

**ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA  
BRATISLAVA**



**ČIASTKOVÝ MONITOROVACÍ SYSTÉM  
GEOLOGICKÝCH FAKTOROV ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA  
SLOVENSKEJ REPUBLIKY**

**Zosuvy a iné svahové deformácie**

**Správa za obdobie: rok 2010**

Zodpovedný riešiteľ: RNDr. Pavel Liščák, CSc.

Správu vypracovali: Mgr. Peter Ondrejka, PhD.  
doc.RNDr. Peter Wagner, CSc.  
RNDr. Ľubica Iglárová  
Ing. Ľubomír Petro, CSc.  
Mgr. Róbert Jelínek, PhD.

Spolupracovali: Dušan Drotár  
RNDr. Peter Paudiš, PhD.  
Mgr. Martin Brček, PhD.  
Mgr. Ivan Dananaj, PhD.

## OBSAH

1. ÚVOD	1
2. SUBSYSTÉMY ČIASTKOVÉHO MONITOROVACIEHO SYSTÉMU GEOLOGICKÝCH FAKTOROV (ČMSGF)	1
2.1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE	1
2.1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete	1
2.1.2. Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia	3
2.1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov	9
2.1.4. Výsledky monitorovania	10
2.1.4.1. Lokalita Veľká Čausa	11
2.1.4.2. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko	16
2.1.4.3. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta	19
2.1.4.4. Lokalita Fintice	22
2.1.4.5. Lokalita Dolná Mičiná	25
2.1.4.6. Lokalita Eubietová	29
2.1.4.7. Lokalita Slanec-TP	31
2.1.4.8. Lokalita Handlová-zosuv z roku 1960	34
2.1.4.9. Lokalita Okoličné	36
2.1.4.10. Lokalita Liptovská Mara	40
2.1.4.11. Lokalita Bojnice	45
2.1.4.12. Lokalita Kvašov	47
2.1.4.13. Lokalita Hlohovec-Posádka	50
2.1.4.14. Lokalita Vištuk	52
2.1.4.15. Lokalita Veľká Izra	53
2.1.4.16. Lokalita Sokol	54
2.1.4.17. Lokalita Košický Klečenov	55
2.1.4.18. Jaskyňa pod Spišskou	56
2.1.4.19. Lokalita Banská Štiavnica	57
2.1.4.20. Lokalita Handlová-Baňa	60
2.1.4.21. Lokalita Demjata	61
2.1.4.22. Lokalita Starina	63
2.1.4.23. Lokalita Slovenský raj – Pod večným dažďom	64
2.1.4.24. Lokalita Harmanec	65
2.1.4.25. Lokalita Jakub	67
2.1.4.26. Lokalita Bratislava-Železná studnička	68
2.1.4.27. Lokalita Pezinská Baba	69
2.1.4.28. Lokalita Lipovník	70
2.1.4.29. Lokalita Stabilizačný násyp Handlová	72
2.1.4.30. Lokalita Ipeľ	76
3. VYHODNOTENIE KVALITY SLEDOVANÝCH UKAZOVATEĽOV V RÁMCI EURÓPY – POROVNANIE	78
4. ZÁVER	80
LITERATÚRA	84

## 1. ÚVOD

V rámci subsystému 01 – Zosuvy a iné svahové deformácie sú prezentované výsledky monitorovania reprezentatívnych lokalít za rok 2010 a prehľadne sú spracované aj výsledky pozorovaní za celé obdobie od počiatku monitorovacích meraní. V úvodnej časti kapitoly sú spracované zásady riešenia úlohy a podrobnejšie sú opísané všetky zmeny v metodike a metódach, ktoré nastali v roku 2010. Nosnú časť kapitoly tvorí vlastný opis výsledkov monitorovania v roku 2010 a analýza výsledkov meraní za dlhšie obdobie, v ktorej sa pozornosť sústreďuje predovšetkým na zaznamenané vývojové trendy zmien jednotlivých pozorovaných ukazovateľov.

## 2. SUBSYSTÉMY ČIASTKOVÉHO MONITOROVACIEHO SYSTÉMU GEOLOGICKÝCH FAKTOROV (ČMSGF)

### 2.1. ZOSUVY A INÉ SVAHOVÉ DEFORMÁCIE

#### 2.1.1. Základná charakteristika monitorovacej siete

Základné metodické princípy monitorovania zosuvov a iných svahových deformácií sú opísané v zodpovedajúcich častiach predchádzajúcich správ, spracovávaných každoročne od r. 1998. Vzhľadom na to, že po zhrnutí doterajších poznatkov v súbernej správe, spracovanej za obdobie do konca roka 2009, boli v roku 2010 navrhnuté a odvodené niektoré významné zmeny v hodnotení vybraných meraných parametrov, opisujú a zdôvodňujú sa spoločne so zaužívanými spôsobmi hodnotenia v častiach 2.1.1 až 2.1.3. Z predchádzajúcich správ sú kvôli úplnosti a zrozumiteľnosti textu prebraté i základné charakteristiky jednotlivých lokalít monitorovania (v časti 2.1.4).

Úloha sa od začiatku riešenia v roku 1993 spracovávala formou bodového monitorovania reprezentatívnych lokalít svahových pohybov. Výber týchto 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, Pašek, 1986),
- kritériu 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.

Výber monitorovaných lokalít však nie je nemenný a v priebehu riešenia sa ich počet a lokalizácia upravovali podľa aktuálnych celospoločenských požiadaviek i podľa monitorovaním zhodnoteného stavu lokalít. Podľa tých istých kritérií sa upravoval i rozsah metód a frekvencia monitorovania, ako aj aktuálny stupeň celospoločenskej významnosti reprezentatívnych lokalít. V roku 2010 nedošlo – oproti roku 2009 – k žiadnym zmenám v súbore 30 hodnotených lokalít. Avšak, vzhľadom na to, že v roku 2010 boli zaznamenané mimoriadne klimatické udalosti, ktoré sa prejavili extrémnymi zrážkami v priebehu mája a na prelome mesiacov máj a jún (prakticky na celom Slovensku) a v auguste na Hornej Nitre, významný vplyv tohto faktora zásadným spôsobom ovplyvnil výhľadovú obsahovú náplň riešenia úlohy. Zrážkové extrémny v roku 2010 totiž okrem aktivizácie starších svahových pohybov (vrátane monitorovaných) iniciovali aj vznik veľkého množstva nových svahových pohybov, predovšetkým na východnom Slovensku. V letných mesiacoch roku 2010 bolo na území východného Slovenska zaregistrovaných celkom 551 nových svahových pohybov,

v prevažnej väčšine zosuvov, ku ktorým treba ešte prirátat' ďalšie samostatne registrované zosuvy z rôznych častí Slovenska. Z uvedeného rozsiahleho súboru nových lokalít svahových pohybov sa 41 lokalít, na ktorých bolo identifikované bezprostredné ohrozenie života a majetku obyvateľov, vybralo na podrobnejšie preskúmanie orientačnou etapou inžinierskogeologického prieskumu, ktorého závery by mali vyústiť do návrhu optimálneho spôsobu sanácie svahového pohybu. V rámci prieskumu uvedených lokalít bolo celkove realizovaných 54 inklinometrických, 71 piezometrických vrtov a 20 horizontálnych odvodňovacích vrtov. V snahe získať kontinuálnu informáciu o stabilnom stave prostredia ešte pred návrhom a realizáciou sanácie svahových pohybov, najdôležitejšie z realizovaných vrtov boli navrhnuté na pokračujúce inklinometrické a piezometrické merania. Lokality s predmetnými vrtmi boli zaradené do súboru lokalít, ktoré sa budú riešiť v rámci ČMS, podsystém 01, od nasledujúceho roku, kedy dôjde k významnej zmene súboru monitorovaných lokalít.

Ako už bolo uvedené, jedným z hlavných kritérií výberu reprezentatívnych lokalít je ich **rozmiestnenie** vo všetkých oblastiach inžinierskogeologickej rajonizácie územia slovenských Karpát. Ak však berieme do úvahy skutočnosť, že vývoj každého monitorovaného svahového pohybu primárne ovplyvňuje geologická stavba prostredia, v ktorom sa nachádza (a ktorá nemusí dostatočne vystihovať charakter danej oblasti podľa regionálneho inžinierskogeologického členenia), vytvorilo sa niekoľko, účelovo zjednodušených modelov prostredia, v ktorých sa nachádzajú vybrané monitorované lokality:

- Neogénne vulkanity a ich kontakt s paleogénnymi a neogénnymi sedimentmi;
- Neogénne sedimenty (piesky, íly, slabo spevnené pieskovce, prachovce a ílovcy);
- Sedimenty flyšového charakteru (striedanie pieskovcov a ílovcov prevažne paleogénneho veku);
- Skalné horniny mezozoického a predmezozoického veku.

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 2010) na základe regionálneho inžinierskogeologického členenia Západných Karpát a podľa typu svahových pohybov je v tab. 2.1.1. Zoradenie lokalít podľa zjednodušených typových modelov horninového prostredia a celospoločenskej významnosti pozorovaných svahových porúch je

v tab. 2.1.2 a ich situovanie je na obr. 2.1.1.

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. 2.1.2 zodpovedá postupnosti ich opisu v podkapitole 2.1.4.

Na záver možno konštatovať, že vzhľadom na pokrytie všetkých územných jednotiek inžinierskogeologického členenia slovenských Karpát modelovými lokalitami svahových porúch, ako aj na zistené analógie v ich správaní v rôznych typoch horninového prostredia, zostáva naďalej odôvodnenou predstava postupného prechodu od bodového k celoplošnému monitorovaniu aktivity svahových porúch na celom území Slovenska. Nevyhnutnou podmienkou riešenia tejto problematiky je aj získavanie ďalších, podrobnejších klimatologických údajov.

### 2.1.2. Pozorované ukazovatele a metódy ich hodnotenia

Súborný prehľad používaných **metód monitorovania** svahových pohybov je uvedený v tab. 2.1.3. Vzhľadom na rozdielnosť podstatu meraní sú v tabuľke samostatne vyčlenené metódy monitorovania, používané pre rôzne typy svahových pohybov a **pozorované ukazovatele**, ktoré sa týmito meraniami získavajú.

#### A. Zosúvanie

##### a/ Merania posunov

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

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

Terestrické metódy 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. GNSS technológia sa však neradí medzi technológie diaľkového prieskumu, pretože nemá potenciál zberu vysoko hustých údajov z veľkých území v krátkom časovom intervale. Napriek nesporným výhodám a búrlivému vývoju meracej technológie GNSS z hľadiska metodického i inštrumentálneho, nemôže na zosuvných územiach zatiaľ úplne nahradiť klasické terestrické metódy vzhľadom na to, že v prípade zalesnených častí územia je aplikovateľnosť metódy GNSS značne obmedzená. Preto i v budúcnosti možno za perspektívnu považovať vzájomnú kombináciu terestrických a GNSS metód v závislosti od charakteru meranej lokality.

##### b/ Merania deformácií

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

Z viacerých metód azda najviac overená a používaná je *metóda presnej inklinometrie* (Gajdoš, 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. Nevýhodou tohto spôsobu monitorovania deformácie je, že získať informácie z celého profilu vrtu je technicky a teda aj ekonomicky veľmi náročné. Pozornosť sa preto venuje vybraným zónam – šmykovým plochám, ktoré treba určiť s vysokou presnosťou ešte pred inštaláciou zariadenia. Pokusne bola táto metóda v roku 2010 aplikovaná na lokalite Veľká Čausa.

### ***c/ Merania napätostného stavu***

Ide o merania, ktoré majú oproti predchádzajúcim skupinám meraní 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.

Z doteraz používaných metód sa postupne vylúčili merania metódou *povrchových reziduálnych napätí* (Fussgänger a Jadroň, 1977), ktoré boli technicky náročné a ich výsledky charakterizovali prevažne iba stav najvrchnejšieho, pripovrchového horizontu zosuvných hmôt.

Za perspektívnu však možno považovať metódu merania *poľa pulzných elektromagnetických emisií* (PEE – Vybíral a Wagner, 2002) ktorá umožňuje identifikovať miesta koncentrácie napätí v rôznych hĺbkach meraného vrtu. Dlhoročné skúsenosti s aplikáciou tejto metódy preukázali v niektorých prípadoch aj jej prognostický charakter. Ďalší vývoj metódy je podmienený objektivizáciou a kvantifikáciou nameraných výsledkov. Navyše, vzhľadom na aktuálne trendy v monitorovaní svahových pohybov je nevyhnutné postupne prechádzať na kontinuálny záznam pozorovaných parametrov, čo platí v plnej miere i pre metódu PEE (výpovedná hodnota zaužívaných dvoch meraní poľa PEE počas roka je pomerne nízka). Preto v nasledujúcich rokoch sa navrhuje zvýšiť hustotu meraní na zníženom počte lokalít so snahou navrhnúť z technického hľadiska optimálny spôsob prechodu na kontinuálny spôsob merania.

### ***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. 2.1.3).

Pri *meraní zmien hĺbky hladiny podzemnej vody* sa oproti minulosti 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 pri širšie analýzy medzi rôznymi pozorovanými faktormi.

*Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení* vo väčšine prípadov vykonávajú pozorovatelia. Na vybraných lokalitách možno v budúcnosti uvažovať tiež s inštaláciou kontinuálnych meracích zariadení – ich použitie však v značnej miere závisí od možností technickej inštalácie prístrojov na každej 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 však možno inštalovať lokálne zrážkomerné stanice, zaznamenávajúce i údaje o teplote vzduchu.

## B. Rútenie

Metódy na monitorovanie 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. 2.1.3). 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 skalnej hornine. Určitém zdokonalením tohto merania je použitie meradla posunov, ktorým možno zaznamenať posun bodov nielen v rovine merania, ale v priestore (Wagner et al., 2002). Napriek širokému rozsahu použitia dilatometrických metód pri hodnotení stability skalných svahov treba upozorniť na zásadný a všeobecne platný technický problém ich aplikácie – pevné meracie body možno osadiť iba v relatívne pevnom skalnom prostredí. V dôsledku toho sú zmeny v najproblematickejších častiach skalného masívu (poruchové pásma, výrazné diskontinuity a pod.) zvyčajne nemerateľné.

Veľká výhoda fotogrametrických meraní vo všeobecnosti spočíva v optickom bezkontaktnom meraní a vo fotografickom zázname reality s vysokým stupňom rozlíšenia. Takéto záznamy pokrývajú celú lokalitu a je možné sa k nim kedykoľvek vrátiť a domerať požadované parametre. Majú teda aj vysokú dokumentačnú a archivačnú hodnotu. V súčasnosti sa fotografické záznamy spracovávajú výlučne v digitálnej forme (digitálna fotogrametria), čím sa výrazne zvýšila efektívnosť a presnosť prác. Na pozorovaných lokalitách sa aplikovali a aplikujú tieto 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*, ktorá je tiež dvojsnímkovou metódou, využívajúcou princíp prirodzeného stereoskopického videnia. Hlavnou výhodou metódy je jej vysoká efektívnosť, keď na stereomodeli sa merajú priamo priestorové referenčné súradnice. Nevýhodou metódy je nižšia presnosť v smere kolmom na snímkovaciu základnicu.
- *Konvergentné snímkovanie* predstavuje viacsnímkovú metódu, pričom snímky sa vyhotovujú tak, aby ich osi záberu boli konvergentné. Metóda je menej efektívna ako stereofotogrametria, avšak vyznačuje sa vyššou a homogénnou presnosťou vo všetkých osiach súradnicového systému. Na menších objektoch tak možno dosahovať presnosť priestorového určenia bodu vyššiu ako 1 mm (Fraštia, 2008).

Vďaka významnému rozvoju metodík, meracích techník, prístrojového zariadenia i metód spracovania údajov sa postupne v procese monitorovania stability skalných svahov overujú nové metódy, ktoré by sa mali rozvíjať i v budúcnosti. Z nich treba spomenúť technológiu *terestrického laserového skenovania*, ktorá môže predchádzajúce metódy doplniť

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 100 m s nepatrným poklesom presnosti v závislosti od narastajúcej vzdialenosti. Presnosť určenia priestorovej polohy bodu sa pritom pohybuje od 5 do 30 mm pri rýchlosti merania viac ako  $50\,000\text{ bodov}\cdot\text{s}^{-1}$ . Presnosť modelovanej plochy sa pohybuje pri súčasných skeneroch od hodnoty 2 mm. Výsledkom laserového skenovania je tzv. mračno bodov, teda množina diskrétnych priestorových bodov definovaných súradnicami XYZ. Nespornou výhodou a perspektívou tejto technológie je možnosť niektorých spracovateľských softvérov vytvárať rozdielové mapy takto meraných povrchov a určiť tak prípadné zmeny povrchu masívu (Fraštia, 2009).

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

Okrem tradičného zberu údajov o zrážkových úhrnoch zo staníc SHMÚ patria pri posudzovaní stability skalných svahov k dôležitým informáciám údaje o počte mrazových dní, ako aj vyčíslenie počtu náhlych extrémnych zmien teploty (prudké oteplenie, prudké ochladenie), významne vplývajúcich na fyzický stav hodnoteného skalného masívu.

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

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

### **C. Plazenie**

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

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

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

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

Pri monitorovaní priečných deformácií prekrytého oceľového potrubia, prevádzajúceho tok Handlovky a Nepomenovaného potoka na lokalite Stabilizačného násypu v Handlovej sa okrem vyššie uvedených metód používajú i konvergenčné merania deformácií oceľového potrubia, ktoré vzhľadom na špecifickosť riešenej problematiky v tab. 2.1.3 nie sú uvedené.

#### **Metódy hodnotenia nameraných údajov**

V snahe dosiahnuť väčšiu prehľadnosť, zrozumiteľnosť a porovnateľnosť výsledkov monitorovania z rôznych lokalít, hodnotia sa namerané údaje pomocou hodnotiacej škály, umožňujúcej pohotovo posúdiť význam nameranej veličiny z hľadiska aktuálneho stabilitného stavu v čase merania a v mieste meraného objektu. Hodnotiacia škála pozostáva z troch stupňov, pričom prvý charakterizuje stabilný stav, druhý vyjadruje mierne až stredné prejavy

aktivity svahového pohybu a tretí znamená výrazné prejavy aktivity, vedúce k nestabilite svahu.

V spôsobe hodnotenia nameraných údajov je od roku 2010 navrhovaná významná metodická zmena. Vychádzajúc zo skutočnosti, že za predchádzajúce roky sa nahromadil bohatý súbor informácií o správaní jednotlivých pozorovaných bodov, navrhujeme hodnotiť zmeny pozorovaných bodov nie podľa všeobecne platnej, empiricky odvodennej stupnice zmien, používanej doteraz, ale na základe analýzy dlhodobých zmien každého pozorovaného bodu. Domnievame sa, že takýto spôsob hodnotenia lepšie vyjadruje špecifiká lokálneho situovania jednotlivých bodov a tiež i históriu ich pohybovej aktivity. Navrhnutá zmena sa týka hodnotenia geodetických a inklinometrických meraní, pričom navrhnutý spôsob je metodicky v súlade s doteraz používaným hodnotením kolísania hĺbky hladiny podzemnej vody.

