatívne denné priemery atmosférických zrážok za obdobie rokov 1990 – 2014); b – prebytok a deficit kumulatívnych denných úhrnov atmosférických zrážok v roku 2015

#### 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 2015 bolo pozorované stúpnutie priemernej ročnej hladiny podzemnej vody vo vrte PVZS-1. Vo vrtoch PVZS-2 a 3 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom len k minimálnym zmenám. Hladiny podzemnej vody odrážajú vývoj klimatických faktov, pozorovaných na stanici SHMÚ Modra. Maximálne stavy boli zaznamenané najmä v zimných mesiacoch, no vo vrte PVZS-1 došlo maximálnemu vzostupu hladiny podzemnej vody až počas júla.

V území sa vykonávajú aj inklinometrické merania, ich výsledky majú však veľmi malú výpovednú hodnotu, a preto nie je možné posúdiť aktuálny stabilný stav v oblasti monitorovaného zosuvu.



V roku 2015 bolo v telese zosuvu vybudované drenážno-stabilizačné rebro, ktorému predchádzalo vybudovanie kotevného múru v oblasti odlučnej steny. I napriek realizovaným sanačným opatreniam, stále nie je definitívne vyriešené hospodárenie so splaškovými vodami. Tieto vody vytekajú do vybudovaného drenážneho potrubia a sú odvádzané do povrchového recipienta. Na túto skutočnosť boli upozornení i zástupcovia miestnej samosprávy.

V roku 2016 plánujeme pokračovať v režimových pozorovaniach, zabezpečovaných automatickými hladinomeri.

### 1.4.30. 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 monitorovania (Ondrejka et al., 2014).

Monitorovacie aktivity sa vykonávajú na jednom inklinometrickom vrte, ktorý je situovaný nad odľučnou hranou aktívneho zosuvu (obr. 4.30.1) a na odvodňovacích objektoch.

#### Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v roku 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.30.1.

Tab. 4.30.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Petrovany v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                       | Monitorovacie objekty |                                               | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                                                                                                     |                                                                                                                     |
|--------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                            | Počet                 | Označenie                                     | Rok 2014                                                                                                                                       | Rok 2015                                                                                                            |
| Inklinometrické                            | 1                     | PJ-7                                          | 1<br>(19. august)                                                                                                                              | 1<br>(29. júl)                                                                                                      |
| Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení | 3                     | PHV-1, PHV-2, PHV-3                           | 10<br>(27. január,<br>25. február,<br>27. marec, 29. apríl,<br>26. máj, 8. júl,<br>4. august,<br>4. september,<br>1. október,<br>13. november) | 8<br>(26. marec,<br>28. apríl,<br>25. máj,<br>30. jún,<br>23. júl,<br>28. august,<br>24. september,<br>21. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov                  | 1                     | Stanica SHMÚ<br>Prešov-planetárium<br>(59160) | Denné úhrny zrážok                                                                                                                             |                                                                                                                     |

#### Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a dlhšie časové obdobie

##### a/ Inklinometrické merania

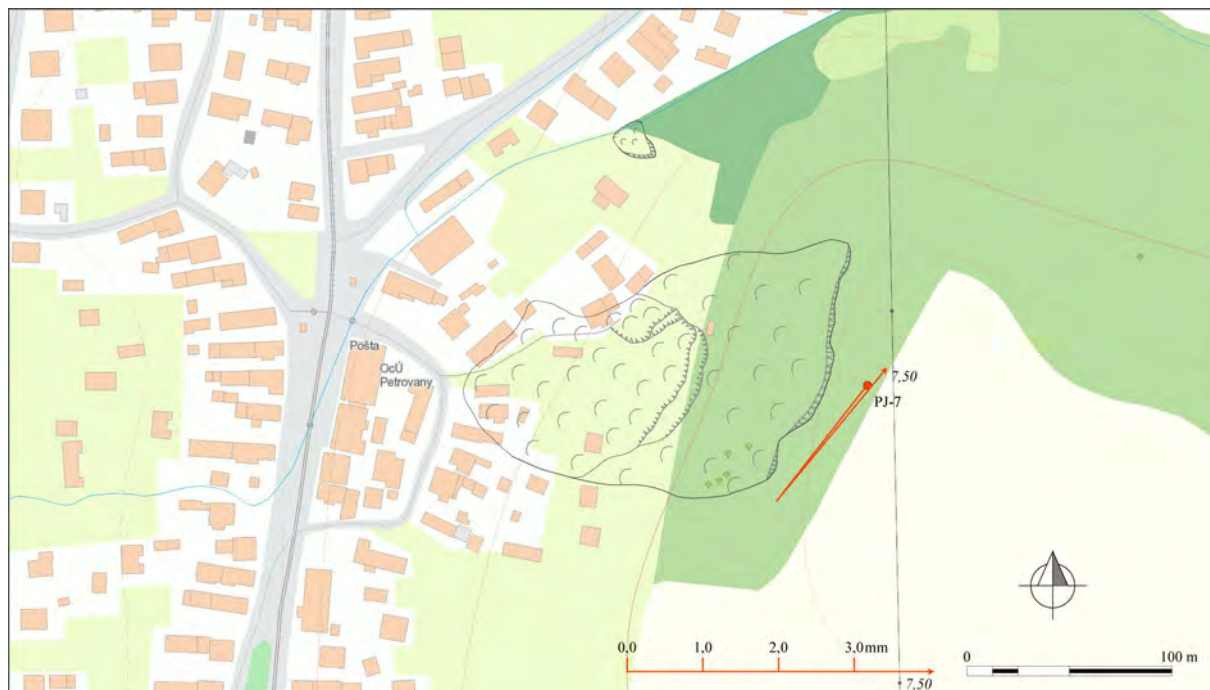
V roku 2014 bolo v auguste zrealizované jedno kontrolné meranie, ktoré charakterizuje pohybovú aktivitu predchádzajúceho deväťmesačného obdobia. V sledovanej hĺbke 7,5 m pod terénom bola nameraná deformácia inklinometrickej pažnice s hodnotou 1,94 mm. Azimut nameraného vektora má orientáciu na JJZ, pričom spádnica svahu je orientovaná na západ.

Tab. 4.30.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Petrovany v rokoch 2014 a 2015

| Bod  | Hĺbka pod ter. [m] | 14.11.13 – 19.08.14 |         |       | 19.08.14 – 29.07.15 |         |       |
|------|--------------------|---------------------|---------|-------|---------------------|---------|-------|
|      |                    | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] | CD [mm]             | ED [mm] | A [°] |
| PJ-7 | 7,5                | 1,22                | 1,94    | 218   | 1,02                | 2,24    | 40    |

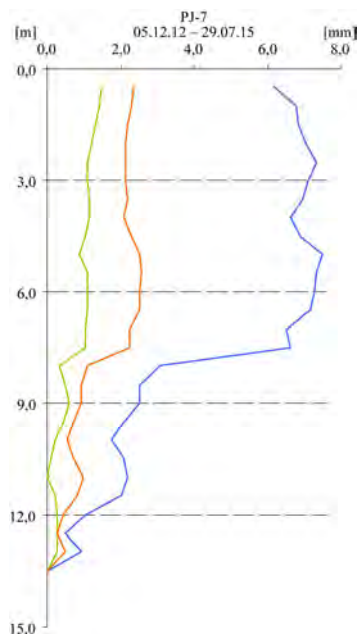
CD – Celková deformácia od nultého merania (05.12.12); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora

V roku 2015 bola v rovnakom horizonte 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. Celková deformácia v tomto horizonte (po 5 etapách meraní) dosiahla 1,02 mm a sumárna hodnota čiastkových vektorov, zaznamenaných počas jednotlivých etáp, 6,62 mm.

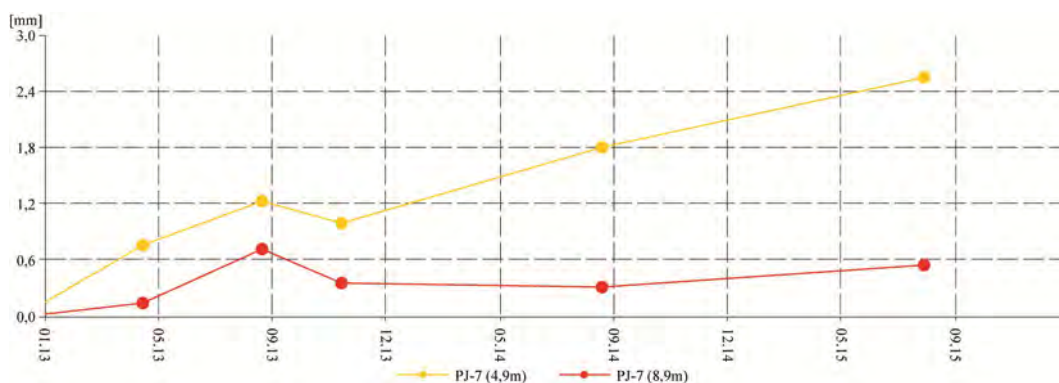


Obr. 4.30.1. Lokalita Petrovany – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2014 a 2015 (obdobia jednotlivých meracích etáp sú v súlade s tab. 4.30.2; číslo zobrazené pri vektore označuje hĺbku zaznamenatej deformácie od povrchu terénu v m); mapový podklad: ZBGIS®

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. Namerané prírastky deformácie nedávajú skutočný obraz o veľkosti pohybovej aktivity v danej oblasti. Príčinou môže byť napr. situovanie monitorovacieho bodu mimo zosuvné teleso (aktivizované v roku 2010), ale aj nedostatky pri zabudovaní vrtu, atď. 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. 4.30.2).



Obr. 4.30.2. Priebeh deformácie inklinometrickej pažnice za celé monitorované obdobie. Zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.



Obr. 4.30.3. Dlhodobé (2013 – 2015) 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. 4.30.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.30.3 a 4.30.4). Počas roka 2014 bolo zabezpečených 10 kontrolných meraní (27. január – 13. november). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 13. novembra na odvodňovacom vrte PHV-2 (5,60 l.min<sup>-1</sup>). Podobne v rovnakom termíne bola nameraná maximálna výdatnosť i na vrte PHV-1 (1,15 l.min<sup>-1</sup>). Naopak, najnižšia výdatnosť bola nameraná vo vrte PHV-3 (0,11 l.min<sup>-1</sup> – 4. august). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2014 dosiahla hodnotu 2,84 l.min<sup>-1</sup> a najväčšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte PHV-2 (5,04 l.min<sup>-1</sup>).

Tab. 4.30.3. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Petrovany v roku 2014

| Bod   | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] | Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
|-------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
|       |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    |                                        |                                              |
| PHV-1 | 10           | 1,15                   | 13.11.14 | 0,26                   | 29.04.14 | 0,61                                   | 0,89                                         |
| PHV-2 | 10           | 5,60                   | 13.11.14 | 0,56                   | 29.04.14 | 1,89                                   | 5,04                                         |
| PHV-3 | 10           | 0,76                   | 26.05.14 | 0,11                   | 04.08.14 | 0,34                                   | 0,65                                         |

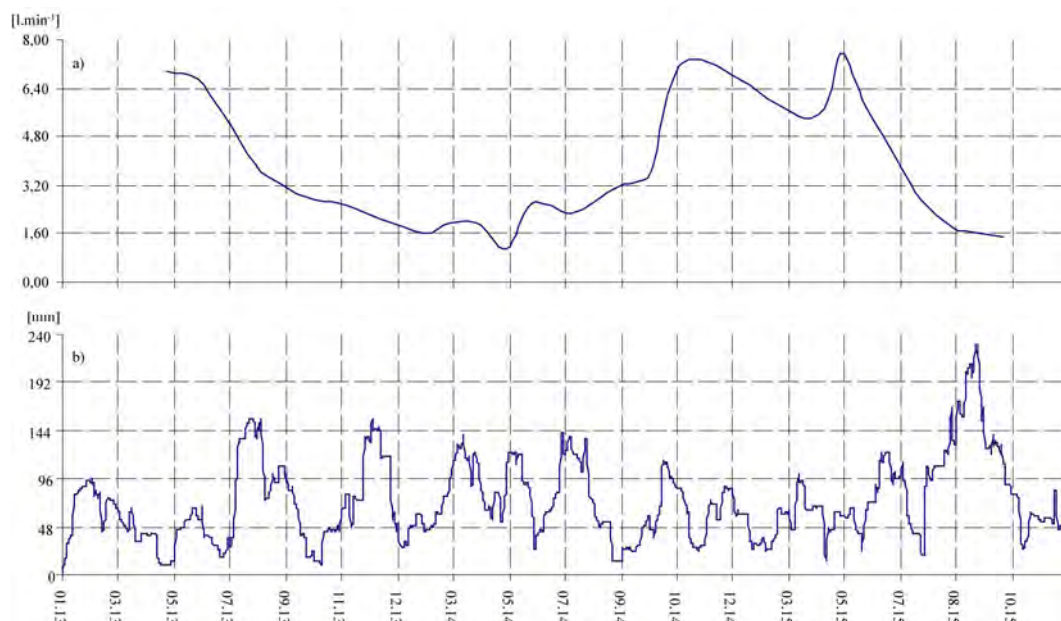
V roku 2015 bolo zabezpečených 8 kontrolných meraní (26. marec – 21. október). Najvyššia výdatnosť bola nameraná 28. apríla, rovnako ako v predchádzajúcom roku, na odvodňovacom vrte PHV-2 (5,06 l.min<sup>-1</sup>). Vzhľadom na nízku frekvenciu meraní nie je možné jasne stanovať vzťah medzi výdatnosťou a zrážkovými úhrnmi, avšak na základe dostupných informácií predpokladáme, že išlo o reakciu na výdatnejšie 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 l.min<sup>-1</sup>). 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.

Tab. 4.30.4. Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení na lokalite Petrovany v roku 2015

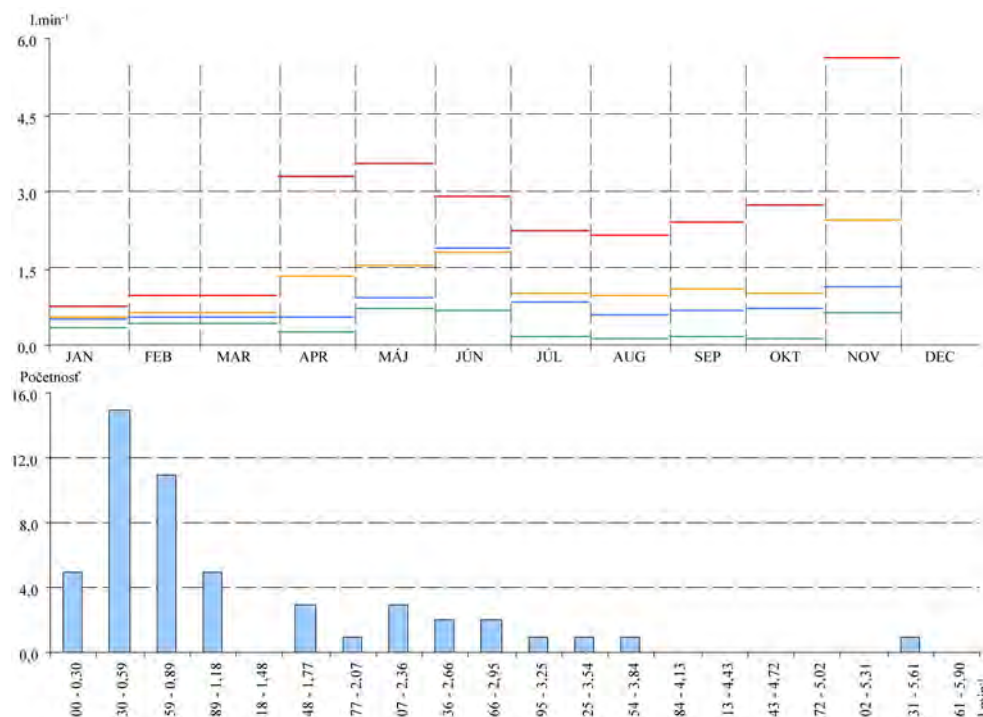
| Bod   | Počet meraní | Max. výdatnosť         |          | Min. výdatnosť         |          | Priemer. výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] | Max. kolísanie výdat. [l.min <sup>-1</sup> ] |
|-------|--------------|------------------------|----------|------------------------|----------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
|       |              | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    | [l.min <sup>-1</sup> ] | dátum    |                                        |                                              |
| 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                                         |

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 l.min<sup>-1</sup>). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov v roku 2015

dosiahla hodnotu  $4,00 \text{ l.min}^{-1}$ , čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom nárast o  $1,16 \text{ l.min}^{-1}$ . Maximálne kolísanie bolo zaznamenané vo vrte PHV-2 ( $4,26 \text{ l.min}^{-1}$  – obr. 4.30.4).



Obr. 4.30.4. Výsledky spracovania režimových pozorovaní (2013 – 2015) 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)



Obr. 4.30.5. Štatistické zhodnotenie nameranej výdatnosti počas sledovaného obdobia (do roku 2014). Červená – maximálna mesačná výdatnosť, oranžová – priemerná mesačná výdatnosť, modrá – medián mesačnej výdatnosti (2. kvartil), zelená – minimálna mesačná výdatnosť.

#### c/ Meranie zrážkových úhrnov

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



### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Merania výdatnosti počas predchádzajúceho obdobia, ale aj v roku 2015 potvrdzujú efektívnosť odvodňovacieho systému. Namerané výdatnosti odtekajúcej podzemnej vody zo zosuvného územia ani počas jedného merania neklesli pod  $0,1 \text{ l.min}^{-1}$ . Nedostatkomp monitorovania režimových ukazovateľov je nízka frekvencia meraní.

Metódou presnej inklinometrie bol v porovnaní s predchádzajúcim rokom pozorovaný mierny nárast 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 2016 plánujeme pokračovať v monitorovacích meraniach v rovnakom rozsahu a frekvencii ako v predchádzajúcom roku.

### 1.4.31. 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 2015 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 2014 a 2015

Na zosuvnej lokalite boli v roku 2014 realizované len výlučne inklinometrické merania. V roku 2015 k nim pribudli geodetické merania a tiež režimové pozorovania. Frekvencia meraní je zhrnutá v tab. 4.31.1.

Tab. 4.31.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Kral'ovany v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                                         | Monitorovacie objekty |                                                     | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)                      |                                          |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
|                                                              | Počet                 | Označenie                                           | Rok 2014                                                        | Rok 2015                                 |
| Inklinometrické                                              | 5                     | V-2/INK, V-3/INK*, V-4/INK*, V-5/INK*, V-6/INK      | 2<br>(17. júl, 29. júl, 27. október, 18. november, 5. december) | 3<br>(13. marec, 12. jún, 21. september) |
| Terestrické geodetické meranie a fotogrametrické snímkovanie | 11                    | 640, 686, 687, 1004, R1, R1, R2, R3, P1, P2, P3, P4 |                                                                 | 1<br>(8. máj)                            |
|                                                              | 3                     |                                                     |                                                                 |                                          |
|                                                              | 2                     |                                                     |                                                                 |                                          |
|                                                              | vzt'azné              | 550, 638, 5002                                      |                                                                 |                                          |
|                                                              | vlicovacie body       | 101, 102                                            |                                                                 |                                          |
| Meranie zrážkových úhrnov                                    | 1                     | Kral'ovany (indikatív 24120)                        | Denné úhrny zrážok                                              |                                          |

\* – roku 2015 boli inklinometrické merania zabezpečené len 13.03.15

#### Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015

##### a/ Terestrické geodetické meranie a fotogrametrické snímkovanie

Prvá etapa monitoringu pohybu tohto zosuvu bola realizovaná krátko po jeho aktivizácii a vyhlásení havarijnej situácie v máji 2013 v rámci orientačnej etapy inžinierskogeologického prieskumu. Monitorované boli existujúce geodetické body Národnej diaľničnej spoločnosti, a.s. (NDS) a body bez hĺbkovej stabilizácie – geodetické harpúny vybudované ŠGÚDŠ (Liščák et al., 2013). V nadväznosti na túto úlohu a na Monitoring pohybovej aktivity skalného zosuvu v Kral'ovanoch (Šimeková et al., 2014) sme aj v roku 2015 pokračovali v monitoringu uvedenej lokality.

Účelom prác, ktoré boli realizované v termíne 8. mája roku 2015, bolo určiť etapové diskrétné a plošné vodorovné a výškové posuny na zosuve Kral'ovany, a to:

- trvalo stabilizovaných bodov (pilieri, roxory)
- povrchu terénu bez vegetácie.

Bodové diskkrétne merania boli realizované technológiami terestrickej geodézie, plošné merania terénnych plôch boli realizované metódami fotogrametrie. Merania aj vyhodnotenie posunov nadviazali na predošlé epochové merania realizované Stavebnou fakultou STU v Bratislave a firmou Ing. Marek Fraštia.



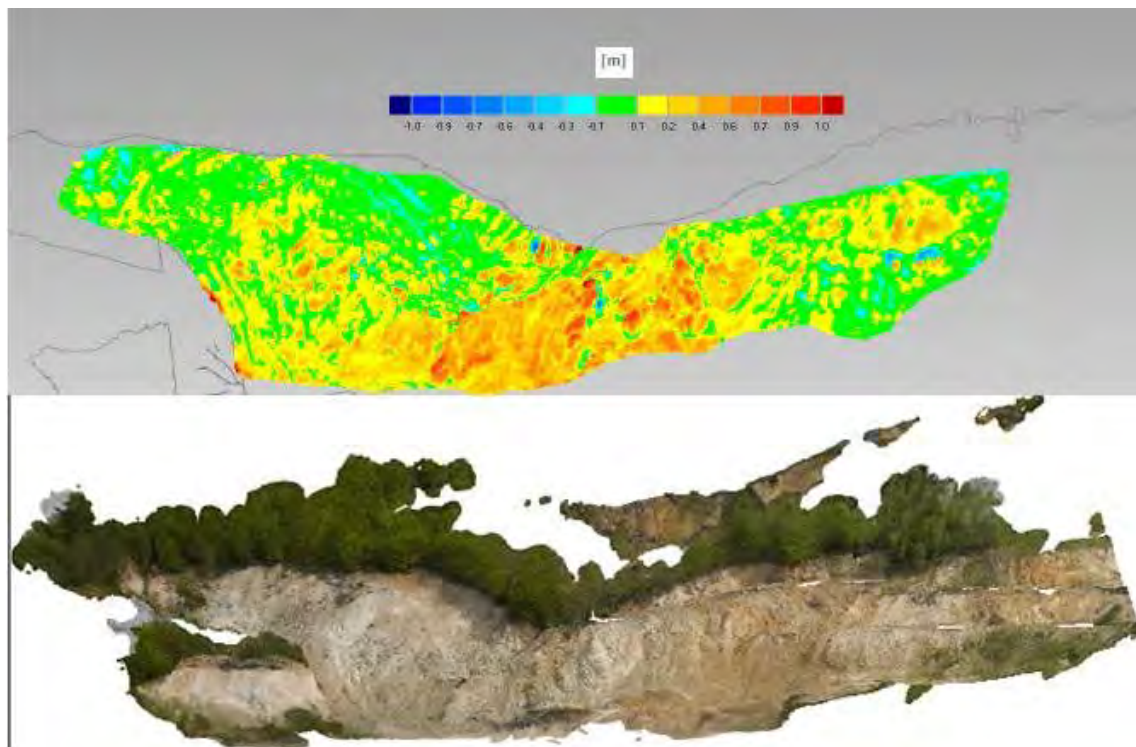
Obr. 4.31.1. Situácia monitorovaných objektov a vektory ich pohybu

Výsledky monitoringu potvrdzujú pretrvávajúcu pohybovú aktivitu skalného zosuvu. Naďalej pokračuje pohyb monitorovacích bodov NDS 640 a 686. Bod 640, ako je zrejme obr. 4.31.1, 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<sup>-1</sup>. Do augusta 2013 sa pohyb vyznačoval relatívne veľkou rýchlosťou (až 1 cm.deň<sup>-1</sup>), 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.

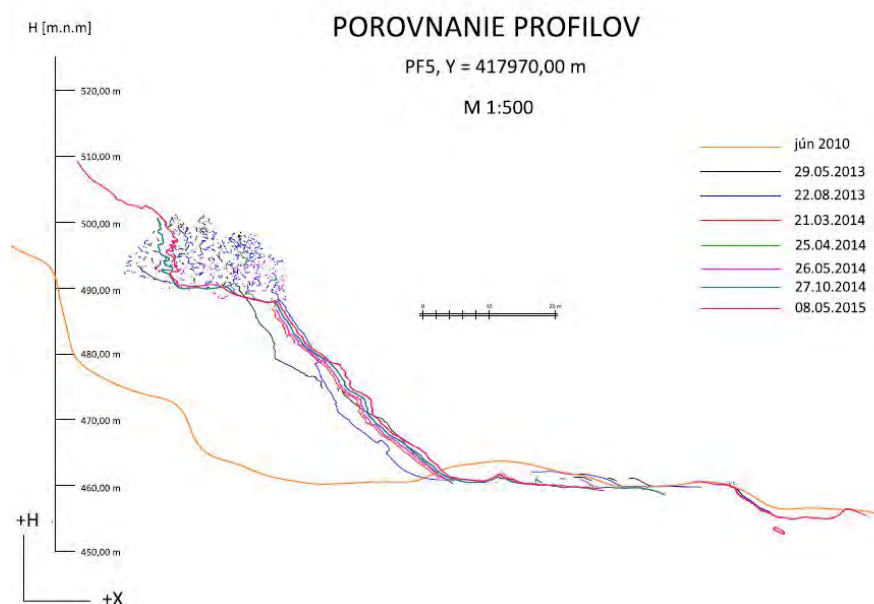
Body siete ŠGÚDŠ (R1 až R3, P1 až P4) okrem bodu 1004 boli vybudované v rámci úlohy Monitoring pohybovej aktivity skalného zosuvu v Kľačanoch (Šimeková et al., 2014) na základe detailného poznania mechanizmu pohybu jednotlivých blokov a nultá etapa meraní na týchto bodoch sa uskutočnila 3. októbra 2014. 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<sup>-1</sup>. Tento bod zaznamenal aj pomerne výrazný pokles 276 mm za obdobie približne 7 mesiacov, čiže viac ako 1 mm.deň<sup>-1</sup>, čo je alarmujúce zistenie.

O výraznej pohybovej aktivite povrchu svedčí aj rozdielová mapa generovaná z pozemnej fotogrametrie obr. 4.31.2). Ako najaktívnejšia sa javí centrálna časť deformácie, v ktorej posuny určitých blokov dosahujú veľkosť až 1 m za sledované obdobie 7 mesiacov.

Na ortofotosnímke (obr. 4.31.2) bolo zostavených desať profilov PF-1 až PF-10, ktoré sú súčasťou epochovej správy z geodetických prác. Pre ilustráciu uvádzame profil PF5 (obr. 4.31.3), 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.



Obr. 4.31.2. Prírastky a úbytky skalného masívu na skalnom zosuve Kral'ovany-Rieka (porovnanie medzi 03.10.2014 a 08.05.2015)

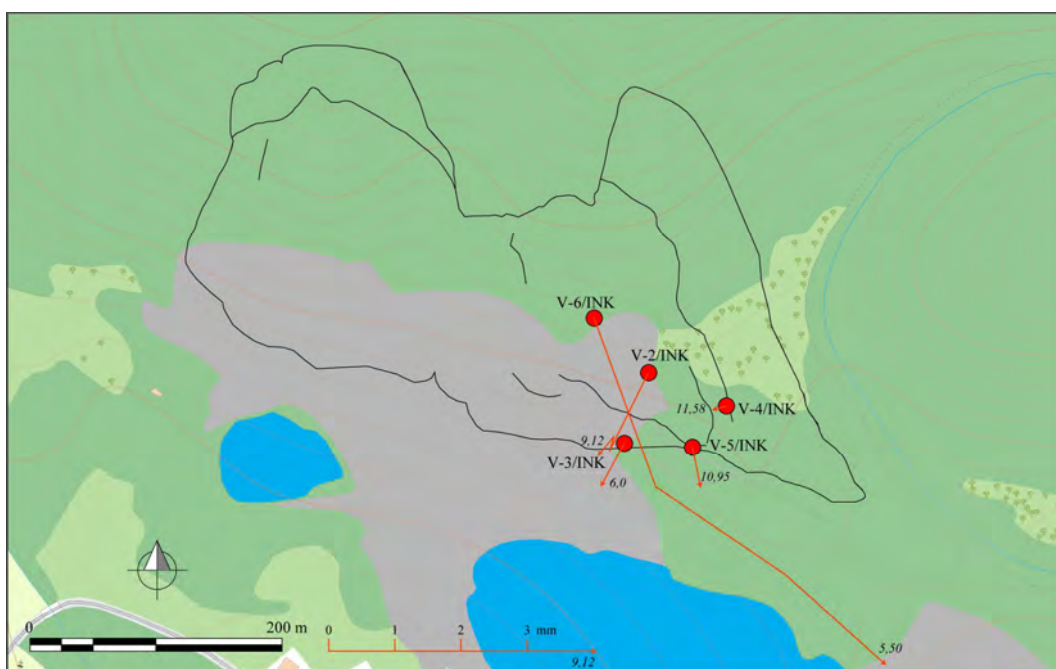


Obr. 4.31.3. Profil PF5 v centrálnej časti zosuvu; vývoj deformácie v rámci jednotlivých etáp merania (v období jún 2010 až 08.05.2015)

## b/ Inklinometrické merania

V roku 2014 boli na lokalite Kraľovany počas jednotlivých monitorovacích etáp namerané prírastky deformácie v rozsahu od 0,3 mm – do 4,75 mm. Najvyššia uvedená deformácia bola zaznamenaná v jesennom období (od 27. októbra – 18. novembra) vo vrte V-6/INK (v hĺbke 12,0 m), ktorý je situovaný na vyššie položenom stupni severovýchodnej lomovej steny. Vysoké deformácie boli namerané aj vo vrte V-3/INK (v hĺbke 18,0 m), ktorý sa nachádza v čele skalného zosuvu (ohraničenie zosuvu z roku 2013 – obr. 4.31.4). Podobne, v tejto oblasti boli zvýšené hodnoty deformácie namerané i vo vrte V-5/INK (tab. 4.31.2). Namerané deformácie signalizujú, že bazálna šmyková plocha môže dokonca presiahnuť vymapované zosuvné územie z roku 2013 (publikované v správe – Liščák et al., 2013).

Zvýšená pohybová aktivita bola nameraná aj vo vyššie položenom vrte V-2/INK. Počas obdobia od 29. júla do 27. októbra dosiahla deformácia v horizonte približne 10,0 m pod terénom veľkosť 3,99 mm. Ostatné namerané deformácie len vzácně prekročili 2,0 mm.



Obr. 4.31.4. Lokalita Kraľovany – výsledky inklinometrických meraní v rokoch 2014 a 2015 (obdobia meracích etáp sú v súlade s tab. 4.31.2; číslo zobrazené pri vektoroch označuje hĺbku zaznamenatej deformácie v m; mapový podklad: ZBGIS<sup>®</sup>)

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 – obr. 4.31.2 – boli v rozsahu od 13,28 do 27,26 mm) a o niečo nižšie na vrtoch V-3/INK a 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.

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<sup>-1</sup>. Podobne mimoriadne vysoká hodnota prírastku etapovej deformácie bola nameraná aj počas septembrového merania (19,93 mm, čo

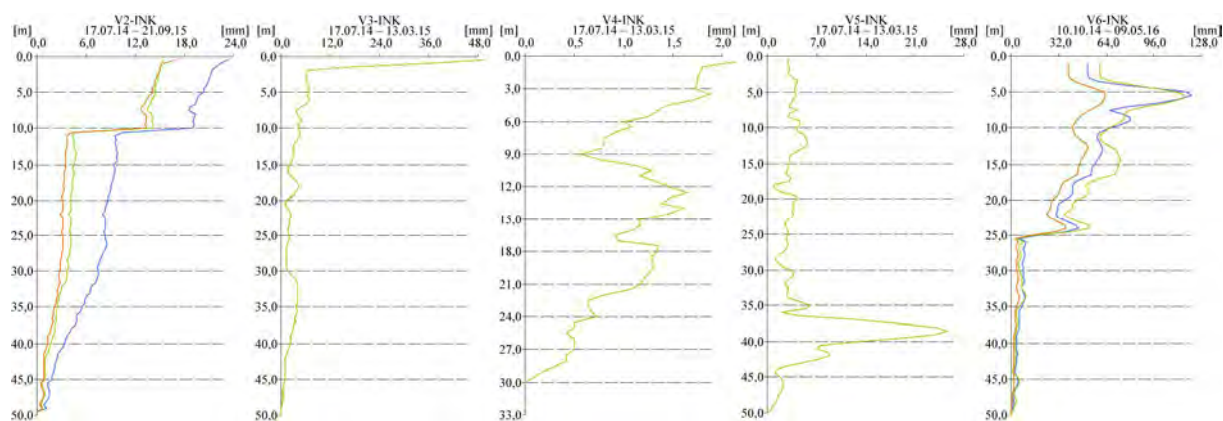


predstavuje priemernú rýchlosť pohybu  $72,01 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Celková deformácia v sledovanom hĺbkovom horizonte 5,5 m pod terénom dosiahla za obdobie od októbra 2014 do septembra 2015 hodnotu 68,11 mm. Namerané vektory v tomto horizonte mali prevažne juhovýchodný smer.

