



SESUV VESELÁ 65: PRŮZKUM, SANACE, MONITORING
LANDSLIDE VESELÁ 65: INVESTIGATION, STABILIZATION, MONITORING

Pavel Bláha¹, Romana Ormandy²

Abstrakt

O tom, že svahové deformace jsou jeden z velkých problémů lidstva, v současné době snad dnes nikdo nepochybuje. Nebezpečím pro člověka, však nejsou pouze velké a obrovské sesuvy podobně jako velmi rychlé a rychlé. Nebezpečí představují i svahové deformace malé a pomalé. Ty nejsou nebezpečné pro rozsáhlá území a velké množství lidí, ale ohrožují malé území a třeba jen jednu rodinu. Průzkum, sanaci a monitoring jednoho takového sesuvu chceme ukázat na malém sesuvu ve Veselé na Valašsku. Průzkum sesuvu byl realizován inženýrskogeologickým mapováním a geofyzikálním měřením, sanace odvrtáním dvou horizontálních odvodňovacích vrtů a povrchovým odvodněním a monitoring sledováním úrovně podzemní vody a velikosti odtoků z drenážních vrtů.

Abstract

Nowadays, there is no doubt that slope deformations are one humankind's big problems. However, the danger aren't only the huge and fast landslips but those that are small and slow as well. They aren't dangerous for large areas or many people, but they endanger smaller areas or for example just one family. We want to show the research, remediation and monitoring of one of these smaller landslides in Veselá, Wallachia. The landslide research was done with engineering geological mapping and geophysical measuring; the remediation was done with drilling two horizontal drainage wells and surface drainage; and the monitoring was done with monitoring the groundwater level and the amount of drainage from drainage wells.

Klíčová slova

Svahové deformace, sesuvy, geofyzikální měření, sanace, monitoring

Keywords

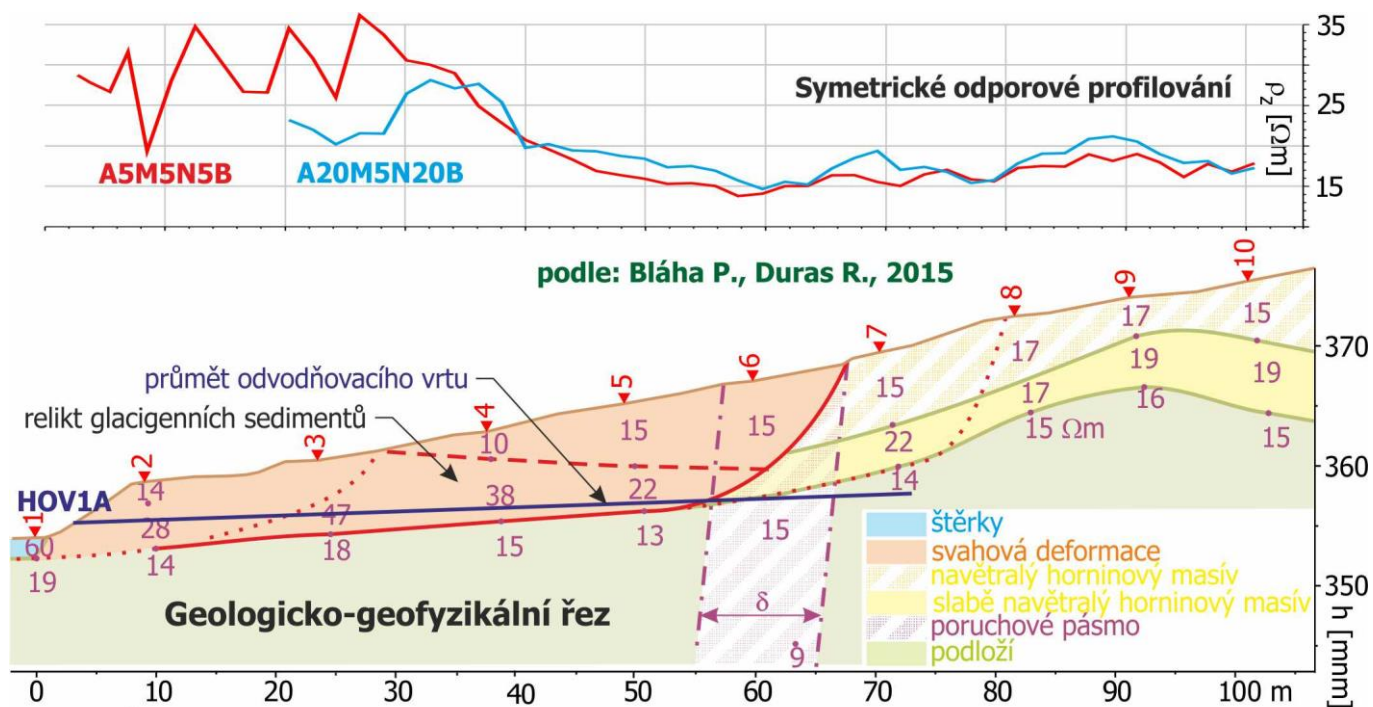
Slope failure, landslides, geophysical measurements, stabilization, monitoring