#### ***a/ Hodnotenie výsledkov meraní posunov a deformácií***

Princíp nového spôsobu hodnotenia výsledkov geodetických a inklinometrických meraní je vyjadrený na obr. 2.1.2. Postup hodnotenia možno zhrnúť do niekoľkých bodov:

- Z priebehu priestorových (v prípade geodetických meraní) alebo polohových (v prípade inklinometrických meraní) zmien za referenčné obdobie od začiatku roku 2000 po koniec roku 2009 (teda za 10 rokov) sa určí pre každý pozorovaný bod hodnota maximálneho posuvu (MAX) a vypočíta sa priemerný posuv (priemerná úroveň – PÚ) zo všetkých meraní, vykonaných za toto obdobie;
- Z uvedených hodnôt sa určí tzv. diferencia (D) zo vzťahu  $D = (MAX - PÚ)/7$ . Rozdelenie intervalu, ohraničeného priemernou a maximálnou úrovňou pohybovej aktivity počas referenčného obdobia na sedem častí umožňuje vytvorenie základnej sedemstupňovej škály. 8. stupeň predstavuje dvojnásobné prekročenie siedmeho hodnotiaceho stupňa. Tento stupeň vyjadruje pohybovú aktivitu, ktorá na danom monitorovacom bode indikuje stav aktívneho svahového pohybu.
- Jednotlivé stupne pohybovej aktivity sa odvodlia pre každý hodnotený bod podľa tab. 2.1.4 a v súlade s obr. 2.1.2;
- Výsledné hodnotenia pohybovej aktivity sa transformujú do zjednodušenej trojstupňovej škály podľa nasledujúcich kritérií:
  - Prvý výsledný hodnotiaci stupeň predstavuje meranie, počas ktorého priestorový vektor nepresiahne priemer referenčného obdobia s pripočítanou dvojnásobnou hodnotu stanovenej diferencie D. Pri základnom osemstupňovom hodnotení ide o 1. a 2. stupeň (tab. 2.1.4).
  - Druhý výsledný hodnotiaci stupeň predstavuje priestorový vektor presahujúci kritérium 1. stupňa, ak zároveň je menší alebo rovný priemernej hodnote s pripočítaným päťnásobkom diferencie D. V základnej osemstupňovej škále ide o 3., 4. a 5. stupeň.
  - Tretí výsledný hodnotiaci stupeň zahŕňa priestorový vektor, ktorý presahuje kritéria stanovené pre druhý stupeň. V osemstupňovej základnej škále predstavuje 6., 7. a 8. stupeň.

Výsledné hodnotiace stupne sú uvedené ku každej lokalite v prílohovej časti a v zátvorke sa nachádzajú hodnotiace stupne zjednodušenej, trojstupňovej škály. Za rok 2009 sú uvedené hodnotenia podľa pôvodnej, semikvantitatívnej škály a na porovnanie i podľa nového spôsobu hodnotenia. Za rok 2010 sa uvádzajú iba výsledky nového spôsobu hodnotenia. Nový spôsob hodnotenia sa aplikoval aj pri komplexnom hodnotení lokalít Veľká Čausa (za roky 2009 a 2010 – do VII. 2010) a Okoličné (za rok 2009).

Ďalšou významnou zmenou hodnotenia geodetických a inklinometrických meraní od roku 2010 je skutočnosť, že pri výpočtoch sa vychádzalo z absolútnych hodnôt zmien, neprepočítaných na priemerné rýchlosti pohybu tak, ako sa to vykonávalo doteraz. Dôvody tohto rozhodnutia vychádzali z nasledujúcich poznatkov:

- Skúšobná prevádzka stacionárneho inklinometra na lokalite Veľká Čausa objektívne preukázala, že pohyb na zosuvných lokalitách sa iniciuje iba v určitých časových intervaloch (často pomerne krátkych), pričom prevažnú časť pozorovaného obdobia k žiadnemu pohybu nedochádza;
- Možno predpokladať, že podobný pohybový režim majú i geodetické pozorovacie body;
- V závislosti od momentu merania môže byť nameraná hodnota, prepočítaná na rýchlosť pohybu za určitú časovú jednotku, značne skresľujúca;
- I keď prepočet na rýchlosť pohybu mal svoje zdôvodnenie (snaha o porovnanie pohybovej aktivity na rôznych lokalitách), domnievame sa, že vyjadrenie hodnôt absolútnych nameraných posunov bude v konečnom dôsledku výstižnejšie;
- Je prirodzené, že pri meraniach s frekvenciou cca 1 meranie za rok sa pri ich zhodnocovaní v každom prípade dopúšťame vedomých zjednodušení a nepresností – ich odstránenie môžu zabezpečiť iba merania s vyššou frekvenciou alebo, v ideálnom prípade, kontinuálne merania.

#### ***b/ Hodnotenie výsledkov meraní poľa pulzných elektromagnetických emisií***

Pri interpretácii a spôsobe vyjadrenia hodnôt poľa PEE bol zachovaný doteraz používaný spôsob, ktorý je zhrnutý v tab. 2.1.5. Pôvodné merania sú hodnotené šiestimi stupňami aktivity (1 až 6) a k nim je uvedené generalizované hodnotenie v rámci trojstupňovej hodnotiacej škály. Základné namerané a zhodnotené údaje sú kompletne uvedené v prílohách k jednotlivým lokalitám. V grafickom vyjadrení v situačných mapkách pre aktuálny a predchádzajúci rok sa uvádzajú z hľadiska stability najmenej priaznivé hodnoty, zaznamenané v danom vrte (bez ohľadu na hĺbku nameranej nepriaznivej hodnoty a termín merania – jarný alebo jesenný). Pri vyjadrení priebehu zmien za dlhšie časové obdobie je v obrázkoch s vývojom poľa PEE spresnený časový údaj namerania danej nepriaznivej hodnoty, ako aj zjednodušené hĺbka nameraného prejavu – merania sa interpretujú samostatne pre pripovrchový horizont (do hĺbky cca 5 m) a pre hlbšie polohy masívu.

#### ***c/ Hodnotenie výsledkov režimových pozorovaní***

Pri spracovaní režimových pozorovaní sa používal spôsob semikvantitatívneho hodnotenia, ktorý v rámci riešenia úlohy vypracoval v roku 2004 S. Scherer. Ide o hodnotenie hĺbky hladiny podzemnej vody a jej zmien na základe tzv. referenčných hodnôt a frekvencie kolísania úrovne hladiny podzemnej vody. Spôsob odvodenia referenčných hodnôt je vyjadrený na obr. 2.1.3 a konečná stupnica pre posudzovanie aktuálneho stavu hladiny podzemnej vody z hľadiska stability svahu v hodnotenom období (napr. kalendárneho roka) je definovaná v tab. 2.1.6.

V nadväznosti na hodnotenia výsledkov ostatných monitorovacích meraní bola 7-stupňová škála zredukovaná do 3 základných stupňov (v prílohách k jednotlivým lokalitám sú uvedené v hodnotiacom stĺpci v zátvorke). Za určitú výnimku z hodnotenia považujeme prípad, ak väčší piezometrický tlak podzemnej vody spôsobuje, že voda vyteká z vertikálneho vrtu a sekundárne infiltruje do prostredia zosuvu. I keď množstvo vytekajúcej vody by bolo možné hodnotiť podľa kritérií pre výdatnosť odvodňovacích zariadení, domnievame sa, že nepriaznivost' samotného javu z hľadiska stabilitných pomerov treba zvýrazniť samostatným

hodnotiacim stupňom (stupeň 8 v hodnotiacej škále – tab. 2.1.6) a v grafickom výstupe vyjadriť najmenej priaznivým stupňom.

Na základe hodnotiacich kritérií, zhrnutých v tab. 2.1.6 bolo spracované účelové hodnotenie stavu hydrogeologických pomerov zosuvného územia a stupňa ich vplyvu na stabilitu prostredia. Semikvantitatívne hodnotenia jednotlivých vrstev za obdobie rokov 2009 a 2010 sa spracovali štatistickými interpolačnými metódami a na ploche posudzovanej svahovej deformácie sa vyčlenili oblasti s rôznym stupňom vhodnosti hydrogeologických pomerov na aktivizáciu svahového pohybu v danom roku. Vzhľadom na to, že hydrogeologické pomery sú zvyčajne hlavnou príčinou aktivizácie svahových pohybov, nepovažovalo sa za odôvodnené zahrnúť ich vplyv do komplexného hodnotenia stabilného stavu svahu v danom období, ktoré je založené na zhodnotení výsledkov nameraných posunov, deformácií a napätí. Účelové zhodnotenie stavu hydrogeologických pomerov v roku 2010, spoločne s rokom 2009 bolo vykonané na lokalitách Veľká Čausa a Okoličné.

Účelová kvantifikácia výdatnosti odvodňovacích zariadení z hľadiska stupňa „priaznivosti“ stabilného stavu v podstate nie je možná. Zvýšenie výdatnosti objektov nemožno totiž jednoznačne hodnotiť ako priaznivý jav a naopak, zníženie výdatnosti môže znamenať priaznivú i nepriaznivú skutočnosť (suchý rok alebo postupné zanášanie odvodňovacích objektov). Napriek tomu sa pri hodnotení zaviedla trojstupňová klasifikácia, vyjadrujúca priemernú výdatnosť objektu v hodnotenom období (priemerná výdatnosť do  $1 \text{ l.min}^{-1}$ , v rozmedzí  $1$  až  $3 \text{ l.min}^{-1}$  a nad  $3 \text{ l.min}^{-1}$  – tab. 2.1.6), ktorá sa však nevzťahuje na účelové hodnotenie aktuálnych stabilných pomerov svahu na základe hodnoty tohto parametra.

### 2.1.3. Spôsob a frekvencia zberu údajov

Základný spôsob zberu údajov je uvedený v predchádzajúcej kapitole a čiastočne i v tab. 2.1.3. 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 i v roku 2010 zaužívala nasledujúca frekvencia zberu údajov z lokalít svahových pohybov:

#### *a/Merania na zosuvoch*

- Geodetické merania terestrické sa vykonávali raz ročne, v období apríl až jún príslušného roku;
- Geodetické merania družicové (GNSS) sa v posledných dvoch rokoch vykonávali na lokalite Veľká Čausa 2 až 3-krát ročne;
- Merania presnej inklinometrie sa vykonávali raz ročne, v období apríl až jún príslušného roku. V prípade aktivizácií pohybu sa v minulosti vykonávali častejšie (napr. pri aktivizácii zosuvu vo Veľkej Čause). Na zosuve vo Veľkej Čause bol dňa 26. marca 2009 inštalovaný stacionárny inklinometer, ktorý zaznamenával raz za

24 hodín veľkosť deformácie na šmykovej ploche. Merania boli skončené v auguste 2010;

- Merania PEE sa vykonávali dvakrát ročne – v jarnom (marec až jún) a jesennom (september až november) cykle;
- Režimové pozorovania (merania hĺbky hladiny podzemnej vody a výdatnosti odvodňovacích zariadení) sa vykonávali v širokej škále frekvencií – od nepravidelných meraní (1 – 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 automatickými hladinomerami;
- 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 vykonávali dvakrát ročne, v jarnom a jesennom cykle;
- Fotogrametrické merania sa realizovali raz ročne, zvyčajne v jeseni;
- Merania mikromorfologických zmien povrchu horniny sa uskutočňovali dvakrát ročne, v jarnom a jesennom cykle;
- 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 uskutočňovalo 4 – 5-krát ročne.
- 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 2009 a 2010 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.

#### **2.1.4. Výsledky monitorovania**

Podrobný opis všetkých monitorovaných lokalít, vrátane geologickej situácie a charakteristických geologických rezov sa nachádza v správach z predchádzajúcich rokov a niektoré z nich i v publikovaných článkoch (Wagner et al., 2002). Preto sa pri opise jednotlivých lokalít pozornosť sústreďuje na hodnotenie výsledkov monitorovania za obdobie roku 2010 a pre porovnanie v prílohách a niektorých obrázkoch sa uvádzajú i výsledky meraní z roku 2009. Štruktúra opisu jednotlivých monitorovaných lokalít je nasledujúca:

- Stručná charakteristika lokality (uvádza sa iba z dôvodu úplnosti a zrozumiteľnosti textu a je v podstate zhodná s opisom z predchádzajúcich rokov);
- Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2009 a 2010, spravidla zhrnutý v tabuľke;
- Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2009 a 2010. Výsledky monitorovania sú opísané postupne podľa aplikovaných monitorovacích metód, znázornené sú v situáciách a grafoch a charakterizujú stav pozorovaných parametrov

do konca kalendárneho roku 2010 alebo – pri niektorých typoch meraní – do momentu posledného merania, uskutočneného v roku 2010;

- Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za dlhšie obdobie, vyjadrené vo vývojových grafoch zmien pozorovaných ukazovateľov;
- Zhrnutie výsledkov a upozornenia. Spracované sú najdôležitejšie poznatky z monitorovania, praktické upozornenia a návrh ďalšieho postupu pozorovania a hodnotenia lokality.

#### **2.1.4.1. Lokalita Veľká Čausa**

##### *Stručná charakteristika lokality*

V hornej časti zosuvného svahu, nachádzajúceho sa v intraviláne obce Veľká Čausa (okres Prievidza) vystupujú rigidné vulkanické horniny (andezity, aglomerátové tufy), ktoré ležia na plastickom súvrství neogénnych sedimentov, prevažne ílov a ílovcov. Neogénne súvrstvie je subhorizontálne uložené na paleogénnych flyšových horninách. V dôsledku takejto geologickej stavby zrážková voda preniká cez puklinovo priepustné vulkanické horniny, hromadí sa na kontakte s nepriepustnými neogénnymi polohami a vytvára viacero tlakových horizontov. Náchylnosť územia na zosúvanie sa prejavila opakovanými aktivizáciami svahových pohybov (v rokoch 1969, 1974 až 1975, 1985). Prieskumné, sanačné i monitorovacie aktivity boli v rámci širšieho zosuvného územia sústredené iba na tú jeho časť, ktorá bezprostredne ohrozuje obec. Pri poslednej významnej aktivizácii zosuvu na jar roku 1995 išlo o územie rozmerov 550x300 m s aktívnymi šmykovými plochami v spodnej časti zosuvu v hĺbke cca 5 až 8 m a so staršími šmykovými plochami v hĺbke väčšej ako 11 m od povrchu územia. Významným prvkom geologickej stavby a hydrogeologických pomerov zosuvného svahu je prítomnosť terasových akumulácií v jeho spodnej časti, prekrytých zosuvným delúviom (Jadroň et al., 2001).

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2009 a 2010*

Pohybová aktivita zosuvného územia sa krátkodobo monitorovala počas predchádzajúcich etáp prieskumu a sanácie svahu (prakticky od roku 1969) a postupne sa kompletizovala i sieť monitorovacích objektov. Systematické monitorovanie aktívneho zosuvného územia a jeho okolia sa vykonáva od roku 1995 (Wagner et al., 2002).

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2009 a 2010, sú zhrnuté v tab. 2.1.7.

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2009 a 2010 a za dlhšie obdobie pozorovania*

###### a/ Geodetické merania

###### a1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní terestrickou metódou

V roku 2009 podľa výsledkov terestrických meraní pokračoval pohyb v blízkosti bodu P16 (23,06 mm; 25,66 mm.rok<sup>-1</sup>), ale i bodov P19 (20,48 mm; 22,79 mm.rok<sup>-1</sup>), P28 (19,85 mm; 22,09 mm.rok<sup>-1</sup>) a predovšetkým P29 (29,96 mm; 33,34 mm.rok<sup>-1</sup>). Najväčšia výšková zmena bola zaznamenaná v bode P22 (-18,00 mm; 20,03 mm.rok<sup>-1</sup>).

V roku 2010 bola najväčšia polohová zmena zaznamenaná v bode P29 (20,85 mm s rýchlosťou pohybu 20,51 mm.rok<sup>-1</sup>), ktorý sa nachádza na V okraji zosuvného územia, mimo aktívneho zosuvu. Výraznejší posun bol nameraný aj v bode P21 (16,26 mm; 16 mm.rok<sup>-1</sup>), umiestnenom na samostatnom bloku v akumuláčnej časti zosuvu. Priemerná

rýchlosť výškových zmien pozorovaných bodov ani v jednom prípade nepresiahla hodnotu  $15 \text{ mm.rok}^{-1}$  (Fraštia, 2010).

Podľa výsledkov terestrických geodetických meraní sa zosuvný svah v období jar 2009 až jar 2010 nachádzal v relatívne stabilnom stave.

Hodnoty vektorov premiestnení, ako aj výpočet priemernej rýchlosti pohybu bodov je zhrnutý v príl. 1.1 a graficky vyjadrený na obr. 2.1.4A.

Na základe analýzy údajov z dlhšieho časového obdobia možno 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 za dlhšie časové obdobie (od roku 2000) je vyjadrená na obr. 2.1.5. Počas tohto obdobia boli najväčšie polohové zmeny pozorované na bode P13 v roku 2005 ( $26,00 \text{ mm}$ ;  $24,97 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Vo vertikálnom smere boli maximálne zmeny zaznamenané na bode P23 v roku 2000 ( $27,00 \text{ mm.rok}^{-1}$ ; zostupný charakter pohybu). Výraznejšie vertikálne zmeny zostupného charakteru boli na geodetickej sieti pozorované aj v rokoch 2000, 2003, 2006 a 2008. Celkovo však možno konštatovať, že pohybová aktivita v ostatnom desaťročí zaznamenala útlm. Na monitorovaných bodoch, v horizontálnom smere prevládali zmeny v rozsahu 5 až 10 mm a vo vertikálnom smere dominovali posuny v rozsahu 0 – 10 mm.

a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní metódou GNSS (Globálne navigačné satelitné systémy)

Na lokalite sa v roku 2010 pokračovalo v meraniach metódou GNSS. Počas rokov 2009 a 2010 boli celkovo vykonané štyri etapové merania (dve jesenné a dve jaré – príl. 1.1; obr. 2.1.5). Najväčšie zmeny v roku 2009 boli pozorované na bodoch P19 (jaré meranie –  $23,32 \text{ mm}$ ;  $32,02 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) a WP1 (jesenné meranie –  $18,51 \text{ mm}$ ;  $53,84 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Bod P19 sa nachádza vo východnej časti aktívneho zosuvného územia a bod WP1 sa nachádza pod odľučnou oblasťou centrálnej časti zosuvu. Vertikálne zmeny v roku 2009 mali prevažne zostupný smer pohybu, avšak najväčší nameraný pohyb bol vzostupného charakteru (zaznamenaný počas jarého merania na bode P19 –  $39,00 \text{ mm}$ ;  $53,54 \text{ mm.rok}^{-1}$ ).

V roku 2010 bola najvyššia polohová zmena zaznamenaná počas jarého merania na bode WP1 ( $27,78 \text{ mm}$ ;  $40,07 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Zvýšené hodnoty pohybu na tomto bode boli zaznamenané i počas jesenného merania ( $19,31 \text{ mm}$ ;  $72,67 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Vo vertikálnom smere v roku 2010 dochádzalo prevažne k vzostupnému pohybu. Najväčšie zmeny v tomto smere boli zaznamenané počas jarého merania na bode WP1 ( $83,79 \text{ mm}$ ;  $120,88 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) a počas jesenného merania na bode WP2 ( $75,00 \text{ mm}$ ;  $78,21 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Na základe nameraných výsledkov možno konštatovať, že v roku 2010 došlo v polohovom smere k miernemu nárastu hodnoty posunu a vo vertikálnom smere dochádza na väčšine bodov k zmene orientácie pohybu (zo zostupného na vzostupný).

b/ Inklinometrické merania

b1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní za roky 2009 a 2010

V roku 2009 boli najvýraznejšie deformácie inklinometrickej pažnice (s hodnotením 7 – podľa obr. 2.1.2) namerané vo vrtoch VE-4 (v hĺbke 4,0 m od povrchu terénu deformácia  $7,4 \text{ mm}$ ;  $7,22 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) a VČ-9 (v hĺbke 4,4 m od povrchu terénu deformácia  $4,26 \text{ mm}$ ;  $5,93 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) na západnom okraji zosuvného územia a vo vrte VČ-12 (v hĺbkach 2,3; 3,8 a 4,8 m s deformáciami od  $3,77$  do  $4,61 \text{ mm}$ ) pri odľučnej hrane zosuvu. V ostatných vrtoch nameraná deformácia dosahovala relatívne nízke hodnoty.

V roku 2010 počas júlového merania boli najvýraznejšie deformácie inklinometrickej pažnice (s hodnotením 7) zaznamenané tak, ako v predchádzajúcom roku, vo vrtoch VE-4 (v hĺbke 4 m od povrchu terénu deformácia 11,53 mm; 11,19 mm.rok<sup>-1</sup>) a VČ-9 (v hĺbke 2,4 m 9,01 mm; 7,83 mm.rok<sup>-1</sup>) na Z okraji zosuvného územia a vo vrte VČ-7 (v hĺbke 5,9 m – 1,16 mm; 1,01 mm.rok<sup>-1</sup> a v hĺbke 17,9 m – 0,46 mm; 0,40 mm.rok<sup>-1</sup>) v odľučnej oblasti zosuvu. Zvýšená pohybová aktivita zosuvných hmôt bola zaznamenaná aj vo vrte VČ-5 (v hĺbke 6,2 m – 3,33 mm; 2,81 mm.rok<sup>-1</sup>), vo všetkých ostatných bola nižšia (Lenková, 2010).