Tab. 4.31.2. Výsledky inklinometrických meraní na lokalite Kraľovany v rokoch 2014 a 2015

| 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-3/INK | 6,0                | 6,95                | 6,95    | 208   |                     |         |       |                     |         |       |
| V-4/INK | 11,58              | 1,66                | 1,66    | 255   |                     |         |       |                     |         |       |
| V-5/INK | 10,95              | 5,75                | 5,75    | 169   |                     |         |       |                     |         |       |
| V-6/INK | 5,5                | 27,26               | 27,26   | 160   | 48,47               | 23,66   | 124   | 68,11               | 19,93   | 132   |
| V-6/INK | 23,5               | 12,78               | 12,78   | 190   | 15,65               | 3,19    | 161   | 16,40               | 1,50    | 247   |

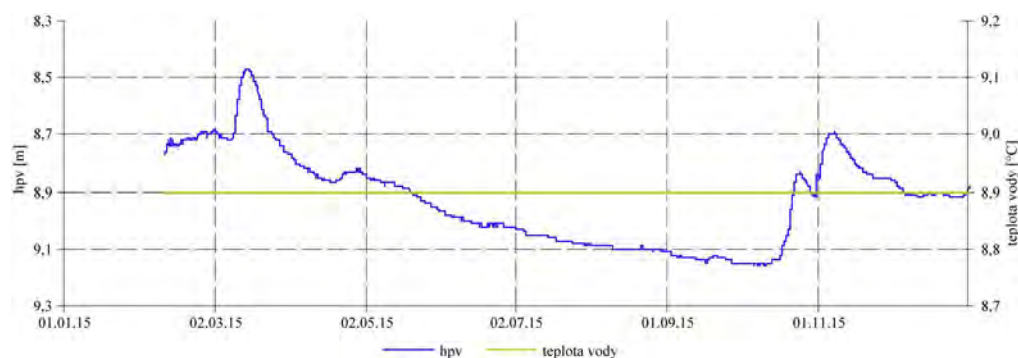
CD – Celková deformácia od nultého merania (17.07.14 – vrty: V2-INK, V3-INK, V4-INK, V5-INK; 10.10.14 – vrt V6-INK); ED – etapová deformácia; A – azimut etapového vektora



Tab. 4.31.5. Pribeh deformácie inklinometrických pažníc za monitorované obdobie na lokalite Kraľovany. zelená línia – výsledná deformácia, červená línia – maximálna etapová deformácia, modrá línia – sumárna etapová deformácia.

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

Na lokalite Kraľovany bol 10. februára 2015 inštalovaný automatický hladinomer do vrtu V-2/HG. Počas viac ako desaťmesačnej prevádzky automatického hladinomeru hladina podzemnej vody kolísala v rozsahu od 8,47 m (14. marec) do 9,16 m pod terénom (6. október – obr. 4.31.6). Celkové kolísanie hĺbky hladiny podzemnej vody vo vrte dosiahlo teda 0,69 m. Zmeny hladiny podzemnej vody sú teda veľmi malé, avšak treba brať do úvahy skutočnosť, že merania sú vykonávané v skalnom prostredí.



Tab. 4.31.6. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickým hladinomerom na lokalite Kraľovany v roku 2015

Hladina podzemnej vody začala výraznejšie stúpať v prvej polovici marca a následne 14. marca bola nameraná maximálna hladina podzemnej vody. Od tohto termínu až do začiatku októbra mala zostupný charakter. V druhej polovici októbra, ale najmä v novembri, vystúpila do hĺbky 8,71 m pod terénom. Do konca roka mala prevažne klesajúci priebeh. Vypočítaná priemerná hladina podzemnej vody sa nachádzala v hĺbke 9,83 m pod terénom.

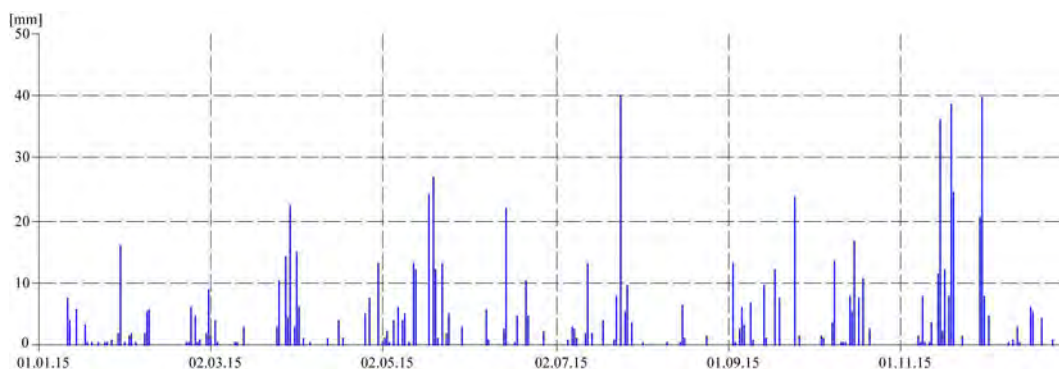
Tab. 4.31.3. Merania hĺbky hladiny podzemnej vody automatickými hladinomerami na lokalite Kraľovany

| 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 | 7782       | 8,47            | 490,98             | 14.03.15 20:00 | 9,16            | 490,29             | 06.10.15 05:00 | 8,93              | 490,52             | 0,69                   |

Merania automatickým hladinomerom boli zabezpečené od 10. februára 2015

### c/ Meranie zrážkových úhrnov

Informácie o zrážkových pomeroch dopĺňajú údaje zo stanice SHMÚ – Kraľovany (indikatív 24120). V roku 2015 bol na tejto stanici nameraný zrážkový úhrn 950,8 mm.



Obr. 4.31.7. Denné zrážkové úhrny zo stanice SHMÚ Kraľovany (indikatív 24120)

### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

V roku 2015 boli na lokalite zabezpečené geodetické a inklinometrické merania 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 tak geodetické, ako aj inklinometrické merania. I keď pohyby na geodetických bodoch (najmä na bode 640) dosahujú rádovo prvé mm za deň, v porovnaní s predchádzajúcim obdobím (rok 2013), kedy sa bod 640 pohyboval rýchlosťou 1 cm za deň, došlo k miernemu spomaleniu.

Na šmykových plochách, bola najvyššia deformácia nameraná vo vrtoch V-6/INK a V-2/INK. V prípade vrtu V-6/INK prekročila výsledná deformácia inklinometrickej pažnice už 60 mm.

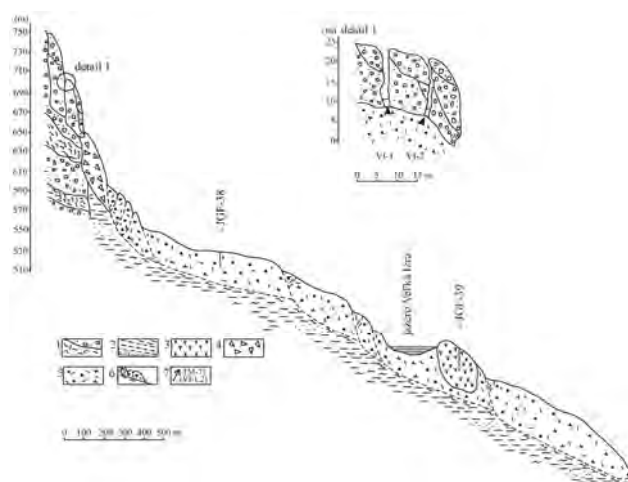
Meranie hladiny podzemnej vody je zabezpečované len v jednom vrte, ktorý sa nachádza na severnej lomovej stene. Hladina podzemnej vody kolísala len minimálne. Maximálna ročná amplitúda dosiahla 0,69 m. Zmeny hĺbky podzemnej vody boli výsledkom vývoja klimatických faktorov.

V roku 2016 plánujeme ponechať pôvodný sortiment a frekvenciu monitorovacích aktivít z roku 2015.

### 1.4.32. 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. 4.32.1), 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. 4.32.1. 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 2014 a 2015 a ich celkové zhodnotenie

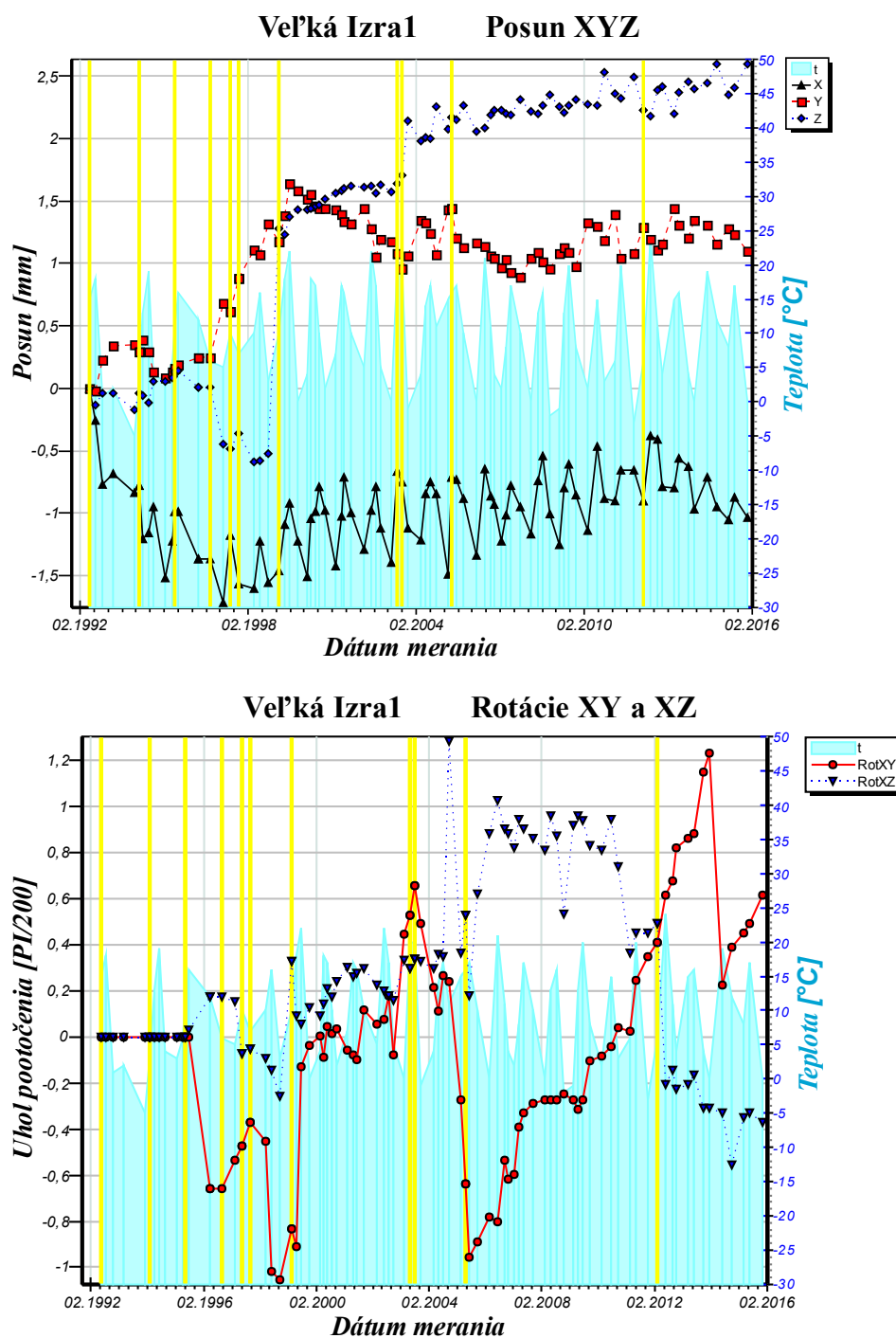
Na lokalite Veľká Izra sa v roku 2014 aj 2015 uskutočnili tri odčítania hodnôt deformácií, zaznamenaných prístrojmi TM-71 (tab. 4.32.1). Aj v roku 2015 pokračoval zber údajov o zrážkach zo stanice SHMÚ Slanská Huta.

Tab. 4.32.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Veľká Izra v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania     | Monitorovacie objekty |                 | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)      |
|--------------------------|-----------------------|-----------------|-------------------------------------------------|
|                          | Počet                 | Označenie       |                                                 |
| Dilatometer<br>T<br>M-71 | 1                     | VI-1<br>(horný) | 2014 – 3x<br>(22. január, 16. júl, 7. november) |
|                          |                       |                 | 2015 – 3x<br>(13. apríl, 1. júl, 16. december)  |

#### a/ Meranie deformácií dilatometrami

Merania v roku 2014 preukázali mierny pokles horného bloku (o 0,142 mm) oproti predošlému roku a stagnáciu otvárania trhliny (posun v smere osi x) a šmykového posunu pozdĺž nej (posun v smere osi y). V roku 2015 pokles bloku stagnoval na hodnote 2,590 mm, otváranie otváranie trhliny a šmykový posun pozdĺž nej opäť stagnovali na celkových hodnotách cca 1 mm (obr. 4.32.2). Priemerný ročný pokles bloku za 23 rokov monitorovania dosiahol 0,113 mm. Rotácie v rovinách XY a XZ nie sú významné.



Obr. 4.32.2. 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 2014 bol zrážkový úhrn 706,5 mm (čo predstavuje 97,35 % dlhodobého úhrnu a charakterizuje normálny rok). V roku 2015 ročný zrážkový úhrn stúpol na hodnotu 640,4 mm, čo predstavuje 88,25 % (ide o suchýrok).

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Výsledky doterajších meraní potvrdzujú pozvoľné poklesávanie vrchného monitorovaného bloku voči masívu (celkovo 2,591 mm), dlhodobú stagnáciu (od roku 2000) šmykového pohybu bloku pozdĺž trhliny a dlhodobú osciláciu pomalého otvárania a zatvárania trhliny v rozmedzí cca 0,4 – 1,4 mm. Od roku 2013 sa trhlina otvorila o cca 0,2 mm.

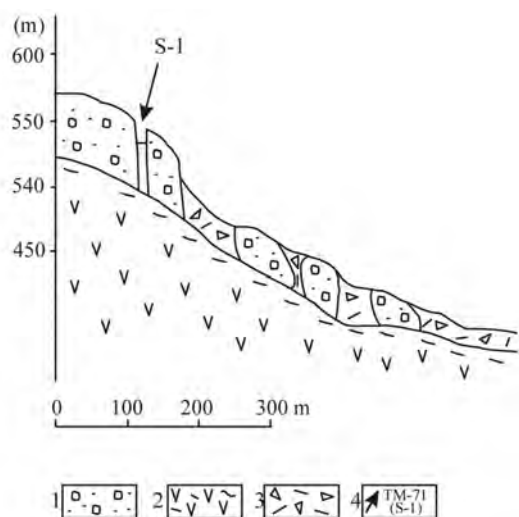
Hlavným cieľom pokračujúcich meraní je prognóza potenciálnych náhlych pohybov, predovšetkým deštrukcie okrajového bloku, ktorý tvorí súčasť prírodnej pamiatky Miličská skala. Na zistenie ďalšieho vývoja plazivého pohybu je potrebné pokračovať v odčítavaní hodnôt na dilatometri s frekvenciou 3 až 4-krát ročne.



### 1.4.33. Lokalita Sokol

#### Stručná charakteristika lokality

Na lokalite Sokol, ktorá sa nachádza na okraji centrálnej vulkanickej zóny stratovulkánu Strechový vrch v doline Bačkovského potoka (východný okraj Slanských vrchov na S od obce Dargov), boli koncom roku 1990 inštalované dva dilatometre TM-71 (S-1 a S-2). Prístroje boli osadené v trhlinách medzi okrajovými blokmi (bloková rozpadlina) budovanými andezitmi lávového prúdu, striedajúcimi sa s autochtónnymi pyroklastikami. Podložie uvedených hornín tvoria propylitizované a silno brekciovité andezity (obr. 4.33.1).



Obr. 4.33.1. 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 2014 a 2015 a ich celkové zhodnotenie

Hodnoty posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 sa v roku 2014 odčítali trikrát, v roku 2015 dvakrát (1x prestavenie – tab. 4.33.1). V oboch rokoch pokračoval aj zber údajov zo zrážkomernej stanice SHMÚ Dargov.

Tab. 4.33.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Sokol v rokoch 2014 a 2015

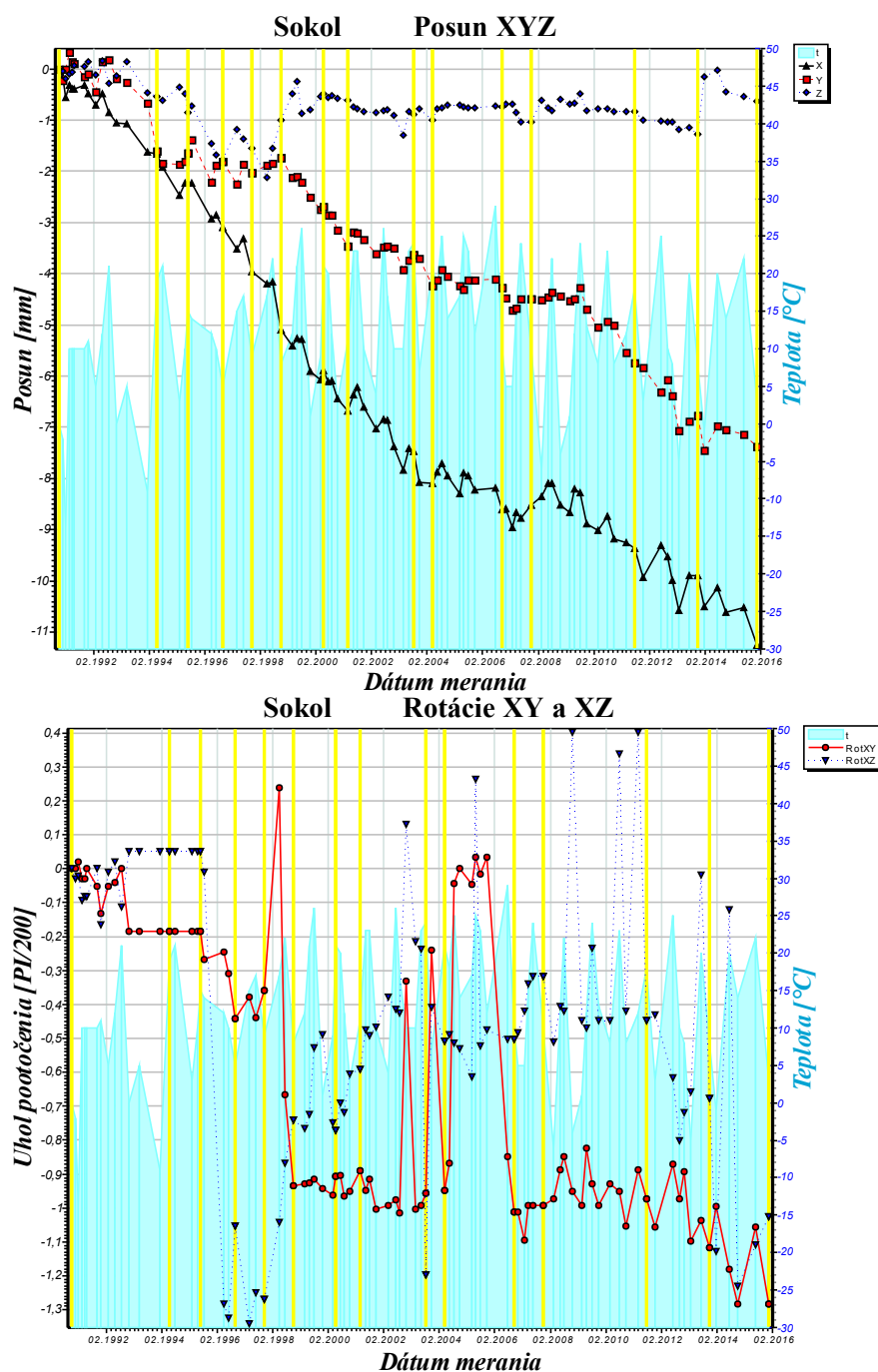
| Metódy monitorovania | Monitorovacie objekty |           | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania)   |
|----------------------|-----------------------|-----------|-------------------------------------------------|
|                      | Počet                 | Označenie |                                                 |
| Dilatometer<br>TM-71 | 1                     | S-1       | 2014 – 3x<br>(22. január, 16. júl, 7. november) |
|                      |                       |           | 2015 – 2x<br>(1. júl, 16. december*)            |

\* – prestavenie prístroja

#### a/ Meranie deformácií dilatometrom

Trend narastania pohybu sa v rokoch 2014 a 2015 preukázal vo všetkých troch meraných smeroch. Pomalý pokles bloku voči masívu (pohyb v smere osi z) v rokoch 2014 a 2015 pokračoval po predošlom protipohybe koncom roku 2013. Jeho veľkosť za 2 roky bola 0,477 mm (v roku 2015 0,192 mm). Pokles sa ustálil na hodnote 0,638 mm. Šmykový posun bloku pozdĺž trhliny (os y) narástol za posledné 2 roky o 0,604 mm (v roku 2015 o 0,335 mm)

a ustálil sa na celkovej hodnote 7,384 mm. Rovnako pokračovalo aj otváranie trhliny (os x), o 0,717 mm v roku 2014 a o 0,637 mm v roku 2015. Celkové otvorenie dosahuje 11,256 mm, čo je 0,450 mm za rok (obr. 4.33.2). Rotácie bloku v oboch rovinách, vodorovnej XY a vertikálnej XZ nepresahuje 1,4 gr.



Obr. 4.33.2 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 2014 dosiahol 612,0 mm a v roku 2015 klesol až o 106,0 mm na 506,0 mm.

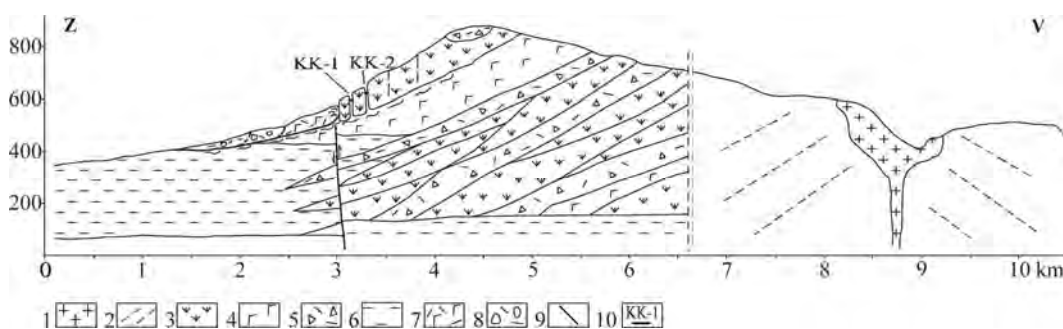
### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

V rokoch 2014 a 2015 po predošlom protipohybe koncom roka 2013 pokračoval pomalý pokles bloku voči masívu (0,477 mm +0,192 mm) a ustálil sa na hodnote (0,638 mm). Dlhodobý trend šmykového posunu bloku pozdĺž trhliny, ako aj jej otváranie pokračovalo v aj v rokoch 2014 a 2015. Celkový šmykový posun dosiahol ku koncu roka 2015 7,384 mm (ročný priemer 0,295 mm), celkové otvorenie trhliny 11,256 mm (ročný priemer 0,450 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.

#### 1.4.34. Lokalita Košický Klečenov

##### Stručná charakteristika lokality

Na lokalite Košický Klečenov, ktorá sa nachádza v okrajovej časti stratovulkánu Strechový vrch (západný okraj Slanských vrchov na S od obce Košický Klečenov), boli v roku 1990 a 1995 inštalované dva dilatometry TM-71. Prvý z nich bol označený KK-1, druhý KK-2. Prístroje sú situované v hlbokých trhlinách na okraji andezitového lávového prúdu, presnejšie v hornej časti rozsiahlej svahovej deformácie, ktorá má charakter blokovej rozpadliny (obr. 4.34.1).



Obr. 4.34.1. 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 2014 a 2015 a ich celkové zhodnotenie

V uvedených rokoch sa na lokalite vykonalo šesť odčítaní deformácií na oboch dilatometroch (KK-1 3-krát v roku 2014 s 2 prestaveniami a 3-krát v roku 2015 s 1 prestavením; KK-2 3-krát v roku 2014 a 3-krát v roku 2015 s 1 prestavením – tab. 4.34.1). V roku 2014 a 2015 pokračoval zber údajov zo zrážkomernej stanice Herľany.

Tab. 4.34.1 Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Košický Klečenov v rokoch 2014 a 2015

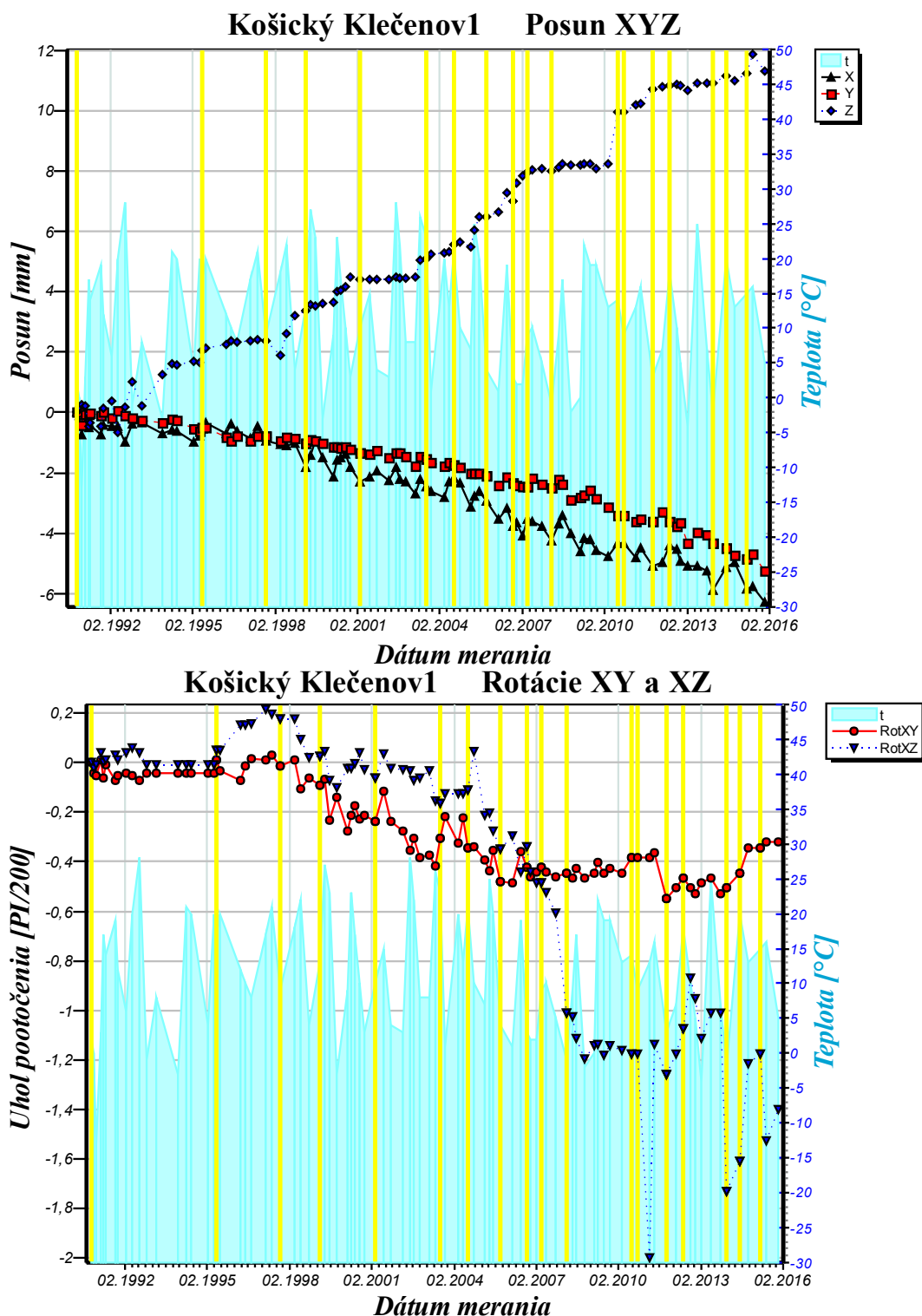
| Metódy monitorovania | Monitorovacie objekty |                 | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania)     |
|----------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------------------------------|
|                      | Počet                 | Označenie       |                                                   |
| Dilatometer TM-71    | 2                     | KK-1<br>(dolný) | 2014 – 3x<br>(22. január*, 16. júl*, 7. november) |
|                      |                       |                 | 2015 – 3x<br>(13. apríl*, 1. júl, 16. december)   |
|                      | 2                     | KK-2<br>(horný) | 2014 – 3x<br>(22. január*, 16. júl*, 7. november) |
|                      |                       |                 | 2015 – 3x<br>(13. apríl*, 1. júl, 16. december)   |

\* – prestavenie prístroja

##### a/ Meranie deformácií dilatometrami

V rokoch 2014 a 2015 prístroj KK-1 (dolný) preukázal pokračujúci trend pohybu spodného (okrajového) bloku v smere všetkých troch osí, avšak s rozdielnou intenzitou (obr. 4.34.2). Najvýraznejším bol šmykový posun pozdĺž spodnej trhliny, ktorý narástol za posledné dva roky o 1,170 mm (v roku 2014 o 0,666 mm) na celkových 5,245 mm. Za rovnaké obdobie sa spodná trhlina rozšírila o 0,946 mm (v roku 2014 oscilácia pohybu) na

celkových 6,291 mm. Pokles bloku za dva roky dosiahol 0,381 mm (v roku 2015 0,304 mm), celkovo 11,306 mm.

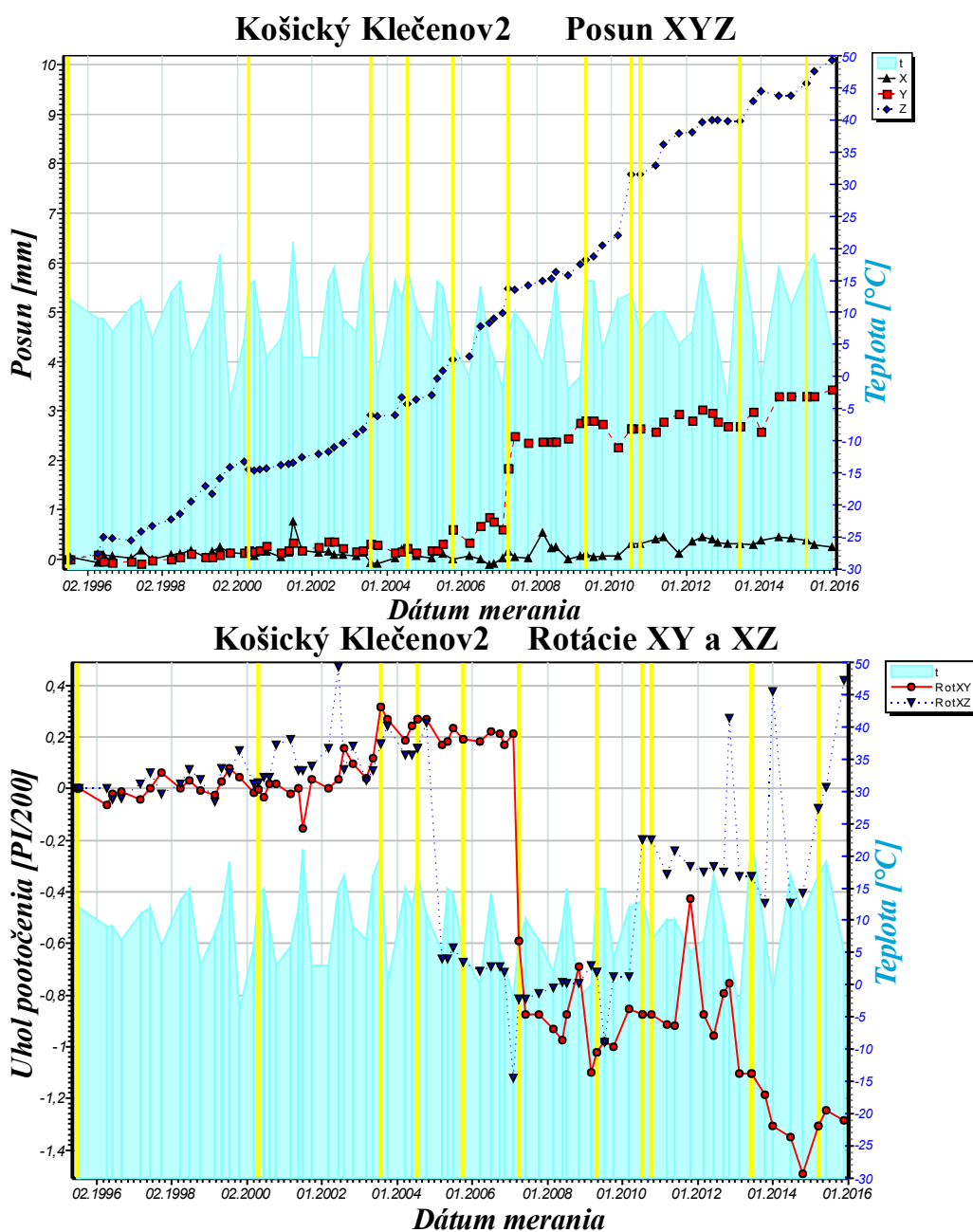


Obr. 4.34.2. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Košický Klečenov (prístroj KK-1). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm), Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v  $\pi/200$  grádov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja



Merania prístrojom KK-2 v posledných dvoch rokoch preukázali významnejší pohyb len v smere osi z (obr. 4.34.3). Pokles vrchného bloku narástol o 0,742 mm (v roku 2015 o 0,644 mm) na celkových 10,020 mm. Priemerná rýchlosť poklesu bloku od roku 1995 je  $0,501 \text{ mm.rok}^{-1}$ . V porovnaní so spodným blokom ( $0,452 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) je to rýchlejší pokles. Rozširovanie trhliny v roku 2014 narástlo o 0,121 mm na celkových 0,414 mm, avšak v roku 2015 sa trhlina zúžila o 0,171 mm a posun sa ustálil na hodnote 0,243 mm.