1. Úvod

Geofyzikální průzkum svahových deformací má určité výhody oproti klasickým metodám průzkumu. Těmi jsou poměrně velká rychlost provedení a vyhodnocení průzkumu a relativně nízké finanční náklady. Praktický případ lze dokumentovat geoelektrickým měřením na sesuvu Veselá 52. Sesuv Veselá má délku cca 70 metrů a šířku cca 80 m. Pohyb sesuvu ohrožuje jednak rodinný dům, který je na něm postaven a dále místní komunikaci, v jejímž okolí je veden vodovod, kanalizace a telefonní vedení. V r. 2015 došlo k aktivaci sesuvu – projevíly se deformace opěrné zídky a oplocení na pozemku. Na základě provedeného průzkumu ČGS přehodnotila stav sesuvu a doporučila sanaci. V srpnu 2015 objednal obecní úřad v Zašové geofyzikální průzkum svahové deformace u rodinného domu čp. 65 na katastrálním území Veselá. V mapě svahových nestabilit v archivu Geofondu je sesuv veden na listu 25-23-11 pod číslem 52. Geofyzikální práce byly realizovány na průzkumném profilu o délce cca 100 m, který byl veden na pozemcích postižených řešenou svahovou deformací. Z komplexu geofyzikálních průzkumných metod byly aplikovány metody vertikálního elektrického sondování (VES) a symetrického odporového profilování (SOP). Profil byl následně polohopisně i výškově zaměřen.

2. Průzkum sesuvu

Na základě rekonstrukce byl navržen průzkum svahové deformace, který spočíval v geofyzikálním měření vedeném kombinací vertikálního elektrického sondování (VES) a symetrického odporového profilování (SOP). Inženýrskogeologickou interpretací geofyzikálních měření byla určena délka svahové deformace a hloubka její smykové plochy. Ta dosahuje pod odlučnou oblastí cca deset metrů. Při litologickém popisu zemin geologicko-geofyzikálního řezu sesuvem a hornin podloží jsme vycházeli z geologické mapy 1:50 000. Podloží svahové deformace je tvořeno jílovcí, případně i pískovci křivských vrstev. V blízkosti svahové deformace se nachází eluvium těchto vrstev, které tvoří cca 120 metrů jižně od sesuvu místní hřbet. Měrné odpory podložních vrstev jsou relativně stabilní a mění se od 13–18 Ωm (obr. 1). Výjimku tvoří jen