Opakovane namerané pomerne veľké deformácie vo vrtoch VČ-9 a VE-4 v júli 2010 preukazujú pohybovú aktivitu zosuvných hmôt pri západnom okraji aktívneho zosuvu.

Z dlhodobého hľadiska možno v roku 2010 naďalej pozorovať trend nárastu pohybovej aktivity v západnej časti zosuvu (najmä vrt VE-4; obr. 2.1.6). Po extrémne veľkej deformácii pod odľučnou oblasťou (vrt VČ-8) v roku 2007 (od tohto termínu je vrt nemerateľný), je v tomto území podpovrchová deformácia sledovaná vo vrte KI-1 (vyhodnotenie pohybovej aktivity je v nasledujúcom samostatnom odseku b2). V zvyšnej časti zosuvného územia meraná deformácia zvyčajne kolíše v rozsahu 0 až 5 mm.

#### b2/ Merania stacionárnym inklinometrom v rokoch 2009 a 2010

Stacionárny inklinometer nainštalovaný do vrtu KI-1 bol v prevádzke od 26.3.2009 do 3.8.2010. Merania boli realizované s jednoduchou frekvenciou. Počas kalendárneho roku 2009 bola najväčšia deformácia zaznamenaná 29. marca, kedy veľkosť dennej deformácie dosiahla hodnotu 0,5657 mm (206,5 mm.rok<sup>-1</sup>). Uvedená deformácia nastala v dôsledku náhleho vzostupu hladiny podzemnej vody (pozorovaného vo vrte AH-1). V roku 2010, najmä však počas jarného obdobia (koniec mája a začiatok júna) boli v dôsledku opakujúcich sa náhlych zmien hĺbky hladiny podzemnej vody (vzostup o 0,24 m za 12 hodín; hĺbka hladiny podzemnej vody – HPV monitorovaná vo vrte AH-1) a taktiež i jej extrémne vysokých stavov zaznamenané zvýšené hodnoty deformácie. K najväčšej deformácii inklinometrickej pažnice došlo 1.6.2010, keď nameraná deformácia predstavovala hodnotu 1,0673 mm (obr. 2.1.7). Zvýšená pohybová aktivita ohrozovala bezpečnú prevádzku inklinometrickej sondy a preto bolo 3.8.2010 meranie skončené.

#### c/ Merania poľa pulzných elektromagnetických emisií

V roku 2009 bola pomerne vysoká aktivita poľa PEE nameraná počas jarného i jesenného merania vo vrte VČ-11 v hĺbke 6 – 8 m. Počas jesenného merania boli pomerne vysoké hodnoty aktivity poľa namerané i vo vrte VČ-4 v hĺbke 9 – 10 m. V danom roku bola celkovo vyššia aktivita poľa PEE zistená pri jesennom meraní (zvýšené hodnoty poľa boli namerané aj vo vrtoch VČ-6, VČ-9, VČ-13 a VE-4, ako aj v povrchových častiach vrtov PO-1 a PO-2).

Najvyššia aktivita poľa PEE (stupeň 5, pomerne vysoká aktivita) bola počas jarného merania v roku 2010 zaznamenaná vo vrte VČ-11 v hĺbke 0 – 8 m, t. j. po úroveň jeho porušenia. Stredný stupeň aktivity (stupeň 4) poľa PEE bol zaznamenaný vo vrtoch VČ-6, VČ-9, VČ-10, VČ-12, VE-4 a PO-2 (obr. 2.1.4B, príl. 1.1). Počas jesenného cyklu merania bolo pole PEE na lokalite menej aktívne – stredný stupeň aktivity (4) bol zaznamenaný iba vo vrtoch VČ-11, VČ-12, VČ-13 a VE-4 (Vybíral, 2010).

Možno konštatovať, že najvyššie hodnoty poľa PEE boli v rokoch 2009 a 2010 opakovane zaznamenávané v okolí juhovýchodného okraja odľučnej oblasti aktívneho zosuvu a na jeho západnom okraji.

Dlhodobý vývoj poľa PEE v pripovrchovej zóne (do hĺbky cca 5 m), ale i v hĺbke masívu vo vybratých vrtoch je znázornený na obr. 2.1.6. Počas hodnoteného obdobia rokov 2000 až 2010 možno vo všeobecnosti konštatovať značné kolísanie napätia. V pripovrchovej zóne boli

najvyššie hodnoty podľa PEE (stupeň aktivity 5) zaznamenané vo vrtoch VČ-4 (počas jesenného merania dňa 30. septembra 2008), VČ-10 (počas jarného merania dňa 14. apríla 2000) a VČ-11 (dňa 7. apríla 2010 – príl. 1.1). V hlbších úrovniach masívu sa počas rokov 2000 až 2010 najčastejšie vyskytovala pomerne vysoká hodnota podľa PEE (5) vo vrtoch VČ-9 (6-krát a to počas meraní 14. apríla 2000, 15. mája 2001, 3. decembra 2002, 26. augusta 2003, 27. apríla 2004 a 30. septembra 2008), VČ-11 (5-krát – 3. mája 2005, 14. septembra 2006, 7. apríla 2009, 13. novembra 2009 a 7. apríla 2010) a VČ-4 (3-krát – 26. augusta 2003, 30. septembra 2008 a 13. novembra 2009).

d/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

d1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

V rokoch 2009 a 2010 bolo meraných celkovo 17 vrtoch, z toho 1 bol trvalo suchý (SŠ-2) a jeden bol prevažnú časť roka prelivový (PO-1). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody určená zo všetkých pozorovaných objektov v roku 2009 predstavovala 6,59 m pod úrovňou terénu. Maximálne kolísanie hladiny podzemnej vody (HPV) bolo namerané vo vrtoch VČ-13 (6,68 m) a VČ-4 (6,58 m).

Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody určená zo všetkých pozorovaných objektov oproti roku 2009 stúpila v roku 2010 o 0,65 m a predstavovala hodnotu 5,94 m pod úrovňou terénu. Maximálne kolísanie hladiny podzemnej vody bolo namerané vo vrte M-4 (10,44 m). V 6 vrtoch bola pozorovaná najvyššia úroveň hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie (od roku 1997) – obr. 2.1.4C, príl. 1.1.

Výrazné stúpnutie hladiny podzemnej vody na celej lokalite (priemerne o 0,65 m) je dôsledkom mimoriadne vlhkého roku 2010.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (roky 2000 až 2010) boli najvyššie úrovne hladiny podzemnej vody (vo viacerých vrtoch) zaznamenané v aktuálne hodnotenom roku 2010 (VČ-4 – 0,88 m pod terénom (p. t.); VČ-55,33 m p. t.; VČ-7 – 3,13 m p. t.; VČ-11 – 5,53 m p. t. – obr. 2.1.8). Vo vrte J-107 bola maximálna hladina zaznamenaná v marci 2002 (0,88 m p. t.) a vo vrte VČ-6 bolo maximum hladiny podzemnej vody dosiahnuté v marci 2006 (12,77 m p. t.). Podľa záznamov na obr. 2.1.8 možno najväčšie kolísanie za posledných 10 rokov pozorovať vo vrte VČ-4 s hodnotou 8,48 m (minimálna hladina bola zaznamenaná 15.04.2000 s hodnotou 16,20 m p. t. a maximálna bola zaznamenaná 22.08.2010 s hodnotou 7,72 m p. t.). Naopak, najmenšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané vo vrte VČ-6 s hodnotou 2,64 m (minimálna hladina bola zaznamenaná 29.08.2004 s hodnotou 15,41 m p. t. a maximálna 19.03.2005 s hodnotou 12,77 m p. t.).

d2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Podľa záznamov z automatických hladinomerov (obr. 2.1.9) bol v roku 2010 maximálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte VČ-2 dosiahnutý dňa 16. augusta (9,59 m pod úrovňou terénu), čo je zároveň i najvyššia hladina podzemnej vody za monitorované obdobie. Minimálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná 18. júla (11,40 m p. t.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2010 stúpila oproti roku 2009 o 0,79 m a dosiahla hodnotu 10,44 m pod úrovňou terénu (príl. 1.1). Vo vrte VČ-8 za rovnaké obdobie bola najvyššia úroveň hladiny podzemnej vody zaznamenaná dňa 15. augusta (0,71 m p. t.) a minimálnu úroveň 16. februára (1,87 m p. t.). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody oproti roku 2009 výrazne stúpila (o 1,15 m) na hĺbku 1,42 m pod úrovňou terénu.

Vo vrte AH-1 bola maximálna úroveň hladiny podzemnej vody dosiahnutá dňa 27. septembra (1,82 m p. t.) a minimálna 18. februára (2,88 m). Priemerná hĺbka HPV oproti roku 2009 stúpila o 0,91 m a v roku 2010 dosiahla 2,40 m pod úrovňou terénu. Najväčšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané vo vrte VČ-2 s hodnotou 1,81 m.

Z dlhodobého hľadiska 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 je rok 2010, kedy vplyvom nadpriemerných zrážkových úhrnov počas mesiacov mája a júna boli maximálne hladiny dosiahnuté v auguste a v septembri.

#### e/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Výdatnosť sa v rokoch 2009 a 2010 merala v 7 odvodňovacích zariadeniach. Sumárna priemerná výdatnosť v r. 2009 bola  $16,14 \text{ l.min}^{-1}$ . Najväčšie kolísanie výdatnosti bolo zaznamenané vo vrte VV-109.

V roku 2010 sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov stúpla oproti roku 2009 o cca  $7 \text{ l.min}^{-1}$  a v roku 2010 bola  $23,14 \text{ l.min}^{-1}$ . Najväčšie kolísanie výdatnosti v priebehu roka bolo zaznamenané opäť vo vrte VV-109 ( $8,0 \text{ l.min}^{-1}$ ).

Výrazné stúpnutie výdatnosti odvodňovacích vrtov je taktiež odozvou na extrémne zrážkové udalosti, ktoré sa udiali v roku 2010. Výsledky meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení sú zhrnuté v príl. 1.1 a semikvantitatívne sú vyjadrené na obr. 2.1.4C.

Z dlhobehjšieho hľadiska najvyššie hodnoty priemernej sumárnej výdatnosti odvodňovacích vrtov boli zaznamenané v roku 2002 ( $44,94 \text{ l.min}^{-1}$  – obr. 2.1.8). Podobne vysoké hodnoty boli zaznamenané i v rokoch 2006 a 2008. Najnižšie hodnoty priemernej sumárnej výdatnosti boli zaznamenané v rokoch 2004 ( $7,99 \text{ l.min}^{-1}$ ) a 2005 ( $8,90 \text{ l.min}^{-1}$ ).

#### 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).

Namerané zrážkové úhrny za rok 2010 na všetkých lokalitách sa porovnávajú s dlhodobým priemerom za obdobie 1.1.1993 až 31.12. 2005 (t. j. za 13 rokov).

Na stanici Prievidza bol dlhodobý zrážkový priemer  $671,55 \text{ mm}$ . Za rok 2009 bol zaznamenaný zrážkový úhrn  $711,2 \text{ mm}$ , čo predstavuje  $105,90 \%$  dlhodobého priemeru a podľa zaužívanej metodiky sa hodnotí ako normálny rok. Zrážkový úhrn za rok 2010 predstavoval  $887,3 \text{ mm}$  (teda  $132,13 \%$  dlhodobého priemeru), čo je hodnotené ako veľmi vlhký rok.

Na stanici Ráztočno bol dlhodobý zrážkový priemer  $769,18 \text{ mm}$ . Zrážkový úhrn za rok 2009 nie je k dispozícii, pretože stanica bola v mesiacoch III. – VII. nefunkčná. V roku 2010 bol zrážkový úhrn  $1191,4 \text{ mm}$  ( $154,89 \%$  dlhodobého priemeru), čo predstavuje mimoriadne vlhký rok.

Rok 2010 bol na obidvoch zrážkomerných staniciach charakterizovaný ako veľmi vlhký, resp. až mimoriadne vlhký. Z hľadiska vhodnosti (resp. nevhodnosti) podmienok na aktivizáciu svahových pohybov majú podstatne väčší význam intenzívne zrážkové udalosti, avšak aj tých sa v roku 2010 udialo viacero (najvýraznejšia anomália bola zaznamenaná na prelome mája a júna 2010).

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Podľa kritérií zhrnutých v tab. 2.1.4 a 2.1.6, ktoré sú graficky vyjadrené na obr. 2.1.2 a 2.1.3 bolo za rok 2010 spracované schematizované zhodnotenie stavu podzemnej vody a pohybovej aktivity zosuvu na lokalite Veľká Čausa.

Na základe hodnotenia amplitúdy kolísania hladiny podzemnej vody medzi rokmi 2009 a 2010 došlo k viacerým významným rozdielom. Podobne ako v roku 2009, i v roku 2010 pretrvávajú pomerne nepriaznivý stav podzemnej vody v okolí odľučnej oblasti zosuvu. Avšak

k zhoršovaniu stavu, zaznamenaného v roku 2009, došlo najmä vo východnej a severnej časti aktívneho zosuvu. Naopak, napriek mimoriadne vlhkému roku, sa mierne zlepšila situácia v juhozápadnej časti zosuvného územia (obr. 2.1.10).

Na základe výsledkov hodnotenia pohybovej aktivity, ktoré sú znázornené na obr. 2.1.11, možno konštatovať, že v roku 2010 došlo oproti roku 2009 k zníženiu pohybovej aktivity prostredia. Najvýraznejšie prejavy pohybu zosuvných hmôt pretrvávajú na západnom okraji aktívneho zosuvu (čo je spôsobené inklinometricky zaznamenanými pohybmi vo vrtoch VČ-9 a VE-4) a v okolí odlučnej oblasti zosuvu (deformácie namerané metódou presnej inklinometrie vo vrte VČ-7). Treba však upozorniť na skutočnosť, že do spracovaného komplexného hodnotenia sú zahrnuté iba výsledky meraní z prvej polovice roku 2010, teda nie sú ovplyvnené mimoriadne vysokými zrážkovými úhrnmi. Navyše, merania sa realizujú len na funkčných bodoch monitorovacej siete, čo môže čiastočne skresľovať výsledok komplexného hodnotenia (nie je možné merať deformovanie oblasti v blízkosti vrty VČ-8, ktorá bola v minulosti pohybovo veľmi aktívna).

Na záver možno zhrnúť, že monitorovacími meraniami v roku 2010 bola potvrdená pretrvávajúca zvýšená pohybová aktivita zosuvných hmôt. Inklinometrické merania poukázali na narastajúcu pohybovú aktivitu v západnej časti aktívneho zosuvu. Hladina podzemnej vody vo viacerých vrtoch prekročila doteraz zaznamenané maximálne hodnoty. Jej stúpnutie súviselo v dvoch obdobiach. K prvému výraznejšiemu stúpnutiu došlo na prelome mesiacov máj a jún 2010. Druhé stúpnutie hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané po druhej polovici júla, pričom v mnohých vrtoch hladiny kulminovali v polovici augusta. V porovnaní s predchádzajúcim rokom priemerná úroveň hladiny podzemnej vody v zosuvnom území výrazne stúpala. Z hľadiska množstva spadnutých zrážok možno rok 2009 hodnotiť ako zrážkovo normálny, avšak rok 2010 je „mimoriadne vlhký“.

Viacero výsledkov dlhodobých monitorovacích meraní naznačuje, že pohybová aktivita zosuvných hmôt prechádza do nižších častí zosuvného územia, nachádzajúcich sa na kontakte s intravilánom obce. Vzhľadom na pokračujúcu absenciu údržby sanačných zariadení sa nepriaznivo mení i morfológia terénu a naďalej dochádza k celkovému poklesu územia a prehlbovaniu bezodtokových depresii s trvalo akumulovanou vodou. V súvislosti s tým je potrebné s orgánmi miestnej samosprávy opätovne prerokovať možnosť zabezpečenia údržby sanačných objektov, ktoré starnú a zníženie ich funkčnosti sa prejavuje zhoršovaním stabilného stavu zosuvného územia.

#### **2.1.4.2. Lokalita Handlová-Morovnianske sídlisko**

##### *Stručná charakteristika lokality*

Morovnianske sídlisko sa nachádza na SZ okraji mesta Handlová. Ide o prvé sídlisko na Slovensku, ktoré sa projektovalo a postavilo v rokoch 1974 až 1977 na svahových poruchách (Nemčok, 1982). Preto už počas prípravy výstavby sa vychádzalo z podmienky, že na zabezpečenie stability obytných objektov i železničnej trate je nevyhnutné realizovať dlhodobé funkčné odvodnenie svahov s trvalou údržbou odvodňovacích zariadení a realizáciou kontrolných monitorovacích vrtoch. V súvislosti s tým bolo vybudovaných 6 základných šacht (jám) A až F, do ktorých vyúsťujú vejárovite usporiadané horizontálne odvodňovacie vrty. V jeseni 2002 sa uskutočnilo rozsiahle prečistenie horizontálnych vrtoch (celkom 47 ks), dobudovali sa ďalšie odvodňovacie vrty (8 vrtoch z jám a 2 vrty v oblasti Jánošíkovej cesty) a doplnila sa sieť pozorovacích piezometrických vrtoch (celkom 37 monitorovacích vrtoch, ktoré sú označené písmenom P – obr. 2.1.12A).

Sídlisko je situované do bočnej kotliny, kde v podloží vystupuje paleogénne flyšové bridličnaté súvrstvie pokryté svahovými elúviami a zosuvmi.

Na základe rozdielnych inžinierskogeologických a hydrogeologických podmienok sa celá pozorovaná oblasť (súborne nazvaná ako Morovnianske sídlisko) rozdeľuje na nasledujúce samostatné celky:

- A. Oblasť nad železničným oblúkom bez bytovej výstavby (jamy A, B, C, D);
- B. Oblasť Malá Hôrka s individuálnou bytovou výstavbou (jamy E, F);
- C. Oblasť Jánošíkova cesta (v južnej časti pozorovaného územia – obr. 2.1.12A).

#### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2009 a 2010*

Z monitorovacích metód sa na lokalite vykonávali iba režimové pozorovania zmien úrovne hladiny podzemnej vody a výdatností odvodňovacích vrtoch. Počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov a frekvencia meraní sú zhrnuté v tab. 2.1.8. Rozmiestnenie monitorovacej siete je znázornené na obr. 2.1.12A. Existujúca sieť geodetických bodov na lokalite sa neudržiava a geodetické merania sa nevykonávajú.

#### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2009 a 2010 a za dlhšie obdobie pozorovania*

##### *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), vo vrtoch z roku 2002 (35 objektov), a dvoma automatickými hladinomerami (nainštalovanými vo vrtoch P-17 a P-19).

Funkčnosť starších vrtoch sa postupne znižuje. V roku 2009 sa prestal merať dlhodobý suchý vrt VP-40, počas celého roku bol suchý vrt HG-351 a vrty J-317 a VP-44 boli suché značnú časť roka. V ostávajúcich troch vrtoch (J-318, VP-23 a VP-41) najväčšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo v roku 2009 zaznamenané vo vrte VP-41 (3,06 m). V roku 2010 bolo prakticky všetkých 6 starších vrtoch merateľných; vrty HG-351 a J-317 boli časť roka suché. Najväčšie kolísanie hladiny bolo zaznamenané vo vrte VP-44 (6,03 m).