Z dlhodobého hľadiska obidva prístroje TM-71 (KK-1 a KK-2) preukazujú kontinuálny vertikálny pohyb voči sebe i voči masívu (obr. 4.34.2 a 4.34.3). V absolútnom ponímaní obidva bloky klesajú, vyšší blok však o niečo rýchlejšie. Pri vzájomnom porovnaní sa preto vertikálny pohyb okrajového bloku voči susednému (vyššiemu) javí ako zdvih. Vyšší blok voči masívu celkovo vykazuje stály pokles.



Obr. 4.34.3. Výsledky dlhodobého merania posunu horninových blokov dilatometrom TM-71 na lokalite Košický Klečenov (prístroj KK-2). Hore: graf posunov (posun monitorovaných blokov v smere osí x, y a z v mm), Dolu: graf rotácií (rotácia monitorovaných blokov v rovine xy a xz v  $\pi/200$  grádov). Žltými zvislými čiarami sú vyznačené dátumy prestavenia prístroja

#### b/ Merania zrážkových úhrnov

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Herľany v roku 201č predstavoval hodnotu 759,3 mm a v roku 2015 klesol na 545,5 mm.

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

V prípade spodného bloku bol za posledné dva roky najvýraznejším šmykový posun, ktorý dosiahol 1,17 mm. Celkový šmykový posun od roku 1990 narástol na 5,245 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti  $0,21 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Rozšírenie trhliny v roku 2014 kolísalo, v roku 2015 narástlo o 0,946 mm na celkových 6,291 mm. Najmenej výrazným pohybom bol pokles spodného bloku (v smere osi z), ktorý za posledné dva roky narástol iba o 0,155 mm (z toho v roku 2014 o 0,073 mm). Celkový pokles od roku 1990 už presiahol 1,1 cm (11,002 mm), čo predstavuje priemerne 0,458 mm za rok. Hoci pokles bloku za posledné dva roky narástol iba o 0,381, celkovo dosiahol hodnotu 11,306 mm, čo zodpovedá priemernej rýchlosti  $0,452 \text{ mm.rok}^{-1}$ .

Merania prístrojom KK-2 (monitoruje pohyb horného bloku voči horninovému masívu). V rámci jednotlivých smerov výrazne prevláda pokles, ktorý za posledné dva roky narástol o 0,742 mm (v roku 2015 o 0,644 mm) na celkových 10,020 mm). Blok klesá rýchlosťou  $0,501 \text{ mm.rok}^{-1}$ , t. j. rýchlejšie, než blok spodný. Šmykový posun bloku pozdĺž trhliny narástol za posledné dva roky o 0,434 mm na celkových 3,423 mm, otváranie trhliny stagnovalo, resp. sa trhlina trochu zúžila.

Rotácie oboch blokov neprekročili 2 gr. za celé obdobie monitorovania, t. j. za 25 (KK-1), resp. 20 rokov (KK-2). Spodný blok vykazuje veľmi slabú rotáciu vo vertikálnej rovine (v smere S-J), horný blok v horizontálnej rovine.

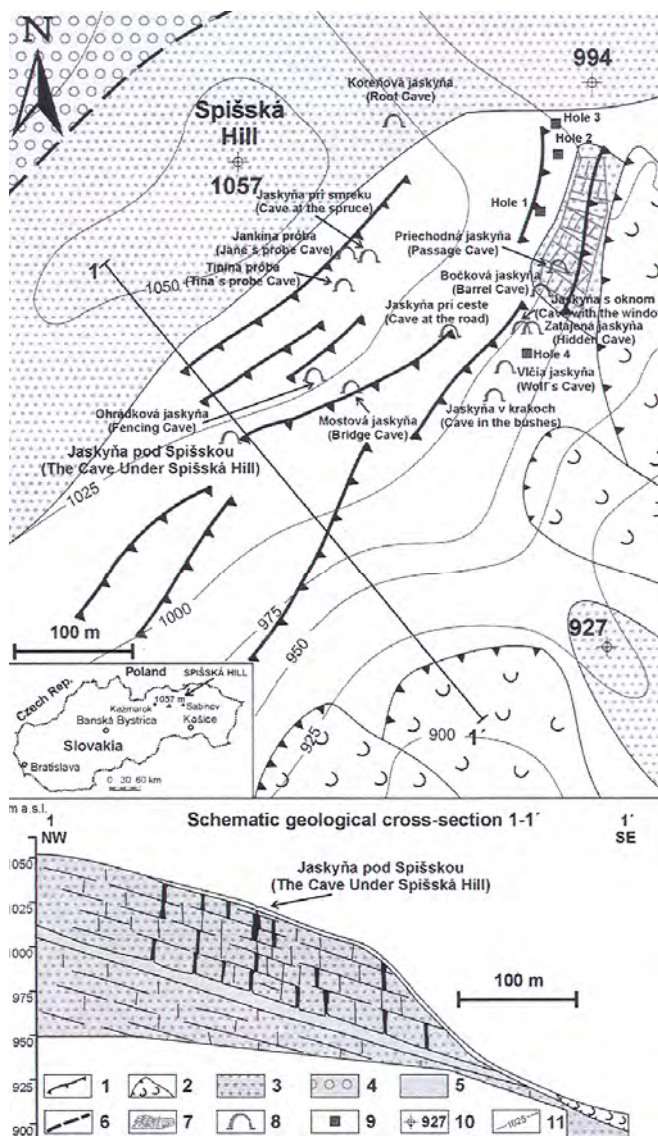
Najpravdepodobnejším vysvetlením recentnej aktivity oboch blokov je kombinovaný vplyv tektoniky (zdvih masívu pozdĺž S-J okrajového zlomu) a plazivého pohybu blokov, ktorý sa prejavuje ich nerovnomerným zabáraním, resp. vytláčaním. Merania v nasledujúcom období (vykonávané aspoň 4-krát ročne) môžu prispieť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

### 1.4.35. 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 pieskovcoch bielopotockého súvrstvia. Hrubé polohy pieskovcov sa tu striedajú s tenkými (cm až dm) polohami ílovcov, miestami zvetraných na íl. Pomalým plazením blokov po vrstevných plochách sa vytvorila jaskynná sieť chodieb (obr. 4.35.1). V hlavnej chodbe severovýchodnej (spišskej) časti jaskyne bol v apríli 2007 inštalovaný jeden dilatometer TM-71.



Obr. 4.35.1. 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 – hrubolavcovitý flyš (pieskovce s tenkými polohami ílovcov), 4 – hrubolavcovitý flyš s konglomerátmi, 5 – predpokladaná poloha tenkolavcovitého flyšu, 6 – predpokladaný zlom, 7 – skalný odkryv, 8 – jaskyňa, 9 – povrchový otvor (prieduch), 10 – bod s udaním nadmorskej výšky, 11 – vrstevnica

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

#### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015 a ich celkové zhodnotenie*

Na lokalite Jaskyňa pod Spišskou sa v roku 2014 aj v roku 2015 uskutočnili tri odčítania hodnôt posunov zaznamenaných prístrojom TM-71 (tab. 4.35.1). V roku 2015 sa pokračovalo v preberaní údajov o mesačných úhrnoch zrážok zo stanice SHMÚ Brezovica nad Torysou.

*Tab. 4.35.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Jaskyňa pod Spišskou v rokoch 2014 a 2015*

| Metódy monitorovania | Monitorovacie objekty |           | Počet uskutočnených meraní<br>(dátum merania) |
|----------------------|-----------------------|-----------|-----------------------------------------------|
|                      | Počet                 | Označenie |                                               |
| Dilatometer TM-71    | 1                     | JS-1      | 2014 – 3x<br>(8. apríl, 9. júl, 29. október)  |
|                      |                       |           | 2015 – 3x<br>(5. máj, 1. júl, 7. september)   |

#### *a/ Meranie deformácií dilatometrami*

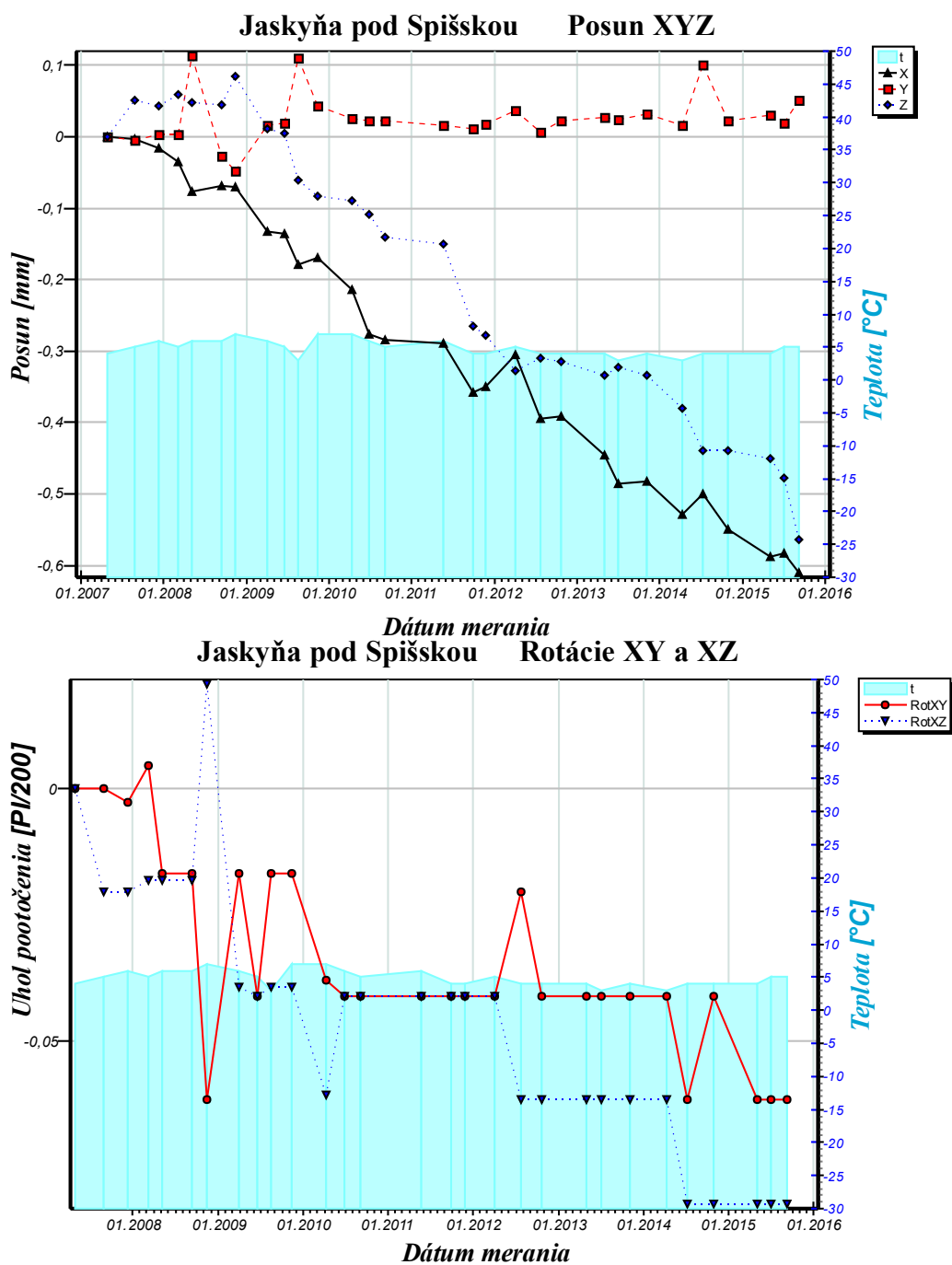
Merania v rokoch 2014 aj 2015 preukázali doterajší trend pohybu v smere osi x (otváranie trhliny) aj v smere osi z (pokles bloku). Otvorenie v roku 2014 vzrástlo o 0,067 mm, v roku 2015 o 0,060 mm a celkových 0,610 mm. Od roku 2007 sa trhlina rozširuje rýchlosťou 0,079 mm.rok<sup>-1</sup>. Celkový pokles ku koncu roka 2014 dosiahol 0,439 mm, ku koncu roka 2015 0,563 mm. Poklesávanie pokračuje rýchlosťou priemerne o 0,070 mm.rok<sup>-1</sup>. Doterajší šmykový pohyb (os y) stagnuje od roku 2010 (na úrovni cca 0,03mm), rotácie bloku nie sú zatiaľ významné (obr. 4.35.2).

#### *b/ Meranie zrážkových úhrnov*

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Brezovica nad Torysou (indikatív 59040) dosiahol v roku 2014 746,4 mm, v roku 2015 klesol na 503,2 mm.

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Napriek pomerne krátkej dobe monitorovania (8 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. 4.35.2. 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)



#### 1.4.36. 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 vybranými metódami fotogrametrie a geodézie pozastavené.

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.36.1.

Tab. 4.36.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Banská Štiavnica v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania        | Monitorovacie objekty |                                                 | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)      |                |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------|
|                             | Počet                 | Označenie                                       | Rok 2014                                        | Rok 2015       |
| Dilatometrické merania:     |                       |                                                 |                                                 |                |
| - Dilatometer Somet         | 5                     | B1, B2, B3, B4, B5                              | 2<br>(7. júl,<br>16. október)                   | 1<br>(16. júl) |
| - Meradlo posuvov           | 4                     | S1, S2, S3, S4                                  | 2<br>(7. júl,<br>16. október)                   | 2<br>(16. júl) |
| Meranie zrážkových úhrnov   | 1                     | Stanica SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 40260) | Mesačné úhrny zrážok                            |                |
| Meranie počtu mrazových dní | 1                     | Stanica SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 11901) | Počet dní s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C |                |

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

###### *a/ Fotogrametrické a geodetické terestrické merania*

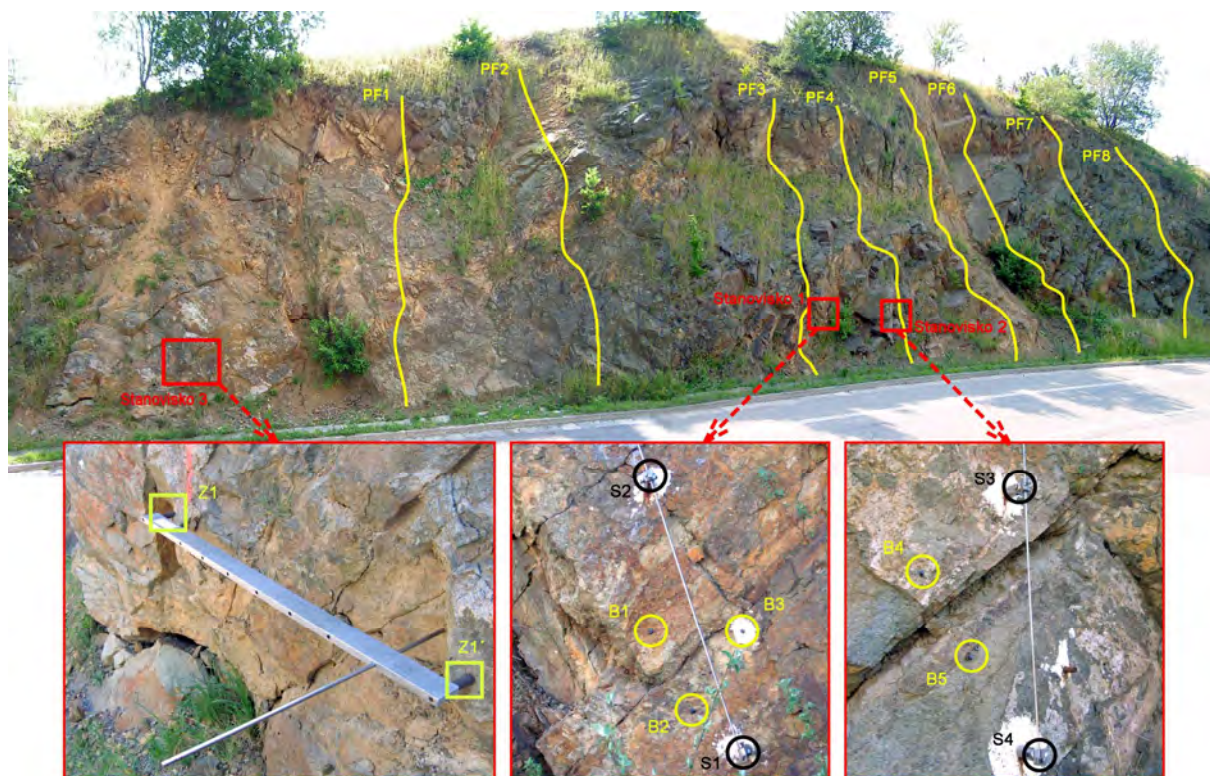
Fotogrametrické a geodetické merania v rokoch 2014 a 2015 neboli realizované. Monitorovanie lokality týmito metódami navrhujeme v ďalších monitorovacích cykloch pozastaviť, resp. znížiť frekvenciu monitorovania na 1x za 5 rokov.

###### *b/ Dilatometrické merania*

###### *b1/ Dilatometer Somet*

Merania sa vykonávajú na dvoch stanovištiach, inštalovaných v južnej časti svahu (horninový blok s nainštalovanými bodmi tretieho stanoviska sa zrútil). Na prvom stanovisku 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  $350^\circ$  a sklonom  $50^\circ$  (obr. 4.36.1).



Obr. 4.36.1. 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).

Stanovište 1: pozorovacie body B1, B2 a B3 pre merania dilatometrom Somet; pozorovacie body S1 a S2 pre merania meradlom posuvov;

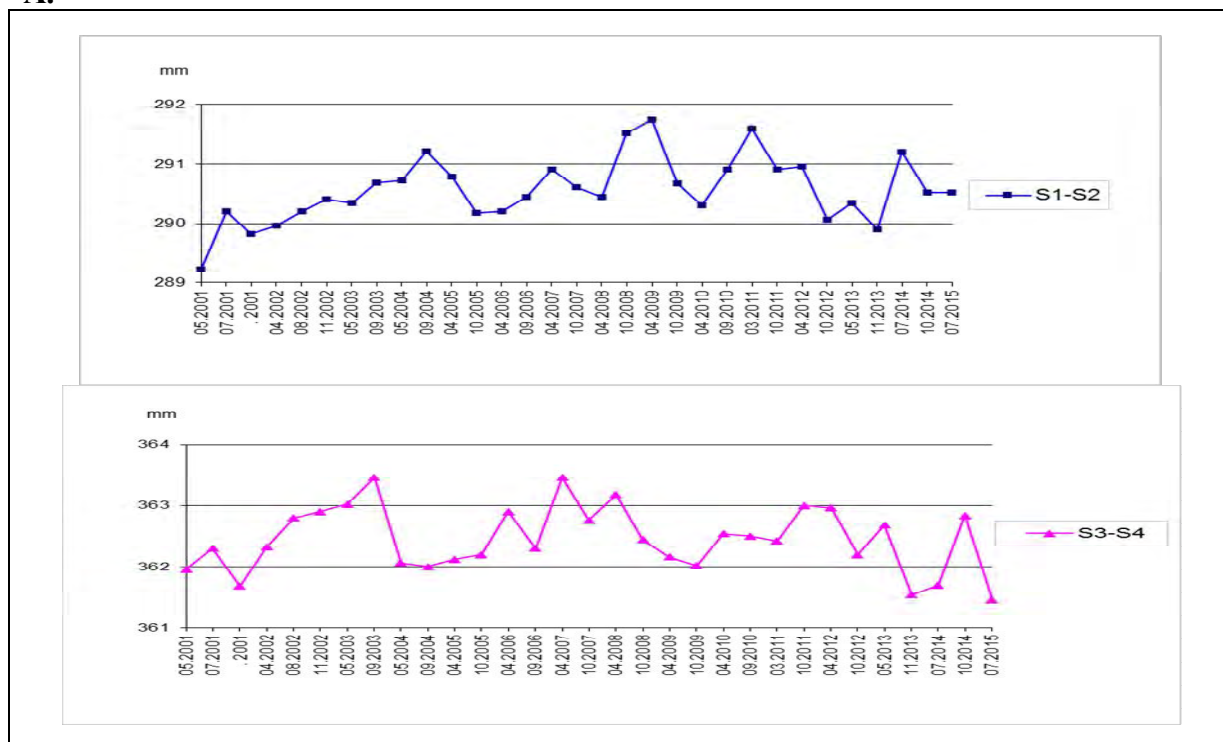
Stanovište 2: pozorovacie body B4 a B5 pre merania dilatometrom Somet; pozorovacie body S3 a S4 pre merania meradlom posuvov;

Stanovište 3: body Z1 a Z1' na upevnenie meradla mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny – po vypadnutí skalného bloku sa od jari 2009 nemeria

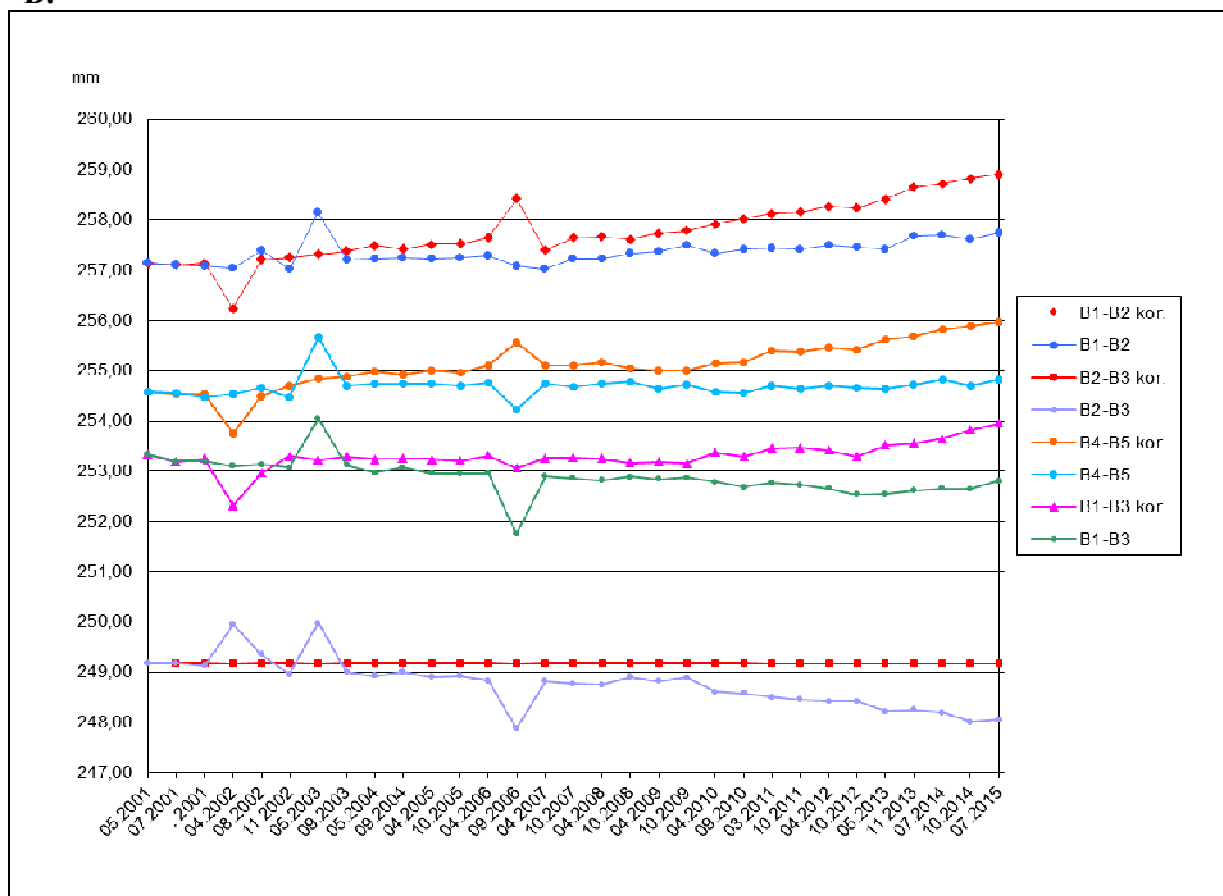
V roku 2015 pokračovalo rozvoľňovanie pozorovaných horninových blokov. Počas ročného cyklu monitorovania (od roku 2014) bolo pozorované rovnomerné rozvoľnenie blokov na oboch stanovištiach. Na stanovišti č. 1 medzi meracími bodmi B1-B2 zmena dĺžky profilu dosiahla  $-0,13$  mm a medzi meracími bodmi B1-B3 dĺžka profilu vzrástla o  $+0,16$  mm. Na stanovišti č. 2 bolo pozorované medzi bodmi B4-B5 rozvoľnenie masívu v rozsahu  $+0,13$  mm. Hodnota korekčného merania, na ktoré slúži profil medzi bodmi B2-B3 (na stanovišti 1), dosiahla v ročnom cykle 2014 – 2015 zmenu  $+0,04$  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.

Vzhľadom na výsledky meraní od počiatku monitorovania v roku 2001 možno konštatovať, že na obidvoch stanovištiach je pozorovaný trend rozvoľňovania skalných blokov (obr. 4.36.1). Na stanovišti č.1 v profile B1-B2 celkové rozvoľnenie pozorovanej diskontinuity v horninovom masíve dosiahlo  $0,6$  mm, v profile B1-B3 je celkové rozvoľnenie od počiatku pozorovania v rozsahu  $0,53$  mm. Na stanovišti č. 2 v profile B4-B5 bola zaznamenaná celková hodnota rozvoľnenia  $0,248$  mm.

A.



B:



Obr. 4.36.1. Výsledky dlhodobého merania posunu blokov na lokalite Banská Štiavnica. A – meradlom posunov, 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)

## b2/ Meradlo posuvov

Meracie body pre aplikáciu meraní meradlom posuvov sú inštalované na rovnakých horninových blokoch, ako body pre meradlo Somet.

Počas roku 2015 bol pozorovaný pohyb horninových blokov na oboch stanoviskách. 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 jarnému meraniu z roku 2014 bol na stanovišti č. 1 zaznamenaný relatívny posun medzi bodmi S1-S2 o 0,68 mm. Meraním relatívnej vzdialenosti medzi bodmi S3-S4 (stanovisko 2) bol zistený od jari 2014 posun o 0,24 mm. Z dlhodobého hľadiska možno na oboch stanovištiach pozorovať veľmi nevýrazný trend rozširovania puklín (obr. 4.36.1). Z dôvodu citlivosti prístroja na chyby merania je výsledky tejto metódy vhodné vyhodnocovať predovšetkým z dlhodobého hľadiska ako vývoj trendu pohybov.

## c/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Banská Štiavnica (indikatív 40260) v roku 2014 dosiahol hodnotu 901,2 mm, v roku 2015 klesol (až o 174,2 mm) na hodnotu 742,9 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 2013/2014 predstavoval 70 dní (63,35 % dlhodobého priemeru) a v zime 2014/2015 96 dní (86,88 % dlhodobého priemeru).

## *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Fotogrametrické a terestrické geodetické merania poskytujú lepšiu detekciu nestabilných častí, čím prispievajú k zefektívneniu monitoringu, v rokoch 2014 a 2015 neboli realizované.

Dilatometrickými meraniami bolo zaznamenané pomalé rozvoľňovanie horninových blokov. Pri meraniach meradlom Somet bola maximálna hodnota zaznamenaná medzi bodmi B1 a B3 (medzi jarným meraním 2014 a meraním na jar v roku 2015). 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 od nasledujúceho monitorovacieho cyklu a pohyb blokov pozorovať len dilatometrom Somet.

Vzhľadom na skutočnosť, že stále pretrváva hrozba uvoľnenia horninových blokov, a tým aj ohrozenia premávky na frekventovanej komunikácii, je potrebné pokračovať v monitorovacích pozorovaniach i v budúcnosti. Navrhujeme naďalej na monitorovanie využívať aj metódy pozemnej fotogrametrie so znížením frekvencie meraní 1x za 5 rokov.



#### 1.4.37. 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 stanovisko 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. 4.37.1), 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. 4.37.1. Situovanie meradla mikromorfologických zmien povrchu horniny na skalnej stene oproti katastrofálnemu handlovskému zosuvu (lokalita Handlová-Baňa)

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015*

Posledné realizované meranie mikromorfologických zmien bolo na jednotlivých lokalitách v roku 2014.

Tab. 4.37.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Baňa v rokoch 2014 a 2015

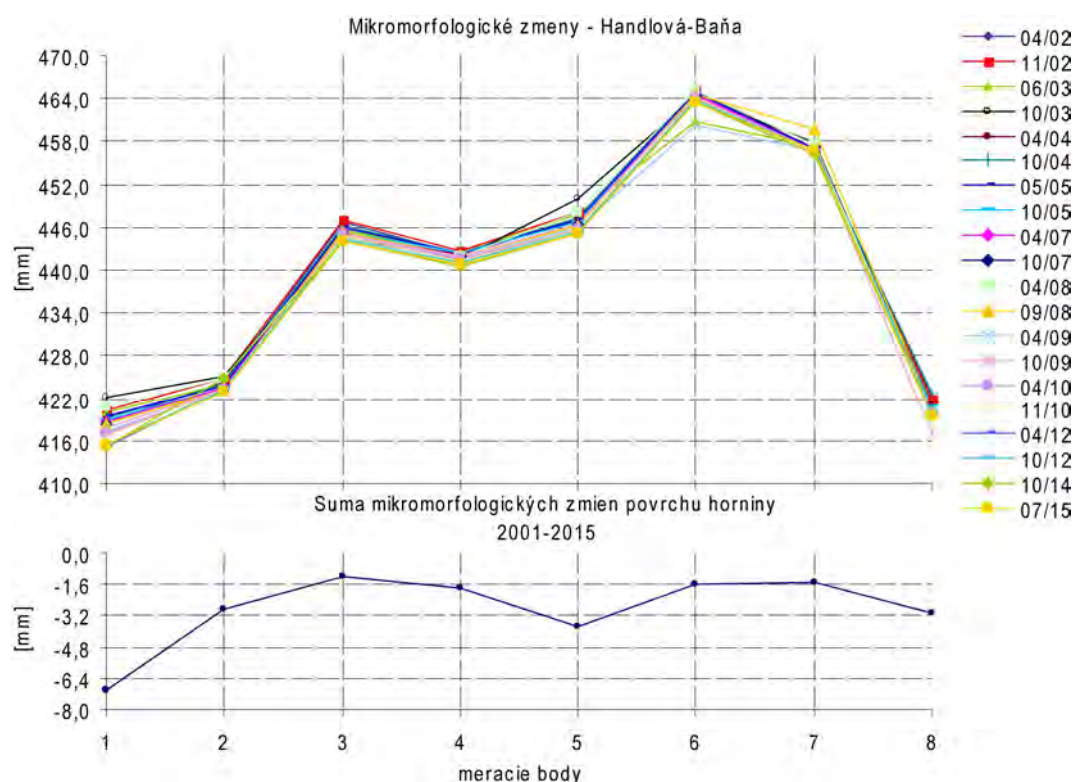
| Metódy monitorovania                         | Monitorovacie objekty |                                         | Počet uskutočnených meraní (dátum merania) |                      |
|----------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|
|                                              | Počet                 | Označenie                               | Rok 2014                                   | Rok 2015             |
| Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ) | 8                     | 1<br>Stanovište MZ                      | 1<br>(27. október)                         | 1<br>(23. september) |
| Meranie zrážkových úhrnov                    | 1                     | Stanica SHMÚ Handlová (indikatív 30080) | Denné úhrny zrážok                         |                      |



## Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania

### a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania boli v roku 2014 realizované 27. októbra a v roku 2015 23. septembra. 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) -1,94 mm za obdobie jeseň 2014 až jeseň 2015 (obr. 4.37.2). Už v predchádzajúcej správe za rok 2014 sme avizovali stav vyvetrania väčšieho fragmentu a teraz došlo k jeho vypadnutiu zo steny. Celkový priemerný ročný úbytok dosiahol -0,09 mm. Priemerný úbytok za celé monitorované obdobie (14 rokov) predstavuje -2,85 mm. Z obr. 4.37.2 vyplýva, že v rámci celého sledovaného profilu je ústup masívu relatívne rovnomerný, iba v bode 1 dosiahol ústup masívu hodnotu -7,00 mm a v bode 5 hodnotu -3,80 mm.