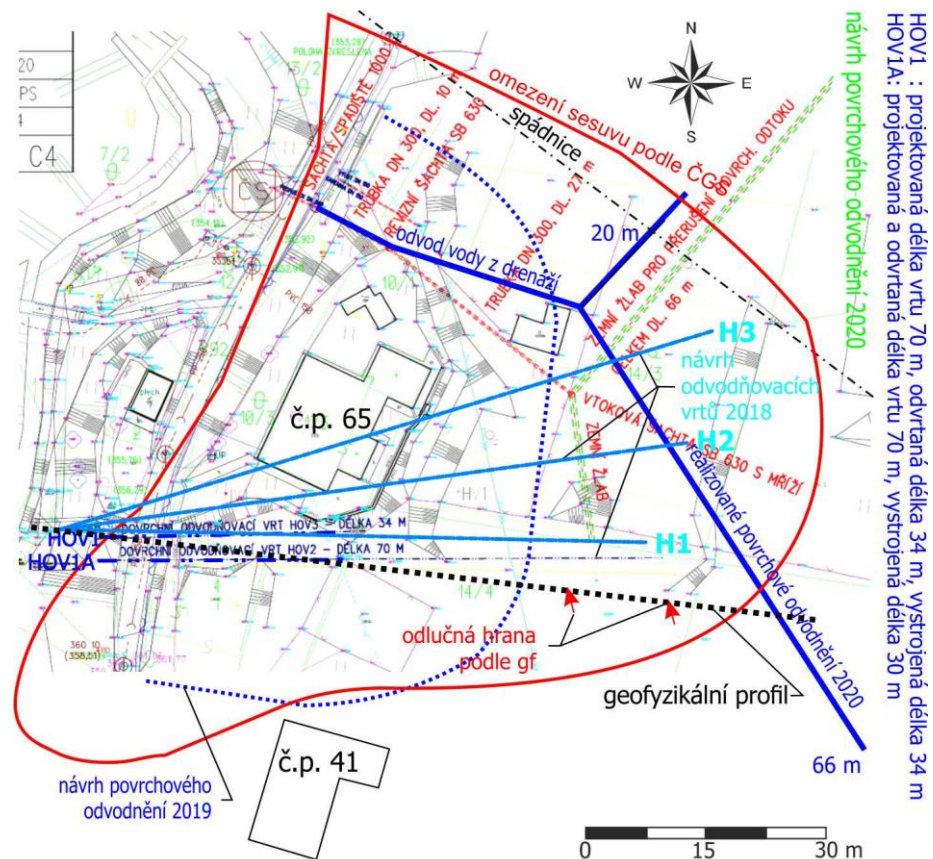
Obr. 1 Řez sesuvem Veselá 65

oslabené pásmo, kde měrné odpory klesají na 8 Ω m. V eluviu křivských vrstev je možné vyčlenit dvě vrstvy, s měrným odporem od 15–17 Ω m, respektive 17 až 22 Ω m. Měrné odpory v podloží se mění od 13 do 19 ohmmetrů.

Podle tvaru smykové plochy se na vzniku svahové deformace projevil i vliv horizontálního napětí v horninovém masívu. Měrný odpor materiálu sesuvu se mění od 10 do 28 Ω m s výjimkou střední části nad smykovou plochou, kde měrné odpory rostou až na 47 Ω m. Vzhledem k tomu, že cca 400 metrů severně od sesuvu jsou v geologické mapě vymapovány glacifluviální sedimenty (písky a šterky) byl tento charakter uloženin přisouzen i vrstvě vyšších měrných odporů v sesuvu (obr. 1). Dá se předpokládat, že tato vrstva bude neustále dotovat svahovou deformaci infiltrovanou podzemní vodou a má tak negativní vliv na její stabilitu. Samotné trosky glacigenních sedimentů jsou značně proměnné a jejich postižení svahovým pohybem velmi pravděpodobně tuto variabilitu ještě zvýšilo. Mohou v nich existovat zcela zakolmatované polohy, stejně tak jako polohy se zvýšenou propustností.

3. Sanace sesuvu

Na základě zjištění geofyzikálního průzkumu a jeho interpretace byla navržena sanace postižené oblasti. Před provedením sanačních vrtů byl realizován vrt pro inklinometrická měření a monitorovací vrt pro sledování hladiny podzemní vody.



Obr. 2 Skica odvodňovacích prací na sesuvu Veselá 52



Obr. 3 Vrtání horizontálního odvodňovacího vrtu

Stabilizaci svahové deformace bylo na základě inženýrskogeologického šetření a geofyzikálních výsledků rozhodnuto provést odvodnění tělesa sesuvu (obr. 2). Z technických důvodů měly být vrty hloubeny z jediného možného místa těsně vedle místní vodoteče. Předpokládalo se vyhloubení tří horizontálních odvodňovacích vrtů v délkách 70 až 80 metrů.