V skupine novších vrtoch (vrty označené písmenom P) bolo v roku 2009 najväčšie kolísanie zaznamenané vo vrte P-16 (5,62 m). Voda z vrtu P-11 a čiastočne i P-16 vytekala do prostredia zosuvu a zhoršovala jeho stabilitný stav. V roku 2009 bolo viacero vrtoch určité časť obdobia suchých (P-15, 18, 26, 27, 28, 30, 37). I v roku 2010 voda vytekala z vrtoch P-11 a P-16, avšak suchý bol v časti roka iba vrt P-18. Aj táto skutočnosť ilustruje, že úroveň HPV v roku 2010 oproti predchádzajúcemu roku výrazne stúpila (priemerne o cca 1 m) a v roku 2010 jej priemerná úroveň dosahovala 4,99 m pod povrchom terénu (obr. 2.1.12B). Najväčšie kolísanie HPV bolo zaznamenané vo vrte P-10 (8,96 m – príl. 1.2). V 16 vrtoch bola v roku 2010 pozorovaná najvyššia HPV za celé monitorované obdobie (od roku 2003).

Z dlhodobejšieho vývoja, ktorého priebeh je znázornený na obr. 2.1.13, vyplýva určitá periodicitu 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 v období jesene. Výnimkou je rok 2010, počas ktorého sa meraniami hladiny podzemnej vody preukázali viaceré stúpnutia. Najvýraznejšie z nich bolo zaznamenané v septembri (vo vrtoch P-4 v hĺbke 1,44 m pod povrchom terénu a P-23 – 1,47 m pod povrchom terénu). Hodnoty, namerané 27.09.10 predstavovali najvyššie úrovne hladiny podzemnej vody za celé monitorované obdobie – obr. 2.1.13).

## a2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

V dôsledku vysokého stavu hladiny podzemnej vody na úrovni ústia pažnice, podzemná voda v meraných vrtoch zatopila dataloger, čo zapríčinilo viacero porúch, resp. výpadkov záznamu, čím bola narušená jeho dlhoročná kontinuita. V oboch vrtoch sa hladina podzemnej vody nachádzala nad úrovňou terénu (presná hodnota v dôsledku spôsobenej chyby nie je k dispozícii) v januári 2010. Minimálne stavy hladiny podzemnej vody boli dosiahnuté v druhej polovici februára. Sumárna priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody z oboch automatických hladinomerov oproti roku 2009 vystúpila o 2,98 m a v roku 2010 dosiahla 3,35 m pod úrovňou terénu (obr. 2.1.14, príl. 1.2).

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia možno konštatovať, že zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody majú periodický charakter. Najvyššie úrovne hladiny podzemnej vody za monitorované obdobie boli v oboch vrtoch dosiahnuté v roku 2010. 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 dňa 25. novembra roku 2004 s hodnotou 4,30 m pod terénom.

## b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Najväčšiu priemernú výdatnosť v roku 2009 mal objekt E ( $15,26 \text{ l.min}^{-1}$ ), v ktorom bolo namerané aj najväčšie kolísanie výdatnosti ( $43,94 \text{ l.min}^{-1}$ ). V roku 2010 bola najväčšia priemerná výdatnosť nameraná v objekte F ( $17,71 \text{ l.min}^{-1}$ ) a najväčšie kolísanie výdatnosti taktiež v tomto objekte ( $44,5 \text{ l.min}^{-1}$ ). Výdatnosť starších vrtov sa postupne znižuje – vrty HV-8a a HV-8b boli počas rokov 2009 a 2010 suché, veľmi nízku priemernú výdatnosť mali i vrty HV-6 a HV-101. Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov na lokalite oproti roku 2009 stúpla o  $8,62 \text{ l.min}^{-1}$  a v roku 2010 predstavovala  $78,43 \text{ l.min}^{-1}$  (príl. 1.2, obr. 2.1.12B).

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia najvyššie hodnoty spoločnej výdatnosti drénov ABCD boli zaznamenané v rokoch 2003 (sumárna výdatnosť z 1. januára dosiahla hodnotu  $1360 \text{ l.min}^{-1}$  – obr. 2.1.13) a 2001 (27. februára bola dosiahnutá výdatnosť  $1239,83 \text{ l.min}^{-1}$ ). Podobné zmeny boli zaznamenané i na spoločnej výdatnosti z vrtov EF (maximálna hodnota bola zistená dňa 27. februára 2002 a predstavovala  $581,78 \text{ l.min}^{-1}$ ). V období rokov 2004 až 2006 došlo v horizontálnych vrtoch ABCD k výraznejšiemu poklesu spoločnej výdatnosti. V januári 2007 bolo zaznamenané ustálenie výdatnosti všetkých pozorovaných horizontálnych vrtov (maximum bolo v tomto období dosiahnuté dňa 26. februára 2008 vďaka vysokým hodnotám výdatnosti v jamách ABCD –  $88,24 \text{ l.min}^{-1}$ ) a tento stav pretrváva do roku 2011.

## c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Handlová (indikatív 30080).

Na stanici Handlová dlhodobý zrážkový priemer (1993 – 2006) predstavoval 826,72 mm. Zrážkový úhrn za rok 2009 bol 826,1 mm, čo predstavuje 99,93 % dlhodobého priemeru a je hodnotené ako normálny rok. V roku 2010 dosiahol zrážkový úhrn hodnotu až 1328,50 mm (160,70 %), čo charakterizuje mimoriadne vlhký rok.

## Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Rekonštrukciou devastovaných odvodňovacích jám a prečistením horizontálnych odvodňovacích vrtov v rokoch 1999 a 2002 sa vytvorili podmienky na obnovenie odvodňovania zosuvných území, nachádzajúcich sa nad železničným oblúkom v oblasti Morovnianskeho sídliska i v oblasti Malá Hôrka.

Zrážkové anomálie v roku 2010 sa výrazne prejavili na celkovom stúpnutí hladiny podzemnej vody na lokalite. Merania z vrtov preukázali priemerné stúpnutie hladiny až o cca 1 m. Rovnaký jav zaznamenali i obidva hladinomer; v prípade hladinomeru, umiestneného vo vrte P-17 ide až o extrémne priemerné stúpnutie hladiny o viac, ako 4 m.

Výrazne stúpala aj sumárna priemerná výdatnosť odvodňovacích zariadení (oproti roku 2009 o viac, ako  $8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ). Podľa stanice SHMÚ v Handlovej bol rok 2010 charakterizovaný ako mimoriadne vlhký.

Z hľadiska možnej náhlejšej aktivizácie svahových pohybov je stále najmenej priaznivý stav v oblasti Jánošíkovej cesty (obr. 2.1.12A).

Zosuvné územie Handlová-Morovnianske sídlisko sa nachádza v bezprostrednom kontakte s veľkou aglomeráciou obyvateľstva. Úroveň monitorovania však nezodpovedá významu tejto lokality. Opakovane treba zdôrazniť, že komplexnejšiu informáciu o stabilnom stave lokality možno získať iba aplikáciou širšieho sortimentu monitorovacích meraní (napríklad obnovením geodetických pozorovaní na existujúcej sieti geodetických bodov). Preto za súčasného stavu nemožno extrémne stúpnutia hladiny podzemnej vody, zaznamenané v roku 2010, porovnať s pohybovou aktivitou zosuvných hmôt. Monitorovanie hlavného zosuvotvorného faktora – podzemnej vody – síce upozorňuje na výrazné zmeny v horninovom prostredí zosuvu, avšak pre včasné varovanie pred aktívnymi pohybmi nepostačuje. Pozitívne však treba hodnotiť skutočnosť, že v roku 2010 bola vykonaná údržba sanačných opatrení (prečistenie šácht A a B odvodňovacieho systému), ktorú zabezpečil MÚ v Handlovej.

#### **2.1.4.3. Lokalita Handlová-Kunešovská cesta**

##### *Stručná charakteristika lokality*

Zosuv na Kunešovskej ceste sa nachádza v intraviláne mesta Handlová, na jeho JV okraji. Ide o staré zosuvné územie, ktoré v rokoch 1961, 1966, 1969, 1992 a 1998 vykazovalo významné prejavy aktivizácie svahového pohybu ohrozujúceho rodinné domy, hospodárske budovy, elektrické vedenie, cestnú komunikáciu a nepriamo i železničnú trať. V súvislosti s poslednou aktivizáciou zosuvu bol na lokalite v období jeseň 1998 – jar 1999 vykonaný inžinierskogeologický prieskum (Jadroň, Mokrý, 1999). Na základe výsledkov prieskumu bol spracovaný návrh sanácie územia, ktorý sa s rôznymi úpravami realizoval v jesenných mesiacoch roku 1999. Cieľom sanácie bolo vytvorenie účinného drenážneho systému a odvodnenie podlažia subhorizontálnymi vrtmi. V rámci prieskumu bola vybudovaná sieť objektov, umožňujúcich vykonávať inklinometrické merania a merania poľa PEE vo vrtoch, ako aj režimové pozorovania.

Samotný zosuvný svah je mierne sklonený ( $5$  až  $15^\circ$ ) s hladko modelovaným reliéfom. Nachádza sa v nadmorskej výške 450 až 500 m n. m. Z geologického hľadiska v podlaží vystupujú flyšové paleogénne horniny vo vývoji ílovcového súvrstvia. Ide prevažne o subhorizontálne uložené íly, značne prehnetené a premiešané s kvartérnym zosuvným delúviom, ktoré je zložené z nehomogénneho materiálu ílovitých zemín s premenlivým obsahom úlomkov prevažne vulkanických hornín.

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2009 a 2010*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2009 a 2010 sú zhrnuté v tab. 2.1.9.

## *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2009 a 2010 a za dlhšie obdobie pozorovania*

### *a/ Inklinometrické merania*

V roku 2009 bolo v porovnaní s predchádzajúcim rokom zaznamenané zvýšenie pohybovej aktivity zosuvných hmôt. Najvýraznejšie deformácie boli namerané vo vrte JK-2 (v transportačnej časti zosuvu) v hĺbke 2,2 m (deformácia 4,52 mm; 4,8 mm.rok<sup>-1</sup>). Významná deformácia (vzhľadom na jej dlhodobu sledovaný vývoj od roku 2000 do roku 2009) bola nameraná i v horizonte 3,2 m pod úrovňou terénu (3,47 mm; 3,86 mm.rok<sup>-1</sup>) a tiež vo vrte JK-6 v hĺbke 4,8 m (1,97 mm; 2,21 mm.rok<sup>-1</sup>).

Meranie 10. mája 2010 preukázalo najvýraznejšiu deformáciu inklinometrickej pažnice, podobne ako v minulom roku, vo vrte JK-2 v hĺbke 2,2 m (3,27 mm od posledného merania, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 3,17 mm.rok<sup>-1</sup>). V ostatných vrtoch bola deformácia od posledného merania menšia ako 2 mm (Lenková, 2010).

Pomerne málo výrazná pohybová aktivita zosuvných hmôt (obr. 2.1.15A, príl. 1.3), zistená v roku 2010, je čiastočne vysvetliteľná termínom merania, ktoré sa uskutočnilo v období pred výraznými zrážkovými anomáliami.

Na základe výsledkov dlhodobého monitorovania (obr. 2.1.16) možno konštatovať, že po roku 2002, kedy boli zaznamenané výrazné deformácie vo vrtoch JK-2 (v hĺbke 2,2 m pod úrovňou terénu) a JK-3 (v hĺbke 2,0 m), nachádzajúcich sa v centrálnej časti svahovej poruchy, dochádza k útlmu prejavov deformácie. V poslednom období veľkosť zaznamenatej deformácie medzi meracími etapami len vzácnne prekračuje hodnotu 4,0 mm.

### *b/ Merania poľa pulzných elektromagnetických emisií*

Počas jarného i jesenného merania v roku 2009 neboli zaznamenané žiadne výrazné zvýšenia poľa PEE. Pri vzájomnom porovnaní oboch meraní bol aktívnejší stav zistený v jeseni (najmä vo vrtoch JK-1 a JK-2).

V roku 2010 bola podstatne výraznejšia aktivita poľa PEE na lokalite nameraná na jar, keď vo vrtoch JK-2 (v hĺbke 5 – 7 m), JK-3 a JK-6 (v pripovrchovom horizonte do hĺbky cca 6 m) bol zaznamenaný stredný stupeň (4) aktivity poľa (obr. 2.1.15A, príl. 1.3). V jesennom cykle merania bola aktivita poľa PEE vo všetkých vrtoch na lokalite nízka (Vybíral, 2010).

Výrazné zvýšenie aktivity poľa PEE pri jarnom meraní v roku 2010 ilustruje skutočnosť, že bolo vykonané v období vrcholiacej zrážkovej anomálie (24. mája). Meranie začiatkom novembra preukázalo vcelku stabilizovaný stav prostredia.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia (roky 2000 až 2010 – obr. 2.1.16) možno konštatovať, že hodnoty poľa PEE sa vyskytujú prevažne v intervale stupňov aktivity 1 až 3. V pripovrchovej zóne bola najvyššia hodnota zaznamenaná vo vrte MK-8 (20. novembra 2008). V hlbšej časti masívu boli najvyššie hodnoty (na úrovni strednej aktivity poľa PEE – stupeň 4) zaznamenané najmä počas merania dňa 11. novembra 2005 vo vrtoch JK-3 a 6. Vo vrte JK-1 boli hodnoty strednej aktivity poľa PEE zaznamenané počas jesenných meraní v rokoch 2006, 2007 a 2009.

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

V roku 2009 bolo najväčšie kolísanie hladiny podzemnej vody zaznamenané vo vrte MK-8 (4,71 m). Priemerná hĺbka hladiny v roku 2009 bola cca 3,25 m pod úrovňou terénu.

V roku 2010 priemerná hĺbka HPV oproti roku 2009 stúpila o 0,4 m a dosahovala 2,85 m pod úrovňou terénu (obr. 2.1.15B, príl. 1.3). Najväčšie kolísanie HPV bolo zaznamenané vo vrte JK-1 (3,75 m). Maximálny stav HPV v 5 vrtoch prekročil doteraz pozorované maximum za celé monitorované obdobie (od roku 2000).

Stúpnutie HPV na celej lokalite je dôsledkom mimoriadne vlhkého roku 2010.

Kolísanie hladiny podzemnej vody v období rokov 2000 až 2010 je odrazom zmien počas ročných cyklov. Vývoj zmien hladiny podzemnej vody vo vrtoch JK-1, 2 a 8 (znázornených na obr. 2.1.17) poukazuje na skutočnosť, že najvyššie hodnoty boli namerané v aktuálne hodnotenom roku 2010 (termín merania s dosiahnutou hĺbkou hladiny podzemnej vody je uvedený v príl. 1.3). Minimálne hodnoty v pozorovaných vrtoch boli dosiahnuté v januári 2001 (JK-1 s hĺbkou 10,21 m pod povrchom terénu; JK-2 – 6,99 m pod terénom) a v novembri 2003 (MK-8 – 5,11 m pod terénom).

#### d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Okrem výdatnosti odvodňovacích vrtov HV-1, 3 a 4 sa na lokalite meria i výtok z kanalizácie, vyúsťujúcej do potoka. Počas suchšieho obdobia sa voda z horizontálnych vrtov HV-1, HV-3 a HV-4 stráca v podzemnom zvođe, ktorý ju odvádza do kanalizácie.

V roku 2009 bola najväčšia výdatnosť nameraná vo výtoku kanalizácie ( $2,34 \text{ l.min}^{-1}$ ), v ktorom bolo zaznamenané i najväčšie kolísanie výdatností (až  $20 \text{ l.min}^{-1}$ ). Sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov bola  $4,14 \text{ l.min}^{-1}$ .

V roku 2010 sumárna priemerná výdatnosť všetkých meraných objektov výrazne stúpla a dosiahla hodnotu  $10,34 \text{ l.min}^{-1}$ . Najväčšie kolísanie výdatností bolo namerané v spoločnom výtoku odvodňovacích vrtov (až  $19,58 \text{ l.min}^{-1}$  – obr. 2.1.15B, príl. 1.3).

Zaznamenané zmeny spoločnej výdatnosti z vrtov HV-1, HV-2 a HV-4 v období rokov 2000 až 2010 súvisia prevažne s režimovými zmenami hladiny podzemnej vody (obr. 2.1.17). Najvyššia hodnota spoločnej výdatnosti bola dosiahnutá dňa 27. marca 2006 ( $8,28 \text{ l.min}^{-1}$ ) a najnižšia dňa 5. októbra 2009 ( $0,41 \text{ l.min}^{-1}$ ). Počas hodnoteného desaťročného obdobia priemerná hodnota spoločnej výdatnosti z drenážnych vrtov dosiahla hodnotu  $2,49 \text{ l.min}^{-1}$ . Vo výdatnosti výtoku z kanalizácie v hodnotenom období boli zaznamenané veľmi výrazné zmeny. Maximálna hodnota výdatnosti bola nameraná dňa 6. marca 2001 s hodnotou  $600,0 \text{ l.min}^{-1}$  a minimálna výdatnosť v danom objekte v mnohých prípadoch klesla na hodnotu  $0,0 \text{ l.min}^{-1}$ . Celková priemerná hodnota výdatnosti v hodnotenom období dosahuje  $10,27 \text{ l.min}^{-1}$ .

#### e/ Merania zrážkových úhrnov

Zrážkové úhrny na stanici Handlová sú opísané pri predchádzajúcej lokalite (Handlová-Morovnianske sídlisko).

Priemerný dlhodobý úhrn na stanici Handlová-totalizátor za 13 rokov je 1007,15 mm. Zrážkový úhrn v roku 2008 dosiahol hodnotu 873 mm, teda 86,68 % (suchý rok). V roku 2009 stúpol na 968 mm, čo predstavuje 96,11 % dlhodobého priemeru (normálny rok). V roku 2010 počas mesiacov január až apríl zrážkový úhrn dosiahol hodnotu 293 mm (výsledky mesačných zrážkových úhrnov za obdobie máj až december v čase spracovania predloženej správy neboli k dispozícii).

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Inklinometrické merania, uskutočnené začiatkom mája ešte nemohli zachytiť nepriaznivý stabilný stav prostredia po extrémnych zrážkach. Charakteristickejšie je z tohto hľadiska meranie poľa PEE z konca mája, ktoré už preukázalo pomerne aktívny stav zosuvného územia. Extrémne zrážky sa v roku 2010 prejavili v celkovom priemernom stúpnutí HPV i v prekročení dlhodobých maximálnych úrovní vody vo viacerých objektoch. Oproti predchádzajúcemu roku výrazne stúpla i výdatnosť odvodňovacích zariadení.

Na základe výsledkov monitorovacích pozorovaní možno konštatovať, že vybudované sanačné opatrenia celkove spoľahlivo zvládli zrážkové extrémny v roku 2010. Celospoločenská

dôležitosť lokality je však vysoká (ide o priamy kontakt zosuvného svahu s obývanou časťou mesta), preto považujeme za potrebné v monitorovacích meraniach pokračovať.

#### **2.1.4.4. Lokalita Fintice**

##### *Stručná charakteristika lokality*

Prúdový zosuv sa nachádza 1 km S až SV od obce Fintice, ktorá leží asi 5 km SSV od Prešova. Zosuv sa vyvinul v prostredí paleogénnych ílovcov a prachovcov, neogénnych amfibolicko-pyroxenických a pyroxenických andezitov extruzívnych telies a kvartérnych deluviálnych sedimentov. Heterogénna stavba územia podmieňuje aj veľmi komplikované a z hľadiska vzniku svahových pohybov priaznivé hydrogeologické podmienky (Petro et al., 2001).

Dĺžka zosuvu je 2280 m, šírka 120 až 500 m, rozdiel výšok medzi odľučnou hranou a čelom je 265 m. Priemerný sklon zosuvného územia je 7°. V dôsledku reaktivácie pohybov v spodnej časti zosuvu došlo k opakovanému pretrhnutiu vysokotlakového plynovodu Prešov – Bardejov (v rokoch 1986 a 1998) a k poškodeniu štátnej cesty II. tr. Fintice – Záhradné. Ohrozené sú i dva stožiare VVN. Trasa plynovodu bola na základe inžinierskogeologického zhodnotenia územia (Petro, Stercz, 1998), opierajúceho sa o výsledky monitorovania lokality, preložená v roku 2001 mimo aktívnu časť zosuvu (obr. 2.1.18A).

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2009 a 2010*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2009 a 2010, sú zhrnuté v tab. 2.1.10.