Obr. 4.37.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2001 – 2015) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Handlová-Baňa (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 2001 – 2015)

### 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

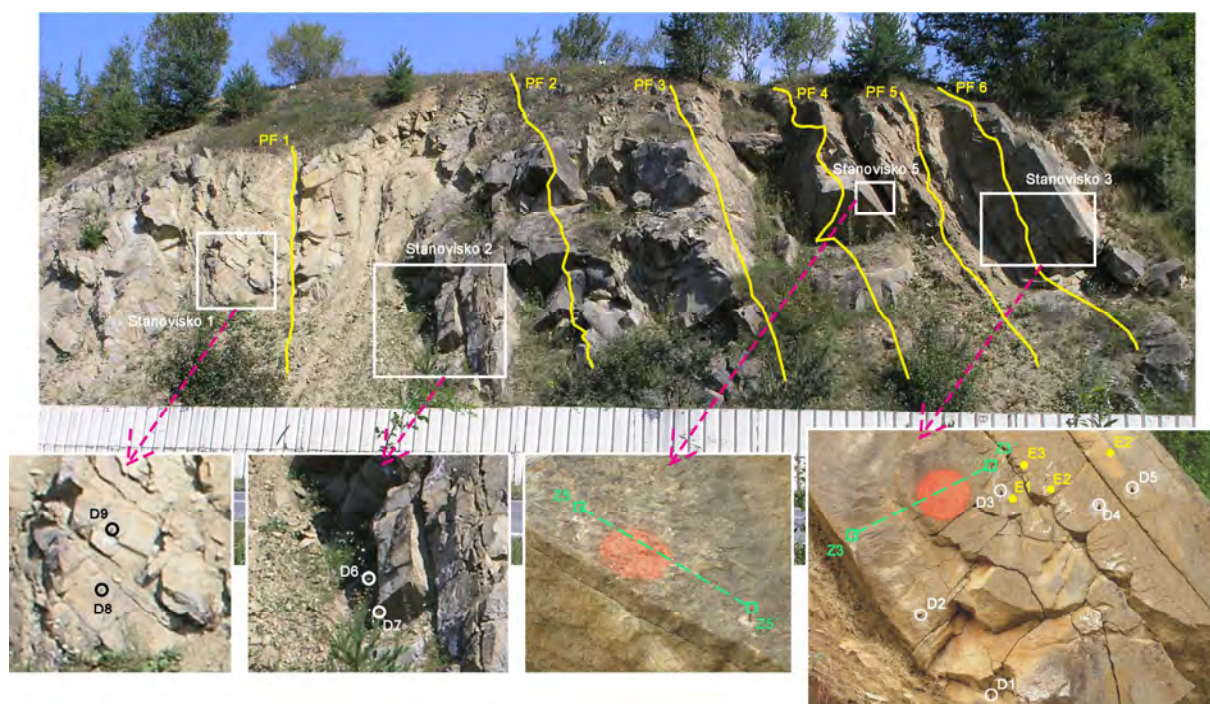
Výraznejší úbytok materiálu bol zaznamenaný v roku 2015 na ľavom okraji meraného profilu, v dôsledku čoho došlo k zmene jeho konfigurácie. Aj keď uvedený odkryv bezprostredne neohrozuje žiadny objekt infraštruktúry, odporúčame pokračovať v hodnotení zvetrávania a rozvoľňovania, keďže ide o jedinú lokalitu tufov, pozorovanú v rámci monitoringu. Najbližšie meranie mikromorfologických zmien, na základe ktorého bude možné posúdiť ďalší vývoj procesu zvetrávania, bude realizované v roku 2016.

### 1.4.38. Lokalita Demjata

#### *Stručná charakteristika lokality*

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

Monitorovacie pozorovania, sústredené na južnú časť východnej steny zárezu, sa na lokalite vykonávajú 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. 4.38.1). Podrobnejšie informácie o lokalite sú súčasťou správ z predchádzajúceho obdobia (napr. Iglárová et al., 2011).



Obr. 4.38.1. 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 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.38.1.

Tab. 4.38.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Demjata v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                                               | Monitorovacie objekty |                                                            | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)      |                    |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
|                                                                    | Počet                 | Označenie                                                  | Rok 2014                                        | Rok 2015           |
| Fotogrametrické merania:<br>- Metóda pozemnej stereofotogrametrie; | 6                     | PF1 až PF6                                                 | 1<br>(10. november)                             |                    |
| - Terestrické laserové skenovanie                                  | 1<br>6                | Celá plocha skalného zárezu,<br>Vybrané bloky              | 1<br>(10. november)                             |                    |
| Dilatometrické merania:<br>- Dilatometer Somet                     | 6                     | E1, E2, E3, E2',<br>E4, E5                                 | 1<br>(10.júl)                                   | 1<br>(7.október)   |
| - Meradlo posuvov                                                  | 7                     | D1, D2, D3, D4, D5,<br>D8, D9a                             | 1<br>(10.júl)                                   | 1<br>(7.október)   |
| Mikromorfologické zmeny povrchu horniny (MZ)                       | 16                    | 2<br>stanovištia MZ                                        | 2<br>(5. jún,<br>4. november)                   | 1<br>(28. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov                                          | 1                     | Stanica SHMÚ<br>Kapušany (59220)                           | Mesačné úhrny zrážok                            |                    |
| Meranie počtu mrazových dní                                        | 2                     | Stanice SHMÚ<br>Bardejov (11962),<br>Prešov-vojsko (11955) | Počet dní s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C |                    |

*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

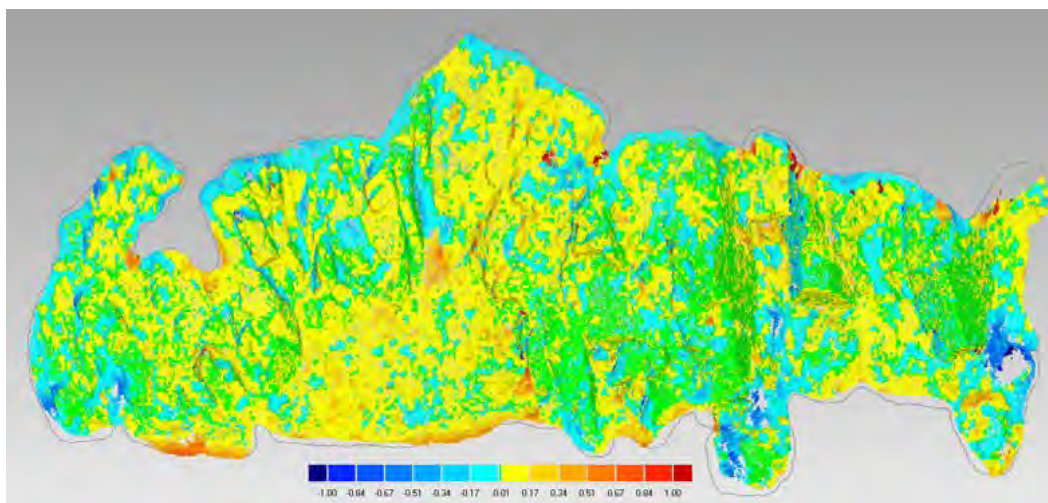
V roku 2015 fotogrametrické meranie na lokalite nebolo realizované. Frekvencia fotogrametrických meraní je stanovená 1x za 2 roky. Vzhľadom rozsah monitorovaných lokalít v podsystéme 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie a s tým spojených nárokov na využitie finančných prostriedkov, navrhujeme merania touto metódou pozastaviť.

#### a/ Fotogrametrické merania

V roku 2014 boli realizované fotogrametrické merania metódou obrazového skenovania. Referencovanie fotogrametrických meraní bolo vykonané geodetickým meraním vlíčovacích bodov s presnosťou 2 mm (univerzálna meracia stanica Leica TS30). Samotné fotogrametrické merania vygenerovali vo výstupe mračno bodov o počte 10 000 000, čo predstavuje na danej lokalite vzorkovací krok približne 5 mm. Presnosť metódy obrazového skenovania v tomto prípade dosahuje hodnotu 5 mm (obr. 4.38.2). Zárez postupne zarastá vegetáciou, čo má vplyv na objektívne pozorovanie (obr. 4.38.2 – červené – pribúdanie materiálu, modré – ubúdanie materiálu).

Na snímkovanie bola použitá strednoformátová kamera Mamyia 645AF s digitálnou stenou Leaf Aptus II-7 a objektívom Phase One f45. Spracovateľský softvér – Agisoft PhotoScan Professional.





Obr. 4.38.2. Lokalita Demjata – rozdielová mapa (porovnávaci model za obdobie 2012 – 2014 v smere kolmom na zárez) na monitorovanom úseku zárezu cesty pri Demjate. zelená farba – zmeny v intervale  $\pm 5$  mm, modrá farba – úbytok materiálu do 0,5 m, červená farba – prírastok materiálu

Výsledky porovnania etapových meraní:

- hlavné veľké bloky na pravej strane sú z pohľadu štatistického hodnotenia stabilné, nevykazujú významné zmeny (museli by dosiahnuť hodnoty väčšie ako 10 mm),
- ľavá časť zárezu má tendenciu pohybu k ceste, nie je to však stále dostatočne štatisticky preukázateľné (zelená farba),
- erózne ryhy sa prehĺbujú, následkom čoho je pribúdanie erodovaného materiálu pod nimi,

b/ Dilatometrické merania

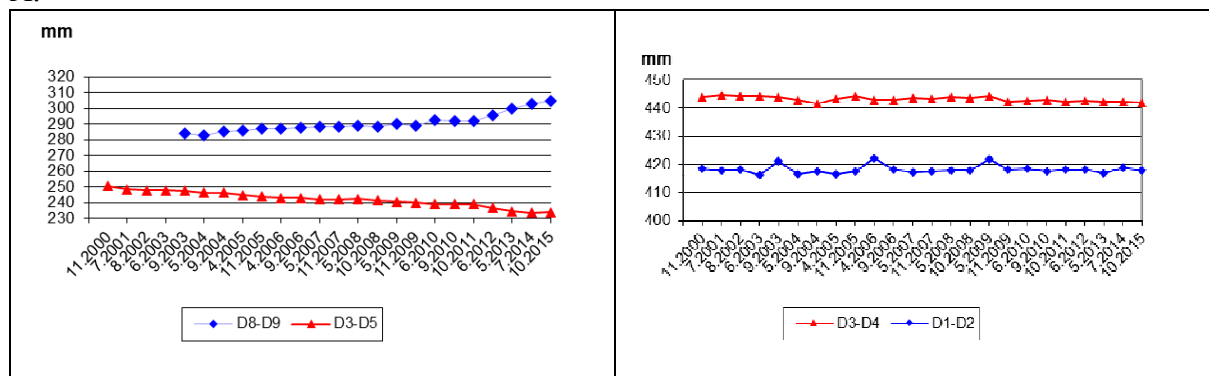
b1/ Dilatometer Somet

Merania sa vykonávajú na stanovišti č. 3 (obr. 4.38.1), 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.

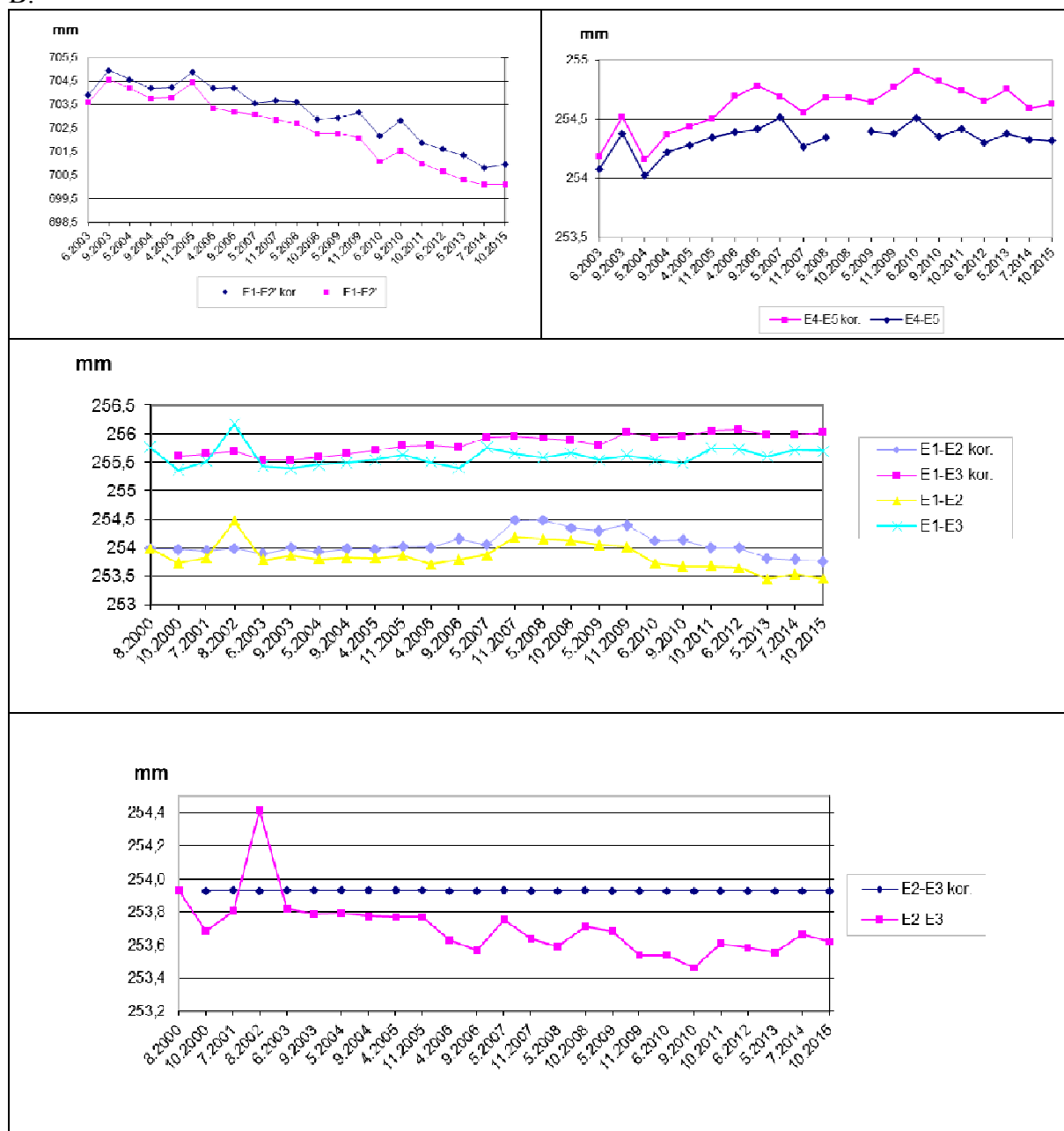
Pokračovanie pohybov skalných lavíc v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu bolo zistené aj v roku 2015. Zaznamenaný pohyb uvoľneného horninového bloku v podloží okrajovej lavice na profile E1 – E2 veľkosti 0,078 mm, profil E1 – E3 vykázal posun 0,013 mm. Samotná okrajová lavica (profil E1 – E2') sa v monitorovacom cykle roku 2015 posunula nepatrne o 0,013 mm. Naopak v predchádzajúcom ročnom monitorovacom cykle 2014 bola zaznamenaná najväčšia zmena medzi meraniami v profile E1 – E2' s hodnotou 0,21 mm. Pohyb horninového bloku v podloží tejto okrajovej lavice, monitorovaný bodmi E1 – E2 a E1 – E3, vykázal v priebehu roku 2014 spomalenie (na profile E1 – E2 bol zaznamenaný posun 0,08 mm a na profile E1 – E3 posun 0,11 mm).

Merania realizované v protiľahlej strane zárezu na profile E4 – E5 (stanovište č. 4) v roku 2015 zaznamenali nepatrne šírky diskontinuity – jej zúženie o 0,01 mm, v predchádzajúcom roku o 0,05 mm. Z dlhodobého hľadiska pravdepodobne odrážajú reakciu masívu na teplotné zmeny počas monitorovacieho cyklu (obr. 4.38.3).

A:



B:



Obr. 4.38.3. 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)



## b2/ 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. 4.38.3). 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 2015 bola pozorovaná stagnácia posunov na stanovišti č. 3 s nepatrnou zmenou šírky meraných profilov. Medzi bodmi D3 – D5, ktoré kontrolujú posuny okrajovej lavice stanovišťa 3 bol zaznamenaný posun (zúženie) o 0,32 mm, oproti roku 2014, kedy bolo pozorované rozvoľnenie +1,1 mm. Meranie profilu medzi bodmi D3 – D4, ktorý zaznamenáva pohyb horninového bloku v podloží okrajovej lavice, dokumentovalo posun (rozvoľnenie) o 0,58 mm v ročnom monitorovacom cykle 2015 v roku 2014 bolo zaznamenané zúženie o 0,2 mm. Na stanovišti č. 1 pretrváva nezvratný trend uvoľňovania skalného bloku, ohrozenie cestnej premávky však nepredpokladáme. Rozvoľňovanie diskontinuity medzi bodmi D8 – D9 pokračovalo aj v roku 2015 s podobnou intenzitou ako v roku 2014. Zaznamenané bolo rozšírenie diskontinuity o 2,12 mm, v predchádzajúcom roku sa puklina rozšírila o 2,78 mm (obr. 4.38.3).

## 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. 4.38.1).

Meraniami bolo v profile 3 zaznamenané celkové priemerné „pribúdanie“ materiálu (za 8 rokov monitoringu) v masíve +0,09 mm a v profile 5 +0,56 mm (obr. 4.38.4). V porovnaní s meraním 2014 bolo v profile 3 zaznamenané priemerné „pribúdanie“ materiálu +0,01 mm a v profile 5 +0,56 mm. Rozpínanie masívu zrejme signalizuje vypadnutie väčšieho fragmentu v nadchádzajúcom období, najmä v pravej polovici profilu. Najbližšie meranie, ktorým sa overí úbytok materiálu v pozorovanom profile, je plánované na rok 2016.

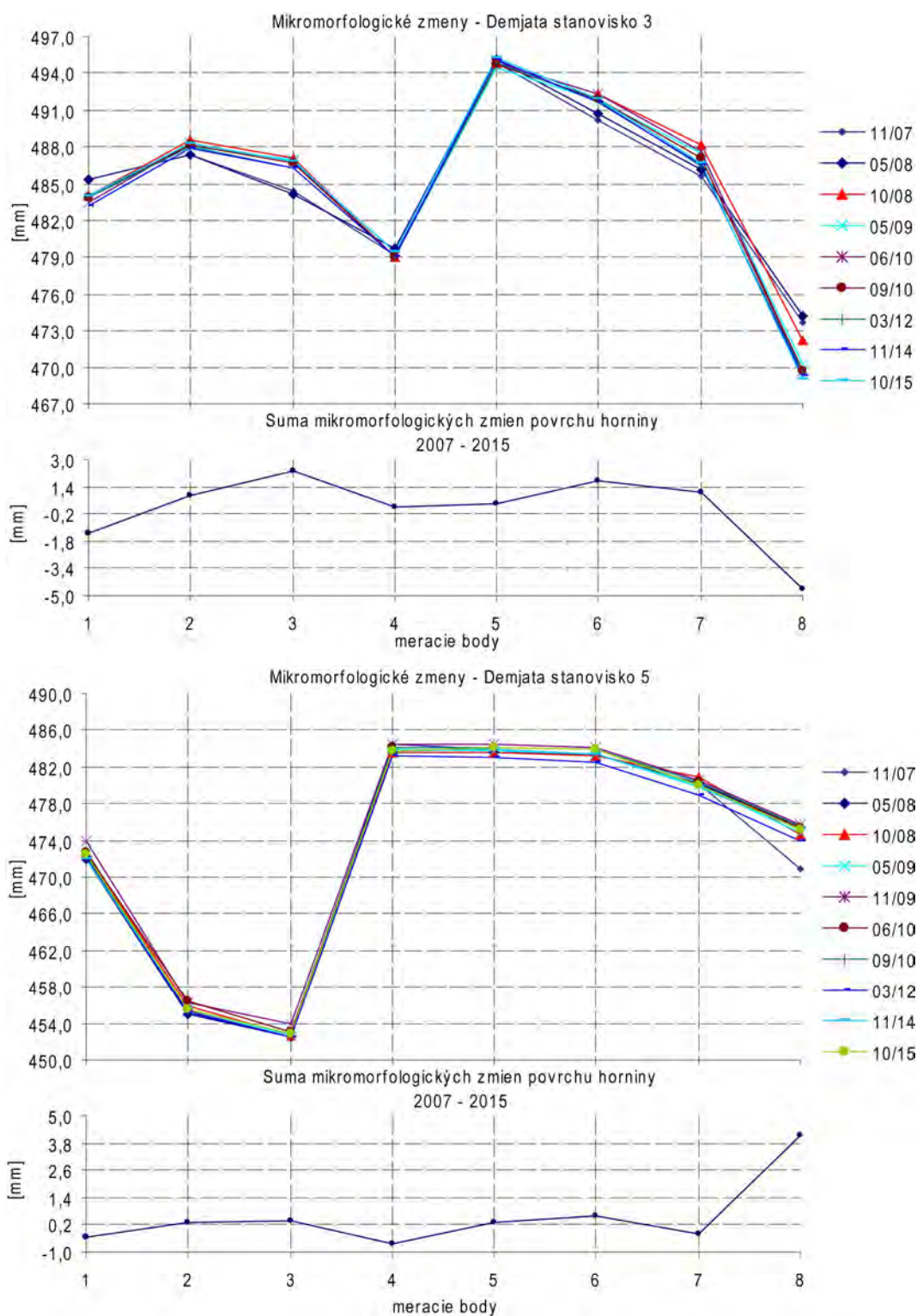
## d/ Merania zrážkových úhrnov a počtu mrazových dní

Zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Kapušany (indikatív 59220) v roku 2014 dosiahol hodnotu 781,6 mm. V roku 2015 bol nameraný úhrn zrážok s hodnotou 519,7 mm.

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

Počet mrazových dní v zime 2013/2014 bol 81 dní, t. j. 71,37 % dlhodobého priemeru na stanici Bardejov a 87 dní, t. j. 72,42 % dlhodobého priemeru na stanici Prešov-vojsko.

V zime 2014/2015 bol počet mrazových dní na stanici Bardejov 100 (88,11 % dlhodobého priemeru) a na stanici Prešov-vojsko 102 dní (84,91 % dlhodobého priemeru).



Obr. 4.38.4. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2007 – 2015) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Demjata

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Selektívne zvetrávanie a rozvolňovanie 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 rozvolňovanie 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.

Geodetické a fotogrametrické merania sú schopné detegovať absolútne zmeny na úrovni 5 mm a viac. Pre určenie absolútnych zmien v presnosti 1 mm geodetickými metódami by bolo potrebné vybudovať observačnú sieť stabilizovanú piliermi a vybavenú náročným prístrojovým vybavením. Druhou možnosťou je využitie radarových meraní s presnosťou 0,1 mm, čo ale podobne vyžaduje stabilizáciu prístroja, signalizáciu vlícovacích bodov a náročné technické vybavenie (rádovo 100 000,- €). Z tohto pohľadu sa nejaví optimálne pokračovať v tomto type meraní. Absolútne zmeny odporúčame pozorovať geodeticky v intervale 1 meranie za 5 rokov na pevne stabilizovaných pozorovaných a vzťažných bodoch s možnosťou umiestnenia odrazového hranola.

Naopak, meranie relatívnych zmien fotogrametrickými metódami umožňuje zachytiť relatívne 1D alebo 2D pohyby (podobne ako dilatometre) na úrovni 0,05 mm, a to vďaka bezdotykovému princípu merania.

Z vyššie uvedeného sa ako efektívna voľba javí zotrvať aj v roku 2015 pri relatívnom pozorovaní zmien v rámci masívu, a to predovšetkým dilatometriou, doplnenou o informácie meraní mikromorfologických zmien skalnej steny, a novo navrhnutou fotogrametrickou metodikou, ktorá by monitorovala relatívne zmeny v rámci masívu.

#### **1.4.39. 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. 4.39.1), podliehajúcich intenzívnemu zvetrávaniu a potenciálne znižovanie stability skalnej steny, sa pravidelne pomocou meradla mikromorfologických zmien monitoruje rýchlosť zvetrávacích procesov.



Obr. 4.39.1. Umiestnenie stanovišťa na meranie mikromorfologických zmien povrchu odkrytého zárezu štátnej cesty – lokalita Starina (foto L. Petro, 2009)



### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015*

Mikromorfologické merania sa realizovali raz ročne. V rokoch 2014 a 2015 bol zabezpečený zber klimatických ukazovateľov (tab. 4.39.1).

*Tab. 4.39.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Starina v rokoch 2014 a 2015*

| Metódy monitorovania                    | Monitorovacie objekty |                                                      | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)      |                    |
|-----------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
|                                         | Počet                 | Označenie                                            | Rok 2014                                        | Rok 2015           |
| Mikromorfologické zmeny povrchu horniny | 8                     | 1 stanovište MZ                                      | 1<br>(10. júl)                                  | 1<br>(28. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov               | 1                     | Stanica SHMÚ Starina (indikatív 43320)               | Denné úhrny zrážok                              |                    |
| Meranie počtu mrazových dní             | 1                     | Stanica SHMÚ Kamenica nad Cirochou (indikatív 11993) | Počet dní s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C |                    |

### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

#### *a/ Merania mikromorfologických zmien*

V roku 2015 sa uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu pomocou meradla mikromorfologických zmien. V porovnaní s rokom 2014 bola v profile zaznamenaná veľmi výrazná zmena v celej konfigurácii meraného profilu. Priemerný úbytok za obdobie 15 mesiacov bol -8,655 mm. V ílovcových polohách bol zaznamenaný výrazný ústup masívu – bod 6 -32,28, bod 7 zhodne -7,34. Priemerný úbytok za celé sledované obdobie (20 rokov) dosiahol -32,41 mm, pričom najväčšia hodnota úbytku bola pozorovaná v ílovcovej polohe v bode 6, t.j. -105,72 mm, v bode 7, t.j. -92,52 mm, v bode 3 -56,68 (obr. 4.39.2). Táto skutočnosť indikuje akcelerované zvetrávanie cestného zárezu v ílovcových členoch. Pieskovcové polohy vykazujú za sledované obdobie 20 rokov úbytok materiálu približne -2 mm.

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

Podľa meraní na stanici SHMÚ Starina (indikatív 43320) zrážkový úhrn za rok 2014 predstavoval 805,2 mm a v roku 2015 jeho hodnota klesla na 604,3 mm.

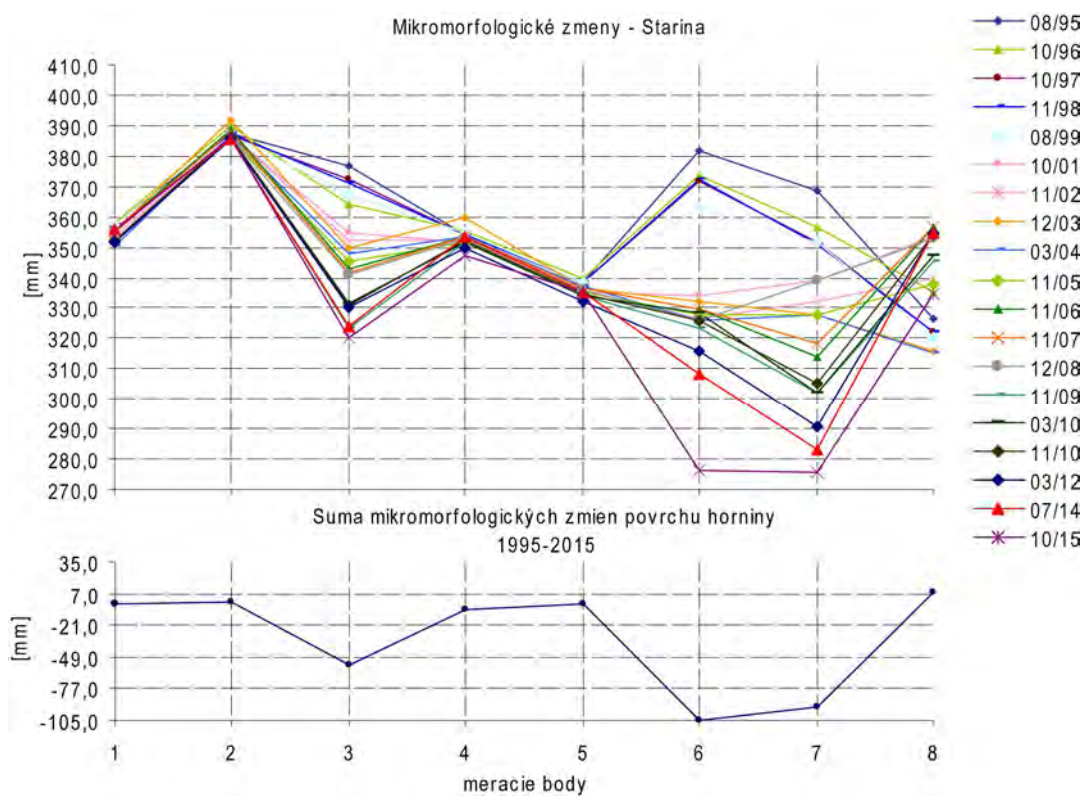
Merania počtu mrazových dní (s minimálnou teplotou nižšou ako 0°C) na stanici Kamenica nad Cirochou (indikatív 11993) preukázali v zime 2013/2014 celkovo 75 mrazových dní a v zime 2014/2015 ich počet stúpol na 102 dní.

### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Nestabilné prostredie skalných a poloskalných hornín, vystupujúcich v cestnom záreze, podmieňuje potrebu monitorovania vývoja procesov zvetrávania s prognózou stabilitného 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 2016.





Obr. 4.39.2. Výsledky dlhodobého merania (1995 – 2015) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Starina (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny 1995 – 2015)

#### **1.4.40. 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 stanovišká, na ktorých boli inštalované pozorovacie body pre merania dilatometrom Somet.

Na stanoviisku, 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  $52^\circ$  a sklonom  $70^\circ$ . Na povrchu skalnej steny je diskontinuita otvorená v rozsahu od 3 do 15 cm, smerom do hĺbky masívu sa postupne zatvára (obr. 4.40.1).



Obr. 4.40.1. 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  $282^\circ$  a sklonom  $87^\circ$  (obr. 4.40.2).



Obr. 4.40.2. Umiestnenie pozorovacích bodov R14 a R15 (Stanovište 2) pre merania dilatometrom Somet na lokalite Pod večným dažďom (Slovenský raj)

#### Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015

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 2014 a 2015, sú zhrnuté v tab. 4.40.1.

Tab. 4.40.1 Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Slovenský raj – Pod večným dažďom v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                           | Monitorovacie objekty |                                        | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)      |                   |
|------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|
|                                                | Počet                 | Označenie                              | Rok 2014                                        | Rok 2015          |
| Dilatometrické merania<br>Dilatometer<br>Somet | 3                     | R11, R12, R13<br>(stanovisko 1)        | 1<br>(28. október)                              | 1<br>(6. október) |
|                                                | 2                     | R14, R15<br>(stanovisko 2)             | 1<br>(28. október)                              | 1<br>(6. október) |
| Meranie zrážkových úhrnov                      | 1                     | Stanica SHMÚ<br>Hrabušice (56100)      | Mesačné úhrny zrážok                            |                   |
| Meranie počtu mrazových dní                    | 2                     | Stanica SHMÚ<br>Spišské Vlachy (11949) | Počet dní s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C |                   |

### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

#### *a/ Dilatometrické merania*

Merania realizované v roku 2015 na oboch stanoviskách zaznamenali len nepatrný posun (obr. 4.40.3). Z etapového merania na stanovišti č. 1 v spodnej časti skalného bloku vyplýva, že v roku 2015 namerané rozdiely medzi etapami v profile bodov R11 a R12 dosiahli 0,11 mm, pričom v roku 2014 nedošlo prakticky k žiadnemu posuvu horninového bloku (0,027 mm), zmena relatívnej vzdialenosti medzi bodmi R11 a R13 bola v roku 2015 0,068 mm, ešte menšia bola v roku 2014 (0,008 mm). Na druhom stanovišti (body R14 a R15) bol zaznamenaný v roku 2015 posun 0,18 mm, na základe vykonaného merania možno taktiež konštatovať stabilný stav pozorovaných blokov. Predpokladáme, že pozorované zmeny šírky diskontinuít vplývajú predovšetkým zmeny teplotných pomerov, na čo poukazujú aj zmeny šírky profilu R12 – R13 skonštruovaného na jednom samostatnom neporušenom bloku stanovišťa č.1. Celkový posun od počiatku meraní na oboch stanoviskách dosiahol najviac 0,24 mm.

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

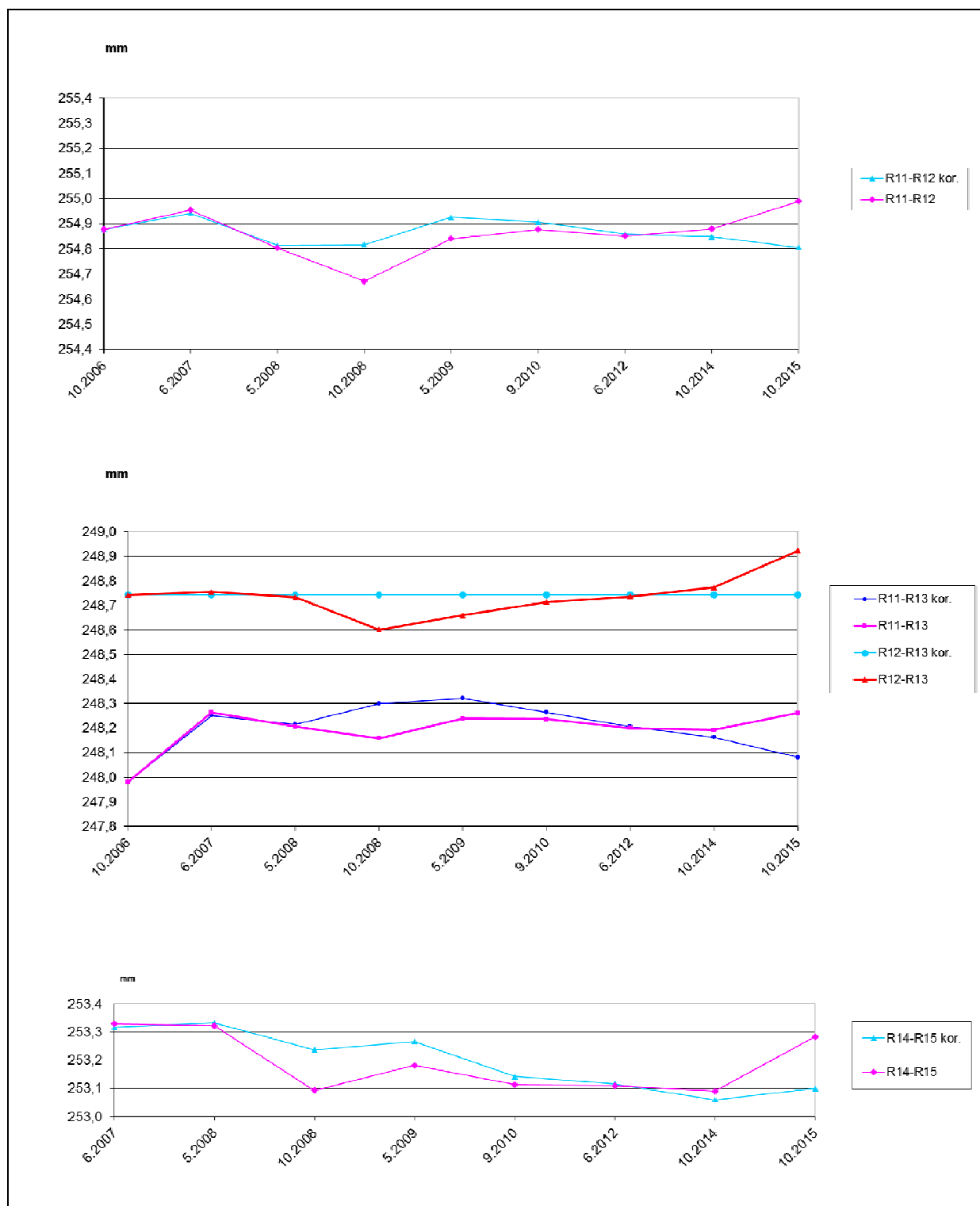
Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Hrabušice (indikatív 56100) v roku 2014 dosiahol 770,9 mm a v roku 2015 hodnotu 496,0 mm, čo je pokles o 274,9 mm.