Sanaci sesuvného svahu realizovala firma DEV COMPANY s.r.o. podle projektu firmy Fundos s.r.o. Před započítím sanačních prací byl proveden vstupní monitoring a pasport stavebních objektů. Vrtné práce provedla subdodávkou firma Česká vrtná s.r.o. vrtnou soupravou typu Nováček HVS 311 (ponorné kladivo s kombinovaným vzduchovým a vodním výplachem), pod vedením vrtmistra p. Smolky (obr. 3). Pohon vrtného nářadí byl zajišťován pneumaticky s přitlakem 10 atmosfér. Vrtné práce na vrtu HOV1 byly započaty desátého července 2019. Vlastní vrtání započalo 11. 7. v dopoledních hodinách. Na odtěžené stěně svahu pro vrtnou soupravu je možné vidět charakter zemin sesuvu (obr. 4).

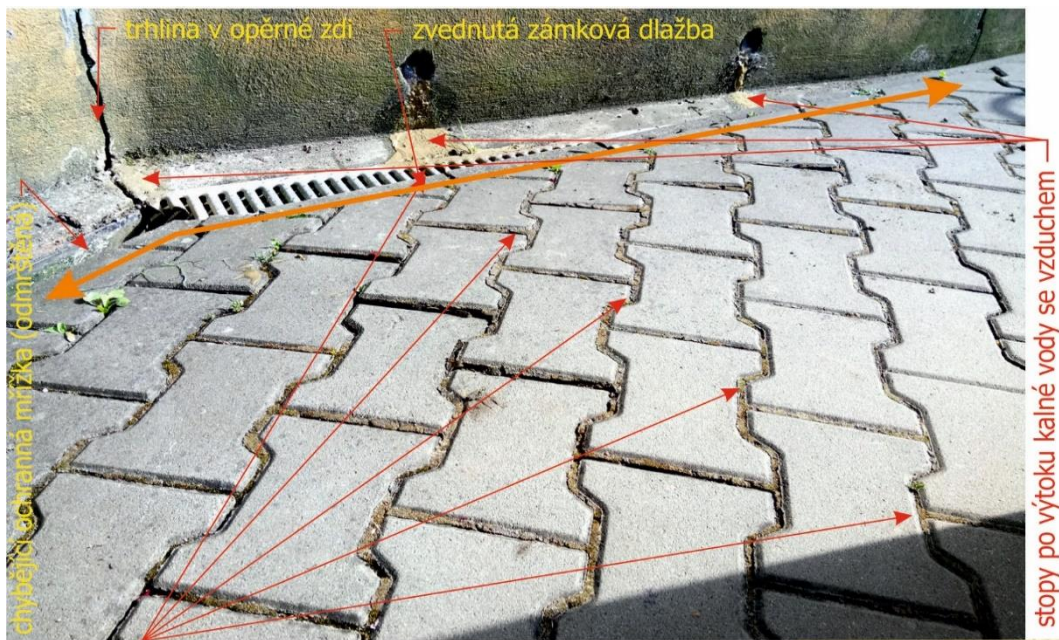


Obr. 4 Materiál v čele sesuvu

Po odvrtání 22 metrů vrtu HOV1 došlo k deformaci terénu v prostoru mezi vrtem a obytným domem. Bylo zjištěno zvedání zámkové dlažby, nové popraskání betonové opěrné zídky, unikání kalné a provzdušněné vody z jejich otvorů, odskakování krytů odvodnění, probublávání vzduchu ve sběrné jínce ve sklepě domu, prasknutí podpěrného trámu přístřešku a zvýšení úrovně HPV v pozorovacím hydrogeologickém vrtu (obr. 12). Vrtání bylo přerušeno a asi po hodinové přestávce znovu spuštěno. Vzhledem k tomu, že se negativní jevy opako-valy, bylo vrtání 11. 7. zastaveno. 12. 7. byly vrtné práce na HOV1 obnoveny za přítomnosti TDI, zástupce investora a zhotovitele a po dovrtání 35 metrů a novému projevu negativních jevů byly vrtné práce definitivně zastaveny. Operativně byl upraven projekt sanace – bylo upuštěno od vrtání HOV1 pod objektem RD a realizován byl vrt HOV1A vzdálenější základům RD. Při vrtání druhého odvodňovacího vrtu (více odchýleného od obytného domu) došlo znovu k negativním jevům. Tím byly vrtné práce na lokalitě ukončeny.