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2009 a 2010 a za dlhšie obdobie pozorovania*

###### *a/ Geodetické merania*

V roku 2009 bol najväčší posuv nameraný v bode P-5 (14,87 mm za 11,5 mesiaca, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 16,69 mm.rok<sup>-1</sup>) a v bode P-1 (10,05 mm za rovnaké obdobie, teda rýchlosť 11,46 mm.rok<sup>-1</sup>). V oboch prípadoch je smer posuvu v súlade so spádnicou svahu.

Najväčšia polohová zmena bola v roku 2010 zaznamenaná v bode P-5 (25,5 mm od posledného merania, čo predstavuje priemernú rýchlosť posunu 27,53 mm.rok<sup>-1</sup>). Výraznejší posun od posledného merania bol nameraný aj v bode P-1 (17,03 mm – obr. 2.1.18A, príl. 1.4). Z hľadiska dlhodobého vývoja posunov na jednotlivých monitorovaných bodoch je významná i polohová zmena bodu P-3 (9,22 mm; 9,96 mm.rok<sup>-1</sup>). Priemerná rýchlosť výškových zmien pozorovaných bodov ani v jednom prípade nepresiahla hodnotu 15 mm.rok<sup>-1</sup> (Borovský, 2010).

Podľa výsledkov geodetických meraní bol zosuvný svah v období jar 2009 až jar 2010 v stave miernej pohybovej aktivity. Treba však upozorniť, že merania v roku 2010 boli vykonané začiatkom júna, teda tesne po výraznej zrážkovej anomálii, ktorej dôsledky sa ešte nemuseli plne prejaviť.

Pri hodnotení dlhodobiejšieho vývoja pohybovej aktivity možno konštatovať, že po výraznejších posunoch v roku 2000 (max. posun bodu P-1 – 20,12 mm; 20,30 mm.rok<sup>-1</sup>) v rokoch 2001 až 2004 (obr. 2.1.19) nastal jej útlm. Od roku 2005 došlo k opätovnému zvýšeniu pohybovej aktivity najmä na bode P-5 (maximum bolo zaznamenané v roku 2006 – 27,59 mm, čo predstavuje rýchlosť pohybu 27,66 mm.rok<sup>-1</sup>). Relatívne vysoké hodnoty polohových zmien na uvedenom bode pokračovali až do roku 2010. Celkovo v období 2000 –

2010 prevládali v polohovom smere posuny v rozsahu 5 – 15 mm. Pri hodnotení vertikálnej zložky pohybu prevládajú posuny do 5 mm a len veľmi vzácne boli namerané posuny s hodnotu nad 10 mm (P-5 v roku 2010 – 11 mm; 11,88 mm.rok<sup>-1</sup>).

#### b/ Inklinometrické merania

Merania v máji 2009 preukázali najvýraznejšie deformácie vo vrte K-5 (7,87 mm; 10,3 mm.rok<sup>-1</sup> v hĺbke 11 m). Smer deformácie je však pri jednotlivých meraniach premenlivý. Z hľadiska vývoja deformácie na sledovaných šmykových plochách je významná zmena vo vrte K-3 (v hĺbke 15,0 m pod úrovňou terénu deformácia 1,24 mm; 1,62 mm.rok<sup>-1</sup>). Deformácie, namerané vo vrte K-4 ilustrujú vcelku stabilný stav prostredia.

Počas merania v júli 2010 bola kritická hodnota deformácie inklinometrickej pažnice nameraná vo vrte K-4 v hĺbkach 2,5 m pod povrchom terénu (23,84 mm od posledného merania, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 21,12 mm.rok<sup>-1</sup> – obr. 2.1.18A, príl. 1.4) a 3,0 m (16,88 mm; 14,95 mm.rok<sup>-1</sup>). Pri takejto hodnote deformácie možno očakávať porušenie vrty. Vysoké hodnoty deformácie (vzhlľadom na doterajší vývoj deformácie v sledovanej hĺbke) boli zaznamenané aj vo vrtoch K-5 (v hĺbke 25 m deformácia 3,39 mm; 3,00 mm.rok<sup>-1</sup>) a K-3 (v hĺbke 15,0 m deformácia 2,72 mm; 2,41 mm.rok<sup>-1</sup> – Lenková, 2010).

Z výsledkov meraní vyplýva, že na lokalite sa zrejme už prejavil nepriaznivý vplyv extrémnych zrážkových udalostí z prelomu mája a júna. Zaznamenaná deformácia vrty K-4 môže zapríčiniť jeho nefunkčnosť v ďalších etapách merania.

Z dlhodobjšieho hľadiska možno konštatovať, že najvýraznejšie zmeny boli namerané v rokoch 2005 (v bode K-2b, v hĺbke 12,5 m pod povrchom terénu – 24,92 mm; 22,68 mm.rok<sup>-1</sup> – obr. 2.1.19) a tiež i v aktuálne hodnotenom roku 2010 (K-4 v hĺbke 2,5 m; príl. 1.4). Deformácia zaznamenaná vo vrte K-2b v hĺbke 12,5 predstavovala kritickú hodnotu, vďaka čomu merania v tomto vrte boli skončené. Zvýšené hodnoty deformácie inklinometrickej pažnice boli namerané i vo vrte K-5 v hĺbke 11,0 m pod úrovňou terénu (v roku 2001 – 11,48 mm; 16,40 mm.rok<sup>-1</sup> a v roku 2010). Vo vrte K-3 je dlhodobo možné pozorovať stabilizovaný stav s miernymi prejavmi deformácie.

#### c/ Merania poľa pulzných elektromagnetických emisií

Pomerne vysoká aktivita poľa PEE bola v roku 2009 nameraná v povrchových častiach vrto K-1, K-2b a K-3 počas jarného merania. Na jeseň zotrvala pomerne vysoká aktivita poľa vo vrte K-3 v hĺbke 0 – 8 m. Vo výsledkoch meraní sa prejavuje aktivita väčšej tektonickej poruchy formou výraznej zmeny regionálneho fónu.

V roku 2010 bolo na lokalite uskutočnené jedno meranie dňa 14. júla, teda po extrémnych zrážkových udalostiach. Stredná aktivita poľa PEE (stupeň 4) bola zistená iba vo vrte K-5 v hĺbke 14 až 20 m (obr. 2.1.18B, príl. 1.4). V ostatných vrtoch bola aktivita poľa PEE nízka (Vybíral, 2010).

Vzhlľadom na termín merania možno konštatovať, že výrazné zrážkové anomálie z prelomu mesiacov máj a jún sa na výsledkoch tohto typu merania významne neprejavili.

Z dlhodobjšieho hľadiska pole PEE v pripovrchovej zóne, po celkovo ustálenom stave v období rokov 2001 až 2007 sa v rokoch 2008 a 2009 prejavilo pomerne vysokou aktivitou. V aktuálne hodnotenom roku 2010 aktivita poľa PEE opätovne poklesla (obr. 2.1.19). V hlbšej časti masívu došlo k analogickej situácii, avšak nárast aktivity poľa PEE bol zaznamenaný len počas realizovaných meraní v roku 2009 (príl. 1.4).

#### d/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

##### d1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Hĺbka hladiny podzemnej vody sa meria v 10 vrtoch s frekvenciou cca 1 mesiac. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2009 predstavovala 5,72 m pod úrovňou terénu. Maximálne kolísanie hladiny bolo zaznamenané vo vrte K-1 (až 5,02 m).

V roku 2010 priemerná hĺbka HPV oproti roku 2009 stúpila o 0,57 m a predstavovala 5,15 m pod úrovňou terénu. Maximálne kolísanie HPV bolo zaznamenané opäť vo vrte K-1 (3,88 m – obr. 2.1.18C, príl. 1.4).

Mimoriadne vlhký rok 2010 sa prejavil na celkovom významnom stúpnutí HPV na celej lokalite – v priemere presahujúcom 0,5 m.

Počas dlhšieho hodnoteného obdobia (roky 2000 až 2010 – obr. 2.1.20) došlo na pozorovaných vrtoch k viacerým významnejším zmenám. Najbližšie k povrchu terénu vystúpila hladina podzemnej vody dňa 26. júla 2001 vo vrte K-3 (s hĺbkou 0,2 m pod úrovňou terénu). Naopak, najhlbšie položená HPV bola zaznamenaná vo vrte K-5b dňa 12. marca 2003 (15,30 m pod terénom). Najväčšie rozdiely medzi maximálnou a minimálnou HPV boli namerané vo vrte K-1 (7,21 m; max HPV – 0,67 m pod terénom a min HPV – 7,88 m pod terénom). Najvyššia priemerná hodnota hĺbky hladiny podzemnej vody za obdobie rokov 2000 až 2010 je vo vrte K-3 (0,92 m p. t.) a naopak, priemerne najhlbšia hladina podzemnej vody sa nachádza vo vrte K-5b (14,34 m pod úrovňou terénu).

##### d2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Od roku 2005 sa meria hĺbka hladiny podzemnej vody kontinuálne dvomi hladinomerami. Zo záznamov na obr. 2.1.21 vyplýva, že hladina podzemnej vody vo vrte K-1a v prvom a čiastočne i druhom mesiaci roku 2010 klesala, a k výraznejšiemu stúpnutiu došlo v polovici mesiaca apríla. Výrazný pokles hladiny nastal až v druhej polovici mesiaca augusta. Maximálna úroveň v tomto vrte bola zaznamenaná dňa 23. mája (4,02 m pod úrovňou terénu) a minimálna úroveň 11. novembra (5,97 m). Priemerná hĺbka HPV oproti roku 2009 stúpila o 0,62 m a v roku 2010 dosiahla 5,01 m pod úrovňou terénu. Vo vrte K-2a bola maximálna úroveň zaznamenaná dňa 5. júna 2010 (1,12 m pod úrovňou terénu) a k výraznejšiemu poklesu hladiny podzemnej vody došlo až v druhej polovici mesiaca októbra (minimálna úroveň bola dosiahnutá 7. novembra s hĺbkou hladiny podzemnej vody 1,9 m pod úrovňou terénu). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody oproti roku 2009 stúpila o 0,33 cm a v roku 2010 predstavovala hĺbku 1,49 m pod úrovňou terénu.

Pri hodnotení dlhšieho obdobia (od roku 2005, kedy boli hladinometry na lokalite inštalované, do roku 2010) možno konštatovať, že najvýraznejšie kolísanie bolo zaznamenané vo vrte K-1a (s hodnotou 3,76 m). V tomto vrte bol zaznamenaný i najväčší pokles hladiny podzemnej vody na hodnotu 7,80 m pod terénom (16. januára 2007). Maximálna hodnota bola zaznamenaná počas aktuálne hodnoteného roku (príl. 1.4). Celková priemerná hĺbka za monitorované obdobie dosiahla v tomto vrte hodnotu 5,93 m pod úrovňou terénu. Vo vrte K-2a je kolísanie hladiny podzemnej vody o niečo menšie, a počas monitorovaného obdobia dosiahlo hodnotu 1,89 m (maximum HPV zaznamenané dňa 5. júna 2010 s hĺbkou 1,13 m pod terénom a minimum HPV zaznamenané dňa 4. novembra 2006 s hĺbkou 3,02 m pod terénom). Počas monitorovaného obdobia priemerná hĺbka v tomto vrte dosiahla hodnotu 1,95 m pod úrovňou terénu.

#### 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).

Na stanici Kapušany je dlhodobý zrážkový priemer 667,01 mm. Zrážkový úhrn za rok 2009 na tejto stanici bol 819,6 mm, čo predstavuje 122,88 % dlhodobého priemeru a rok bol hodnotený ako veľmi vlhký. V roku 2010 bolo zaznamenaných až 995,3 mm (149,22 % dlhodobého priemeru), čo predstavuje mimoriadne vlhký rok.

Na stanici Prešov-planetárium je dlhodobý zrážkový priemer 638,21 mm. Zrážkový úhrn za rok 2009 predstavoval 728,0 mm, čo predstavuje 114,07 % dlhodobého priemeru a je hodnotený ako vlhký rok. V roku 2010 zrážkový úhrn stúpol až na 939,5 mm (147,21 % dlhodobého priemeru), čo podľa zaužívanej metodiky zodpovedá mimoriadne vlhkému roku.

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Určitém nedostatkom monitorovacej siete na lokalite Fintice je skutočnosť, že inklinometrické vrty v najaktívnejšej časti transportačnej a akumuláčnej oblasti zosuvu boli svahovým pohybom porušené a deformácie, namerané inklinometricky v hornej časti svahu môžu súvisieť aj s inými javmi, než so zosuvným pohybom. Napriek tomu výrazná deformácia inklinometrickej pažnice, zistená vo vrte K-4 odráža vplyv extrémnych zrážok z prelomu mája a júna 2010. Geodetické merania potvrdili doterajší trend pohybov v čelnej časti zosuvu ešte pred zrážkovou anomáliou. Zvýšené hodnoty poľa PEE boli zistené iba v odlučnej časti zosuvu (vrt K-5). V dôsledku extrémnych zrážok HPV na lokalite stúpla (o cca 0,5 m) a v niektorých vrtoch dosiahla maximálnu úroveň za celé monitorovacie obdobie. Priemerná hodnota stúpnutia HPV vyplýva aj z kontinuálnych záznamov obidvoch hladinomerov.

Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť lokality (ohrozenie trasy vysokotlakového plynovodu, štátnej cesty a stožiarov VVN) je nevyhnutné pokračovať naďalej v monitorovacích meraniach. Aktuálnym zostáva posúdenie optimálnych možností sanácie zosuvu (v spolupráci s orgánmi miestnej samosprávy), ktorá môže byť v danom geologickom prostredí pomerne komplikovaná.

#### **2.1.4.5. Lokalita Dolná Mičiná**

##### *Stručná charakteristika lokality*

Zosuv na severnom okraji obce Dolná Mičiná (cca 10 km južne od Banskej Bystrice) sa aktivizoval v dôsledku zrážkovej anomálie v jeseni roku 1994 v priestore staršieho zosuvného územia. Išlo o plošný zosuv rozmerov 220x200 m s hlboko lokalizovanou šmykovou plochou (v hĺbke až 27,5 m pod úrovňou terénu – Jadroň et al., 1998), ktorý ohrozoval štátnu cestu, miestne komunikácie a niekoľko obytných domov s príslušnými pozemkami.

Z geologického hľadiska zosuv vznikol v prostredí neogénnych pyroklastických hornín charakteru tufov a tufítov, pričom v severnej okrajovej časti zosuvného územia prebieha tektonický styk s karbonatickými mezozoickými horninami chočského príkrovu (wettersteinské vápence, dolomitické vápence a dolomity). Možno predpokladať, že časť územia je pri povrchu budovaná pliocénnymi sedimentmi (štrky, piesky, zlepenice, íly). Kvartérny pokryv je tvorený svahovými ílovito-piesčitými hlinami. Heterogenita stavby neogénneho podlažia podmieňuje komplikované hydrogeologické pomery na lokalite. Ďalšími nepriaznivými faktormi z hľadiska stability svahov sú kontakt dvoch odlišných geologických útvarov, možnosť stálej dotácie zosuvu zrážkovými vodami a v minulosti i erózne pôsobenie Mičinského potoka. Po inžinierskogeologickom prieskume územia, v rámci ktorého boli realizované i odvodňovacie vrty, sa v lete roku 1996 uskutočnila rozsiahla sanácia svahu (prísypy, zárubný a oporný múr). Systematický monitoring sa na lokalite uskutočňuje prakticky od začiatku prieskumných prác (jar 1995).

### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2009 a 2010*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2009 a 2010 na lokalite Dolná Mičiná, sú zhrnuté v tab. 2.1.11.

#### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2009 a 2010 a za dlhšie obdobie pozorovania*

##### *a/ Inklinometrické merania*

V roku 2009 bola najvýraznejšia deformácia inklinometrickej pažnice nameraná vo vrte JM-18 v hĺbkach 5,2; 5,7 a 6,2 m od povrchu terénu (max. deformácia v hĺbke 5,7 m – 4,88 mm; 5,9 mm.rok<sup>-1</sup> – príl. 1.5). Vzhľadom na vývoj deformácie počas dlhšieho časového obdobia je možné za významnú považovať nameranú hodnotu vo vrte JM-8 v hĺbke 10,5 m (2,57 mm; 3,11 mm.rok<sup>-1</sup>). Vrt je situovaný nad stabilizačným prísypom. Smer vektora deformácie je však proti spádnici svahu. Vrt JM-15 mimo aktívneho zosuvu preukazoval stabilný stav prostredia.

V roku 2010 boli počas merania 12. mája namerané najväčšie deformácie inklinometrickej pažnice vo vrte JM-8 (v hĺbke 8,0 m od povrchu terénu), situovanom nad stabilizačným prísypom. Nameraná deformácia dosiahla hodnotu 3,12 mm (2,96 mm.rok<sup>-1</sup> – obr. 2.1.22A, príl. 1.5). Merania vo vrte JM-15 mimo aktívneho zosuvu preukázali stabilný stav prostredia (Lenková, 2010).

Inklinometrické merania na lokalite sa uskutočnili v období začínajúcej zrážkovej anomálie, preto sa jej nepriaznivý vplyv na aktivitu zosuvných hmôt ešte nemohol prejavovať.

Pri hodnotení veľkosti nameranej deformácie počas dlhšieho časového obdobia (merania sa po dlhšej prestávke obnovili v roku 2004 a pokračujú dodnes; v hodnotenom období bolo vykonaných 6 etapových meraní) boli najväčšie zmeny zaznamenané v roku 2006 na bode JM-14 v hĺbke 3,0 m (6,02 mm; 2,46 mm.rok<sup>-1</sup> – obr. 2.1.23). Zvýšené hodnoty deformácie inklinometrickej pažnice sa prejavili aj vo vrtoch JM-8 v roku 2006 v hĺbke 6,5 m s hodnotou 5,39 mm (2,20 mm.rok<sup>-1</sup>) a JM-18 v roku 2009 v hĺbke 5,2 m s hodnotou 4,86 mm (5,88 mm.rok<sup>-1</sup>). Merania vo vrte JM-15 poukazujú na mierne zvýšené hodnoty deformácie (do 4,0 mm; v roku 2004 sumárna deformácia za 5,5 ročné obdobie dosiahla hodnotu 5,30 mm, čo predstavuje priemernú rýchlosť pohybu 0,96 mm.rok<sup>-1</sup>).

##### *b/ Merania poľa pulzných elektromagnetických emisií*

Pomerne vysoká úroveň poľa PEE bola nameraná na jar roku 2009 vo vrte JM-2 (v hĺbke 3 – 5 m). Relatívne aktívne bolo okolie vrtovej JM-15, JM-16 a JM-18 v hlbších polohách (okolo 15 m). V porovnaní s jesenným cyklom merania boli na jar zistené vyššie hodnoty poľa PEE.

V roku 2010 sa merania uskutočnili koncom mája a koncom novembra (obr. 2.1.22A, príl. 1.5). Pri jarnom meraní bola najvyššia aktivita poľa PEE zistená vo vrte JM-2 (pomerne vysoká aktivita – stupeň 5, v hĺbke 3 – 5 m). Stredná aktivita (4) bola nameraná vo vrtoch JM-9 (v hĺbke 12 – 13 m) a JM-18 (v hĺbke 11 – 14 m). V jesennom cykle merania bola aktivita poľa PEE na lokalite nižšia – stredná aktivita poľa (4) bola nameraná iba vo vrte JM-7 v hĺbke 12 – 15 m (Vybíral, 2010).

Možno predpokladať, že dôsledky výraznej zrážkovej anomálie sa prejavili počas jarného merania v roku 2010, v jeseni bolo pole PEE relatívne stabilizované.