Počet mrazových dní, zaznamenaných na stanici SHMÚ Spišské Vlachy (indikatív 11949) bol v zime 2013/2014 102 dní a v zime 2014/2015 klesol na 123 dní, čo je o 21 mrazových dní menej.

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Dilatometrické merania na lokalite nevykazujú podstatné zmeny šírky pozorovaných diskontinuít, zhodnotenie trendov pohybu je vzhľadom na nízku frekvenciu meraní vhodné po dlhšom čase monitorovania. V prípade zistenia významnejších posunov v ďalších cykloch monitorovania skalných blokov je potrebné informovať orgány miestnej samosprávy a Správu Národného parku.





Obr. 4.40.3. Výsledky merania posunu 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)



#### **1.4.41. 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. 4.41.1). 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 prikrovu. Celý odkryv je prestúpený hustou sieťou puklín, prevažne uzavretých a bez výplne, pozdĺž ktorých sa nachádzajú hrdzavé povlaky oxidov železa.



*Obr. 4.41.1. Umiestnenie stanoviska na meranie mikromorfologických zmien povrchu odkrytého zárezu železnice pri obci Jakub. Červenou líniou je zvýraznené stanovisko umiestnenia meradla morfológických zmien*

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015*

V roku 2015 sme realizovali jedno meranie, v roku 2014 dve merania. Pokračoval zber údajov o zrážkových úhrnoch a teplote vzduchu – počet mrazových dní. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite v rokoch 2014 a 2015 je zhrnutý v tab. 4.41.1.

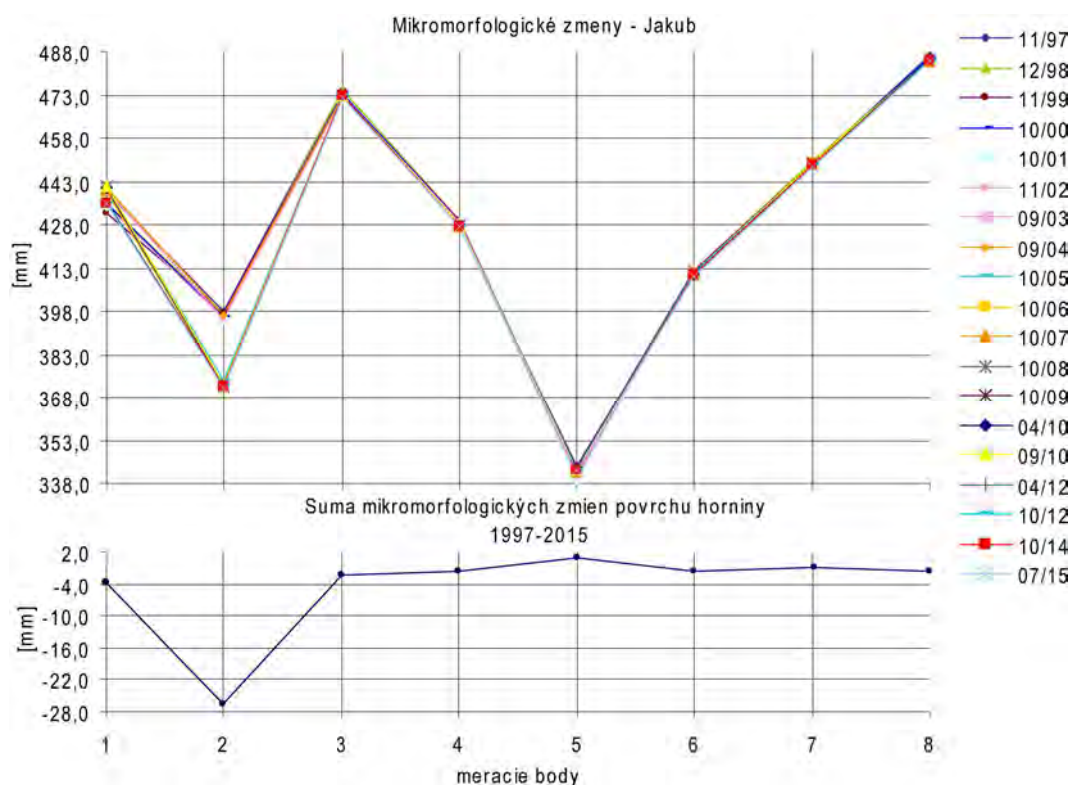
Tab. 4.41.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Jakub v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                    | Monitorovacie objekty |                                                       | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)      |                 |
|-----------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|
|                                         | Počet                 | Označenie                                             | Rok 2014                                        | Rok 2015        |
| Mikromorfologické zmeny povrchu horniny | 8                     | 1 stanovište MZ                                       | 2<br>(26. máj,<br>16. október)                  | 1<br>(15. júla) |
| 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) | Počet dní s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C |                 |

*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

a/ Merania mikromorfologických zmien

Merania v roku 2014 boli uskutočnené 26. mája a 16. októbra. V roku 2015, v porovnaní s jeseňou 2014, bola nameraná približne rovnaká zmena v konfigurácii meraného profilu vo všetkých bodoch. Počas periódy 9 mesiacov dosiahol priemerný úbytok – 0,05 mm, pričom priemerný úbytok za celé sledované obdobie (18 rokov) predstavoval v roku 2015 hodnotu -4,70 mm (obr. 4.41.2). Tento výsledok je výrazne ovplyvnený úbytkom materiálu v bode 2 (-26,5 mm), keď v roku 2005 vypadol zo steny väčší fragment.



Obr. 4.41.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1997 – 2015) mikromorfologických zmien povrchu odkryvu na lokalite Jakub (spodný graf: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 1997 – 2014)

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

Ročný zrážkový úhrn na stanici SHMÚ Banská Bystrica (indikatív 34300) v roku 2014 dosiahol hodnotu 1011,1 mm, čo pri dlhodobom priemere 855,15 mm predstavuje 118,24 %, (išlo teda o vlhký rok). V roku 2015 bol zrážkový úhrn 792,2 mm (92,64 %, – normálny rok).

Počet mrazových dní na stanici SHMÚ v Banskej Bystrici na Zelenej ul. (indikatív 11898) v zime 2013/2014 bol 62 dní, čo pri dlhodobom priemere 105 dní (priemer odvodený z obdobia rokov 2000/2001 až 2007/2008) predstavuje 63,83 % a v zime 2014/2015 stúpol na 82 dní, čo predstavuje 78,10 % 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 2016 pokračovať v meraniach so zameraním sa na prognózu možných uvoľnení nestabilných úlomkov a blokov horniny.

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

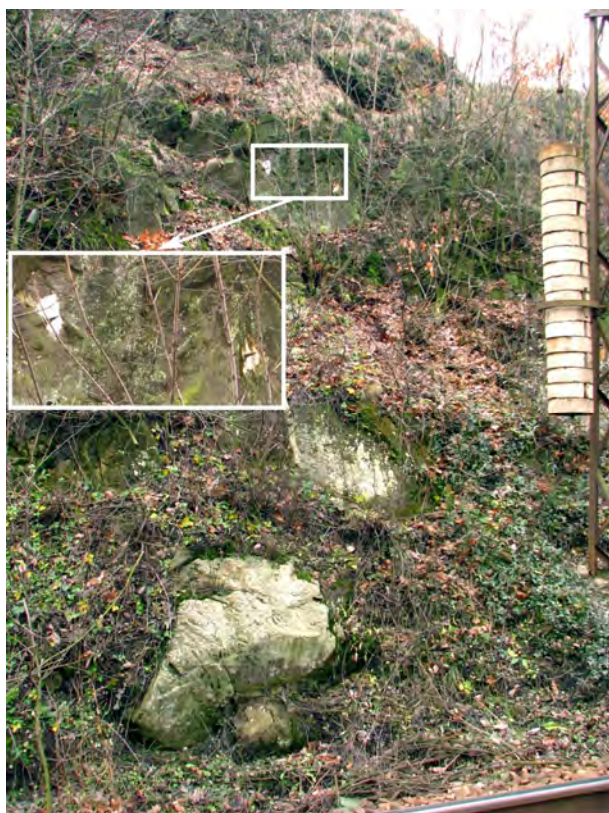
##### *Stručná charakteristika lokality*

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. 4.42.1) 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. 4.42.1. 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 2014 a 2015*

V roku 2013 bol zabezpečený zber klimatologických faktorov – zrážkové úhrny, teploty vzduchu, a najmä počty mrazových dní. V roku 2014 sa merania mikromorfologických zmien realizovali v máji, v roku 2015 v novembri. Monitorovacie aktivity, realizované na lokalite v rokoch 2014 a 2015 sú v zhrnuté tab. 4.42.1.

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

###### *a/ Merania mikromorfologických zmien*

V roku 2015 sa uskutočnilo 1 meranie zmien povrchu odkryvu so severnou orientáciou pomocou meradla mikromorfologických zmien. Celkový priemerný úbytok za 17 rokov



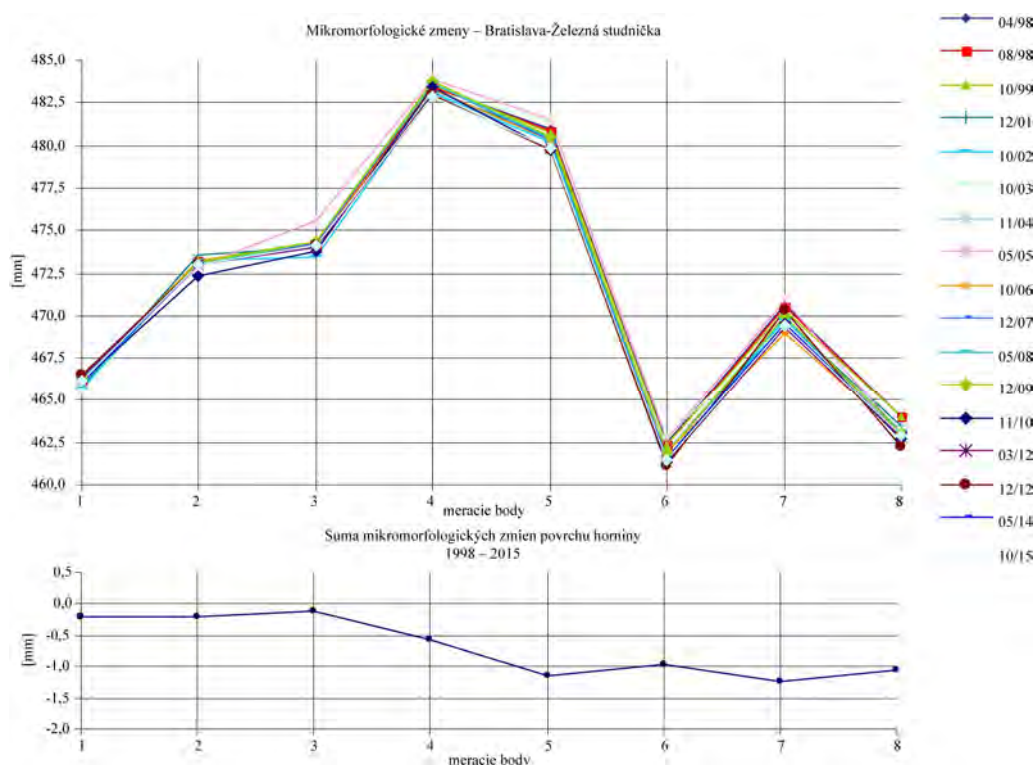
sledovania dosiahol – 0,68 mm; priemerný ročný úbytok za sledované obdobie je -0,040 mm (obr. 4.42.1). Za posledný rok pozorujeme nepatrný priemerný úbytok masívu (-0,015 mm).

Tab. 4.42.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Bratislava-Železná studnička v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                    | Monitorovacie objekty |                                                                                               | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)      |                 |
|-----------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------|
|                                         | Počet                 | Označenie                                                                                     | Rok 2014                                        | Rok 2015        |
| Mikromorfológické zmeny povrchu horniny | 8                     | 1 stanovište MZ                                                                               | 1 (23. máj)                                     | 1 (25. október) |
| 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) | Počet dní 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 2014 dosiahol 798,5 mm a v roku 2015 klesol na hodnotu 612,0 mm.



Obr. 4.42.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (1998 – 2015) mikromorfológických zmien povrchu odkryvu na lokalite Bratislava-Železná studnička (spodný graf: suma mikromorfológických zmien povrchu horniny za obdobie 1998 – 2015)



Počet mrazových dní zaznamenaných na stanici SHMÚ Bratislava-Mlynská dolina, (indikatív 11810) v zime 2013/2014 bol 48 a v zime 2014/2015 klesol na 47 dní, čo je o 1 mrazový deň menej. Na stanici SHMÚ Bratislava – Koliba (indikatív 11813) bolo počas zimy 2013/2014 zaznamenaných 41 mrazových dní a počas zimy 2014/2015 počet mrazových dní stúpol na 50.

#### *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). Napriek tomu, vzhľadom na kontakt vysokej skalnej steny s frekventovanou železničnou traťou, je potrebné v roku 2016 pokračovať v sledovaní rozvoja procesu zvetrávania s rovnakou frekvenciou a zamerať sa na možné parciálne prejavy nestability na skalnej stene.

#### 1.4.43. 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 stanovišká na meranie mikromorfologických zmien – stanoviško 2 a stanoviško 3 (obr. 4.43.1).



Obr. 4.43.1. Situovanie stanovišť 2 a 3 na lokalite Pezinská Baba na meranie mikromorfologických zmien povrchu horniny na svahu odrezu cesty

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015*

Podobne ako i v prípade ostatných lokalít, na ktorých sú monitorovacie aktivity zamerané predovšetkým na merania mikromorfologických zmien, boli posledné merania realizované v roku 2014. V roku 2013 bola pozornosť venovaná zberu a analýze klimatologických ukazovateľov. Súhrnný prehľad monitorovacích aktivít, realizovaných v rokoch 2013 a 2014 je zhrnutý v tab. 4.43.1.

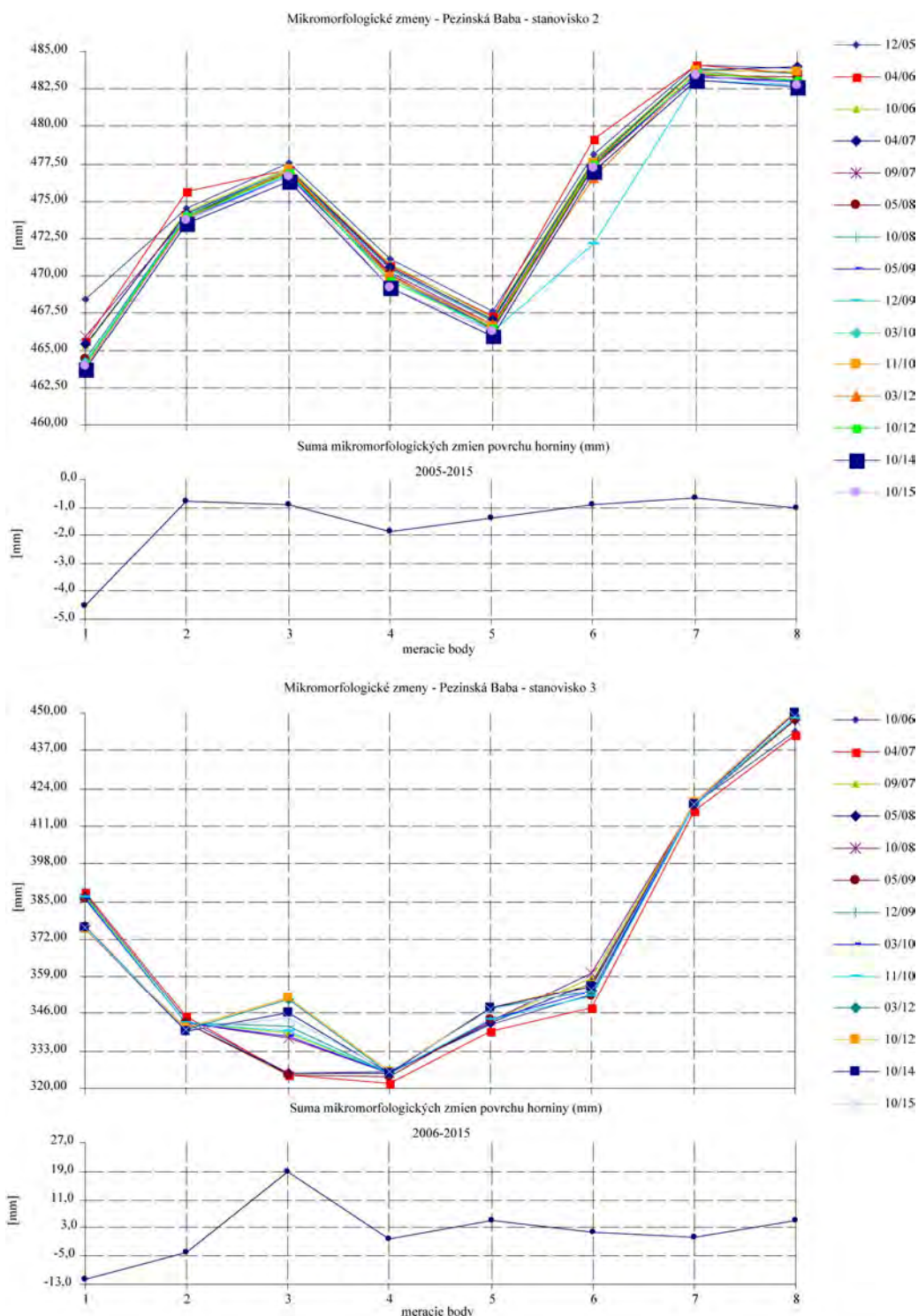
Tab. 4.43.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Pezinská Baba v rokoch 2014 a 2015

| Metódy monitorovania                    | Monitorovacie objekty |                                              | Počet uskutočnených meraní (dátum merania)      |                    |
|-----------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------|
|                                         | Počet                 | Označenie                                    | Rok 2014                                        | Rok 2015           |
| Mikromorfologické zmeny povrchu horniny | 16                    | 2 stanovištia MZ                             | 1<br>(27. októbra)                              | 1<br>(23. októbra) |
| Meranie zrážkových úhrnov               | 1                     | Stanica SHMÚ Pernek (indikatív 16180)        | Denné úhrny zrážok                              |                    |
| Meranie počtu mrazových dní             | 1                     | Stanica SHMÚ: Modra-Piesok (indikatív 11833) | Počet dní s minimálnou teplotou menšou ako 0 °C |                    |

*Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

*a/ Merania mikromorfologických zmien*

V rokoch 2014 a 2015 sa uskutočnil vždy 1 cyklus meraní zmien povrchu skalnej steny pomocou meradla mikromorfologických zmien na profiloch II a III.



Obr. 4.43.2. Výsledky spracovania dlhodobých meraní (2005 – 2015) mikromorfologických zmien povrchu skalnej steny na lokalite Pezinská Baba. a – stanovište 2, b – stanovište 3 (spodné grafy: suma mikromorfologických zmien povrchu horniny za obdobie 2005 – 2015)

Na profile II (obr. 4.43.2) bol v roku 2015 v porovnaní s rokom 2014 zaznamenaný vzácné vyrovnaný prírastok horninového masívu (+0,22 mm). Priemerná hodnota ročného úbytku za celé sledované obdobie (10 rokov) predstavuje -0,15 mm. Celkový priemerný úbytok na profile II je -1,51 mm.

V porovnaní s rokom 2014 bola zaznamenaná výraznejšia zmena v konfigurácii profilu III. V bode 3 toho profilu došlo k výraznému úbytku -2,18 mm, v bode 8 -1,62 mm, čo signalizuje odlúpnutie väčšieho fragmentu. V rámci celého profilu III priemerná hodnota ústupu masívu v porovnaní s rokom 2014 dosiahla -0,56 mm. Ročný priemer „rozpínania“ na tomto stanovisku predstavuje hodnotu +0,22 mm a priemerné rozpínanie za celé monitorované obdobie (9 rokov) hodnotu +1,97 mm (obr. 4.43.2). 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 2014 dosiahol 1009,4 mm a v roku 2015 bol 611,2 mm, čo je pokles až o 398,2 mm zrážok za rok.

Počet mrazových dní v zime 2013/2014 bol 61 (stanica Modra-Piesok, indikatív 11833), v zime 2014/2015 ich bolo zaznamenaných 88.

#### *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 2016 pokračovať v monitorovacích pozorovaniach v zaužívanom cykle (jar, jeseň). 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.

#### **1.4.44. Lokalita Lipovník**

##### *Stručná charakteristika lokality*

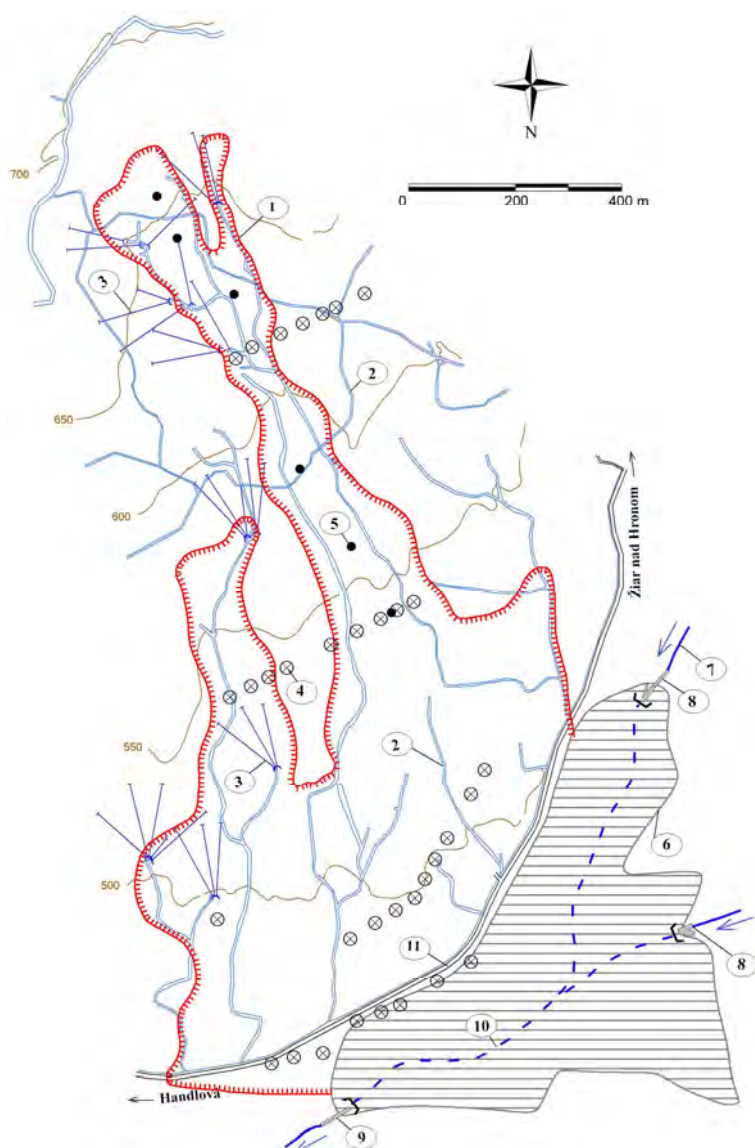
V období mezi jesenným meráním v roce 2012 a jarným meráním v roce 2014, došlo v důsledku postupného rozvolňování a zvětrávání odrezové stěny, k destrukci meraného profilu, což znemožnilo pokračování merania na uvedené lokalitě. Tato skutečnost byla zistená dňa 4. novembra 2014 pri návšteve uvedenej lokality. Z tohto dôvodu bol monitoring lokality Lipovník ukončený.



#### 1.4.45. Lokalita Stabilizačný násyp Handlová

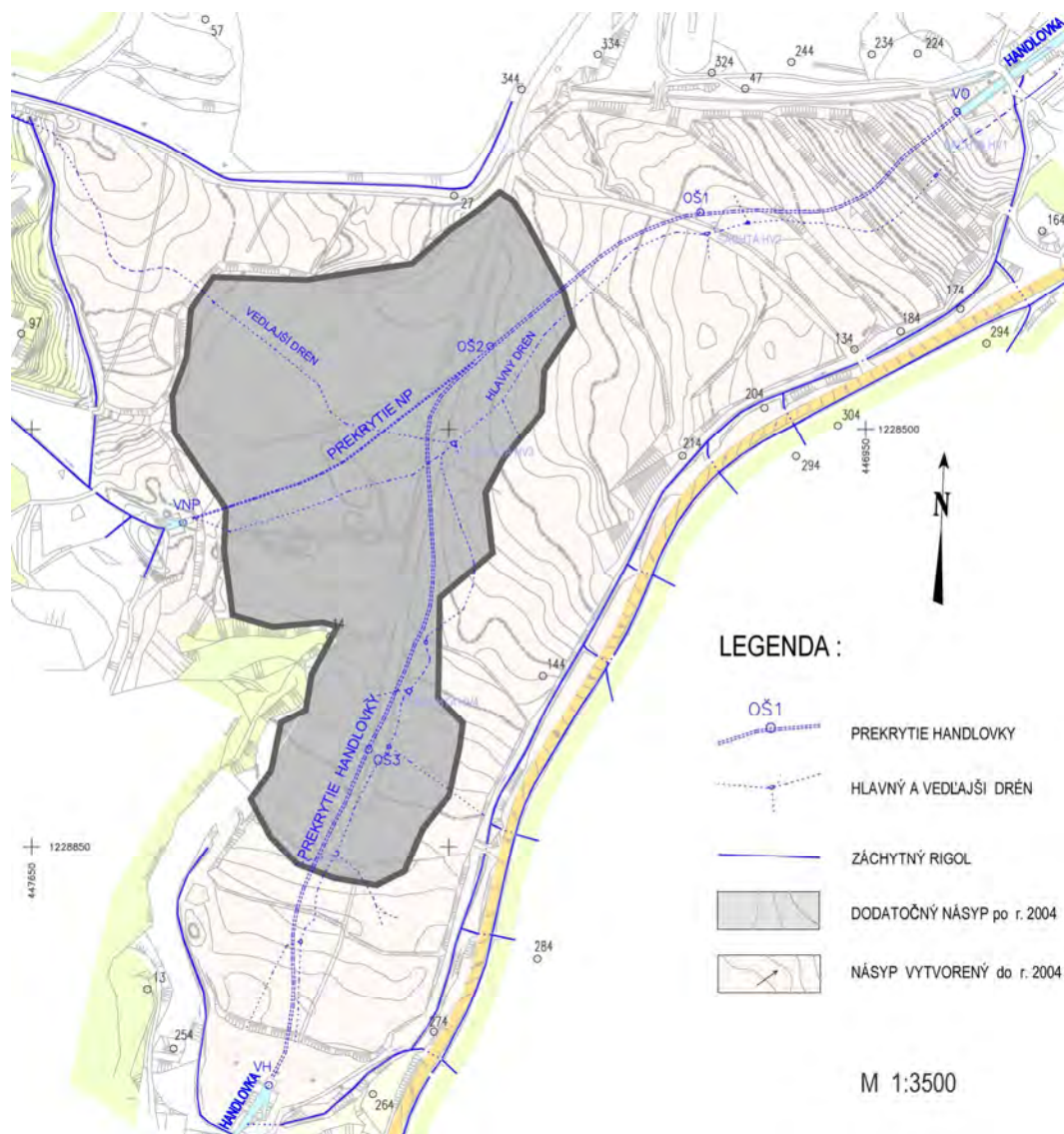
##### *Stručná charakteristika lokality*

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 oboch brehoch Handlovky, vznikla nutnosť stabilizácie celého územia v priestore pod Svetlým vrchom. Ako najvhodnejšie opatrenie bola vybraná realizácia Stabilizačného násypu, ktorý sa po preložení vôd Handlovky a Nepomenovaného potoka do potrubia začal navádzať 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. 4.45.1).



Obr. 4.45.1. Lokalita Handlová – situovanie Stabilizačného násypu na úpätí svahu katastrofálneho zosuvu z roku 1960/1961. 1 – morfológické ohraničenie katastrofálneho zosuvu, 2 – povrchové odvodňovacie rigoly, 3 – horizontálne odvodňovacie vrty, 4 – geodetické body, 5 – inklinometrické vrty, 6 – ohraničenie telesa Stabilizačného násypu, 7 – tok rieky Handlovky, 8 – vtokové objekty Handlovky a Nepomenovaného potoka (na južnom a západnom okraji Stabilizačného násypu), 9 – výtokový objekt, 10 – umiestnenie toku Handlovky a Nepomenovaného potoka do ocelového potrubia, prekrytého Stabilizačným násypom, 11 – štátna cesta z Handlovej do Žiaru nad Hronom

Materiál vlastného stabilizačného násypu pozostáva z nehomogénnych, veľmi rôznorodých navážok. Ide prevažne o íly s premenlivým obsahom pevných úlomkov vulkanických hornín, menej pieskovcov a zlepcov. Hrúbka navážok závisí od konfigurácie telesa násypu; maximálna je v mieste pôvodného koryta Handlovky a vzhľadom na pokračujúce ukladanie materiálu sa postupne zväčšuje (obr. 4.45.2). Žiaľ, v poslednom období dochádza k nekoordinovanému ukladaniu rôznych nevhodných materiálov v rôznych častiach násypu (obr. 4.45.3).



Obr. 4.45.2. 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 (Mokrá et al., 2004). Kvartérne sedimenty a zosuvné delúviá dosahujú v pozdĺžnom smere celého SN hrúbku 8 až 14 m. Podložné horniny paleogénneho veku majú charakter flyšoidných súvrství – striedajúcich sa ílovcov, prachovcov a slieňovcov. Nachádzajú sa priamo pod navážkami SN alebo pod kvartérnymi sedimentmi.



*Obr. 4.45.3. Ukladanie nevhodných materiálov na západnom okraji násypu (neďaleko od vtokového objektu Nepomenovaného potoka) a vytváranie „jazier“ neznámych viskózných látok (foto Z. Nagy, 2008)*

### *Vývoj monitorovania lokality*

Po začatí zasypávania údolia Handlovky bol v roku 1984 vybudovaný počiatkový pozorovací systém, na ktorom sa začal vykonávať monitoring. Časť z týchto pozorovaní kontinuálne pokračuje do súčasnosti.

Pôvodné monitorovacie pozorovania pozostávali z aplikácie nasledujúcich okruhov metód:

- geodetické merania (realizované na troch úrovniach geodetickej siete – sieť vzťažných referenčných bodov, sieť účelových pripojovacích bodov a sieť indikačných bodov na jednotlivých objektoch); sieť indikačných bodov pôvodne pozostávala zo 77 meraných objektov, 8 bolo v priebehu pozorovania zničených a bola doplnená 24 nivelačnými značkami;
- inklinometrické merania vykonávané pôvodne v 13 vrtoch, rozmiestnených prevažne v hodnotených stabilitných profiloch;
- režimové pozorovania, vykonávané pôvodne v 59 objektoch na meranie hĺbky hladiny podzemnej vody a v 2 objektoch na meranie výdatnosti;
- súbor ďalších špeciálnych meraní (geofyzikálnych, deformetrických, presiometrických a ďalších), ktorých výsledky dotvárali predstavu o aktuálnom stave prostredia SN Handlová a o jeho zmenách.

Súbor výsledkov z uvedených meraní bol komplexne zhrnutý v záverečnej správe Handlová – pozorovací systém na stabilizačnom násype v údolí Handlovky (Mokrá et al., 2004).

Okrem uvedeného súboru meraní sa na lokalite realizovali viaceré špeciálne pozorovania, zamerané predovšetkým na technické objekty tohto diela. Išlo o nasledujúce činnosti:

- meranie priečných deformačných javov prekrytého profilu Handlovky a Nepomenovaného potoka;
- presná nivelácia hlavných indikačných bodov a zameranie presnej priestorovej zmeny polohy hlavného indikačného bodu na výtokovom objekte Handlovky.

Výsledky etapového merania, ale aj meraní za celé obdobie pozorovania, sú spracované v samostatnej správe (Hagara et al., 2015).