Na obrázcích 4 až 9 jsou záběry různých negativních jevů, které nastaly během vrtných prací:

- Obr. 5: Záběr na zámkovou dlažbu mezi domem čp. 65 a opěrnou zdí. Nejmarkantnějším negativním projevem bylo zvednutí zámkové dlažby, které se projevilo otevřením spár mezi jednotlivými dlaždicemi zápraží domu, odskakováním krycích plechů odvodňovacího kanálku, obnoveným pohybem na starých trhlinách betonové zídky. Zvednutí povrchu mělo za následek i prasknutí trámu podepírajícího lehký přístřešek před domem. Zdvihání terénu bylo doprovázeno zvukovými efekty spojenými s vytékáním vody a unikem vzduchu i z drenážních otvorů a trhlin v zídce. Pronikání vzduchu bylo pozorováno i ve sběrné odvodňovací jínce ve sklepě domu čp. 65.



otevřené spáry v zámkové dlažbě

Obr. 5 Projevy „zvednutí terénu“ při vrtání HOV



Obr. 7 Exotický valoun hrubozrnných křemitých pískovců pravděpodobně z Horní Bečvy (ústní sdělení doc. P. Pospíšila)



Obr. 6 Trhliny otevřené mezi 10. a 13. 7. 2020



Obr. 8 Úlomky hornin sesuvu ve vrtu HOV1



Obr. 9 Zanášení perforace pažnic jílovitým materiálem



Obr. 10 Počva zavaleného vrtu HOV1A

- Obr. 6: Rozevírání starých trhlin v betonové opěrné zídce.
- Obr. 7: Valoun exotického materiálu vyneseno z vrtu HOV1. Materiál byl popsán doc. Pavlem Pospíšilem z FAST VŠB jako hrubozrnný křemitý pískovec (ústní sdělení). Podobných valounů bylo ve vyplaveném materiálu z horizontálních odvodňovacích vrtů vyplaveno více, i když ne takové velikosti.
- Obr. 8: Videozáběr na materiál sesuvu, který zůstal uvnitř perforované pažnice po dokončení a vystrojení vrtu.
- Obr. 9: Videozáběr na zanášející se řezanou perforaci v odvodňovacím vrtu HOV1A, tzv. náteky. Ze zkušeností z jiných lokalit vede takovéto zanášení až k postupnému ucpání vrtu. Takovéto zanesení drenážní pažnice je možné odstranit tlakovou vodou nebo mechanicky spojením s proplachováním vrtu.
- Obr. 10: Videozáběr na počvu zavaleného vrtu. Ač byl vrt odvrtán do hloubky 70 metrů, podařilo se vrtné osádce jej vypažit jen do 30,4 metru.
- Obr. 11: Pohled na TV kameru po vytažení z drenážního vrtu HOV1a. Kamera je pro práci v odvodňovacích vrtech chráněna plastovou pažnicí průměru sedmdešát milimetrů. Ochranné sklo kamery je osazeno do pažnice tak, že je zároveň s okrajem trubky. Oranžový materiál mezi kamerou a trubkou jsou jílové sedimenty ze spodní stěny odvodňovacího vrtu, žlutý materiál je pak z náteků.