Pri analýze výsledkov merania pripovrchovej zóny za dlhšie časové obdobie (roky 2000 až 2010; obr. 2.1.23) možno výraznejšie zmeny napätostného stavu pozorovať najmä vo vrte JM-2. Počas obdobia rokov 2000 až 2007 dochádzalo v tomto vrte k výraznému kolísaniu aktivity poľa PEE, avšak od roku 2008 je v danom vrte pozorovaná minimálna aktivita poľa

PEE (stupeň 1). Naopak, v hlbšej časti masívu sa od roku 2008 ustálila stredná hodnota aktivity poľa PEE (stupeň 4). Výraznejšie zmeny v hlbších polohách masívu sú pozorované aj vo vrte JM-7. V ostatných meraných vrtoch pretrváva relatívne ustálený stav aktivity poľa PEE.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

c1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

V roku 2009 bolo na lokalite vykonaných 5 kompletných cyklov merania hĺbky hladiny podzemnej vody v 12 vrtoch. Z výsledkov meraní vyplýva, že nedošlo k výrazným zmenám režimu podzemnej vody, ktorá kolísala vo väčšine pozorovacích vrtoch spravidla v rozmedzí do 1 m. Výnimkou sú iba vrty JM-16 (kolísanie 8,35 m) a JM-2 (2,38 m). Priemerná HPV vypočítaná zo všetkých vrtoch bola 12,31 m pod úrovňou terénu. Merania pokračovali aj vo vrte JM-19, z ktorého bol v apríli vybratý automatický hladinomer.

V roku 2010 priemerná HPV vypočítaná zo všetkých 13 vrtoch stúpila oproti roku 2009 o 2,44 m na hodnotu 9,87 m pod povrchom terénu. Vo vrtoch JM-9, JM-13, JM-15 a JM-16 bola HPV zachytená najbližšie pri povrchu terénu za celé monitorované obdobie. V dvoch obdobiach počas roku 2010 došlo k prekročeniu vypočítaných limitných hodnôt HPV a to vo vrtoch JM-13, JM-18 a JM-19. Maximálne kolísanie HPV bolo namerané vo vrtoch HV-16 (15,93 m) a HV-15 (13,54 m – obr. 2.1.22B, príl. 1.5).

Mimoriadne vlhký rok 2010 sa prejavil na výraznom celkovom stúpnutí HPV na lokalite o takmer 2,5 m.

Pri hodnotení obdobia rokov 2000 až 2010 vo vybratých vrtoch (znázornených na obr. 2.1.24) možno konštatovať, že najväčšie zmeny vo vývoji hĺbky hladiny podzemnej vody boli zaznamenané vo vrtoch JM-11 a JM-14. Vo vrte JM-14 sa do druhej polovice roku 2007 hladina pohybovala relatívne hlboko pod úrovňou terénu (v rozsahu 12,91 až 10,25 m pod terénom), avšak po výraznej zmene hĺbka hladiny podzemnej vody stúpila smerom k terénu, a do roku 2010 sa nachádzala v rozsahu hĺbok 1,82 – 0,76 m pod úrovňou terénu. V roku 2007 bolo zaznamenané analogické stúpnutie hladiny podzemnej vody i vo vrte JM-11. Hĺbka hladiny, ktorá mala ustálený režim v rozsahu 10,52 až 9,03 m pod úrovňou terénu, počas aprílového merania v roku 2007 dosiahla hodnotu 2,83 m pod úrovňou terénu (maximálna HPV bola zaznamenaná dňa 26. mája 2009). V roku 2010 však hladina podzemnej vody v tomto vrte klesla a to na najnižšiu hodnotu za celé monitorované obdobie od roku 1995 (15,45 m pod úrovňou terénu; 12. augusta 2010).

Vo vrtoch JM-3 a JM-7 bolo zaznamenané výraznejšie stúpnutie hladiny podzemnej vody počas meraní 13. marca 2000, 15. augusta 2002 a 28. júna v aktuálne hodnotenom roku 2010.

c2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomerami

Po demontáži automatického hladinomeru z vrty JM-19 dňa 23. apríla 2009 sa kolísanie vody kontinuálne zaznamenáva iba hladinomerom, umiestneným vo vrte JM-6 (obr. 2.1.25). Podľa záznamov z tohto hladinomera hladina podzemnej vody počas roku 2010 výraznejšie kolísala, pričom viackrát prekročila hĺbku 5 m pod terénom. Maximálna úroveň bola však dosiahnutá dňa 12. decembra s hĺbkou 4,02 m pod úrovňou terénu. Dosiahnutý maximálny stav predstavuje najvyššiu HPV za celé monitorované obdobie (od roku 2002). Minimálna úroveň bola dosiahnutá 15. augusta s hĺbkou hladiny podzemnej vody 12,60 m pod úrovňou terénu. Priemerná hĺbka HPV oproti roku 2009 stúpila o 4,34 m a v roku 2010 dosiahla 7,76 m pod úrovňou terénu. Uvedené skutočnosti dokumentujú vplyv mimoriadnych zrážkových úhrnov zaznamenaných v roku 2010.

Od roku 2002 (kedy bol hladinomer na lokalite inštalovaný) až do roku 2010 mali zmeny hĺbky hladiny podzemnej vody pravidelný jednoročný cyklus. Výnimkou je rok 2010, kedy hladina podzemnej vody počas roku niekoľkokrát vystúpila a výrazne prekročila doteraz najvyššiu úroveň (4,89 m pod úrovňou terénu), zaznamenanú dňa 5. apríla 2009. Minimálna hladina počas monitorovaného obdobia bola zaznamenaná dňa 29. apríla 2008 na úrovni 16,01 m pod terénom.

#### d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Spracovanie výsledkov meraní výdatnosti za sledované obdobie rokov 2009 a 2010 je uvedené v príl. 1.5 a znázornené na obr. 2.1.22B.

V roku 2009 bolo vykonaných 5 meraní výdatnosti odvodňovacích zariadení. Sumárna priemerná výdatnosť meraných objektov predstavovala hodnotu  $9,89 \text{ l.min}^{-1}$  (príl. 1.5). Najvyššia výdatnosť bola nameraná vo vrte HV-2, s maximom  $6,90 \text{ l.min}^{-1}$  a priemernou výdatnosťou zo všetkých meraní  $5,57 \text{ l.min}^{-1}$ . Vrty HV-1, HV-3, HV-6 a HV-7 boli počas všetkých meraní suché. V súvislosti s tým treba upozorniť na pravdepodobnosť postupného zanášania odvodňovacích vrtov.

Sumárna priemerná výdatnosť meraných objektov v roku 2010 stúpila oproti r. 2009 o viac ako trojnásobok a predstavovala  $29,94 \text{ l.min}^{-1}$ . Najvyššiu celkovú výdatnosť mal objekt HV-2 ( $19,62 \text{ l.min}^{-1}$  v júnovom meraní). Vo vrtoch HV-3, HV-4 a HV-5 bola zaznamenaná ich najvyššia výdatnosť za celé monitorované obdobie. Vrty HV-6 a HV-7 boli počas všetkých meraní suché.

Veľmi výrazné stúpnutie výdatnosti odvodňovacích zariadení vyjadruje dôsledok mimoriadne vlhkého roku 2010 a súčasne potvrdzuje funkčnosť horizontálnych vrtov v prípade extrémne zvodneného prostredia (okrem vrtov HV-6 a HV-7, ktoré možno považovať za definitívne nefunkčné).

Z dlhodobšieho hľadiska, ktorého záznam je prezentovaný na obr. 2.1.24, možno odvodiť vysoké hodnoty výdatnosti drenážnych objektov najmä v rokoch 2000 (počas merania 17. marca bola zaznamenaná spoločná výdatnosť odvodňovacích vrtov  $70,41 \text{ l.min}^{-1}$ ), 2001 (27. marca –  $43,1 \text{ l.min}^{-1}$ ) a 2010 (príl. 1.5). Naopak, minimálna hodnota spoločnej výdatnosti bola zistená počas merania 21. novembra 2008 ( $7,47 \text{ l.min}^{-1}$ ). Priemerná hodnota spoločnej výdatnosti odvodňovacích vrtov počas rokov 2000 až 2010 dosiahla  $18,25 \text{ l.min}^{-1}$ .

V každom z rokov 2009 a 2010 bolo vykonaných 5 kompletných meraní vlastností podzemnej vody. V roku 2009 sa analyzovala voda, vytekajúca z 3 odvodňovacích vrtov (HV-2, HV-4 a HV-5), v roku 2010 z 5 odvodňovacích vrtov (HV-1 až HV-5). Oproti roku 2009 boli vo všeobecnosti zistené počas celého roku 2010 zvýšené hodnoty vodivosti vody (najvyššia vodivosť bola zaznamenaná vo vrte HV-3). Najvyššia teplota vody bola nameraná vo vrte HV-5. Výsledky meraní sú zhrnuté v príl. 1.5.

Výsledky všetkých režimových pozorovaní sú značne skreslené nízkou frekvenciou vykonávaných meraní.

#### e/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkových pomeroch zo stanice SHMÚ Banská Bystrica, na ktorej je dlhodobý zrážkový priemer  $855,15 \text{ mm}$ . Úhrn zrážok za rok 2009 bol  $926,1 \text{ mm}$ , čo predstavuje  $108,30 \%$  dlhodobého priemeru (normálny rok). Za rok 2010 bol úhrn až  $1289,5 \text{ mm}$ , čo predstavuje  $150,79 \%$  dlhodobého priemeru a hodnotí sa ako mimoriadne vlhký rok.

### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Reprezentatívnosť monitorovacích meraní, uskutočnených v roku 2010, v značnej miere závisí od termínu, kedy boli uskutočnené (pred alebo po výraznom zrážkovom extréme).

Inklinometrické merania, realizované začiatkom mája (pred extrémnymi zrážkami) nepreukázali výraznejšie zmeny v zosuvnom území. Pomerne aktívny stav prostredia bol však zistený meraniami poľa PEE, uskutočnenými v období vrcholiaceho zrážkového extrému. Oproti predchádzajúcemu roku výrazne stúpila i priemerná úroveň HPV a vo viacerých pozorovaných vrtoch bol nameraný maximálny stav vody za celé monitorované obdobie. Výrazné priemerné stúpnutie HPV počas roka 2010 zaznamenal i automatický hladinomer a významne narástla aj výdatnosť odvodňovacích zariadení. Vysoký stupeň nasýtenia prostredia vodou vyplýva aj z terénnej obhliadky lokality v novembri 2010.

Vzhľadom na výsledky monitorovacích meraní je potrebné naďalej pozorovať funkčnosť stabilizačných zariadení a vývoj stabilného stavu zosuvu. Stále aktuálnou je otázka eliminácie intenzívneho rozvoja erózných javov v materiáli stabilizačného prísypu, ktorej riešenie si vyžaduje spoluprácu s orgánmi miestnej samosprávy.

#### **2.1.4.6. Lokalita Ľubietová**

##### *Stručná charakteristika lokality*

Ľubietovský zosuv sa nachádza na severozápadnom okraji obce Ľubietová. V rámci širšieho zosuvného územia v okolí Ľubietovej ide o prúdový zosuv dĺžky cca 1200 m, so šírkou v odľučnej oblasti 500 m, ktorá sa v smere po svahu zužuje na 50 až 80 m. Hrúbka zosunutých hmôt sa znižuje od cca 30 m v odľučnej oblasti po 6 až 8 m v čele zosuvu (Nemčok, 1982). Zosuv sa aktivizoval na jar 1977 a v období február až apríl 1977 boli zosúvajúcimi hmotami zničené 4 nové obytné domy a hrozilo prehradenie potoka Hutná, ktoré mohlo spôsobiť zatopenie časti obce.

Zosuv sa vyvinul vo veľmi pestrom geologickom prostredí. Odľučná oblasť sa nachádza v neogénnom sedimentárno-vulkanickom komplexe (íly, tufity, piesky). Aglomerátové tufy a tufity vytvárajú mohutné bloky, ktoré lemujú zosuv zhora a z oboch strán. Polymiktne štrky v najvyšších partiách svahu umožňujú dotáciu zosuvu vodou. Pod takmer celým telom zosuvu sa nachádzajú neogénne a paleogénne sedimenty flyšoidného charakteru (prevažne ílovce a prachovce). V podloží čela zosuvu vystupujú spodotriasové hrubolavicovité až masívne kremence, ktoré v značnej miere stabilizovali pohyb hmôt v akumuláčnej oblasti. Z hydrogeologického hľadiska sa v komplexe neogénnych, ale aj zvetraných paleogénnych sedimentov nachádza viacero priepustnejších polôh, v ktorých sa voda hromadí a vytvára tlakové horizonty, priebežne dotované z relatívne veľkej infiltračnej oblasti (Fussgänger et al., 1978).

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2009 a 2010*

Na lokalite Ľubietová sa v rokoch 2009 a 2010 vykonávali iba režimové pozorovania. Prehľad uskutočnených monitorovacích meraní je zhrnutý v tab. 2.1.12.

##### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2009 a 2010 a za dlhšie obdobie pozorovania*

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

V roku 2009 bolo na lokalite realizovaných 10 meraní v siedmich vertikálnych vrtoch, v roku 2010 bolo v rovnakých vrtoch uskutočnených 5 meraní. Merania realizovali pracovníci Univerzity Mateja Bela (UMB) v Banskej Bystrici na základe "Dohody o zapožičaní

prístrojov“ medzi ŠGÚDŠ Regionálne centrum Banská Bystrica a UMB. Výsledky meraní za roky 2009 a 2010 sú zhrnuté v príl. 1.6 a spracované na obr. 2.1.26.

Najvýraznejšie kolísanie HPV bolo v roku 2009 zaznamenané rovnako, ako v predchádzajúcom roku vo vrtoch V-5A (2,36 m) a V-2 (2,04 m). V ostatných vrtoch kolísanie HPV nepresiahlo 1,5 m. Stúpnutia hladiny korešpondujú s mesačným zrážkovým úhrnom a to hlavne vo vrtoch, v ktorých sa hladina nachádza v blízkosti povrchu terénu (V-2, V5-A a V6-A). Dlhodobo nepriechodné sú vertikálne vrty V-3, V-5 a V-6, preto sa v nich merania ďalej nevykonávajú. Vrt V-3A je pravdepodobne zničený. Priemerná hladina podzemnej vody vypočítaná zo všetkých vrtov sa oproti predchádzajúcemu roku prakticky nezmenila a predstavovala 8,6 m pod úrovňou terénu.

Vysoko nadpriemerné zrážky v roku 2010 sa prejavili stúpnutím HPV v priemere až o 1 m oproti roku 2009 (v roku 2010 priemerná hĺbka HPV na lokalite bola 7,6 m pod úrovňou terénu). Vo vrtoch V-4, V-5A a V-6A bola úroveň HPV zaznamenaná najbližšie pri povrchu terénu od začiatku monitorovacích meraní v roku 1995. Najvýraznejšie kolísanie hladiny podzemnej vody bolo zaznamenané vo vrtoch V-4 (2,05 m) a V-8 (1,78 m). V ostatných vrtoch hĺbka hladiny kolísala v rozsahu maximálne do 0,66 m.

Výsledky meraní HPV názorne ilustrujú významný dopad zrážkovej činnosti na stav HPV na celej lokalite, čo súčasne indikuje pravdepodobnosť zhoršenia stabilitných pomerov zosuvu.

V období rokov 2000 až 2010 najbližšie k terénu hladina podzemnej vody vystúpila vo vrte V-5A (obr. 2.1.27). Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody sa v tomto vrte (počas obdobia 2000 až 2010) nachádza na úrovni 1,54 m pod terénom (maximálna úroveň hladiny podzemnej vody bola zaznamenaná dňa 26. marca 2003 s hĺbkou 0,14 m pod terénom a minimálna dňa 30. septembra 2007 s hĺbkou 2,85 m pod terénom). Naopak, najhlbšie hladina podzemnej vody klesla vo vrte V-7. V uvedenom vrte bolo zároveň zaznamenané aj najväčšie kolísanie hladiny podzemnej vody s hodnotou 12,04 m (maximálna hladina podzemnej vody bola zaznamenaná dňa 23. marca 2004 s hĺbkou 18,36 m pod terénom a minimálna 26. októbra 2000 s hĺbkou 30,4 m pod terénom). Hladiny podzemnej vody monitorované vo vrtoch V-4 a V-8 majú prevažne vyrovnaný priebeh.

#### b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

V roku 2009 bolo vykonaných 10 meraní výdatnosti deviatich odvodňovacích zariadení, v roku 2010 bolo uskutočnených 5 meraní. Vzhľadom na to, že vrty HV-6 a HV-11 boli počas roku 2010 suché, výdatnosť sa merala v siedmich odvodňovacích zariadeniach. Výsledky meraní sú zhrnuté v príl. 1.6 a semikvantitatívne vyjadrené na obr. 2.1.26.

Najväčšie kolísanie výdatnosti bolo v roku 2009 zaznamenané vo vrtoch HV-5, HV-7 a HV-8 (vo vrte HV-7 bolo namerané najväčšie kolísanie, dosahujúce 4,33 m). Sumárna priemerná výdatnosť predstavovala v roku 2009 hodnotu 6,59 l.min<sup>-1</sup>.

V roku 2010 boli namerané zvýšené výdatnosti prakticky vo všetkých pozorovaných objektoch. Vo vrtoch HV-4, HV-7 a HV-9 bola počas júlového merania zachytená ich najvyššia výdatnosť za celé monitorované obdobie. Toto meranie predstavuje aj najvyššiu sumárnu výdatnosť (23,77 l.min<sup>-1</sup>), vypočítanú zo všetkých subhorizontálnych vrtov. Sumárna priemerná výdatnosť za rok 2010 bola 15,93 l.min<sup>-1</sup>, teda oproti roku 2009 sa zvýšila až o 9,3 l.min<sup>-1</sup>.

Počas dlhšieho časového obdobia bola najvyššia hodnota výdatnosti dosiahnutá v aktuálne hodnotenom roku 2010 (obr. 2.1.27). V predchádzajúcom období bola podobne vysoká hodnota výdatnosti zaznamenaná dňa 15. augusta 2002 (21,46 l.min<sup>-1</sup>). Výdatnosti nad 15 l.min<sup>-1</sup> boli zaznamenané počas meraní 27. marca 2001 (16,52 l.min<sup>-1</sup>) a 30. marca 2009 (16,27 l.min<sup>-1</sup>). Najnižšia hodnota výdatnosti bola nameraná dňa 23. augusta 2000 s hodnotou

2,33 l.min<sup>-1</sup>. Priemerná hodnota sumárnej výdatnosti za posledných desať rokov predstavuje 7,10 l.min<sup>-1</sup>.

V rámci režimových pozorovaní bolo v roku 2009 vykonané aj jedno meranie mernej elektrickej vodivosti vody, ako aj teploty vody v jednotlivých horizontálnych vrtoch (príl. 1.6). V dôsledku pestrej geologickej stavby zosuvu a jeho okolia sa aj hodnoty vodivosti vody v jednotlivých odvodňovacích vrtoch rôznia. Dlhodobo najvyššie vodivosti má voda vytekajúca z vrtov HV-3 a HV-4 (cca 600  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), ktoré sa nachádzajú v čele zosuvu v prostredí mezozoických hornín. Naopak, najnižšiu vodivosť má voda z vrtov HV-5, HV-7 a HV-10 (do 180  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), ktoré sa nachádzajú pod odľučnou oblasťou zosuvu. Hodnoty zistené v roku 2009 sú v podstate analogické s predchádzajúcimi meraniami.

#### c/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o hydrogeologických pomeroch územia dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch v rokoch 2009 a 2010 zo stanice SHMÚ Ľubietová, na ktorej je dlhodobý zrážkový priemer 736,04 mm. V roku 2009 bol nameraný ročný zrážkový úhrn 796,2 mm, čo zodpovedá 108,17 % dlhodobého zrážkového priemeru (ide teda o normálny rok). V roku 2010 zrážkový úhrn stúpol na 1212,0 mm, čo predstavuje 164,66 % dlhodobého priemeru a predstavuje mimoriadne vlhký rok.

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Vysoko nadpriemerné zrážkové úhrny v roku 2010 sa na lokalite Ľubietová prejavili výrazným zvýšením výdatnosti odvodňovacích zariadení, ako aj stúpnutím úrovne HPV, pričom vo viacerých objektoch boli zaznamenané ich maximálne hodnoty za celé obdobie monitorovania.

Z hľadiska aktuálneho stavu lokality treba opätovne zdôrazniť nevyhnutnosť sfunkčnenia sanačných opatrení, ktoré na zosuve nie sú udržiavané. Voda vytekajúca zo skupiny odvodňovacích vrtov HV-5 až HV-10 je odvádzaná mimo rigolov, pričom priamo infiltruje do telesa zosuvu alebo sa hromadí vo forme bezodtokových zamokrenín. V poslednom období dochádza k poškodzovaniu monitorovacích objektov vplyvom pohybu poľnohospodárskych strojov na zosuve.