Plynulé pokračovanie monitorovania Stabilizačného násypu bolo zabezpečené vďaka zaradeniu tejto lokality do aktuálne riešenej úlohy ČMS – GF v roku 2005. V auguste roku 2005 sa obnovili režimové pozorovania na vybraných vrtoch, lokalizovaných na násype (ktoré

v minulosti pozorovali pracovníci INGEO, Žilina) a v októbri 2005 sa uskutočnili merania pohybov prekrytia Handlovky a Nepomenovaného potoka a merania priečných deformácií potrubia, ktoré vykonali Banské projekty, spol. s r. o., Bratislava.

#### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2014 a 2015*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2014 a 2015 na lokalite Stabilizačný násyp Handlová, sú zhrnuté v tab. 4.45.1.

*Tab. 4.45.1. Prehľad monitorovacích aktivít, uskutočnených na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v rokoch 2014 a 2015*

| Metódy monitorovania                 | Monitorovacie objekty |                                                                                                                                                                                  | Počet uskutočnených meraní (dátum merania) |                      |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|
|                                      | Počet                 | Označenie                                                                                                                                                                        | 2014                                       | 2015                 |
| Geodetické                           | 6                     | VH, VNP, OŠ 3, OŠ 2, OŠ 1, VO                                                                                                                                                    | 1<br>(október)                             | 1<br>(september)     |
| Meranie konvergenzie potrubia        | 45                    | Ľavé potrubie:<br>1L až 4L, 5L*, 6L až 8L, 11L**, 12L až 17L, 19L až 21L<br>Pravé potrubie:<br>1P až 19P, R20P a R21P<br>Potrubie Nepomenovaného potoka:<br>1N**, 2N**, 3N až 6N | 1<br>(september)                           | 1<br>(september)     |
| Meranie hĺbky hladiny podzemnej vody | 13                    | M-1 až 3, N-1 až 4, NV-1, NV-105, NV-7, NV-8, PV-107, PV-4                                                                                                                       | 13<br>(1x za mesiac)                       | 9<br>(1x za mesiac)  |
|                                      | 25                    | H-1 až 7, IN-1, IN-2, IN-3A, IN-4, INV-4, MP-1, NV-109 až 112, NV-14, PV-109 až 112, PV-14, PV-19A, PV-19B                                                                       | 30<br>(2x za mesiac)                       | 35<br>(2x za mesiac) |
| Meranie zrážkových úhrnov            | 1                     | Stanica SHMÚ:<br>Handlová (indikatív 30080)                                                                                                                                      | Denné úhrny zrážok                         |                      |

\* – len v horizontálnom smere, \*\* – len vo vertikálnom smere

#### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2014 a 2015 a za dlhšie obdobie pozorovania*

Situovanie pozorovaných objektov je na obr. 4.45.4 a 4.45.5. Namerané hodnoty pozorovaných ukazovateľov v rokoch 2014 a 2015 sú zhrnuté v tabuľkách, ktoré sú súčasťou predloženej správy.

##### *a/ Merania pohybov podložia pod prekrytím Handlovky a Nepomenovaného potoka*

Na prekrytí obidvoch tokov je v podloží násypu inštalovaných po celej dĺžke recipientu 6 indikačných bodov, ktorých polohové a výškové pohyby boli merané od roku 1991 až do roku 2004 3-krát v priebehu každého roka.

Na základe vyhodnotenia výsledkov meraní bola poverenou organizáciou pre technicko-bezpečnostný dohľad pôvodná druhá kategória stavby SN preradená do tretej, s odporúčenou frekvenciou meraní raz ročne.

V rokoch 2014 a 2015 boli na indikačných bodoch VH, VNP, OŠ3, VO prekrytia (obr. 4.45.4) vykonané výškové merania (51. a 52. kontrolné výškové meranie). Indikačné body OŠ1 a OŠ2 neboli zmerané v dôsledku zasypania bodov hlušinovým materiálom. Polohové meranie bolo vykonané iba na výtokovom objekte na bode VO.



Namerané hodnoty posunov bodov sa porovnávali s medznými pozdĺžnymi (v smere údolia) a priečnymi (kolmo na smer údolia) posunmi, definovanými v každom roku v technicko-bezpečnostných kritériách. Technicko-bezpečnostné kritériá však predpokladali ukončenie pozorovania SN v roku 2010 a z tohto dôvodu nie sú medzné hodnoty definované pre aktuálne a nasledujúce obdobie.

V roku 2014 sa indikačný bod na výtokovom objekte VO posunul v priečnom smere o +0,2 mm a v pozdĺžnom smere (proti toku) o -1,8 mm. V roku 2015 sa v porovnaní s rokom 2014 indikačný bod v priečnom smere posunul o -0,3 mm a v pozdĺžnom smere o -0,4 mm. Hodnoty horizontálnych posunov všetkých indikačných bodov majú bezpečný odstup od medzných posunutí (Hagara et al., 2015).

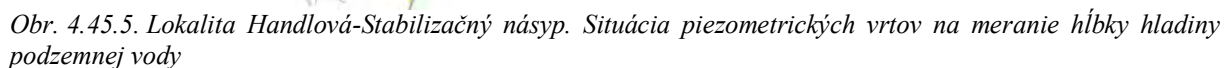


Obr. 4.45.4. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp. Situácia indikačných bodov meraných geodetickými metódami (vyznačené červenou farbou), meracích staníc v ocelovom potrubí (L – ľavé potrubie, P – pravé potrubie, N – potrubie Nepomenovaného potoka) a staničenia potrubia (modrou farbou)

Z dlhodobého hľadiska má poloha hlavného indikačného bodu VO v roku 2015 posunutie (v porovnaní s polohou v roku 1991) v priečnom smere +7,2 mm a v pozdĺžnom smere -12,9 mm (tab. 4.45.2). Tieto hodnoty majú bezpečný odstup od definovaných medzných posunutí.



Hlavný indikačný bod VH stúpol v porovnaní s rokom 2014 o +0,1 mm a bod VNP zostal bez pohybu. Bod OŠ1 klesol v porovnaní s predošlým rokom o -1,8 mm a bod OŠ3 o -2,0 mm. Pokles sa predpokladá i v prípade indikačného bodu OŠ2 (5,0 mm). Podľa Hagaru et al. (2015) táto pomerne vysoká hodnota korešponduje s dosypávaním násypu nad sútokovým objektom. Hodnota poklesu bola získaná extrapoláciou z poklesov za minulé roky. Poklesy všetkých hlavných indikačných bodov majú zatiaľ bezpečný odstup od medzných poklesov a teleso Stabilizačného násypu vrátane prekrytia Handlovky a Nepomenovaného potoka nevykazuje okrem sadania podložia v bode OŠ2 (sútokový objekt) žiaden významný pohyb, resp. posun, a teda teleso násypu ako celok je stabilné a bezpečné.

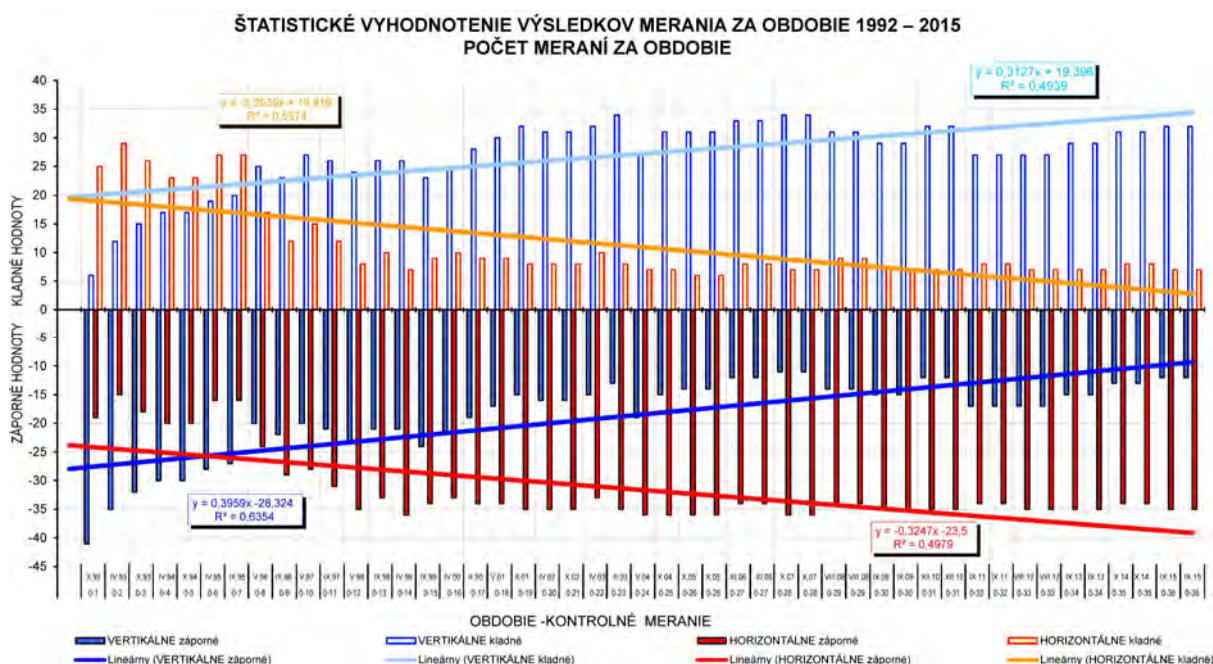


Tab. 4.45.2. Výsledky geodetických (terestrických) meraní na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v rokoch 2014 a 2015

| Číslo bodu/etapa merania | Dátum merania | Zmena oproti predchádzajúcemu meraniu [mm] |      |      | Transformné súradnice [mm] |       | Výška násypu [m] | Medzné hodnoty [mm] |                  |           | Sadnutie od počiatku Dz [mm] |
|--------------------------|---------------|--------------------------------------------|------|------|----------------------------|-------|------------------|---------------------|------------------|-----------|------------------------------|
|                          |               | dy                                         | dx   | dz   | v                          | u     |                  | Pozdĺžny posun Mu   | Priečny posun Mv | Pokles Mh |                              |
| VH/51                    | 10.2014       | -                                          | -    | +0,7 | -                          | -     | 4,2              | -36                 | ±45              | -38       | -0,3                         |
| VH/52                    | 10.2015       |                                            |      | +0,1 |                            |       | 4,2              | -36                 | ±45              | -38       | -0,2                         |
| VNP/51                   | 10.2014       |                                            |      | +0,6 |                            |       | 4,2              | -36                 | ±45              | -38       | -14,1                        |
| VNP/52                   | 10.2015       |                                            |      | 0,0  |                            |       | 4,2              | -36                 | ±45              | -38       | -14,1                        |
| OŠ3/51                   | 10.2014       |                                            |      | +1,0 |                            |       | 18,6             | -36                 | ±45              | -236      | -102,9                       |
| OŠ3/52                   | 10.2015       |                                            |      | +2,0 |                            |       | 18,6             | -36                 | ±45              | -236      | -104,9                       |
| OŠ2/51                   | 10.2014       |                                            |      | -5,0 |                            |       | 24,8             | -36                 | ±45              | -218      | -181,2                       |
| OŠ2/52                   | 10.2015       |                                            |      | -5,0 |                            |       | 27,0             | -36                 | ±45              | -218      | -186,2                       |
| OŠ1/51                   | 10.2014       |                                            |      | -1,4 |                            |       | 20,7             | -36                 | ±45              | -275      | -125,3                       |
| OŠ1/52                   | 10.2015       |                                            |      | -1,8 |                            |       | 18,2             | -36                 | ±45              | -275      | -127,1                       |
| VO/51                    | 10.2014       | -1,5                                       | -1,0 | -0,1 | -7,5                       | -12,5 | 3,4              | -36                 | ±45              | -58       | -17,0                        |
| VO/52                    | 10.2015       | -0,9                                       | -0,0 | -0,7 | -7,2                       | -12,9 | 3,4              | -36                 | ±45              | -58       | -17,7                        |

b/ Meranie priečných deformácií prekrytého profilu Handlovky a Nepomenovaného potoka

V rokoch 2014 a 2015 boli meranie priečných rozmerových zmien ocelového potrubia realizované na 45 staniciach (obr. 4.45.4, tab. 4.45.2) jedenkrát v kalendárnom roku. Okrem toho sa vykonali kontrolné pozorovania zmien dutín medzi pancierom a nosným betónom a presné meranie teploty panciera a ovzdušia. Vzhľadom na koróziu meraných dotkových terčov na meracích staniciach sa pôvodná stredná chyba merania zmenila z hodnoty  $\pm 0,07$  mm na hodnotu  $\pm 0,15$  mm.



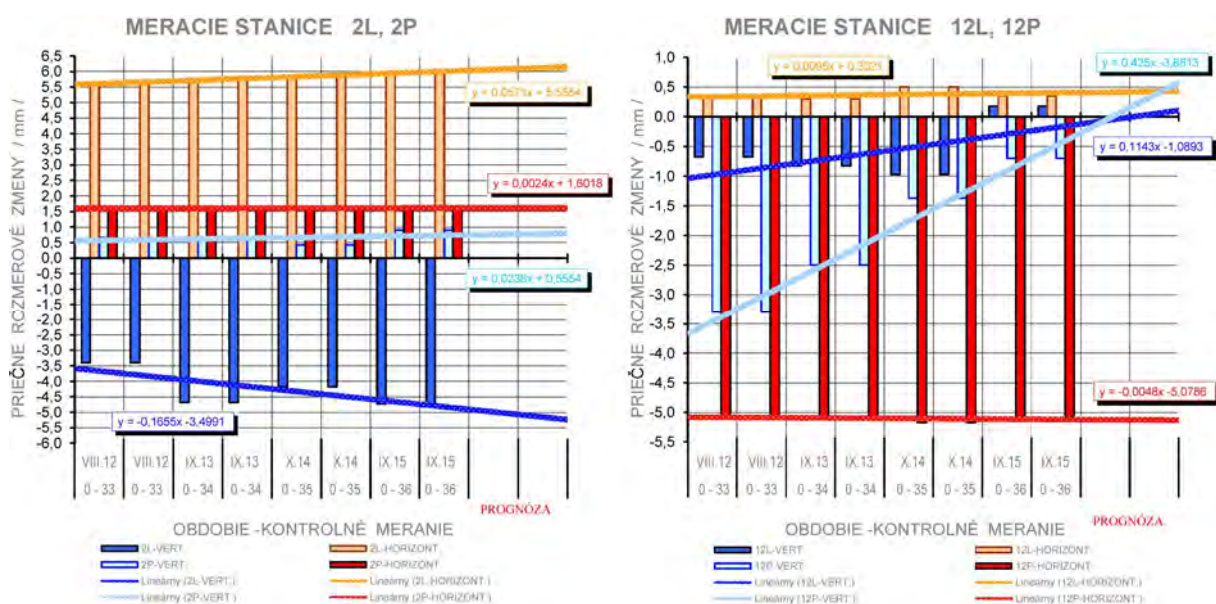
Obr. 4.45.6. Štatistické vyhodnotenie výsledkov merania deformácií potrubia pod Stabilizačným násypom za obdobie rokov 1992 až 2015

Zo štatistického spracovania výsledkov meraní vyplýva, že v dôsledku deformačnej voľnosti ocelového potrubia a postupného priťažovania násypom sa vertikálny priemer potrubia znižuje a horizontálny narastá (obr. 4.45.6). Tieto deformácie ocelového potrubia sa podľa Hagaru et al. (2015) postupne, v dôsledku sadania „objektu prekrytia“, vplyvom priťaženia násypom, začínajú zreteľne prejavovať.

Z vykonaných meraní, ich analýz a štatistického spracovania ďalej vyplýva, že príčinou nameraných zmien priemerov panciera je, okrem teploty vzduchu a panciera, nepravidelné rozloženie vzduchových medzier za pancierom, tlak vzduchu, nárast pozdĺžnej krivosti potrubia a lokálne priehyby železobetónovej nosnej konštrukcie.

Tab. 4.45.3. Výsledky merania konvergencií ľavého potrubia Handlovky na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2015

| Potrubie<br>pravé    |                   |                       | Teplota ovzdušia: 17,0°C<br>Dátum merania : 09/2015 |                        |                         |                       | 0 – 36                        |                           |                            |                      |                   |                   | Teplota oceleového<br>potrubia [°C] |      | Lokalizácia<br>dutín<br>D - dutina<br>K - kontakt<br>2015 |   |   |   |
|----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------|---|---|---|
|                      |                   |                       | Vertikálny<br>smer<br>[mm]                          |                        |                         |                       | Horizontálny<br>smer<br>[mm]  |                           |                            |                      | V<br>smer<br>[mm] | H<br>smer<br>[mm] |                                     |      |                                                           |   |   |   |
| Označenie<br>stanice | Staničenie<br>[m] | Výška<br>Nadložia [m] | Základné<br>meranie $\Phi$ a0                       | 1. čítanie $\Delta$ a' | 2. čítanie $\Delta$ a'' | Priemer<br>$\Phi$ a36 | Základné<br>meranie $\Phi$ b0 | 1. čítanie<br>$\Delta$ b' | 2. čítanie<br>$\Delta$ b'' | Priem.<br>$\Phi$ b36 | $\Phi$ a0 – a36   | $\Phi$ b0 – b36   |                                     |      |                                                           |   |   |   |
| 1                    | 50                | 5,1                   | 70,30                                               | 71,70                  | 71,70                   | 71,70                 | 64,33                         | 64,05                     | 64,10                      | 64,08                | -1,4              | +0,25             | 12,5                                | 12,4 | K                                                         | K | K | K |
| 2                    | 100               | 11,4                  | 67,10                                               | 66,20                  | 66,20                   | 66,20                 | 64,00                         | 62,40                     | 62,40                      | 62,40                | +0,9              | +1,6              | 12,8                                | 12,5 | K                                                         | K | K | K |
| 3                    | 160               | 15,7                  | 72,75                                               | 71,30                  | 71,30                   | 71,30                 | 63,20                         | 63,85                     | 63,90                      | 63,88                | +1,45             | -0,675            | 12,7                                | 12,7 | D                                                         | D | D | K |
| 4                    | 220               | 18,3                  | 69,13                                               | 67,90                  | 67,90                   | 67,90                 | 60,08                         | 60,80                     | 60,85                      | 60,83                | +1,225            | -0,75             | 13,0                                | 13,0 | K                                                         | K | D | D |
| 5                    | 250               | 18,6                  | 44,85                                               | 44,35                  | 44,35                   | 44,35                 | 63,50                         | 64,00                     | 64,00                      | 64,00                | +0,5              | -0,5              | 12,9                                | 13,0 | D                                                         | D | D | K |
| 6                    | 280               | 19,2                  | 54,90                                               | 53,10                  | 53,10                   | 53,10                 | 80,78                         | 81,60                     | 81,60                      | 81,60                | +1,8              | -0,825            | 13,0                                | 13,1 | D                                                         | K | D | K |
| 7                    | 340               | 21,2                  | 50,88                                               | 49,55                  | 49,55                   | 49,55                 | 87,08                         | 87,65                     | 87,65                      | 87,65                | +1,325            | -0,575            | 13,1                                | 13,1 | D                                                         | K | K | K |
| 8                    | 400               | 25,0                  | 59,40                                               | 57,65                  | 57,65                   | 57,65                 | 75,55                         | 76,40                     | 76,40                      | 76,40                | +1,75             | -0,85             | 13,2                                | 13,2 | K                                                         | D | K | K |
| 9                    | 460               | 27,0                  | 58,85                                               | 57,40                  | 57,40                   | 57,40                 | 80,48                         | 81,05                     | 81,00                      | 81,03                | +1,45             | -0,55             | 13,2                                | 13,2 | K                                                         | K | K | K |
| 10                   | 464               | 27,0                  | 70,65                                               | 68,00                  | 68,00                   | 68,00                 | 91,95                         | 91,00                     | 91,00                      | 91,00                | +2,65             | +0,95             | 13,1                                | 13,1 | D                                                         | K | K | K |
| 11                   | 471               | 27,0                  | 31,78                                               | 31,05                  | 31,05                   | 31,05                 | 96,00                         | 96,45                     | 96,50                      | 96,48                | +0,725            | -0,475            | 13,1                                | 13,1 | K                                                         | K | K | K |
| 12                   | 520               | 25,2                  | 73,85                                               | 74,55                  | 74,55                   | 74,55                 | 73,53                         | 78,60                     | 78,60                      | 78,60                | -0,7              | -5,075            | 13,4                                | 13,4 | D                                                         | K | D | D |
| 13                   | 580               | 23,8                  | 68,00                                               | 65,75                  | 65,75                   | 65,75                 | 68,45                         | 69,80                     | 69,80                      | 69,80                | +2,25             | -1,35             | 13,5                                | 13,5 | D                                                         | D | D | D |
| 14                   | 640               | 22,2                  | 51,23                                               | 51,05                  | 51,05                   | 51,05                 | 79,63                         | 80,10                     | 80,10                      | 80,10                | +0,175            | -0,475            | 13,6                                | 13,6 | D                                                         | D | K | D |
| 15                   | 700               | 20,9                  | 51,75                                               | 51,00                  | 51,00                   | 51,00                 | 75,30                         | 76,05                     | 76,00                      | 76,03                | +0,75             | -0,725            | 13,6                                | 13,6 | D                                                         | K | D | D |
| 16                   | 760               | 19,8                  | 76,15                                               | 73,60                  | 73,60                   | 73,60                 | 55,70                         | 56,10                     | 56,10                      | 56,10                | +2,55             | -0,4              | 13,7                                | 13,8 | D                                                         | D | D | K |
| 17                   | 820               | 18,5                  | 66,15                                               | 65,05                  | 65,05                   | 65,05                 | 68,65                         | 69,10                     | 69,05                      | 69,08                | +1,1              | -0,425            | 13,8                                | 14,0 | D                                                         | D | D | D |
| 18                   | 835               | 18,7                  | 67,30                                               | 67,10                  | 67,10                   | 67,10                 | 65,00                         | 64,40                     | 64,35                      | 64,38                | +0,2              | +0,625            | 13,8                                | 14,0 | K                                                         | K | K | K |
| 19                   | 880               | 16,9                  | 64,00                                               | 63,75                  | 63,75                   | 63,75                 | 76,63                         | 77,10                     | 77,15                      | 77,13                | +0,25             | -0,5              | 14,1                                | 14,2 | D                                                         | D | D | D |
| R20                  | 940               | 14,4                  | 74,00                                               | 74,75                  | 74,75                   | 74,75                 | 47,15                         | 47,40                     | 47,40                      | 47,40                | -0,75             | -0,25             | 14,3                                | 14,3 | K                                                         | D | K | D |
| R21                  | 1000              | 11,7                  | 51,30                                               | 51,45                  | 51,45                   | 51,45                 | 76,98                         | 77,35                     | 77,35                      | 77,35                | -0,15             | -0,375            | 14,4                                | 14,6 | D                                                         | D | D | D |



Obr. 4.45.7. Štatistické vyhodnotenie výsledkov merania deformácií potrubia pod Stabilizačným násypom za obdobie rokov 2012 až 2015 s prognózou vývoja deformácií na vybraných meracích staniciach (2L, 2P, 12L, 12P)

Tab. 4.45.4. Výsledky merania konvergencií pravého potrubia Handlovky na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2015

| Ľavé<br>pravé        |                   |                       | Teplota ovzdušia: 16,9°C<br>Dátum merania : 09/2015 |                        |                         |                       | 0 – 36                           |                           |                            |                      |                   |                   | Teplota oceľového<br>Potrubia [°C] |      | Lokalizácia<br>dutín<br>D - dutina<br>K - kontakt<br>2015 |   |   |   |
|----------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------|---|---|---|
|                      |                   |                       | Vertikálny (V)<br>smer<br>[mm]                      |                        |                         |                       | Horizontálny (H)<br>smer<br>[mm] |                           |                            |                      | V<br>smer<br>[mm] | H<br>smer<br>[mm] |                                    |      |                                                           |   |   |   |
| Označenie<br>stanice | Staničenie<br>[m] | Výška<br>Nadložia [m] | Základné<br>meranie $\Phi$ a0                       | 1. čítanie $\Delta$ a' | 2. čítanie $\Delta$ a'' | Priemer<br>$\Phi$ a36 | Základné<br>meranie $\Phi$ b0    | 1. čítanie<br>$\Delta$ b' | 2. čítanie<br>$\Delta$ b'' | Priem.<br>$\Phi$ b36 | $\Phi$ a0 – a36   | $\Phi$ b0 – b36   |                                    |      |                                                           |   |   |   |
| 1                    | 50                | 5,1                   | 71,70                                               | 73,95                  | 73,95                   | 73,95                 | 58,40                            | 57,15                     | 57,20                      | 57,18                | -2,25             | +1,225            | 12,1                               | 12,3 | K                                                         | K | K | K |
| 2                    | 100               | 11,4                  | 64,38                                               | 69,10                  | 69,10                   | 69,10                 | 73,03                            | 67,05                     | 67,00                      | 67,03                | -4,725            | +6                | 11,9                               | 12,2 | K                                                         | D | K | D |
| 3                    | 160               | 15,7                  | 74,80                                               | 74,65                  | 74,65                   | 74,65                 | 55,93                            | 56,45                     | 56,50                      | 56,48                | +0,15             | -0,55             | 11,9                               | 12,3 | K                                                         | D | D | K |
| 4                    | 220               | 18,3                  | 43,38                                               | 42,45                  | 42,45                   | 42,45                 | 85,80                            | 86,90                     | 86,85                      | 86,88                | +0,925            | -1,075            | 11,9                               | 12,6 | K                                                         | D | D | K |
| 5                    | 250               | 18,6                  | 45,70                                               |                        |                         |                       | 86,40                            | 86,95                     | 86,90                      | 86,93                | -                 | 0,525             | 11,9                               | 12,6 | D                                                         | K | K | K |
| 6                    | 280               | 19,2                  | 60,55                                               | 61,15                  | 61,20                   | 61,18                 | 65,35                            | 66,00                     | 66,00                      | 66,00                | -0,625            | -0,65             | 11,9                               | 12,6 | D                                                         | D | K | K |
| 7                    | 340               | 21,2                  | 33,95                                               | 34,80                  | 34,80                   | 34,80                 | 88,68                            | 89,80                     | 89,75                      | 89,78                | -0,85             | -1,1              | 12,1                               | 12,7 | D                                                         | D | D | K |
| 8                    | 400               | 25,0                  | 58,75                                               | 59,00                  | 58,95                   | 58,98                 | 75,30                            | 76,15                     | 76,20                      | 76,18                | -0,225            | -0,875            | 12,1                               | 12,8 | K                                                         | K | K | K |
| 9                    | 460               | 27,0                  | 61,20                                               |                        |                         |                       | 74,93                            |                           |                            |                      |                   |                   | 12,2                               | 12,8 | K                                                         | K | K | K |
| 10                   | 464               | 27,0                  |                                                     |                        |                         |                       |                                  |                           |                            |                      |                   |                   | 12,3                               | 13,0 | K                                                         | K | D | K |
| 11                   | 471               | 27,0                  | 33,90                                               | 30,70                  | 30,70                   | 30,70                 |                                  |                           |                            |                      | +3,2              |                   | 12,3                               | 13,0 | K                                                         | D | K | D |
| 12                   | 520               | 25,2                  | 66,88                                               | 66,70                  | 66,70                   | 66,70                 | 63,60                            | 63,25                     | 63,25                      | 63,25                | +0,175            | +0,35             | 12,4                               | 13,5 | D                                                         | D | D | D |
| 13                   | 580               | 23,8                  | 52,35                                               | 51,50                  | 51,55                   | 51,53                 | 79,45                            | 80,90                     | 81,00                      | 80,95                | +0,825            | -1,5              | 12,3                               | 13,4 | D                                                         | D | D | D |
| 14                   | 640               | 22,2                  | 64,10                                               | 64,25                  | 64,25                   | 64,25                 | 66,20                            | 67,05                     | 67,05                      | 67,05                | -0,15             | -0,85             | 12,2                               | 13,4 | D                                                         | D | K | K |
| 15                   | 700               | 20,9                  | 77,78                                               | 76,75                  | 76,80                   | 76,78                 | 57,13                            | 58,50                     | 58,50                      | 58,50                | +1                | -1,375            | 12,2                               | 13,4 | D                                                         | D | K | D |
| 16                   | 760               | 19,8                  | 69,05                                               | 67,00                  | 67,00                   | 67,00                 | 63,85                            | 65,50                     | 65,50                      | 65,50                | +2,05             | -1,65             | 12,3                               | 13,5 | D                                                         | D | D | D |
| 17                   | 820               | 18,5                  | 35,65                                               | 33,85                  | 33,85                   | 33,85                 | 93,25                            | 94,20                     | 94,20                      | 94,20                | +1,8              | -0,95             | 12,4                               | 13,7 | K                                                         | D | K | K |
| 18                   | 835               | 18,7                  | 53,75                                               | 53,45                  | 53,45                   |                       | 82,40                            |                           |                            |                      |                   |                   | 12,4                               | 13,7 | D                                                         | K | K | K |
| 19                   | 880               | 16,9                  | 56,50                                               | 56,50                  | 56,50                   | 56,50                 | 69,75                            | 70,30                     | 70,30                      | 70,30                | +0                | -0,55             | 12,8                               | 14,0 | D                                                         | D | K | K |
| 20                   | 940               | 14,4                  | 67,00                                               | 66,40                  | 66,45                   | 66,43                 | 68,68                            | 69,40                     | 69,40                      | 69,40                | +0,575            | -0,725            | 13,7                               | 14,1 | D                                                         | D | K | D |
| 21                   | 1000              | 11,7                  | 44,90                                               | 44,20                  | 44,20                   | 44,20                 | 90,33                            | 91,05                     | 91,10                      | 91,08                | +0,7              | -0,75             | 13,9                               | 14,2 | D                                                         | D | D | D |

Najväčšie deformácie ľavého potrubia boli podobne ako v predchádzajúcich rokoch zaznamenané v bode 2L (rozšírenie v horizontálnom smere +6,00 mm a stlačenie vo vertikálnom smere -4,72 mm) a v pravom potrubí v bode 12P (stlačenie vo vertikálnom smere -0,70 mm a v horizontálnom smere -5,507 mm – obr. 4.45.7, tab. 4.45.3 a 4.45.4). Z posledných šiestich meraní bola vyčíslená prognóza očakávaných deformačných veličín pre rok 2016 na všetkých meraných staniaciach. Avšak variabilita nameraných výsledkov neumožňuje definovať medzné deformácie potrubia (Hagara, et al., 2015).