Obr. 11 TV kamera po vytažení z vrtu

Povrchové odvodnění se podařilo realizovat v srpnu 2020 (obr. 2). Toto odvodnění by mělo stékající vodu odvést mimo tahovou oblast sesuvu a tím zvýšit jeho stabilitu. Dá se očekávat, že i zvyšování hladiny podzemní vody a odtoků po extrémních srážkách bude nižší. Při určení trasy drenáží bylo nutné přistoupit k určitým kompromisům. Jednak to byly finanční prostředky a dále požadavky majitelů pozemků na způsob jejich využívání. Celkem vzniklo asi pět variant, z nichž v obrázku 2 jsou uvedeny tři. První byla zpracována geology ještě v roce 2019. Ti navrhovali obkroužit neaktivnější část sesuvu drenáží, která měla svádět vodu na obě strany sesuvu. Tato verze nebyla majiteli pozemků akceptována (na obr. 2 je znázorněna modrou tečkovanou čarou). Následně projektant navrhl drenáže ve tvaru „Y“ (na obr. 2 zeleně). To opět nevyhovovalo majiteli pozemku, protože by to znamenalo příliš velký zásah do využívané části zahrady. Proto bylo geology upraveno vedení jak potrubí odvádějícího drenážní vodu, tak i umístění a délka jednotlivých ramen „Y“ (silná modrá plná čára). Odvodnění svahu bylo dokončeno v srpnu 2020. Majitel nemovitosti ještě slíbil, že východně od jižní drenážní větve zajistí ve své režii odvodňovací žlab, který zaústí do severní větve „Y“. Vybudovaná drenáž v tahové zóně sesuvu je na obr. 12.