Súčasný charakter monitorovania lokality poskytuje informáciu iba o stave hlavného zosuvotvorného faktora – podzemnej vody. Vzhľadom na zaznamenané extrémne stavy v roku 2010 je potrebné v režimových meraniach pokračovať a pokúsiť sa o rozšírenie sortimentu monitorovacích meraní (v spolupráci s orgánmi miestnej samosprávy).

#### **2.1.4.7. Lokalita Slanec-TP**

##### *Stručná charakteristika lokality*

Lokalita Slanec-TP (svah na JZ okraji obce) bola do súboru monitorovaných lokalít zaradená 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 už realizovaných podzemných vedení na prípadné prejavy nestability svahu bol na lokalite vykonaný inžinierskogeologický prieskum a uskutočnené boli rozsiahle sanačné opatrenia (Míka, Bolha, 2000). V súčasnosti vykonávané monitorovacie práce sa sústreďujú na merania kolísania hĺbky HPV a výdatnosti odvodňovacích zariadení po uskutočnenej sanácii, čím overujú jej funkčnosť.

Z geologického hľadiska územie tvoria sedimenty a vulkanity neogénneho veku (sarmat) a ich kvartérny zvetralinový plášť. Sedimentárne horniny neogénu sú zastúpené stretavským súvrstvom tvoreným pelitickými a detritickými fáciami sedimentov s polohami redeponovaných ryolitových a andezitových vulkanoklastík. Vulkanické horniny reprezentujú prevažne lávové prúdy a brekcie andezitového zloženia. Pochádzajú z drobných extrúzií a efúzií stratovulkánu Bradlo (napr. kóta Čatorňa) a zo sklznutých blokov tohto stratovulkánu (Bezák et al., 2009). Kvartérne sedimenty sú v skúmanom území zastúpené predovšetkým deluviálnymi uloženinami (prevažne charakteru ílovitých zemín, ktorých hrúbka miestami dosahuje až 10 m); úzky pruh územia v okolí potoka je budovaný fluviálnymi sedimentmi.

Pomalý (plazivý) pohyb andezitových blokov, resp. podložných nepriepustných ílov, významne ovplyvňovaný podzemnou vodou, ktorý prebieha na úrovni šmykových plôch v samotných íloch alebo po vrstvách so vztlakovými horizontmi podzemnej vody, bol s veľkou pravdepodobnosťou jednou z hlavných príčin havárie plynovodu zo 17. marca 2008, ku ktorej došlo na úseku medzištátneho vysokotlakového plynovodu pri západnom okraji monitorovaného zosuvného územia.

#### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2009 a 2010*

Na lokalite Slanec-TP sa v rokoch 2009 a 2010 vykonávali iba režimové pozorovania. Monitorovacia sieť pozostáva z 11 vertikálnych pozorovacích vrtov na meranie zmien hĺbky hladiny podzemnej vody a z 5 vejárrov horizontálnych vrtov: V-1 (päť vrtov), V-2 (päť vrtov), V-3 (tri vrty), V-4 (tri vrty), V-5 (štyri vrty), v ktorých sa meria výdatnosť a ktoré sú sústredené v zberných betónových šachtách (obr. 2.1.28).

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2009 a 2010 sú zhrnuté v tab. 2.1.13.

#### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2009 a 2010 a za dlhšie obdobie pozorovania*

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

V roku 2009 bolo najväčšie kolísanie hladiny (nad 3 m) zaznamenané vo vrtoch J-14 a J-4. Vrt J-6 bol v priebehu roka suchý. Maximálne úrovne hladiny podzemnej vody boli vo väčšine vrtov namerané v mesiacoch január až apríl, minimálna úroveň hladiny bola zistená vo všetkých vrtoch (okrem J-11) v októbri. Priemerná hladina podzemnej vody dosiahla v roku 2009 hodnotu 5,27 m pod úrovňou terénu.

Priemerná HPV vypočítaná zo všetkých vrtov stúpila oproti roku 2009 o 1,1 m na hodnotu 4,17 m. Najväčšie kolísanie HPV bolo zaznamenané vo vrte J-9 (2,99 m). V 4 vrtoch bola zaznamenaná najvyššia HPV za celé monitorované obdobie (od roku 2003). Vrt J-6 bol počas celého hodnoteného obdobia suchý. Všetky namerané údaje sú uvedené v príl. 1.7 a semikvantitatívne zhodnotenie stavu hladiny podzemnej vody v rokoch 2009 a 2010 je na obr. 2.1.28).

Mimoriadne vlhký rok 2010 sa prejavil vo výraznom stúpnutí HPV na lokalite (až o cca 1 m).

Zaznamenané hĺbky hladiny podzemnej vody počas aktuálne hodnotného roku 2010 vo vrtoch J-9 a J-7 majú význam i z dlhodobjšieho hľadiska (obr. 2.1.29; hĺbka hladiny podzemnej vody a termíny merania sú uvedené v príl. 1.7). Vo vrte J-14 bola maximálna hladina podzemnej vody dosiahnutá počas 19. marca 2003 (0,10 m pod povrchom terénu). O niečo hlbšie pod terénom sa hladina podzemnej vody v tomto vrte nachádzala aj počas meraní 31. marca 2004 (0,28 m pod úrovňou terénu), 27. marca 2008 (0,66 m pod terénom) a 28. mája 2010 (0,50 m pod terénom). Najhlbšie pod úroveň terénu hladina podzemnej vody

klesla vo vrte J-7 dňa 30. júla 2007 (12,21 m pod terénom). Najväčšie kolísanie hladiny podzemnej vody počas monitorovaného obdobia bolo zaznamenané vo vrte J-6 (5,43 m).

#### b/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

V roku 2009 bol najväčší rozptyl výdatnosti nameraný vo vrtoch V2/1 (kolísanie až  $33 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) a V1/2 (kolísanie  $10,8 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Sumárna priemerná výdatnosť meraných objektov v roku 2009 predstavovala  $11,64 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ .

V roku 2010 sumárna priemerná výdatnosť meraných objektov oproti roku 2009 výrazne stúpila (o  $21,82 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) a v roku 2010 predstavovala  $33,46 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Najväčšie kolísanie výdatnosti bolo namerané vo vrtoch V2/1 (až  $65,95 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) a V1/2 ( $59,58 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  – príl. 1.7, obr. 2.1.28).

Vysoké hodnoty výdatnosti z obdobia začiatku režimových pozorovaní z rokov 2003 (skupina vrtoV V1 dosiahla dňa 19. marca výdatnosť  $66,80 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ; V2 – 16. apríla  $91,52 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ; V3 – 3. marca  $18,42 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) a 2004 (V2 – 31. marca  $240,00 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) nahradila neskôr prevažne ustálená hodnota výdatnosti. K výraznejším nárastom výdatnosti dochádzalo ešte v prípade skupiny vrtoV V2, v rokoch 2005 a 2006, avšak ani v jednom nebola prekročená hodnota  $100,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Posledné výraznejšie stúpnutie výdatnosti bolo zaznamenané v roku 2010 v odvodňovacích vrtoch V1 a V2 (obr. 2.1.29). Najvyššiu priemernú sumárnu výdatnosť dosahujú drenážne vrty skupiny V2 s hodnotou  $13,04 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ . Naopak, najnižšie sumárne priemerné hodnoty výdatnosti sú zaznamenané vo vrtoch ústiacich do skupín V4 ( $0,36 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) a V5 ( $0,67 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ).

#### c/ Merania zrážkových úhrnov

Dlhodobý zrážkový priemer za obdobie od 1.1.2001 do 31.12.2005 na stanici SHMÚ v Slanskej Huti (indikatív 51160) je  $725,7 \text{ mm}$ . V roku 2009 bol ročný zrážkový úhrn  $746,4 \text{ mm}$ , čo predstavuje  $102,85 \%$  dlhodobého zrážkového priemeru (normálny rok). V roku 2010 bol ročný zrážkový úhrn až  $1204,50 \text{ mm}$  ( $165,98 \%$  dlhodobého zrážkového úhrnu), čo charakterizuje mimoriadne vlhký rok.

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Režimové pozorovania preukázali v roku 2010 vzrast úrovne HPV cca o  $1 \text{ m}$  oproti predchádzajúcemu roku. Výrazne vzrástla i priemerná výdatnosť odvodňovacích zariadení. V roku 2010 došlo k ďalšiemu zhoršeniu stavu monitorovacích objektov. V dôsledku zanedbanej údržby (zanesený odtok v studni) je výdatnosť vrtoV V4/1 – V4/3 neznáma od marca. Pre väčší prítok než odtok v apríli a máji nebolo možné zmerať výdatnosť skupiny vrtoV V2. Stav väčšiny vertikálnych vrtoV je taktiež alarmujúci.

Zaznamenané výrazné stúpnutie HPV i výdatnosti odvodňovacích zariadení podmieňuje nevyhnutnosť ďalších pozorovaní i v nasledujúcom období. Opätovne však treba upozorniť na nevyhovujúci stav monitorovacej siete, ktorá si vyžaduje zásadnú rekonštrukciu. Napriek opakovaným upozorneniam nedošlo ani po havárii plynovodu v marci 2008 (ktorú okrem iných faktorov spôsobil i pomalý gravitačný pohyb zosuvných hmôt po svahu) k rozšíreniu sortimentu a frekvencie monitorovacích meraní, nevyhnutných na hlbšie poznanie aktuálneho stavu horninového prostredia a predpovedanie zmien, ktoré môžu ovplyvniť bezpečnosť podzemných vedení.

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).

### 2.1.4.8. Lokalita Handlová-zosuv z roku 1960

#### *Stručná charakteristika lokality*

Handlovský zosuv z prelomu rokov 1960/1961, ktorý sa aktivizoval v JV časti mesta, patrí k najrozsiahlejším prírodným katastrofám, ktoré sa udiali na našom území. Zosuv zničil časť mesta a komunikačné línie (diaľkové elektrické vedenie a štátnu cestu z Handlovej do Žiaru nad Hronom). Vyvinul sa v prostredí paleogénnych ílovcov až slienitých bridlíc (podložie zosuvných hmôt v spodnej časti zosuvu), nad ktorými sa nachádzajú súvrstvia hornín neogénneho veku – bádenské íly, ílovce a slieňovce (tvoria podložie v strednej časti zosuvného svahu) a v najvyššej časti tzv. štrková séria, tvorená hrubozrnným pieskom až štrčíkom, ktorá vystupuje v odľučnej časti zosuvu. Nad týmito sedimentmi sú vulkanické prikrovy andezitov a aglomerátových tufov, tvoriace sčasti odľučnú oblasť zosuvu a v troskách sa vyskytujúce i v nižších polohách svahu. Z hľadiska vzniku a aktivizácie zosuvných pohybov má najväčší význam striedanie polôh priepustných a nepriepustných hornín, v rámci ktorých sa nachádzajú i vztlakové horizonty podzemnej vody. Špecifickou črtou stavby územia je prítomnosť priepustnej polohy štrkov v hornej časti zosuvu, ktorá sprostredkováva stále nasycovanie zosuvných hmôt vodou.

Celková dĺžka hlavného zosuvného prúdu bola 1800 m (kubatúra zosunutých hmôt predstavovala okolo 14,5 mil. m<sup>3</sup>). Prúd na východnom okraji hlavného zosuvu sa začal pohybovať asi o 14 dní neskôr; jeho dĺžka dosiahla 1 km a kubatúra zosunutím postihnutých hornín predstavovala asi 5,7 mil. m<sup>3</sup> (Nemčok, 1982). Po zastavení pohybu hmôt v lete roku 1961 boli ďalšie pohybové aktivity zaznamenané v rokoch 1967, 1970 i 1977.

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 sa aplikujú iba niektoré monitorovacie metódy.

#### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2009 a 2010*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní uskutočnených v rokoch 2009 a 2010 na lokalite katastrofálneho handlovského zosuvu, sú zhrnuté v tab. 2.1.14.

#### *Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2009 a 2010 a za dlhšie obdobie pozorovania*

##### *a/ Inklinometrické merania*

Pri meraní v roku 2009 sa preukázalo porušenie vrtnu GI-1 na úrovni šmykovej plochy. Počas tohto merania boli najväčšie deformácie zaznamenané vo vrte GI-2 v hĺbke 3 až 3,5 m (viac ako 8 mm.rok<sup>-1</sup>). Aktivita pohybu na plytko situovanej šmykovej ploche (v hĺbke 4,5 m) bola zistená aj vo vrte GI-4 (priemerná rýchlosť pohybu 8 mm.rok<sup>-1</sup>). Prejavy miernej aktivity boli zistené vo vrtoch GI-3 a HI-5.

V roku 2010 boli počas merania začiatkom mája pomerne výrazné deformácie zaznamenané vo vrtoch GI-4 (v hĺbke 4,5 m 11,83 mm od posledného merania, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie 11,04 mm.rok<sup>-1</sup>) a GI-2 (nad 5 mm.rok<sup>-1</sup> – Lenková, 2010). Na základe výsledkov inklinometrických meraní (obr. 2.1.30, príl. 1.8) možno konštatovať pohybovú aktivitu celého zosuvného prúdu, i keď v hodnotách deformácií sa ešte nemohol v plnej miere prejavovať zrážkový extrém, ktorý trval počas celého mesiaca mája a začiatkom júna.

Pri hodnotení posledných desiatich rokov bola najvýraznejšia deformácia pozorovaná vo vrte GI-1. Počas merania dňa 5. júna 2008 bola v hĺbke 16,5 m nameraná deformácia s hodnotou 41,83 mm ( $38,2661 \text{ mm.rok}^{-1}$ ; obr. 2.1.31). Vysoké hodnoty deformácie (ktorých vektor presiahol hodnotu 15 mm) boli zaznamenané aj počas meraní v rokoch 2000 (10. októbra bola zaznamenaná deformácia vo vrtoch GI-1 s hodnotou 27,46 mm a GI-2 s hodnotou 17,99 mm) a 2005 (23. mája bola zaznamenaná deformácia vo vrte GI-2 s hodnotou 16,5 mm). Vektory deformácie zaznamenané vo vrte GI-4 poukazujú na mierne zvýšenú pohybovú aktivitu, ktorá má v období posledných piatich rokov mierne stúpajúci trend. Vo vrtoch GI-3 a 5 je v období posledných desiatich rokov pozorovaný stabilný stav prostredia s relatívne nízkymi hodnotami deformácie.

#### b/ Merania poľa pulzných elektromagnetických emisií

V roku 2009 boli pomerne vysoké hodnoty poľa PEE namerané vo vrte HI-5 v hĺbke 7 – 11 m a 20 – 24 m. Pri porovnaní obidvoch meraní uskutočnených v tomto roku bola celkovo vyššia aktivita poľa PEE preukázaná v jesennom cykle.

V roku 2010 bola najvyššia hodnota aktivity poľa PEE (stupeň 5) nameraná vo vrte HI-7 v hĺbke 0 až 6 m v jarnom cykle merania (obr. 2.1.30, príl. 1.8). Stredné hodnoty aktivity (stupeň 4) boli na jar zistené aj vo vrtoch GI-1 (v hĺbke 6 – 8 m), GI-3 (12 – 25 m) a HI-5 (0 – 9 m a 18 – 24 m). V jesennom cykle merania bol stredný stupeň aktivity poľa PEE (stupeň 4) zistený vo vrtoch GI-1 (v hĺbke 13 – 22 m), HI-5 (0 – 7 m) a HI-7 (0 – 6 m – Vybíral, 2010).

Pri porovnaní obidvoch meraní bola v roku 2010 vyššia aktivita poľa PEE preukázaná na jar, keď sa výrazne začali prejavovať dôsledky zrážkovej anomálie (jarné meranie sa uskutočnilo 24. mája a bolo teda významne ovplyvnené zrážkovou anomáliou).

Dlhodobejšie pozorovania preukazujú, že hodnoty aktivity poľa PEE sa ustálili prevažne na nízkej až strednej úrovni s ojedinelými anomáliami (s pomerne vysokou aktivitou počas jarných meraní v pripovrchovej zóne vo vrte HI-7 v roku 2010 a v masíve vo vrte GI-2 v roku 2002; obr. 2.1.31). Počas sledovaného obdobia rokov 2000 až 2010 prevláda prevažne ročný cyklus zvýšených hodnôt napätia na jar a znížených na jeseň.

#### c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

Stav HPV i stav odvodňovacích zariadení sa zisťuje pri meraniach poľa PEE a nepravidelne i pri kontrole funkčnosti existujúcich monitorovacích objektov.

Merania hĺbky HPV v roku 2009 boli realizované počas meraní poľa PEE. Okrem vrtu GI-1 (s hĺbkou hladiny podzemnej vody od 13 do 13,5 m) sa voda v ostatných vrtoch nachádzala do hĺbky 6,3 m. Najväčšie kolísanie hladiny bolo v roku 2009 zaznamenané vo vrte HI-5 (cca 4 m), priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody zo všetkých meraní mierne stúpala a predstavovala 3,74 m pod úroveň terénu.

V roku 2010 bolo okrem dvoch meraní, uskutočnených počas merania poľa PEE vykonané i samostatné kontrolné meranie (7.10.) v priebehu kontroly monitorovacích objektov. Najväčšie kolísanie hladiny bolo zaznamenané vo vrte HI-5, priemerná HPV zo všetkých meraní vo vrtoch oproti roku 2009 stúpala o 0,59 m a dosiahla 3,15 m pod úroveň terénu (príl. 1.8). Uvedené hodnoty sú iba orientačné vzhľadom na veľmi nízku frekvenciu meraní.

#### d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Pri obhliadke v októbri 2010 sa opätovne konštatoval zhoršujúci technický stav objektov odvádzajúcich vodu, predovšetkým zo strediska VI. Dva z horizontálnych odvodňovacích vrtov boli suché (IB-JV-7 a IB-JV-8) a objekt III-JV-4 mal minimálnu výdatnosť (kvapkal).

Najvyššia výdatnosť bola nameraná na objekte IVB-JV-5 ( $48,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Výdatnosť nad  $30,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$  mali vrty III-JV-2, ako aj III-JV-1 (príl. 1.8).

#### e/ Merania zrážkových úhrnov

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

#### *Zhrnutie výsledkov a upozornenia*

Inklinometrické merania, uskutočnené začiatkom mája (pred extrémnymi zrážkami) preukázali výraznejšie deformácie vo vrte GI-4. Vysoká aktivita poľa PEE bola zaznamenaná v dobe vrcholiacej zrážkovej anomálie. Nadpriemerná zrážková činnosť sa prejavila i v stúpnutí HPV a v značnej výdatnosti odvodňovacích zariadení. Tým sa zvýraznilo zo stabilného hľadiska trvalo nepriaznivé plytké situovanie HPV prakticky v celom zosuvnom svahu.

Monitorovacie merania v roku 2010 preukázali pokračujúci pomalý gravitačný pohyb zosuvných hmôt a možno predpokladať, že jeho intenzita sa ešte zvýraznila po zrážkovej anomálii. Vzhľadom na to je odôvodnená požiadavka pokračovať v monitorovacích meraniach i v nastávajúcich rokoch. Súčasne treba opätovne upozorniť na nevyhnutnosť údržby sanačných opatrení (povrchových rigolov i horizontálnych vrtov) na celom zosuvnom území, ktorých stav sa výrazne zhoršuje.