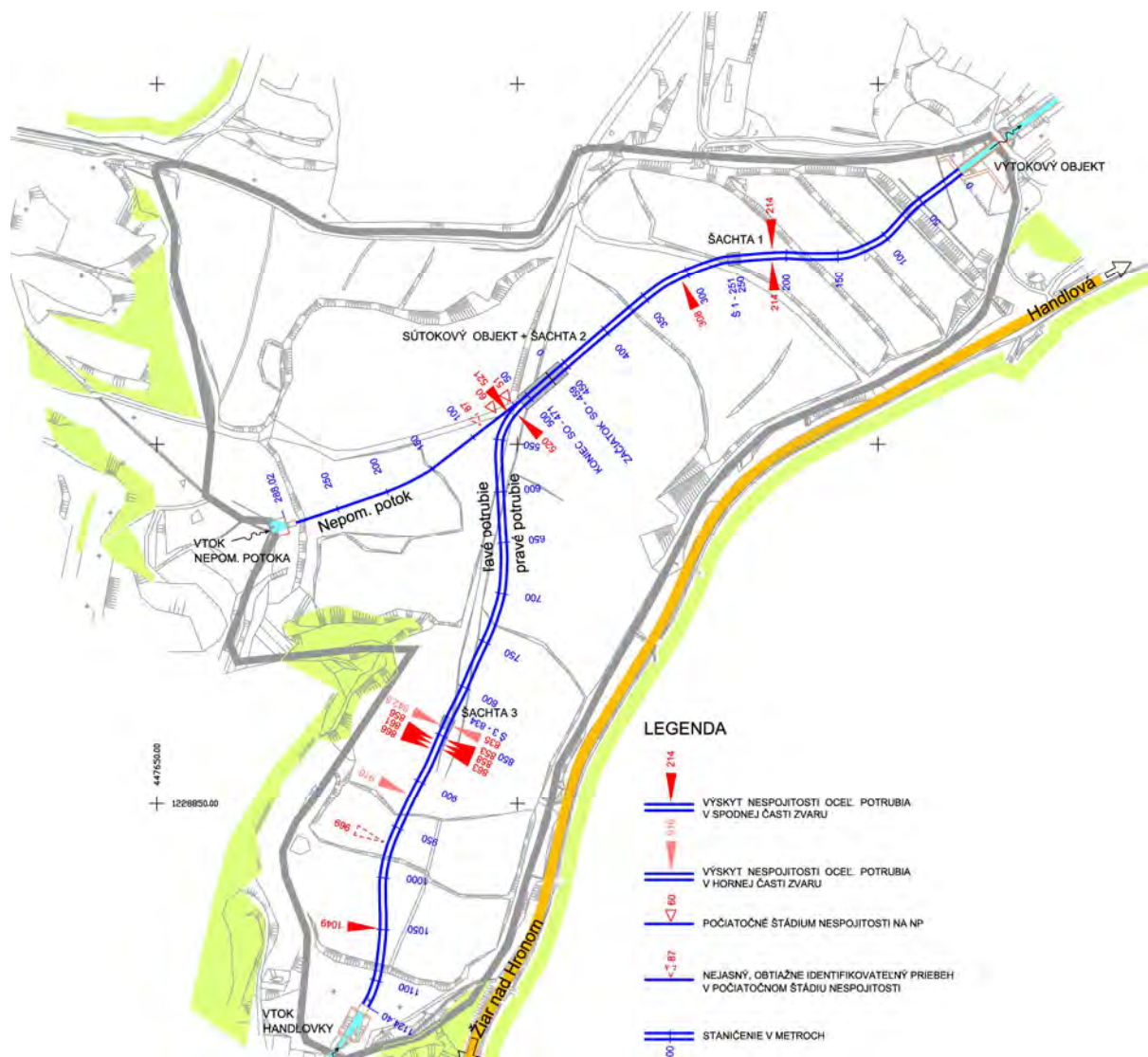
Tab. 4.45.5. Výsledky merania konvergencií potrubia Nepomenovaného potoka na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2015

| Potrubie<br>Nepomenovaného<br>potoka |                   |                       | Teplota ovzdušia: 17,0°C<br>Dátum merania : 09/2015 |                        |                         |                       | 0 – 36                        |                           |                            |                      |                   |                   | Teplota oceľového<br>potrubia [°C] |   | Lokalizácia<br>dutín<br>D - dutina<br>K - kontakt<br>2015 |   |   |     |
|--------------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------|---|---|-----|
|                                      |                   |                       | Vertikálny<br>smer<br>[mm]                          |                        |                         |                       | Horizontálny<br>smer<br>[mm]  |                           |                            |                      | V<br>smer<br>[mm] | H<br>smer<br>[mm] |                                    |   |                                                           |   |   |     |
| Označenie<br>stanice                 | Staničenie<br>[m] | Výška<br>Nadložia [m] | Základné<br>meranie $\Phi$ a0                       | 1. čítanie $\Delta$ a' | 2. čítanie $\Delta$ a'' | Priemer<br>$\Phi$ a36 | Základné<br>meranie $\Phi$ b0 | 1. čítanie<br>$\Delta$ b' | 2. čítanie<br>$\Delta$ b'' | Priem.<br>$\Phi$ b36 | $\Phi$ a0 – a36   | $\Phi$ b0 – b36   |                                    |   |                                                           |   |   |     |
| 1                                    | 0                 | 27,0                  | 36,20                                               | 36,20                  | 36,20                   |                       |                               |                           | +2,3                       |                      | 12,2              | 12,8              | K                                  | K | D                                                         | K | 1 | 0   |
| 2                                    | 6,5               | 27,0                  | 41,50                                               | 41,50                  | 41,50                   |                       |                               |                           | +1,825                     |                      | 12,3              | 12,9              | K                                  | D | D                                                         | D | 2 | 6,5 |
| 3                                    | 40                | 25,1                  | 44,00                                               | 44,00                  | 44,00                   | 92,55                 | 92,55                         | 92,55                     | +0,8                       | -1,325               | 12,4              | 13,0              | D                                  | D | K                                                         | K | 3 | 40  |
| 4                                    | 100               | 21,8                  | 44,45                                               | 44,40                  | 44,43                   | 92,75                 | 92,75                         | 92,75                     | +1,225                     | -1,85                | 12,6              | 12,7              | D                                  | D | D                                                         | D | 4 | 100 |
| 5                                    | 160               | 18,8                  | 54,45                                               | 54,50                  | 54,48                   | 71,00                 | 70,95                         | 70,98                     | -0,15                      | -0,95                | 12,7              | 12,7              | K                                  | D | D                                                         | D | 5 | 160 |
| 6                                    | 220               | 15,3                  | 53,40                                               | 53,40                  | 53,40                   | 74,30                 | 74,35                         | 74,33                     | -0,65                      | -0,975               | 12,8              | 12,8              | K                                  | D | D                                                         | D | 6 | 220 |



### c/ Stav potrubí Handlovky a Nepomenovaného potoka

V rámci riešenia úlohy bol podrobne zdokumentovaný stav potrubia Handlovky a Nepomenovaného potoka. Pri porovnaní stavu s predchádzajúcou obhliadkou z roku 2014, neboli zistené výraznejšie zmeny v počte a rozsahu materiálových porúch. Dĺžka trhlín na porušených zvaroch mala oproti predchádzajúcim rokom mierne narastajúcu alebo ustálenú veľkosť. Presné porovnanie na niektorých zvaroch bolo možné len voči roku (2011), pretože značky z predchádzajúcich rokov boli v dôsledku prívalových dažďov z augusta 2010 a následného vysokého stavu znečistenej vody a prudkého toku v potrubí zničené (Hagara et al., 2014).



Obr. 4.45.8. Lokalita Handlová-Stabilizačný násyp – prekrytie Handlovky a Nepomenovaného potoka – schéma výskytu porúch na potrubí (Hagara et al., 2014)

Z vykonaného hodnotenia stavu potrubí vyplývajú nasledujúce závery:

- Pričná a pozdĺžna priestorová tuhosť ocel'ovobetónovej konštrukcie „prekrytia“, významne stabilizuje násypové teleso – Stabilizačný násyp.
- Pričné trhliny na dne ocel'ového potrubia indikujú pozície so zvýšenou pozdĺžnou deformačnou aktivitou – pozdĺžnym zakrивovaním (priehyb).
- Trhliny a skorodované zvary zistené pri prehliadkach potrubia zatiaľ neovplyvňujú statickú únosnosť železobetónového skeletu.



- Indikačný bod v šachte OŠ2 na dolnej podeste je do výšky 1,5 m zasypaný. Meranie poklesu indikačného bodu nebolo v rokoch 2014 a 2015 možné uskutočniť.
- V staničeniach 51 Nepomenovaného potoka a 521 ľavého potrubia Handlovky bol zistený silný prítok tlakovej vody do potrubia (v roku 2014).
- Klesanie sútokového objektu a výtok tlakovej vody v staničeniach 521 ľavého potrubia Handlovky a 51 Nepomenovaného potoka majú spoločnú príčinu („väčšie sadanie sútoku“).
- Voda z násypovej strany a vo vnútri potrubia spôsobuje koróziu hlavnej pozdĺžnej výstuže železobetónového skeletu. V dôsledku toho sa významnou mierou skracuje životnosť betónového skeletu Handlovky a Nepomenovaného potoka.

V dôsledku uvedených skutočností je nutné skonštatovať, že lokálne úseky potrubného skeletu Handlovky a Nepomenovaného potoka v oblasti Sútokového objektu sa dostali do kritického až havarijného stavu.

#### d/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

V období zostavovania predloženej správy boli podrobne spracované režimové merania za dlhšie obdobie monitorovania. Analýzy nameraných hĺbok hladiny podzemnej vody boli zhrnuté do samostatnej správy, ktorá predstavuje prílohu číslo 1.

V roku 2014 boli na lokalite Handlová SN zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pozorované v 38 funkčných vrtoch (tab. 4.45.1; štatistické spracovanie meraní za posledné dva roky je v tab. 4.45.6 a 4.45.7). Režimové merania sú na lokalite zabezpečované v dvoch odlišných frekvenciách. Na 25 vrtoch bolo zabezpečených 30 meraní a 12 vrtoch 13 meraní (1 vrt bol meraný štyrikrát). Z nameraných údajov vyplýva, že v roku 2014 priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla hĺbku 7,3 m pod terénom. Nad úroveň terénu vystúpila hladina podzemnej vody vo vrte N-1. Z 30 zrealizovaných meraní bola podzemná voda nad úrovňou terénu až päťkrát (6. január, 5. júl, 2. august – maximálny stav, 6. september, 6. december). Pomerne plytko pod terénom boli namerané maximálne hladiny podzemnej vody i vo vrtoch M-2, N-3, N-4, N-2 a PV-19B. Počas roku 2014 v nich podzemná voda vystúpila minimálne počas jedného termínu merania do úrovne jedného metra pod terén a menej. Naopak, najhlbšie sa hladiny podzemnej vody držia vo vrtoch IN-4, NV-105, NV-8, INV-4, H-4, PV-107, NV-7 a H-6. Maximálne hladiny v týchto vrtoch nepresiahli 10 m pod terénom.

Maximálne stavy hladiny podzemnej vody sa vyskytovali prevažne v mesiacoch február (v 12 vrtoch), august (v 6 vrtoch) a september (v 5 vrtoch). Výskyt minimálnych stavov bol vo väčšine vrtoch spojený so začiatkom roka (minimálny stav v januári – v 20 vrtoch) a čiastočne s letným obdobím (minimálny stav v júli – v 10 vrtoch). Z hľadiska hodnotenia veľkosti ročnej amplitúdy možno konštatovať, že hĺbky hladiny podzemnej vody v zosuvnom území kolíšu len minimálne. Tento fakt dokumentuje 26 vrtoch, v ktorých maximálne ročné kolísanie nepresiahlo 1 m. Zmeny väčšie ako 5 m boli namerané len v 3 vrtoch, najväčšie vo vrte PV-19A (10,77 m).

V aktuálne hodnotenom 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 porovnaní s maximálnou hladinou podzemnej vody v danom vrte, ktorá charakterizuje celé obdobie monitorovania (0,51 m nad terénom, zaznamenanou dňa 1. apríla 2006), predstavuje nameraná maximálna hladina v roku 2015 pokles o 0,53 m. Dlhodobé maximum boli však prekročené vo vrte NV-112 (9,22 m pod terénom – 2. máj, čo je o 0,04 m viac ako doterajšie maximum zo dňa 29. jún 2013). 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). Spolu s hladinami nameranými vo vrtoch H-4, H-5, IN-2, IN-4, M-3, PV-19A a PV-4 ide o minimálne stavy namerané za celé monitorovacie obdobie. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2015 hĺbku 8,16 m pod terénom, čo je v porovnaní s predchádzajúcim rokom pokles o 0,86m. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo pozorované vo vrte PV-19A (7,31 m). Dosiahnutá amplitúda zmien hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 predstavuje 53,24 % celkových zmien zaznamenaných v tomto vrte od začiatku monitorovania.

Tab. 4.45.6. Výsledky merania hĺbky hladiny podzemnej vody na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp v roku 2014

| 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    | 30           | 3,70            | 451,19             | 15.02.14      | 5,01            | 449,88             | 06.01.14      | 4,62              | 450,27             | 1,31                   |
| H-2    | 30           | 9,19            | 452,28             | 20.09.14      | 9,71            | 451,76             | 06.01.14      | 9,41              | 452,06             | 0,52                   |
| H-3    | 30           | 5,88            | 463,92             | 30.08.14      | 5,97            | 463,83             | 06.01.14      | 5,91              | 463,89             | 0,09                   |
| H-4    | 30           | 14,14           | 463,91             | 04.10.14      | 14,37           | 463,68             | 06.01.14      | 14,21             | 463,84             | 0,23                   |
| H-5    | 30           | 2,79            | 458,05             | 20.12.14      | 7,51            | 453,33             | 06.01.14      | 5,03              | 455,81             | 4,72                   |
| H-6    | 30           | 18,09           | 456,23             | 12.04.14      | 18,13           | 456,19             | 06.01.14      | 18,10             | 456,22             | 0,04                   |
| H-7    | 30           | 3,55            | 450,43             | 06.12.14      | 3,98            | 450,00             | 18.01.14      | 3,76              | 450,22             | 0,43                   |
| IN-1   | 30           | 5,00            | 458,06             | 15.02.14      | 6,66            | 456,40             | 06.01.14      | 5,83              | 457,23             | 1,66                   |
| IN-2   | 30           | 2,21            | 460,92             | 15.02.14      | 2,45            | 460,68             | 19.07.14      | 2,34              | 460,79             | 0,24                   |
| IN-3A  | 30           | 8,32            | 452,28             | 20.09.14      | 8,80            | 451,80             | 06.01.14      | 8,54              | 452,06             | 0,48                   |
| IN-4   | 30           | 10,28           | 466,80             | 06.12.14      | 13,05           | 464,03             | 19.07.14      | 11,37             | 465,71             | 2,77                   |
| INV-4  | 30           | 12,24           | 464,87             | 20.09.14      | 13,21           | 463,90             | 06.01.14      | 12,81             | 464,30             | 0,97                   |
| M-1    | 13           | 1,93            | 514,80             | 03.01.15      | 3,74            | 512,99             | 05.07.14      | 3,22              | 513,51             | 1,81                   |
| M-2    | 13           | 0,09            | 539,76             | 06.01.14      | 1,18            | 538,67             | 05.07.14      | 0,50              | 539,35             | 1,09                   |
| M-3    | 13           | 1,50            | 506,39             | 03.01.15      | 1,95            | 505,94             | 05.07.14      | 1,79              | 506,10             | 0,45                   |
| MP-1   | 30           | 2,45            | 457,60             | 15.02.14      | 2,54            | 457,51             | 28.06.14      | 2,49              | 457,56             | 0,09                   |
| N-1    | 13           | -0,23           | 489,48             | 02.08.14      | 0,35            | 488,90             | 01.02.14      | 0,07              | 489,18             | 0,58                   |
| N-2    | 13           | 0,87            | 494,68             | 29.03.14      | 1,74            | 493,81             | 06.01.14      | 1,20              | 494,35             | 0,87                   |
| N-3    | 13           | 0,42            | 498,34             | 29.03.14      | 0,96            | 497,80             | 04.10.14      | 0,72              | 498,04             | 0,54                   |
| N-4    | 13           | 0,44            | 506,72             | 06.12.14      | 0,90            | 506,26             | 05.07.14      | 0,58              | 506,58             | 0,46                   |
| NV-1*  | 4            | 7,60            | 490,57             | 06.01.14      | 9,21            | 488,96             | 01.03.14      | 8,44              | 489,73             | 1,61                   |
| NV-105 | 13           | 10,68           | 474,31             | 03.01.15      | 11,12           | 473,87             | 02.08.14      | 10,89             | 474,10             | 0,44                   |
| NV-109 | 30           | 8,20            | 468,98             | 15.02.14      | 8,42            | 468,76             | 06.01.14      | 8,23              | 468,95             | 0,22                   |
| NV-110 | 30           | 4,06            | 473,01             | 30.08.14      | 12,70           | 464,37             | 06.01.14      | 7,74              | 469,33             | 8,64                   |
| NV-111 | 30           | 8,67            | 461,71             | 15.02.14      | 9,04            | 461,34             | 19.07.14      | 8,91              | 461,47             | 0,37                   |
| NV-112 | 30           | 9,37            | 461,75             | 27.12.14      | 9,52            | 461,60             | 18.01.14      | 9,44              | 461,68             | 0,15                   |
| NV-14  | 30           | 6,84            | 456,15             | 01.02.14      | 6,85            | 456,14             | 06.01.14      | 6,84              | 456,15             | 0,01                   |
| NV-7   | 13           | 15,96           | 466,45             | 03.01.15      | 16,91           | 465,50             | 06.01.14      | 16,35             | 466,05             | 0,95                   |
| NV-8   | 13           | 11,30           | 471,97             | 02.08.14      | 12,29           | 470,98             | 06.01.14      | 11,99             | 471,28             | 0,99                   |
| PV-107 | 13           | 14,81           | 467,54             | 29.03.14      | 15,56           | 466,79             | 06.01.14      | 15,25             | 467,10             | 0,75                   |
| PV-109 | 30           | 8,21            | 468,83             | 15.02.14      | 8,80            | 468,24             | 02.08.14      | 8,53              | 468,51             | 0,59                   |
| PV-110 | 30           | 7,71            | 469,30             | 02.08.14      | 10,78           | 466,23             | 06.12.14      | 9,97              | 467,04             | 3,07                   |
| PV-111 | 30           | 8,04            | 461,93             | 15.02.14      | 8,44            | 461,53             | 05.07.14      | 8,26              | 461,71             | 0,40                   |
| PV-112 | 30           | 9,45            | 460,82             | 15.02.14      | 12,26           | 458,01             | 06.01.14      | 10,43             | 459,84             | 2,81                   |
| PV-14  | 30           | 3,56            | 458,25             | 15.02.14      | 4,22            | 457,59             | 19.07.14      | 3,94              | 457,88             | 0,66                   |
| PV-19A | 30           | 2,95            | 463,94             | 30.08.14      | 13,72           | 453,17             | 19.07.14      | 8,75              | 458,15             | 10,77                  |
| PV-19B | 30           | 0,98            | 473,88             | 15.02.14      | 8,00            | 466,86             | 19.07.14      | 1,67              | 473,19             | 7,02                   |
| PV-4   | 13           | 9,04            | 481,94             | 29.03.14      | 9,39            | 481,59             | 06.01.14      | 9,22              | 481,76             | 0,35                   |

Tab. 4.45.7. 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             | 21.11.2015    | 5,06            | 449,83             | 42259,00      | 4,83              | 450,06             | 2,37                   |
| H-2    | 35           | 9,30            | 452,17             | 03.01.2015    | 9,88            | 451,59             | 42308,00      | 9,72              | 451,75             | 0,58                   |
| H-3    | 35           | 5,90            | 463,90             | 03.01.2015    | 8,76            | 461,04             | 42322,00      | 7,81              | 461,99             | 2,86                   |
| H-4    | 35           | 14,14           | 463,91             | 02.05.2015    | 14,55           | 463,50             | 42273,00      | 14,30             | 463,75             | 0,41                   |
| H-5    | 35           | 4,52            | 456,32             | 03.01.2015    | 8,10            | 452,74             | 42322,00      | 7,51              | 453,33             | 3,58                   |
| H-6    | 35           | 18,09           | 456,23             | 02.05.2015    | 18,14           | 456,18             | 42336,00      | 18,11             | 456,21             | 0,05                   |
| H-7    | 35           | 3,35            | 450,63             | 05.12.2015    | 3,89            | 450,09             | 42308,00      | 3,78              | 450,20             | 0,54                   |
| IN-1   | 35           | 5,76            | 457,30             | 02.05.2015    | 7,17            | 455,89             | 42308,00      | 6,78              | 456,28             | 1,41                   |
| IN-2   | 35           | 2,26            | 460,87             | 05.12.2015    | 2,76            | 460,37             | 42287,00      | 2,55              | 460,58             | 0,50                   |
| IN-3A  | 35           | 8,41            | 452,19             | 03.01.2015    | 8,97            | 451,63             | 42273,00      | 8,82              | 451,78             | 0,56                   |
| IN-4   | 35           | 11,30           | 465,78             | 03.01.2015    | 18,10           | 458,98             | 42329,00      | 14,84             | 462,24             | 6,80                   |
| INV-4  | 35           | 12,38           | 464,73             | 05.12.2015    | 13,32           | 463,79             | 42301,00      | 13,14             | 463,97             | 0,94                   |
| M-1    | 9            | 1,93            | 514,80             | 03.01.2015    | 4,67            | 512,06             | 42308,00      | 3,85              | 512,88             | 2,74                   |
| M-2    | 9            | 0,30            | 539,55             | 03.01.2015    | 2,15            | 537,70             | 42308,00      | 1,31              | 538,54             | 1,85                   |
| M-3    | 9            | 1,50            | 506,39             | 03.01.2015    | 3,99            | 503,90             | 42308,00      | 2,78              | 505,11             | 2,49                   |
| MP-1   | 35           | 2,43            | 457,62             | 21.11.2015    | 2,81            | 457,24             | 42259,00      | 2,57              | 457,48             | 0,38                   |
| N-1    | 9            | 0,02            | 489,23             | 03.01.2015    | 0,99            | 488,26             | 42280,00      | 0,41              | 488,84             | 0,97                   |
| N-2    | 9            | 0,91            | 494,64             | 03.01.2015    | 2,56            | 492,99             | 42280,00      | 1,86              | 493,69             | 1,65                   |
| N-3    | 9            | 0,62            | 498,14             | 03.01.2015    | 2,29            | 496,47             | 42280,00      | 1,56              | 497,20             | 1,67                   |
| N-4    | 9            | 0,48            | 506,68             | 03.01.2015    | 4,34            | 502,82             | 42308,00      | 2,55              | 504,61             | 3,86                   |
| NV-105 | 9            | 10,60           | 474,39             | 31.10.2015    | 11,50           | 473,49             | 42280,00      | 10,99             | 474,00             | 0,90                   |
| NV-109 | 35           | 8,23            | 468,95             | 03.01.2015    | 8,47            | 468,71             | 42322,00      | 8,36              | 468,82             | 0,24                   |
| NV-110 | 35           | 6,12            | 470,95             | 05.12.2015    | 12,94           | 464,13             | 42329,00      | 11,02             | 466,05             | 6,82                   |
| NV-111 | 35           | 8,72            | 461,66             | 05.12.2015    | 9,08            | 461,30             | 42168,00      | 9,04              | 461,34             | 0,36                   |
| NV-112 | 35           | 9,22            | 461,90             | 02.05.2015    | 9,66            | 461,46             | 42364,00      | 9,47              | 461,65             | 0,44                   |
| NV-14  | 35           | 6,85            | 456,14             | 03.01.2015    | 7,31            | 455,68             | 42287,00      | 7,08              | 455,91             | 0,46                   |
| NV-7   | 9            | 15,96           | 466,45             | 03.01.2015    | 17,10           | 465,31             | 42336,00      | 16,45             | 465,96             | 1,14                   |
| NV-8   | 9            | 11,81           | 471,46             | 02.05.2015    | 12,45           | 470,82             | 42217,00      | 12,15             | 471,12             | 0,64                   |
| PV-107 | 9            | 15,12           | 467,23             | 03.01.2015    | 16,46           | 465,89             | 42336,00      | 15,72             | 466,63             | 1,34                   |
| PV-109 | 35           | 8,46            | 468,58             | 03.01.2015    | 8,89            | 468,15             | 42168,00      | 8,71              | 468,33             | 0,43                   |
| PV-110 | 35           | 10,05           | 466,96             | 03.01.2015    | 10,74           | 466,27             | 42343,00      | 10,28             | 466,73             | 0,69                   |
| PV-111 | 35           | 8,00            | 461,97             | 05.12.2015    | 8,65            | 461,32             | 42245,00      | 8,53              | 461,44             | 0,65                   |
| PV-112 | 35           | 9,25            | 461,02             | 16.05.2015    | 12,63           | 457,64             | 42294,00      | 11,86             | 458,41             | 3,38                   |
| PV-14  | 35           | 3,52            | 458,29             | 05.12.2015    | 4,78            | 457,03             | 42287,00      | 4,36              | 457,45             | 1,26                   |
| PV-19A | 35           | 6,65            | 460,24             | 05.12.2015    | 13,96           | 452,93             | 42287,00      | 13,27             | 453,62             | 7,31                   |
| PV-19B | 35           | 1,11            | 473,75             | 02.05.2015    | 7,99            | 466,87             | 42196,00      | 6,11              | 468,75             | 6,88                   |
| PV-4   | 9            | 9,16            | 481,82             | 03.01.2015    | 9,61            | 481,37             | 42280,00      | 9,45              | 481,53             | 0,45                   |

#### e/ Merania zrážkových úhrnov

Hodnotenie zrážkových úhrnov zo zrážkomernej stanice Handlová je analogické ako pri lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko.

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Pohyby všetkých indikačných bodov boli zo stabilného hľadiska bezvýznamné. Významné neboli ani namerané posuny bodu na výtokovom objekte. Z meraní v roku 2015, ale i z meraní vykonaných v predchádzajúcom období, vyplývajú nasledujúce závery:

- Sadanie hlavných indikačných bodov v podloží pod násypovým telesom prebieha v medziach pružno-plastických a nachádza sa v dostatočne veľkej vzdialenosti od medzného stavu konečného pretvárania podložia.
- Výskyt priečných trhlin na dne oboch potrubí prekrytia poukazuje na nutnosť systematického monitorovania ich výskytu, lokalizácie, počtu a šírky. Ich výskyt indikuje nerovnomerné klesanie podložia. Ich symetria zatiaľ vylučuje vodorovný – priečny pohyb potrubia.
- Od roku 2002 sa naviezlo z bane na stabilizačný násyp do súčasnosti viac ako 500 000 m<sup>3</sup> banskej hlušiny a iných zemných materiálov, v dôsledku čoho došlo, v porovnaní s pôvodným výškopisným podkladom, k zmenám morfológie terénu.

Namerané deformácie oceľového potrubia zodpovedajú prognózam zostaveným z výsledkov meraní v predošlých rokoch. I v roku 2015 možno konštatovať pokračujúcu tendenciu záporných hodnôt deformácií v smere vertikálnom a kladných hodnôt v smere horizontálnom. Výskyt priečných trhlín na dne obidvoch potrubí poukazuje na nutnosť systematického monitorovania vývoja trhlín.

Hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2015 oproti predchádzajúcemu roku výraznejšie klesla. I napriek tomu, v súvislosti so zhoršujúcou sa funkčnosťou odvodnenia svahov, naďalej pretrváva hrozba hromadenia vody v telese SN. Ďalšou dôležitou skutočnosťou je, že hĺbky hladiny podzemnej vody v monitorovacích objektoch kolíšu len minimálne, čo signalizuje ich starnutie – zanášanie. Okrem toho, na režimové pozorovania sa využívajú aj vrty, ktoré primárne na to nie sú určené. Viac informácií o analýze, zameranej na vhodnosť monitorovacej siete, je v prílohe 1. 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.

V dôsledku zmien postupu pri budovaní násypu v posledných rokoch vznikla v jeho strednej časti rozsiahla plocha s pozdĺžnym spádom menším, ako 2 %, v dôsledku čoho zrážková voda nemá možnosť odtekať. Napriek významnému výparu značná časť tejto vody vsakuje do podlažia, čo vedie k postupnému zvyšovaniu hladiny podzemnej vody v násype. Túto skutočnosť je nevyhnutné zohľadniť pri návrhu navážania vyťažených materiálov z bane na Stabilizačný násyp v budúcnosti a vytvárania jeho reliéfu (čo je však podmienené novým zameraním povrchu Stabilizačného násypu). Navyiac, v súvislosti s pretrvávajúcimi vysokými hodnotami sadania v priestore objektu OŠ2 je nevyhnutné ukončenie skládkovania materiálu, resp. odstránenie aktuálne navezených častí na ploche 10 x 10 m (so stredom v bode OŠ2).

Monitorované dielo v súčasnosti zodpovedá tretej kategórii stavby v súlade s vyhláškou 524/2002 Z.z., z čoho vyplýva nevyhnutnosť vykonávania pozorovaní v definovanom rozsahu. V roku 2015, vzhľadom na faktor rizika, ktorý vyplýva z existencie vodnej stavby, sa začalo uvažovať o opätovnom preradení do vyššej – druhej kategórie. Z preradenia monitorovaného Stabilizačného násypu do kategórie 2 vyplývajú vyššie nároky na zabezpečovanie monitorovacích prác. Z uvedených dôvodov plánujeme monitorovacie práce operatívne upraviť počas roka 2016, 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 a objektu – MŽP SR. Na SN je v roku 2016 zároveň plánovaný Technicko-bezpečnostný dohľad, ktorý nad vodnou stavbou absentoval už dlhšie obdobie.

## 2. ZÁVER

V rámci pod systému „Zosuvy a iné svahové deformácie“ sa v roku 2015 vykonávalo monitorovanie troch základných typov svahových pohybov – zosúvania (31 pozorovaných lokalít), plazenia (4 lokality) a náznakov aktivizácie rúťových pohybov (9 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 45 lokalít. V roku 2015 sme prerušili monitorovacie aktivity na ôsmich zosuvných lokalitách (Handlová-Žiarska ul., Ľubietová, Bojnice, Krajná Poľana, Čadca, Kvašov, Vinohrady nad Váhom, Hlohovec-Posádka). 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 2015*

Lokality zo skupiny zosúvania sa monitorovali súborom metód zaznamenávajúcich posuny alebo deformácie meraných objektov (metódy geodetické a inklinometrické, diaľkový prieskum Zeme – InSAR) 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 2015 na 12 lokalitách zabezpečené merania automatickými hladinomerami. V roku 2015 sa podarilo inštalovať automatický hladinomer na lokalitách Červený Kameň, Kraľovany a Handlová-Kunešovská cesta. Naopak, zaznamenali sme stratu jedného automatického hladinomeru v zosuvnom území Fintice. Hladinomer bol poškodený poľnohospodárskym strojom počas kosenia (súčasne bol zničený i jeden geodetický bod). Zároveň, v súvislosti s prerušením monitorovacích aktivít na lokalite Krajná Poľana bol hladinomer z vrtu KP-1 odinštalovaný. V priebehu roka 2015 bol odinštalovaný aj hladinomer na lokalite Veľká Čausa z vrtu VČ-2. Dlhodobým meraním v tomto vrte boli preukázané hydrogeologické pomery v terasových sedimentoch, nachádzajúcich sa pod zosuvným delúviom. V závere roka 2015 bolo v prevádzke 21 automatických hladinomerov, ktoré zaznamenávajú zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody kontinuálne (s frekvenciou 1 hodina). Dva z nich, na lokalitách Veľká Čausa a Okoličné, majú v sebe integrovaný systém včasného varovania.

Na prelome rokov 2014 a 2015 bola v rámci geologickej úlohy „Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza“ (Ondrejka et al., 2014) zmodernizovaná monitorovacia sieť na väčšine zosuvných území v meste Handlová (handlovský zosuv z roku 1960, Morovnianske sídlisko a Kunešovská cesta). Do troch vrtov boli inštalované stacionárne inklinometrické sondy. Podobne bol počas budovania sanačných opatrení na lokalite Nižná Myšľa (Grech et al., 2014 in Šimeková et al., 2014) inštalovaný stacionárny inklinometer do novovybudovaného vrtu, v pohybovo mimoriadne aktívnej oblasti zosuvného územia – nad základnou školou.

V roku 2015 bola na dvoch monitorovaných zosuvných územiach po prvýkrát použitá technológia diaľkového prieskumu Zeme InSAR. Aplikovaná bola na lokalitách Varhaňovce a Prievidza-Hradec. Nespornou výhodou použitej metódy je, že v monitorovaných územiach nebolo nutné budovať nové pozorovacie objekty. Použité boli jestvujúce (prirodzené alebo umelo vytvorené) odrážače. Išlo hlavne o objekty vytvorené ľudskou činnosťou, napr. všetky stavebné objekty, oporné múry, monumenty, veľké antény, stožiare, ktoré sa v záujmovej oblasti nachádzajú.

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 2015 boli aplikované na 26 lokalitách), geodetické (metódy: terestrická a GNSS; v roku 2015 boli aplikované na 4 lokalitách) a technológiu InSAR (v roku 2015 bola aplikovaná na 2 lokalitách). Lokality, na ktorých boli vykonané a vyhodnotené tieto merania, je možné na základe dosiahnutých výsledkov účelovo rozdeliť do viacerých kategórií.

Prvú najaktívnejšiu skupinou predstavujú zosuvy, postihujúce katastrálne územia obcí Kraľovany, Červený Kameň, Vyšná Hutka, Veľká Čausa, Prievidza-Hradec a Nižná Myšľa. Na všetkých spomenutých zosuvoch bola v roku 2015 minimálne počas jednej etapy nameraná (minimálne v jednom vrte) deformácia nad 10 mm.

Najväčšie deformácie v rámci tejto skupiny boli namerané v opustenom lome v katastri obce Kraľovany, vo vrte V6-INK (vrt je situovaný v hornej časti severnej lomovej steny). V období od 10. októbra 2014 do 13. marca 2015 došlo v tomto vrte v hĺbke cca 5,5 m k deformácii 27,26 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie  $64,61 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Podobne vysoké hodnoty deformácie v uvedenom horizonte pretrvali i počas nasledujúcich meraní. Vo väčšej hĺbke, na úrovni druhej šmykovej plochy (23,5 m pod terénom) bol počas marcovej etapy nameraný prírastok deformácie 12,78 mm. O niečo nižšie deformácie boli počas marcového merania zaznamenané aj vo vrte V2-INK v hĺbke cca 9,12 m pod terénom. Následne počas opakovaných kontrolných meraní došlo v tomto horizonte k utlmeniu pohybovej aktivity. V ostatných monitorovaných objektoch sa veľkosti deformácií na predpokladaných šmykových plochách pohybovali v intervale 1,66 mm až 6,95 mm. Mimoriadnu pohybovú aktivitu na lokalite potvrdili i aplikované geodetické merania a fotogrametrické snímkovanie. Najväčšia polohová zmena bola nameraná na bode R3 (501 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť posunu južným smerom približne  $4,1 \text{ mm.deň}^{-1}$ ).

V obci Červený Kameň je pohybová aktivita sledovaná v jednom inklinometrickom vrte (KIN-1). Počas roka 2015 boli na zosuve zabezpečené dve kontrolné merania – máj a júl. Počas májovej etapy, ktorá charakterizuje pohybovú aktivitu v predchádzajúcom polroku, bola v hĺbke cca 3 až 4 m pod úrovňou terénu detegovaná výrazná šmyková zóna. Deformácie namerané v týchto hĺbkach presiahli 19 mm, čo pri prepočítaní na priemernú rýchlosť predstavuje viac ako 42 mm za rok. V nasledujúcej etape bol na sledovanej šmykovej ploche dokumentovaný pokles pohybovej aktivity. V zosuvnom území bol 12. mája inštalovaný automatický hladinomer do vrtu KHG-2.

V katastrálnom území obce Vyšná Hutka bola podobne ako počas prechádzajúceho obdobia vysoká pohybová aktivita nameraná v oblasti Mikovho majera vo vrte VHI-3. Na sledovanej šmykovej ploche, dosiahli hodnoty deformácie 7,96 mm – májové meranie, 7,30 mm – októbrové meranie. Ešte vyššia deformácia bola nameraná v novovybudovanom vrte VHI-1A, ktorý sa nachádza v severozápadnej časti intravilánu obce. V období od polovice mája do konca októbra dosiahla deformácia v tejto oblasti (na šmykovej ploche v hĺbke cca 4 m pod terénom) hodnotu 14,60 mm ( $32,90 \text{ mm.rok}^{-1}$ ).