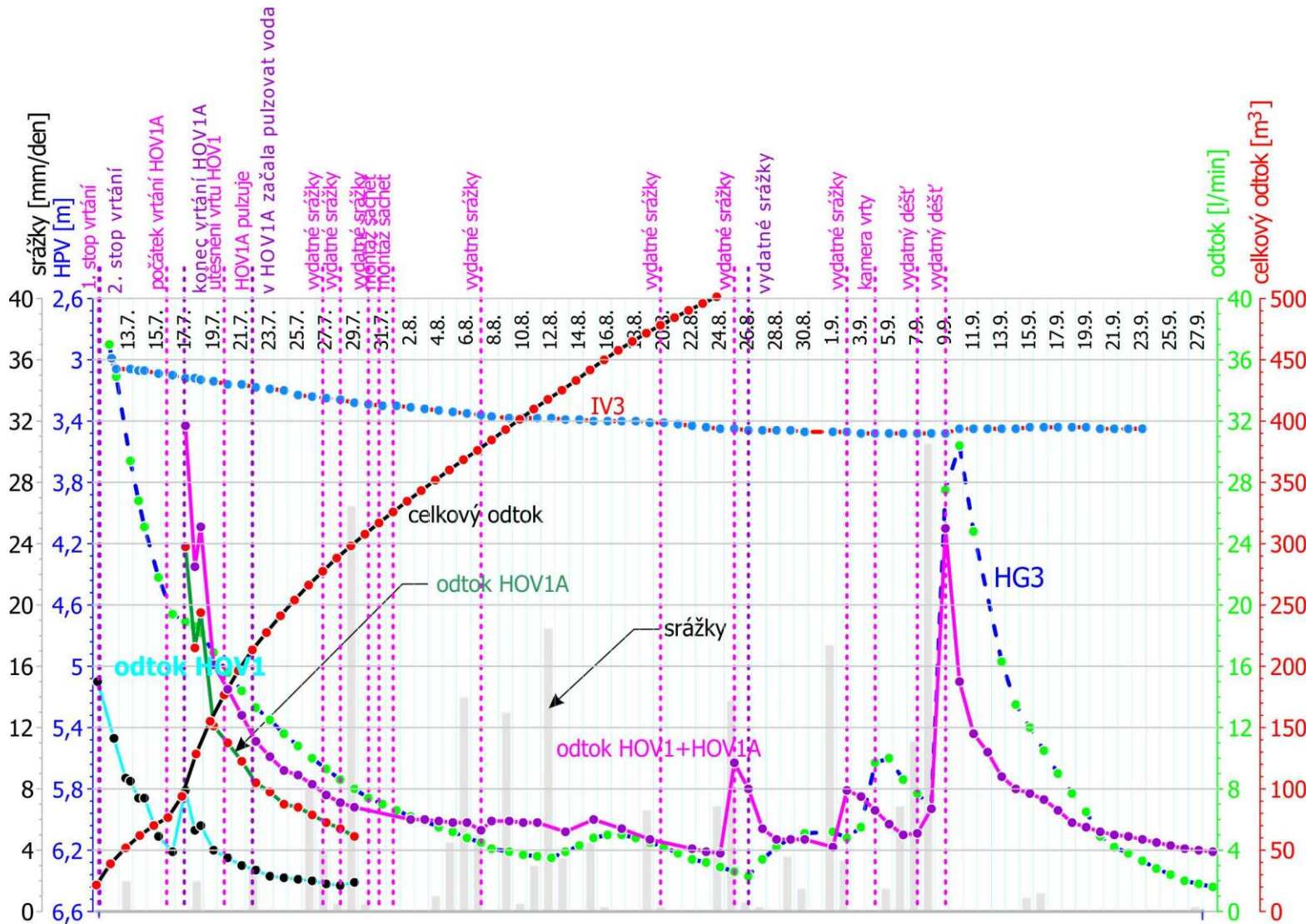
Obr. 12 Povrchové odvodnění

3. Monitorování sesuvu

Monitorování svahové deformace zahrnovalo měření přesné inklinometrie, sledování hladiny podzemní vody v hydrogeologickém i inklinometrickém vrtu a měření odtoků z horizontálních odvodňovacích vrtů (obr. 13). Inklinometrické měření bylo schvalovacím řízením sanačních prací povoleno pouze před a po ukončení sanace. Sledování podzemní vody se ujal majitel pozemku, který během sanace a po jejím ukončení měřil stav vody každý den. Postupně svá měření omezil na dvakrát týdně a současně se měří jedenkrát týdně, nebo po vydatných srážkách.

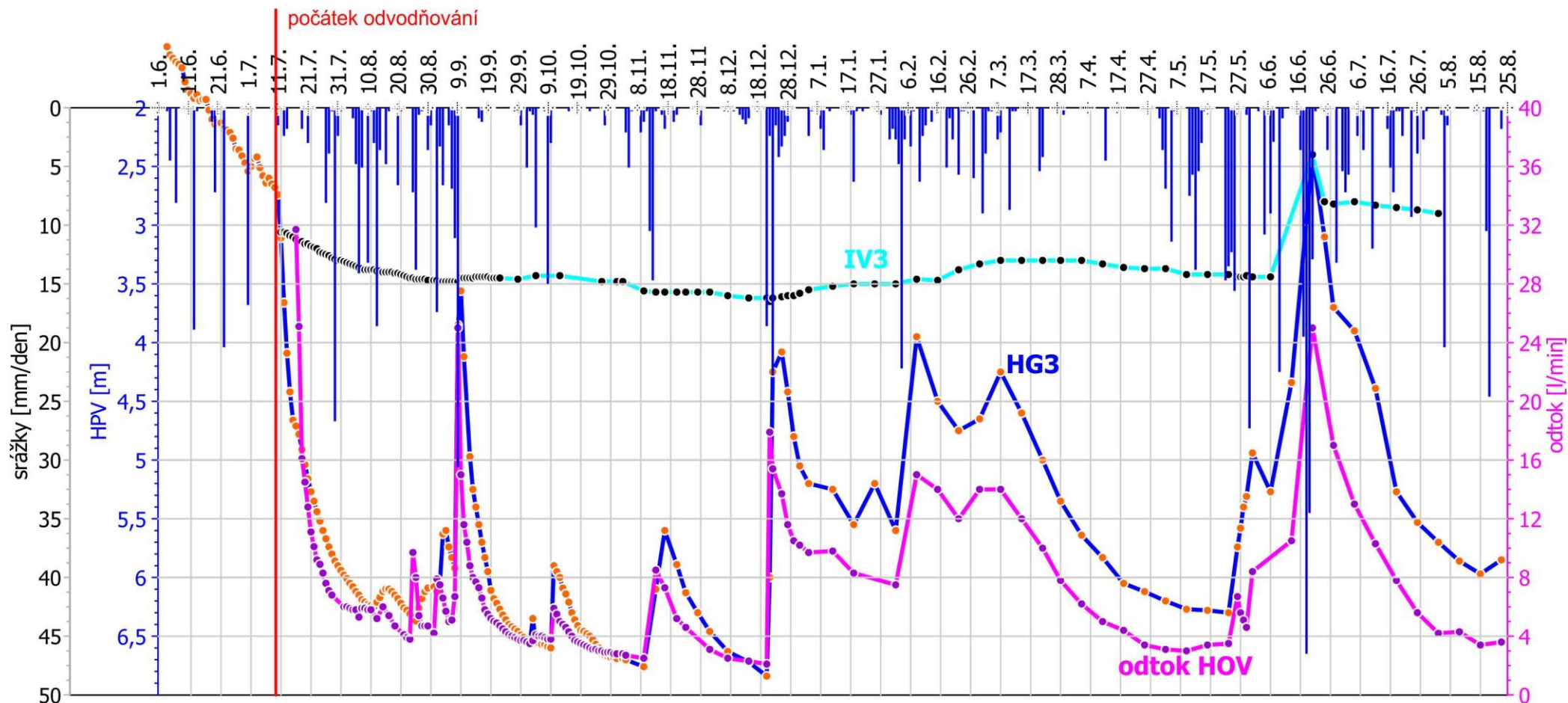
Na monitorovacích měřeních se potvrdila překvapivě velká vydatnost vrtů. Počáteční odtoky dosahovaly hodnot 15, respektive 25 litrů za minutu. Postupně se sumární odtok s časem snižoval, až klesl na cca 4 l/min. Podobně klesala hladina podzemní vody, která v hydrogeologickém vrtu poklesla z 2,9 metru na 6,8 metru pod úroveň terénu. Výraznější srážky se okamžitě projeví stoupaním HPV i zvýšením odtoků. Jako příklad je možné uvést deště 10. září, kdy hladina podzemní vody vystoupala z 5,8 metru až na 3,5 metru a odtoky se zvýšily z původních 4,5 l/min na 25 l/min. Z obrázku 12 je patrné, že po ukončení srážek se měřené hodnoty během osmi dnů vrátili na původní úroveň zhruba stejným tempem, jako tomu bylo na počátku odvodňování.