#### **2.1.4.9. Lokalita Okoličné**

##### *Stručná charakteristika lokality*

Zosuv sa nachádza na SV okraji mesta Liptovský Mikuláš a je súčasťou rozsiahleho zosuvného územia, ktoré sa vyvinulo v horninovom prostredí centrálnokarpatského paleogénu (charakteru jemno až hrubo rytmického flyša s prevahou ílovcov). Takýto charakter geologickej stavby podmieňuje komplikované hydrogeologické pomery (prítomnosť tlakových horizontov podzemnej vody, vysoký hydraulický spád, filtračná heterogenita). Základným faktorom zosúvania bola v minulosti erózna činnosť rieky Váh (podrezávanie svahov) a neskôr nesprávne antropogénne zásahy do svahu (realizácia odrezu v akumuláčnej časti zosuvu pri rozširovaní železničnej trate v roku 1949, prevádzka na železnici). Bezprostredné oživenie aktivity svahových pohybov súvisí zvyčajne so zrážkovými anomáliami. Pozorovaný zosuv (s rozlohou cca  $0,16 \text{ km}^2$ , celkovej dĺžky 750 m) sa vyvíjal v niekoľkých etapách a po rozšírení železničnej trate periodicky už po dobu viac ako 50 rokov ohrozuje prevádzku na hlavnej trati Žilina – Košice a na jeho stabilizáciu bola v niekoľkých etapách použitá celá séria sanačných opatrení (Jadroň, 1980). Monitorovacie merania sa na lokalite vykonávali krátkodobo počas prieskumov a sanácií (výnimkou sú iba geodetické merania, realizované priebežne po dobu viac, ako 40 rokov); systematicky sa svah monitoruje od roku 1993.

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2009 a 2010*

Metódy monitorovacích meraní, počty a označenia jednotlivých monitorovacích objektov, ako aj frekvencia meraní, uskutočnených v rokoch 2009 a 2010, sú zhrnuté v tab. 2.1.15.

## Vyhodnotenie pozorovaných ukazovateľov za roky 2009 a 2010

### a/ Geodetické merania

V roku 2009 bola najväčšia polohová zmena nameraná v bode 111 (27,89 mm za cca 14 mesiacov, čo predstavuje  $24,47 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) a v bode 133 ( $20,01 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Obidva body sa nachádzajú na svahu bezprostredne nad železničnou traťou. Výraznejší pokles (17 mm za cca 14 mesiacov) bol zaznamenaný v bode P21.

V roku 2010 došlo k zmene metódy geodetického merania (kombinácia terestrického a GNSS merania). Meranie, uskutočnené koncom apríla 2010 preukázalo výrazné polohové zmeny (napríklad v bodoch P12, P14, P19, P15 a P8 presahujúce priemernú rýchlosť posunu až  $50 \text{ mm.rok}^{-1}$ ), ako aj výškové zmeny (v bodoch P12, P14, P8 a P15 presahujúce priemernú rýchlosť posunu  $40 \text{ mm.rok}^{-1}$  – Pisca, 2010). Uvedené hodnoty polohových i výškových zmien niektorých pozorovaných bodov sú veľmi výrazné (obr. 2.1.32A, príl. 1.9), avšak vierohodnosť týchto údajov je značne ovplyvnená práve uskutočnenou zmenou technológie merania. Podstatne dôveryhodnejšie budú z tohto hľadiska výsledky merania, uskutočneného rovnakou metódou v nasledujúcom roku.

Pri hodnotení polohových zmien v období rokov 2000 – 2010 boli najvyššie hodnoty posunov zaznamenané počas rokov 2000 (dňa 14. októbra na bodoch P-9 – 98,35 mm;  $96,5 \text{ mm.rok}^{-1}$  a P-14 – 76,49 mm;  $75,05 \text{ mm.rok}^{-1}$  – obr. 2.1.33) a 2010 (termín merania a hodnoty nameraných posunov sú uvedené v príl. 1.9). K relatívne menšiemu nárastu pohybovej aktivity došlo i v roku 2006, kedy polohové zmeny s hodnotou nad 30 mm boli prekročené na bodoch 111, 133, P-9, 112 a P-7 (maximálny posun bol zaznamenaný na bode 111 s hodnotou 48,36 mm;  $41,36 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Všeobecne však možno konštatovať, že počas obdobia ostatných 10 rokov výrazne prevládali posuny v rozsahu 0 až 10 mm.

Pri hodnotení dlhšieho obdobia monitorovania zmien bodov vo vertikálnom smere, možno za najaktívnejšie považovať roky 2006 a 2007. Počas roku 2006 boli zaznamenané výrazné vzostupné zmeny. Najväčšia z nich bola zaznamenaná na bode 133 (dňa 14. augusta bola nameraná vertikálna zmena 116,0 mm;  $99,16 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Počas nasledujúceho roku 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;  $-155,55 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Celkovo však za ostatných 10 rokov prevládali vertikálne zmeny v rozsahu 0 – 5 mm.

### b/ Inklinometrické merania

V roku 2009 bola výrazná deformácia inklinometrickej pažnice nameraná v plytkých polohách vrtu M-3 (v hĺbke okolo 2,6 m deformácia 6,3 mm za cca 9 mesiacov). Deformácie okolo 1,5 mm boli zistené i v hlbších polohách tohto vrtu. Najvýraznejšia deformácia však bola zaznamenaná pri prvom etapovom meraní v obnovenom vrte JO-1A (v hĺbke 10,4 m od povrchu deformácia 7,64 mm za cca 10 mesiacov, čo predstavuje rýchlosť pohybu  $9,65 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Táto skutočnosť ilustruje pokračujúcu pohybovú aktivitu zosuvu po hlbšej šmykovej ploche. Vo vrte M-2 nad trasou železnice neboli preukázané žiadne zmeny.

Výrazná deformácia inklinometrickej pažnice bola 22. apríla 2010 nameraná vo vrte JO-1A v hĺbke 10,4 m od povrchu terénu (7,04 mm od posledného merania, čo predstavuje priemernú rýchlosť deformácie  $8,89 \text{ mm.rok}^{-1}$  – Lenková, 2010). Deformácie presahujúce 3 mm boli zistené aj vo vrte M-2, nachádzajúcom sa nad trasou železnice (obr. 2.1.32A, príl. 1.9). Z výsledkov inklinometrických meraní vyplýva sústredenie najväčšej pohybovej aktivity do centrálnej časti transportačnej oblasti zosuvu na hlbšej šmykovej ploche. Treba však zdôrazniť, že inklinometrické meranie bolo uskutočnené pred výraznou zrážkovou anomáliou a nemohlo teda zachytiť jej vplyv na pohybovú aktivitu zosuvných hmôt.

Na základe dlhodobšieho hodnotenia (v období rokov 2000 až 2010 – obr. 2.1.33) možno za pohybovo najaktívnejšie obdobia považovať roky 2005 a 2007. V roku 2005 bola

najväčšia deformácia zaznamenaná vo vrte JO-1 (v hĺbke 12,0 m pod povrchom terénu bola nameraná deformácia 8,31 mm, čo predstavovalo rýchlosť pohybu  $7,86 \text{ mm.rok}^{-1}$ ) a v roku 2007 vo vrte M-3 (v hĺbke 13,6 m deformácia 7,80 mm;  $8,91 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Najmenšie zmeny na inklinometrickej pažnici boli zaznamenané v roku 2006, kedy merania vo vybratých horizontoch (obr. 2.1.33) dosahovali deformácie väčšinou do 2,0 mm a vo vrte M-2 v hĺbke 3,6 m pod úrovňou terénu bola zaznamenaná deformácia 2,18 mm ( $1,75 \text{ mm.rok}^{-1}$ ). Po obnovení inklinometrických meraní na vrte JO-1A v horizonte cca 10 až 12 m sa potvrdila pretrvávajúca zvýšená pohybová aktivita.

c/ Merania hĺbky hladiny podzemnej vody

c1/ Vyhodnotenie výsledkov meraní uskutočnených pozorovateľom

Hladina podzemnej vody sa na lokalite meria v 10 objektoch s týždennou frekvenciou. Dva z meraných vertikálnych vrtov (JH-14 a JH-17) sú trvalo prelivové, voda z nich vyteká do prostredia zosuvu a zhoršuje jeho stabilný stav. Výdatnosť týchto vrtov sa uvádza v rámci hodnotenia výdatnosti odvodňovacích zariadení.

V roku 2009 bolo maximálne kolísanie hladiny podzemnej vody (nad 3 m) namerané vo vrtoch JO-1 a J-3A. Priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody v roku 2009 predstavovala 10,84 m pod úrovňou terénu.

Priemerná hĺbka HPV oproti roku 2009 stúpila o 0,64 m a v roku 2010 predstavovala 10,20 m pod úrovňou terénu (obr. 2.1.32B, príl. 1.9). Maximálne kolísanie HPV bolo zaznamenané vo vrtoch J3-A (4,85 m), M-2 (4,55 m) a JO-1 (4,40 m). Špeciálne postavenie v rámci pozorovacej siete má vrt JP-44, v ktorom dlhodobo dochádza k veľmi výrazným zmenám (kolísanie počas monitorovaného obdobia dosahuje 15,8 m), avšak vzhľadom na skutočnosť, že uvedený vrt nebol pôvodne vystrojený na účely režimového pozorovania zmien hladiny podzemnej vody, výsledky monitoringu nie je možné jednoznačne zhodnotiť. Vo vrtoch J3-A a JO-1 bola v roku 2010 zároveň nameraná najvyššia HPV za celé monitorované obdobie (od roku 1995).

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia boli vysoké hladiny, okrem aktuálne hodnoteného roku 2010, namerané aj v roku 2007 (vo vrte JO-1 počas merania 24. marca hĺbka hladiny podzemnej vody dosiahla úroveň 2,72 m pod terénom, v rovnakom termíne boli zaznamenané maximálne stavy aj vo vrtoch J6-B – 1,54 m pod terénom a J3-A – 6,93 m pod terénom; obr. 2.1.34). Paradoxne, v roku 2007 boli zároveň namerané aj hladiny podzemnej vody s najväčšou hĺbkou (vo vrte JO-1 dňa 9. septembra bola zaznamenaná hĺbka HPV 7,56 m pod terénom a vo vrte J3-A 20. januára dosiahla HPV hĺbku 11,37 m pod terénom). Vďaka týmto zmenám došlo počas roku 2007 v uvedených vrtoch k najväčšiemu kolísaniu hladiny podzemnej vody za monitorované obdobie. Vo vrte J6-B došlo k najväčšiemu poklesu hĺbky hladiny podzemnej vody dňa 11. decembra 2000 (4,97 m pod úrovňou terénu). Najvyššia priemerná hĺbka hladiny podzemnej vody za časové obdobie posledných desiatich rokov je pozorované vo vrte J6-B (2,84 m pod terénom).

c2/ Vyhodnotenie výsledkov meraní automatickými hladinomermi

V roku 2009 priemerná úroveň hladiny podzemnej vody vo vrte J-1 predstavovala hĺbku 6,3 m pod terénom a vo vrte AH-2 hodnotu 3,92 m pod terénom.

V roku 2010 bola vo vrte J-1 maximálnu úroveň hladiny podzemnej vody zaznamenaná dňa 31. decembra (3,76 m pod úrovňou terénu). Minimálna úroveň bola dosiahnutá 1. januára (7,41 m). Priemerná hĺbka HPV oproti roku 2009 stúpila o 1,0 m a v roku 2010 dosiahla 5,30 m pod úrovňou terénu. Kolísanie hladiny podzemnej vody počas kalendárneho roku dosiahlo hodnotu 3,65 m. Vo vrte AH-2 bola maximálna hladina zistená dňa 18. mája (1,30 m pod úrovňou terénu) a minimálna úroveň 1. januára (4,22 m pod úrovňou terénu). Priemerná

hlbka HPV oproti roku 2009 stúpila o 0,83 m a v roku 2010 dosiahla 3,09 m pod úrovňou terénu (obr. 2.1.35, príl. 1.9). Kolísanie hladiny podzemnej vody počas kalendárneho roku predstavovalo hodnotu 2,92 m.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia možno konštatovať, že zmeny hladiny podzemnej vody súvisia prevažne s ročným klimatickým cyklom. Maximálne hladiny podzemnej vody sa vo vrte J-1 vyskytujú prevažne začiatkom druhej polovice roka (avšak maximálna hladina z obdobia rokov 2000 až 2010 bola zaznamenaná o niečo skôr, a to dňa 4. mája roku 2006). Vo vrte AH-1 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 sa v oboch vrtoch vyskytujú prevažne na sklonku, prípadne na prelome kalendárneho roka. Vo vrte J-1 HPV najnižšie klesla dňa 4. novembra roku 2009 a vo vrte AH-2 dňa 26. januára roku 2007. Rok 2010, vďaka mimoriadne vlhkému roku, hladiny podzemnej vody vo vrte J-1 dosiahla najvyššiu úroveň za celé monitorované obdobie.

#### d/ Merania výdatnosti odvodňovacích zariadení

Sumárna priemerná výdatnosť meraných objektov v roku 2009 predstavovala 21,01 l.min<sup>-1</sup>. Najväčšie kolísanie výdatnosti v priebehu roku 2009 bolo zaznamenané vo vrtoch V-102 (až 33 l.min<sup>-1</sup>) a V-101 (12,4 l.min<sup>-1</sup>). Veľmi výrazne kolísal i výtok z vertikálneho vrtu JH-14 (27,5 l.min<sup>-1</sup>).

V roku 2010 sumárna priemerná výdatnosť meraných objektov oproti roku 2009 výrazne stúpila (o 17,13 l.min<sup>-1</sup>) a predstavovala hodnotu 38,14 l.min<sup>-1</sup> (obr. 2.1.32B, príl. 1.9). Najväčšie kolísanie výdatnosti bolo zaznamenané vo vrte V-101 (až 31,2 l.min<sup>-1</sup>), veľmi výrazne kolísala i výdatnosť vertikálneho vrtu JH-14 (34,5 l.min<sup>-1</sup>).

Kolísanie výdatnosti drenážnych objektov v období rokov 2000 až 2010 súvisí prevažne so sezónnymi zmenami hladiny podzemnej vody počas jednotlivých rokov (obr. 2.1.34). Maximálne výdatnosti sú pozorované prevažne v mesiacoch apríl a máj, výnimočne však i v mesiaci marec. Počas rokov 2000 až 2004 maximálna hodnota spoločnej výdatnosti v jednotlivých rokoch mala zostupný trend (hodnota maximálnej výdatnosti z roku 2004, ktorá bola zaznamenaná dňa 23. apríla, dosiahla len hodnotu 58,22 l.min<sup>-1</sup>). Od roku 2005 však došlo k nárastu objemu drénovaných vôd, pričom v rokoch 2005 až 2010 sa výdatnosť ročných maxím pohybuje v intervale 68,43 – 132,98 l.min<sup>-1</sup>. Minimálne výdatnosti sa vyskytujú predovšetkým koncom a začiatkom kalendárneho roka. Najnižšie hodnoty výdatnosti boli zistené dňa 16. decembra roku 2004 (1,92 l.min<sup>-1</sup>).

#### e/ Merania zrážkových úhrnov

Informáciu o režimových pozorovaniach dopĺňujú údaje o zrážkových úhrnoch preberané zo stanice SHMÚ Liptovský Mikuláš-Ondrášová (indikatív 21130). Žiaľ, stanica Liptovský Mikuláš (indikatív 21060) je od decembra 2009 mimo prevádzky.

Na stanici Liptovský Mikuláš-Ondrášová je dlhodobý zrážkový priemer 667,82 mm. Za rok 2009 bol zaznamenaný zrážkový úhrn 652,6 mm, čo predstavuje 97,72 % dlhodobého priemeru a je hodnotené ako normálny rok. V roku 2010 predstavoval zrážkový úhrn 923,9 mm (čo predstavuje 138,35 % dlhodobého zrážkového priemeru a hodnotí sa ako veľmi vlhký rok).

#### Zhrnutie výsledkov a upozornenia

Podobne, ako na lokalite Veľká Čausa, aj na lokalite Okoličné sme sa pokúsili o schematizované zhodnotenie stavu podzemnej vody za obdobie rokov 2009 a 2010. Vychádzalo sa z hodnotenia jednotlivých vrtoch podľa kritérií, zhrnutých v tab. 2.1.6.

Z výsledkov hodnotenia znázorneného na obr. 2.1.36 vyplýva, že v roku 2010 došlo v dôsledku extrémne vysokých zrážkových úhrnov z obdobia mesiacov máj a jún k celkovému vzostupu hladiny podzemnej vody. Výsledky štatistického zhodnotenia hĺbky hladiny podzemnej vody poukazujú na zhoršujúci sa stav v celom hodnotenom zosuvnom území, pričom najhoršia situácia je v oblasti vrtovej JH-14 a 17. Podobne, k zhoršeniu stavu došlo i v oblasti predpolia čela zosuvu (vrt M-4). Priemerná úroveň hladiny podzemnej vody oproti roku 2009 stúpila o 0,83 m. K výraznejšiemu stúpnutiu došlo i v prípade sumárnej priemernej výdatnosti odvodňovacích zariadení.

Pri hodnotení pohybovej aktivity zosuvného územia na základe geodetických meraní, došlo v dôsledku zmeny technológie (prechod z terestrického merania na GNSS) k značnému ovplyvneniu presnosti výsledkov merania. Vierohodnosť týchto údajov bude overená až najbližším etapovým meraním. Z tohto dôvodu je spracované štatistické hodnotenie pohybovej aktivity iba za rok 2009 (obr. 2.1.37) podľa nových kritérií, zhrnutých v tab. 2.1.4.

Inklinometrickými meraniami, na úrovni šmykových plôch, podobne ako v predchádzajúcom roku bola v roku 2010 najväčšia pohybová aktivita zaznamenaná vo vrte JO-1A v transportačnej časti zosuvu (na úrovni významnej šmykovej plochy v hĺbke 10 až 11 m pod povrchom terénu). Ide však o výsledok merania uskutočneného ešte pred výraznou zrážkovou anomáliou. Objektívnejšie informácie o stabilnom stave lokality bude možné získať iba na základe výsledkov geodetických a inklinometrických meraní, uskutočnených po zrážkových anomáliách. Počas terénnych rekognoskácií boli pozorované pokračujúce deformácie v čele akumulácie zosuvu na línii nespevneného chodníka vedúceho popri trati a taktiež aj na odvodňovacom rigole, umiestnenom paralelne so železničnou traťou. Vzhľadom na celospoločenský význam lokality (trvalé ohrozenie hlavnej železničnej trate), je potrebné opakovanými meraniami preukázať stabilný stav svahu po extrémnych zrážkach z roku 2010. Z tohto dôvodu je potrebné vykonať v roku 2011 kompletný súbor monitorovacích meraní v doteraz aplikovanom rozsahu i frekvencii.

#### **2.1.4.10. Lokalita Liptovská Mara**

##### *Stručná charakteristika lokality*

Veľkomarský zosuv sa nachádza na pravostrannom zaviazaní zemnej hrádze VD Liptovská Mara (na jej návodnej strane). Zosuvné územie pozostáva z viacerých čiastkových prúdových a plošných zosuvov rôzneho veku s charakteristickými deformáciami blokového typu vo vyšších častiach svahu. Veľkomarský zosuv vznikol v území budovanom paleogénnymi horninami Liptovskej kotliny (ílovcovo-pieskovcové súvrstvie) miestami značne porušenými zlomovou tektonikou. Zosuv má dĺžku 900 m a šírku 550 m, hrúbka zosunutých hmôt v akumulačnej oblasti presahuje 30 m. Predpokladaná kubatúra zosunutých materiálov dosahuje až 4,5 mil. m<sup>3</sup>. Materiál zosuvu je presunutý cez údolné náplavy Váhu až do vzdialenosti 60 m od pôvodného svahu (Nemčok, 1982). Podrobný prieskum zosuvu sa uskutočnil v súvislosti s výstavbou priehrady vodného diela Liptovská Mara. Následné sanačné práce boli sústredené na zabezpečenie stability svahu (protiabrázne prísypy, horizontálne odvodňovacie vrty, povrchové odvodňovacie rigoly a štrkové steny). Súčasne už od roku 1975 sa začali pravidelné monitorovacie pozorovania, ktoré zabezpečuje Technicko - bezpečnostný dozor (TBD) vodného diela.

##### *Prehľad monitorovacích aktivít v rokoch 2009 a 2010*

Z hľadiska monitorovania má lokalita veľkomarského zosuvu osobitné postavenie. Vlastné monitorovacie merania – geodetické (raz do roka) a režimové (raz za 2 týždne) – sú vykonávané pracovníkmi VD Liptovská Mara. V rámci riešenia úlohy sa spracovávajú





























































