Na lokalite Veľká Čausa boli mimoriadne vysoké hodnoty deformácie namerané vo viacerých vrtoch (VČ-1 – 10,08 mm; VČ-5 – 10,03 mm; VE-4 – 11,65 mm). Najnebezpečnejšia situácia je v oblasti vrtu VČ-1, ktorý sa nachádza priamo v zastavanej oblasti intravilánu obce. V danom území sa v minulosti podobné hodnoty vyskytovali skôr sporadicky, i keď naposledy bola analogická hodnota nameraná v roku 2011. Geodetickými meraniami boli v obci Veľká Čausa namerané mimoriadne vysoké hodnoty posunov v najzápadnejšej časti monitorovaného územia (na bode P2). Ide o oblasť, ktorá sa nachádza nad poľnohospodárskym družstvom, kde zosuv viditeľným spôsobom deformuje prilahlú cestnú komunikáciu. Aktivizácia tejto časti územia je pravdepodobne spojená s odstránením prilahlého lesného porastu v rokoch 2011 až 2012 na ploche väčšej ako 3 ha. Okrem výrazného poklesu evapotranspirácie, odlesnené územie predstavuje ideálne podmienky pre infiltráciu povrchových vôd. Problémy s odvádzaním povrchových vôd je možné sledovať aj

v centrálnej časti zosuvného územia, nad oblasťou s individuálnou bytovou zástavbou. Vybudované odvodňovacie rigoly v dôsledku starnutia (zarastenia vegetáciou) prestali plniť svoju funkciu a v súčasnosti predstavujú predispozíciu pre infiltráciu povrchových vôd do horninového – zosuvného prostredia.

Veľmi znepokojujúca situácia je v mestskej časti Prievidze, v časti Hradec, na ulici Na Stanište. Ide o staré, pomerne rozsiahle zosuvné územie, nachádzajúce sa na severnom úpätí Vtáčnika, ktoré sa reaktivovalo v rokoch 2012 až 2013. V roku 2014 boli v širšom území (v časti Hradec-Pavlovská ul. a tiež v mestskej časti Veľká Lehôtka) vybudované sanačné opatrenia. I napriek tejto skutočnosti bola v oblasti pod ihriskom (ulica Na Stanište), pozorovaná výrazná aktivita zosuvného územia. Okrem priamych meraní tento stav potvrdzujú poruchy na stavebných objektoch. Najvyššia deformácia bola nameraná vo vrte IGH-5i v období od novembra 2014 do marca 2015 v hĺbke 5,11 m pod terénom (15,70 mm). O niečo nižšie hodnoty pohybovej aktivity boli zaznamenané v polovici júna vo vrte IGP-10 (9,81 mm). Kontrolné decembrové meranie potvrdilo upokojenie sa situácie. Svahový pohyb v mestskej časti Prievidza-Hradec sa prejavuje deštrukciou stavebných objektov na pomerne rozsiahlom území. Z tohto dôvodu bola na detekciu pohybovej aktivity použitá technológia InSAR. Z jej výsledkov vyplýva, že značná časť územia je v pohybe, súvisiacim s gravitačným rozpadom pohoria Vtáčnik. Rýchlosť pohybu je v intervale 16 až 20 mm.rok<sup>-1</sup>.

Dlhodobo sledované vysoké hodnoty pohybovej aktivity v Nižnej Myšli v území nad Základnou školou boli dokumentované i v roku 2015, a to i napriek pomerne rozsiahlej sanácii. Najvyššie deformácie boli namerané v období od 29. júla do 27. októbra 2015 vo vrte INK-53. V hĺbke 3,19 m pod terénom tu bola nameraná deformácia 10,92 mm. V súvislosti s nameranou októbrovou aktivitou vo vrte INK-53 treba uviesť, že je výsledkom postupne narastajúcich etapových prírastkov deformácie na šmykovej ploche. Ilustrujú to namerané hodnoty deformácie v prvom polroku 2015 (apríl – 1,33 mm – 3,28 mm.rok<sup>-1</sup>; júl – 6,10 mm – 24,20 mm.rok<sup>-1</sup>). Pohybová aktivita nameraná počas októbra predstavuje v sledovanej hĺbke najvyšší etapový prírastok deformácie za celé monitorované obdobie (azimuty nameraných vektorov sú v súlade so spádnicou svahu, teda v smere svahového pohybu, chyba merania je teda málo pravdepodobná).

Vysoké hodnoty deformácie na šmykových plochách boli namerané i na Hlbokej ul. vo vrte INM-5 a na Obchodnej ul. vo vrte INK-22. Na šmykových plochách, ktoré sú sledované v ostatných vrtoch, boli namerané deformácie prevažne v rozsahu 1,0 mm až 3,0 mm. Paradoxne, najväčší pokles pohybovej aktivity v porovnaní s predchádzajúcim obdobím bol pozorovaný v južnej, doposiaľ nesanovanej oblasti.

Zásadným problémom zosuvného územia Nižná Myšľa, ktorý sa priamo dotýka stabilitných pomerov, je nízka účinnosť vybudovaných sanačných opatrení – subhorizontálnych odvodňovacích vrtoch. Vrty boli budované vo viacerých etapách sanačných prác. Posledné odvodňovacie vrty spolu s odvodňovacou štrkovou stenou boli vybudované v roku 2015. Efektívnosť jednotlivých objektov je však veľmi nízka. Časť vybudovaných vrtoch je permanentne suchá (treba však podotknúť, že rok 2015 bol mimoriadne chudobný na zrážky).

V roku 2015 bola výdatnosť monitorovaná na 36 odvodňovacích vrtoch. Sedemnást' vrtoch (HNM-2, 3, SHV-11, 31, 32, 33, 34, 41, 62, 71, 72, 73, 82, 92, 93, 101 a 111) bolo počas celého roka suchých. Vo vrtoch HNM-1, SHV-12, SHV-13, 14, 21, 22, 23, 53, 61, 63, 64, 81 a 112 bolo minimálne počas jedného merania zaznamenané kvapkanie, príp. bol vrt suchý. Vyšší efekt odvádzania podzemnej vody bol pozorovaný na vrtoch SHV-15, 52 a ST-12. Ich priemerná výdatnosť sa pohybovala v intervale od 0,54 do 3,06 l.min<sup>-1</sup>. V ostatných vrtoch bola výdatnosť v intervale od 0,1 do 0,45 l.min<sup>-1</sup>. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých pozorovaných vrtoch dosiahla v hodnotenom roku 7,76 l.min<sup>-1</sup>, čo znamená, že potenciál drenážnych zariadení v roku 2015 dosahoval hodnotu blízku 4 000 m<sup>3</sup> odvedenej

podzemnej vody zo zosuvného územia. V prepočte na plochu odvodňovaného územia to predstavuje cca  $15 \text{ l.m}^{-2}.\text{rok}^{-1}$ . Pre porovnanie, ročný zrážkový úhrn v tejto oblasti predstavuje  $550 - 600 \text{ l.m}^{-2}$  (Faško a Šťastný in Atlas krajiny SR, 2002).

Špeciálne postavenie v rámci súboru monitorovaných zosuvov patrí lokalitám Fintice a Varhaňovce. I keď na lokalite Fintice výsledky inklinometrických meraní nie je možné jednoznačne interpretovať, geodetické merania realizované v prechodovej časti zosuvu už dlhodobo poukazujú na pomerne vysokú aktivitu tohto územia. Namerané posuny na geodetickej sieti (v polohovom smere) dosahujú hodnoty v rozsahu 15,43 až 33,27 mm. O vysokej aktivite tejto časti zosuvného územia svedčí i porušenie inklinometrických pažníc vo vrtoch. Podobná situácia je i na juhovýchode obce Varhaňovce. V minulosti došlo v dôsledku vysokej pohybovej aktivity k zničeniu všetkých inklinometrických vrtoch. Z tohto dôvodu bolo územie testované na monitorovanie technológiou InSAR. Posuny na jednotlivých odrážačoch (bodoch) dosahujú rýchlosti prevažne do  $10 \text{ mm.rok}^{-1}$ , v niektorých extrémnych prípadoch však až do  $40 \text{ mm.rok}^{-1}$ . Treba však pripomenúť, že pri interpretácii výsledkov analýzy bol k dispozícii nižší počet prirodzených odrážačov.

Do skupiny zosuvov, na ktorých boli počas roka 2015 namerané zvýšené hodnoty pohybovej aktivity, patria lokality: Prešov-Pod Wilec Hôrkou, Ďačov, Okoličné, Handlová-Kunešovská cesta, Košice-Dargovských hrdinov.

Na lokalite Prešov-Pod Wilec Hôrkou bola najvyššia pohybová aktivita nameraná vo vrte JV-1A, ktorý sa nachádza v najvyššie položenej časti záhradkárskej kolónie. V období od decembra 2014 do mája 2015 bola v hĺbke 9,8 m pod terénom nameraná deformácia 5,10 mm ( $12,09 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Dosiahnutá deformácia je v uvedenom vrte (na sledovanej šmykovej ploche) najvyššia od počiatku monitorovania. Zároveň treba však uviesť, že v ostatných vrtoch došlo v porovnaní s predchádzajúcimi rokmi k poklesu pohybovej aktivity. Táto skutočnosť môže do určitej miery súvisieť s pomerne nízkymi zrážkovými úhrnmi v roku 2015. V najaktívnejšej časti, na úpätí svahu, bola na sledovanej šmykovej ploche vo vrte JV-4A (v rovnakom období ako vo vrte JV-1A) nameraná deformácia 4,06 mm. Počas ostatných etáp namerané deformácie nepresiahli 2 mm.

Vysoké hodnoty deformácie boli opätovne namerané v obci Ďačov vo vrte DA-7 (v období august 2014 – apríl 2015), ktorý sa nachádza v severovýchodnej časti obce. Nameraná deformácia (v hĺbke cca 4 m pod terénom –  $6,94 \text{ mm} - 10,13 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) je druhá najvyššia za monitorované obdobie. Následné kontrolné meranie, ktoré bolo vykonané počas októbra, dokumentovalo pokles pohybovej aktivity ( $1,17 \text{ mm} - 2,35 \text{ mm.rok}^{-1}$ ).

Špeciálne postavenie v rámci lokalít zo zvýšenou pohybovou aktivitou, zaznamenanou pomocou metódy presnej inklinometrie, majú zosuvné územia v Okoličnom, v Handlovej na Kunešovskej ceste a v Košiciach na sídlisku Dargovských hrdinov. Deformácie, namerané počas jednotlivých etapových meraní, majú pomerne vysoké hodnoty, ale na základe ich orientácie predpokladáme, že nesúvisia so svahovým pohybom, ale s nesprávnym zabudovaním inklinometrickej pažnice. Geodetické merania na lokalite Okoličné preukázali relatívne stabilný stav zosuvného územia.

Do skupiny lokalít s mierne zvýšenou pohybovou aktivitou patria lokality: Kapušany, Vyšný Čaj, Nižná Hutka, Žilina-Vranie, Handlová-Morovnianske sídlisko, Handlová z roku 1960, Lukov, Lenartov, Petrovany, Dolná Mičiná a Šenkvice.

V Kapušanoch bola zvýšená pohybová aktivita pozorovaná najmä počas aprílového termínu merania, a to vo vrtoch INK-2 (v hĺbke 10 m pod terénom bola nameraná etapová deformácia 4,20 mm) a INK-3 (v hĺbke 9,09 m pod terénom bola nameraná etapová deformácia 4,14 mm). O niečo nižšie hodnoty boli namerané vo vrtoch INK-4 a INK-7. Vrty ležia približne v jednej línii, orientovanej SSZ – JJV smerom. Počas októbrového merania bol na uvedených vrtoch pozorovaný pokles pohybovej aktivity.

V obci Nižná Hutka bola mierne zvýšená pohybová aktivita nameraná až v troch vrtoch (NHI-1, 1A a 3). Vo vrte NHI-3 bola deformácia 2,64 mm nameraná počas jarnej etapy, a to relatívne plytko pod terénom, v hĺbke cca 1,5 m. Vo vrtoch NHI-1A a NHI-1 došlo k nárastu deformácie v období od mája do októbra. Podobne, k nárastu deformácie v tomto období došlo i v prípade vrtu VČI-1 v obci Vyšný Čaj v hĺbke 6,23 m pod terénom (2,02 mm) a tiež vrtu INV-2 v obci Žilina-Vranie v hĺbke cca 7 m – 3,28 mm (rýchlosť 3,77 mm.rok<sup>-1</sup>).

V meste Handlová boli v závere roka 2014 na dvoch samostatných zosuvných lokalitách vybudované 3 nové inklinometrické vrty. Z kontrolných meraní vyplýva, že najvyššia pohybová aktivita je v oblasti Jánošíkovej cesty vo vrte AH-3 (uvedené zosuvné územie je monitorované v rámci lokality Morovnianske sídlisko). V období od začiatku marca do konca júla bola v hĺbke 6,57 m pod terénom nameraná deformácia 3,40 mm (rýchl. 8,50 mm.rok<sup>-1</sup>). V dvoch nových inklinometrických vrtoch (prvý je situovaný na Morovnianskom sídlisku, v oblasti nad železničným oblúkom; druhý – v južnej časti mesta, na severnom okraji katastrofálneho zosuvu z roku 1960) boli osadené stacionárne inklinometrické sondy. V roku 2015 boli v týchto vrtoch vykonané viaceré kontrolné merania (3 až 4 etapy), zamerané na optimalizáciu definitívneho osadenia monitorovacích zariadení. Počas realizácie kontrolných meraní neboli v profile vrtu zaznamenané zvýšené hodnoty deformácie. Podobne, ani prevádzka stacionárnych zariadení nepreukázala aktivizáciu svahového pohybu v hĺbke ich umiestnenia. Pre definovanie hĺbky aktívnej šmykovej plochy plánujeme pokračovať v podobnom režime i v roku 2016.

Na lokalitách Lukov, Lenartov a Petrovany namerané vektory deformácie indikujú mierne zvýšené hodnoty pohybovej aktivity. Avšak počas monitorovaného obdobia neboli v meranom profile detegované priebehy aktívnych šmykových plôch. Monitorovacie objekty sa totiž nachádzajú mimo svahových porúch, a teda namerané výsledky nesúvisia so stabilnou situáciou zosuvného telesa. Z tohto dôvodu nie je možné spoľahlivo sa vyjadriť k pohybovej aktivite zosuvných území.

Najnižšia pohybová aktivita bola zaznamenaná na lokalitách Košice-Krásna, Prešov-Horárska ul., Bardejovská Zábava a Ruská Nová Ves.

Lokality Košice-Krásna a Prešov-Horárska ul. je možné na základe nameraných výsledkov z roku 2015 hodnotiť ako potenciálne stabilné. Na lokalite Bardejovská Zábava naďalej pretrváva pomalý svahový pohyb po šmykovej ploche v hĺbke 5,61 m pod terénom. Navyše, v roku 2015 došlo k jeho zintenzívneniu.

V zosuvnom území v obci Ruská Nová Ves opakovane upozorňujeme, že jestvujúca monitorovacia sieť neumožňuje zachytiť pohybovú aktivitu. Inklinometrický vrt, ktorý sa nachádza v prechodovej časti zosuvu v blízkosti futbalového ihriska, nezasahuje do hĺbky šmykovej plochy, a tým pádom namerané výsledky nie sú reprezentatívne.

Rok 2015 je možné hodnotiť ako zrážkovo priemerný až podpriemerný, čo sa prejavilo na zmenách v kolísaní hladiny podzemnej vody prakticky na všetkých monitorovaných lokalitách. Pozorovateľný bol i pokles výdatnosti odvodňovacích vrtov (v mnohých prípadoch však čiastočne ovplyvnený starnutím odvodňovacích zariadení). Najvýznamnejším výsledkom však je pokles pohybovej aktivity. Ide najmä o lokality Košice-Krásna, Prešov-Horárska ul. a ďalšie. Naopak, ako sme už naznačili, na lokalitách Prievidza-Hradec (v oblasti ulice Na Stanište), Červený Kameň, Vyšná Hutka, Veľká Čausa, Kraľovany a Nižná Myšľa, nepriaznivá stabilitná situácia pretrvávala i v roku 2015.

I keď vývoj hladiny podzemnej vody častokrát priamo determinuje stabilitnú situáciu v zosuvných územiach, a teda je neoddeliteľnou súčasťou hodnotenia pohybovej aktivity, vzhľadom na skutočnosť, že ide o metodicky výrazne odlišnú skupinu monitorovacích meraní, uvádzame sumárne hodnotenie režimových meraní oddelene.

Počas roka 2015 boli režimové pozorovania zabezpečené na 24 lokalitách v 250 prevažne piezometrických vrtoch (okrem piezometrických vrtov sa na meranie hladín

využívajú i vrty vystrojené pre iné účely). Najvyššia frekvencia meraní bola zabezpečená na lokalite Veľká Čausa (až 51 etáp režimových meraní), kde sú merania vykonávané 1 krát týždenne. Pomerne vysoká úroveň v zabezpečovaní merania hladín podzemnej vody bola i na lokalitách Nižná Myšľa (44 etáp) a Okoličné (46 etáp). Na lokalitách Handlová-Stabilizačný násyp, Prievidza-Hradec a Veľká Lehôtka bola frekvencia meraní zabezpečovaná v rozsahu 26 – 43 krát do roka, čo teda priemerne vychádza na dvojtýždennú frekvenciu. Podobný charakter zabezpečovania režimových údajov bol i na lokalitách Handlová – Morovnianske sídlisko a Kunešovská cesta. Na ostatných lokalitách sú merania zabezpečované v mesačnom intervale (cca 9 až 10 meraní ročne).

Za nepriaznivý stav hladiny podzemnej vody je možné považovať prípady, pri ktorých hladina podzemnej vody vystupuje do blízkosti terénu, resp. nad jeho úroveň (vo výnimočných prípadoch dochádza i k prelivu cez ústie vrtu). V roku 2015 hladina podzemnej vody vystúpila nad úroveň terénu v 9 vrtoch. Išlo o lokality: Handlová-Morovnianske sídlisko (P-11, P-18, P-34, P-16, P-37, P-28), Okoličné (JH-14, JH-17), Veľká Čausa (PO-1).

V blízkosti terénu (do 0,5 m pod terénom) boli hladiny podzemnej vody namerané i na lokalitách Ďačov (DA-10, DA-5), Fintice (K-3, K-2), Handlová-Stabilizačný násyp (N-1, M-2, N-4), Handlová-Kunešovská cesta (MK-8), Handlová-Morovnianske sídlisko (P-11, P-18, P-36, P-32, P-35, P-34, P-38, P-16), Slanec TP (J-11), Veľká Čausa (M-8, M-14, M-4, VČ-13) a Nižná Myšľa (JV-54A a PZ-1).

Z pohľadu dlhodobých zmien režimových ukazovateľov je možné za nepriaznivý stav považovať prípady, kedy boli dosiahnuté alebo prekročené dlhodobé maximálne stavy. V roku 2015 boli takéto stavy zaznamenané skôr ojedinele, a to na lokalitách Handlová-Stabilizačný násyp (NV-112), Handlová-Morovnianske sídlisko (P-21, P-27, P-26), Okoličné (M-3) a Veľká Čausa (VČ-4, M-4, VČ-6). Podobne, dlhodobé maximá boli zaznamenané i na lokalitách Čirč a Kapušany, ale vzhľadom na krátke obdobie monitorovania nie je im možné prikladať väčšiu vážnosť.

Častejšie však dochádzalo k prekročeniu dlhodobých ukazovateľov v prípade minimálnych stavov hladiny podzemnej vody (až na 14 lokalitách – v 34 vrtoch). Výraznejšie poklesy boli sledované i v prípade porovnania priemerných ročných hĺbok hladiny podzemnej vody z dlhodobými priemerami. Najvýraznejšie sa tento fakt prejavil na lokalite Handlová-Stabilizačný násyp (až v 31 vrtoch). Z uvedených skutočností vyplýva, že v roku 2015 prevládali relatívne priaznivé stabilitné pomery.

Pri hodnotení priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody v roku 2015 je možné konštatovať, že až na 16 lokalitách došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom k jej poklesu. Vo všeobecnosti išlo len o malé zmeny, rádovo v desiatkach centimetrov. Najväčšie poklesy boli namerané na lokalitách: Varhaňovce (1,00 m), Vyšná Hutka (0,90 m) a Handlová-Stabilizačný násyp (0,86 m). Treba však podotknúť, že v prípade prvých dvoch spomenutých lokalít je frekvencia meraní nízka s malým počtom sledovaných vrtoch. Nárast priemernej hĺbky hladiny podzemnej vody bol pozorovaný len ojedinele, a to len v minimálnej miere (na lokalitách: Fintice, Okoličné; nárast priemernej hĺbky hladiny v roku 2015 dosahoval od 0,09 do 0,18 m).

Pri sledovaní režimu podzemných vôd má význam aj hodnotenie veľkosti dosiahnutej ročnej amplitúdy. Pri posudzovaní tohto parametra je dôležité si uvedomiť, že dynamika kolísania hladiny podzemnej vody sa odráža na celkovom stabilitnom stave zosuvných území. Pri sumárnom pohľade na všetky monitorované piezometrické vrty v roku 2015 boli najväčšie zmeny namerané na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko (P-27 – 7,79 m, P-26 – 8,51 m a P-4 – 9,70 m) a v zosuvnom území nad obcou Veľká Čausa (VČ-6 – 8,65 m; vrt je vystrojený viacúčelovo). Špeciálnu skupinu tvoria vrty, v ktorých bolo počas roka možné sledovať preliv a následne, počas ďalších meraní boli bez vody, teda suché – hladina podzemnej vody sa nachádzala vo väčšej hĺbke ako je dno vrtu (príkladom sú vrty P-18, P-16



a P-28 na lokalite Handlová-Morovnianske sídlisko). V týchto prípadoch vzniká podozrenie, či uvedené vrty podávajú dostatočne spoľahlivé výsledky. Za problém považujeme i stav, kedy vo vrtoch hladiny podzemnej vody v porovnaní s predchádzajúcim obdobím „prestanú kolísať“ a namerané ročné zmeny sú minimálne až zanedbateľné. Príkladom sú niektoré vrty na lokalitách v Handlovej – Stabilizačný násyp a Morovnianske sídlisko, na zosuve v Okoličnom a v obci Veľká Čausa. Vo viacerých vrtoch došlo v porovnaní s predchádzajúcim obdobím (počas ktorého zmeny hladiny podzemnej vody dosahovali rádovo prvé metre) k radikálnemu poklesu amplitúdy ročných zmien (o viac ako 94 %; súčasné ročné zmeny nepresahujú 0,25 m).

Vo všeobecnosti možno konštatovať že v roku 2015 sa na stabilitej situácii vo veľkej miery odrážal vplyv klimatických pomerov. Z hľadiska vplyvu klimatických pomerov na stabilitu monitorovaných zosuvov možno rok 2015 rozdeliť do dvoch období. V zimnom, ale najmä v jarnom období, vplyvom klimatických pomerov, bol pozorovaný vzostup väčšiny hladín podzemnej vody a s tým spojený pokles stability, ktorý sa prejavil zvýšenou pohybovou aktivitou. Opačný, pozitívny charakter klimatických pomerov na stabilite pomery, bolo možné sledovať v druhej polovici roka.

Svahové pohyby charakteru plazenia sa monitorovali mechanicko-optickým dilatometrom TM-71 na lokalitách situovaných na okraji vulkanických Slanských vrchov. V roku 2007 bol jeden prístroj TM-71 inštalovaný i na lokalite Jaskyňa pod Spišskou v Levočských vrchoch. Okrem minimálnej pohybovej aktivity, resp. stagnácie pohybu horného bloku na lokalite *Veľká Izra* preukázali výsledky priestorový pohyb na všetkých ostatných lokalitách. Najvýraznejšie pohyby boli zistené v *K. Klečenove*. Spodný blok (KK1) poklesol o cca 0,3 mm a atakuje celkovo hodnotu 12 mm (25 rokov meraní), trhlina sa rozšírila o cca 0,4 mm na celkových 6,29 mm a šmykový posun narástol o 0,5 mm (celkovo 5,25 mm). Horný blok (KK2) poklesol až o 0,7 mm (na 10,1 mm od roku 1995), šmykový posun sa zväčšil o 0,13 mm (na celkových 3,42 mm), otváranie trhliny stagnovalo. Na lokalite *Sokol* pokračoval trend šmykového pohybu (nárast o 0,33 mm) a otvárania (nárast o 0,63 mm) trhliny. Od roku 1990 dosiahol celkový posun v prvom prípade 7,38 mm, v druhom 11,26 mm. Pokles bloku stagnoval. V *Jaskyni pod Spišskou* sa aj v roku 2015 potvrdil trend pomalého poklesávania bloku voči masívu ( $0,072 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) a pomalého otvárania trhliny ( $0,066 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Celkový pokles bloku od roku 2007 dosiahol 0,56 mm, celkové otvorenie trhliny 0,61 mm. Šmykový pohyb stagnoval, resp. bol zanedbateľný.

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).

Na lokalite Demjata bol v roku 2015 dilatometrickými meraniami pozorovaný trend pokračujúceho pohybu v oblasti južného ukončenia pravej strany skalného zárezu na frekventovanej cestnej komunikácii z Demjaty do Raslávíc. Porovnaní s rokom 2014 bol zaznamenaný pohyb uvoľneného horninového bloku v podloží okrajovej lavice v rozsahu 0,6 mm. Samotná okrajová lavica v monitorovacom cykle roku 2015 sa posunula nepatrne. Na lokalite Banská Štiavnica bolo dilatometrickými meraniami pozorované pomalé rozvoľňovanie skalných blokov. V poslednom ročnom monitorovacom cykle nadobudli zmeny šírky diskontinuit hodnoty do 0,2 mm. Na lokalite Slovenský raj sa zmeny šírky monitorovaných porúch v horninovom masíve od posledného merania v roku 2014 pohybujú v rozsahu do 0,3 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. Na základe merania priečných deformácií potrubia možno konštatovať, že výsledky zodpovedajú prognózam, zostaveným z meraní v predošlých rokoch. Pohyby všetkých indikačných bodov boli zo stabilitného hľadiska bezvýznamné. Veľkosť sadania podložia sa nachádza v dostatočnom odstupe od medzného stavu konečného pretvorenia.

Z hľadiska hodnotenia stavu potrubí Handlovky a Nepomenovaného potoka možno konštatovať, že priečne trhliny na dne oceľového potrubia indikujú pozície so zvýšenou pozdĺžnou deformačnou aktivitou. Na viacerých staničeniach bol počas vlaňajšieho roku zistený silný prítok tlakovej vody. Navyše, voda z násypovej strany a vo vnútri potrubia, spôsobuje koróziu hlavnej pozdĺžnej výstuže železobetónového skeletu. V dôsledku toho sa významnou mierou skracuje životnosť betónového skeletu Handlovky a Nepomenovaného potoka. Na základe meraní a terénnej obhliadky treba opätovne konštatovať, že dôležitou podmienkou bezporuchovej prevádzky Stabilizačného násypu je obnovenie funkčnosti jeho odvodnenia obvodovými rigolmi, ktoré sú na viacerých úsekoch upchaté. Zároveň je potrebné zabezpečiť rekonštrukciu porušeného ústia hlavného drénu, čo umožní obnovenie meraní výdatnosti odvádzanej vody. Za nevyhnutné považujeme i zavedenie racionálneho riadenia v oblasti skládkovania banského odpadu, ktoré v niektorých častiach násypu pokračuje i v súčasnosti. Vplyvom nadmerného objemu, a teda zaťaženia, dochádza v oblasti OŠ2 už dlhodobo k sadaniu, ktorého výsledná hodnota sa približuje k stanovenej medznej hodnote.

V roku 2015 bola na viacerých lokalitách preukázaná vysoká pohybová aktivita. Preukázaná bola najmä meraniami metódou presnej inklinometrie v hĺbke šmykových plôch. 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 2016 realizovať tri etapy inklinometrických meraní. Geodetické merania budú v roku 2016 realizované len na 4 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 2015.

Na lokalitách s náznakmi aktivizácie rútvých pohybov sú na rok 2016 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 a 2015)*

- Bergman, R., 2011: Fintice – meranie posunov, 15. etapa. Geotop, Košice, 5 s. Archív Oddelenia inžinierskej geológie ŠGÚDŠ, Bratislava
- Faško, P., Šťastný, P., 2002: Priemerné ročné úhrny zrážok. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. MŽP SR, Bratislava, SAŽP, Banská Bystrica, s. 95
- Fekeč, P., Bednarik, M., Mareta, P., 2014a: Realizácia 2. etapy sanácie havarijného zosuvu v obci Šenkvice. Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, 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 Kľačanoch (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., Pálení, M., 2014f: Realizácia inžinierskogeologického prieskumu havarijného zosuvu a realizácia protihavarijných opatrení v obci Červený Kameň (Projekt č. 7 časti II). Združenie inžinierskogeologický prieskum a sanácia havarijných

- zosuvov na vybraných lokalitách Slovenskej republiky, 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, Kospet, 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. Obecny 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 Handlová. Skupina dodávateľov „Sanácia Prievidza“, Prievidza, Envigeo, s. s. Banská Bystrica. In: Ondrejka, P., Liščák, P., Šimeková, J., 2014: Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, s. 37.
- Jadroň, D., Mokrá, M., 1999: Handlová – Kunešovská cesta, havarijný zosuv. Záverečná správa. INGEIO, 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: Súčasný metódy monitoringu procesov zvetrávania. In: Klukanová, A., Wagner, P. (ed.): Geológia a životné prostredie. Zbor. referátov z 2. konferencie. Vyd. ŠGÚDŠ, Bratislava, s. 136 – 140
- Kaličiak, M. (ed.), Baňacký, V., Jacko, S., Janočko, J., Karoli, S., Molnár, J., Petro, 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. INGEIO-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 INGEO – ighp, spol. s r.o. Manuskript, 92 s. a prílohy, Žilina
- Nemčok, A., 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. Veda, Vyd. Slovenskej akadémie vied, 319 s., Bratislava
- Ondrejka, P., Bakoň, M., Papčo, J., Liščák, P., Žilka, A., 2016: Monitoring aktivity zosuvného územia Prievidza-Hradec. Geotechnika, 1/16, s. 3 – 12.
- Ondrejka, P., Wagner, P., Gróf, V., 2011: Využitie stacionárneho inklinometra na tvorbu systémov včasného varovania na zosuvoch. Geotechnika 1-2/2011, Čeněk a Ježek, Praha, s 19 – 23.
- Ondrejka, P., Liščák, P., Šimeková, J., 2014: Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, s. 37.
- Otepka, J., Menzelová, O., Bohyník, J., Mesko, M., Čubříková, E., Roháčiková, A., Škripeková, 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.
- 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., Fordinál, K., Nagy, A., Hraško, L., Németh, Z. Malík, P., Liščák, P., Madarás, J., Slavkay, M., Kubeš, P., Kucharič, L., Boorová, D., Zlinká, A., †Siránová, Z., Žecová K., 2012: Vysvetlivky ku geologickej mape regiónu Malé Karpaty 1:50 000. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 7-287
- Sláma, M., Gomolčák, M., Komoň, J., Turovský, F., Tunega, O., Mišove, P., Bačo, J., 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., Mokrý, M., Petro, L., Polaščinová, E., Rusnák, M., Sluka, V., Solčiansky, R., Wanieková, D., Záthurecký, A., Žabková, E., 2006. Atlas máp stability svahov Slovenskej republiky 1:50 000. Vyd. MŽP SR Bratislava, INGEO-ighp, s. r.o., Žilina
- Šimon, L. (ed.), Elečko, M., Lexa, J., Kohút, M., Halouzka, R., Gross, P., Pristaš, J., Konečný, V., Mello, J., Polák, M., Vozárová, A., Vozár, J., Havrila, M., Köhlerová, M., Stolar, M., Jánová, V., Marcin, D., Szalaiová, V., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny 1:50 000. GS SR, Vyd. Dionýza Štúra, 281 s., Bratislava
- Tometz, L., Blišťan, P., Harabinová, S., Leššo, J., Nyárhidy, J., Turovský, F., 2010: Nižná Myšľa – havarijný zosuv, inžinierskogeologický prieskum. Manuskript Geofond, Bratislava, 59 s.
- Tupý, P., Ilkanič, A., Bvoc, T., Kopecký, M., Gomolčák, M., Sláma, M., 2010a: Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov, vzniknutých v roku 2010. Časť č. 1 – „Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v okrese Prešov“. MŽP SR, Bratislava, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica. Manuscript - Geofond, Bratislava, 111 s.
- Tupý, P., Ilkanič, A., Gomolčák, M., Scherer, S., Bvoc, T., 2010b: Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov, vzniknutých v roku 2010. Časť č. 4 – „Inžinierskogeologický prieskum havarijných zosuvov v okresoch Sabinov a Stropkov“. MŽP SR, Bratislava, ENVIGEO, a. s., Banská Bystrica. Manuscript - Geofond, Bratislava
- Tupý, P., Ilkanič, A., Masiar, R., Mišuth, K., 2014: Sanácia havarijných zosuvov v Hradci a vo veľkej Lehôtke (časť I.). Skupina dodávateľov „Sanácia Prievidza“, TMG, a. s. Prievidza, Envigeo, s. s. Banská Bystrica. In: Ondrejka, P., Liščák, P., Šimeková, J., 2014: Sanácia havarijných zosuvov na vybraných lokalitách okresu Prievidza. MŽP SR, ŠGÚDŠ Bratislava. Manuskript, archív Štátneho geologického ústavu D. Štúra, Bratislava, s. 37.
- 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. Závěrečná 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, Ľ., Petro, Ľ., Scherer, S., 2002: Monitorovanie zosuvov a iných svahových deformácií. Geol. práce, Spr., 106, 21 – 42
- Wagner, P., Ondrejka, P., Iglárová, Ľ., 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.