Změny stavu úrovně podzemní vody a odtoků z horizontálních odvodňovacích vrtů na svahové deformaci od 4. června 2020 do konce srpna letošního roku ukazuje obrázek 14. Z provedeného měření HPV není jasné, proč před počátkem sanace docházelo v horninovém masivu k poklesu hladiny podzemní vody. Zdá se pravděpodobným, že tyto změny odpovídají normálnímu kolísání podzemní vody. Je však jasné, že pokles HPV je před sanací významně pomalejší než po sanaci. Dále je možné pozorovat nápadný rozdíl v prokreslení spádových křivek z dílčích maxim hladiny nebo odtoků v období denního měření a v úseku s týdenním měřením. Denní snímání podstatně lépe ukazuje průběh změn stavu podzemní vody. I pro geology je překvapující, jak velké množství vody, více než 500 m³, se podařilo ze sesuvu odvést za prvních čtyřicet pět dní.



Obr. 13 Sesuv Veselá 65, monitoring

Ze sledovaného období je možné vyvodit, že se, byť omezeným odvrtáním odvodňovacích vrtů, jak v počtu, tak v metráži, podařilo snížit vliv podzemní vody na svahovou deformaci, avšak ideálního stavu nebylo dosaženo. Ukazuje se, že po vydatných srážkách dochází k velmi prudkému zvýšení úrovně podzemní vody v masivu. Jediným řešením se jevílo zamezit vsakování vody z plošných odtoků do masivu při velmi vydatných srážkách. Hlubším studiem změn je možné dospět k poznání, že charakter spádových křivek se změnil v polovině prosince 2019. Od dokončení odvodnění svahu byl pokles hladiny a pokles odtoků prakticky stejný, i když je zřejmé, že blízkost



Obr. 14 Sesuv Veselá 52, monitoring podzemní vody

tvary křivek je dána měřítkem grafů. Po vydatných srážkách 21. až 23. prosince je pokles HPV pomalejší, než je zmenšování odtoků z horizontálních vrtů. Jediné možné vysvětlení spatřujeme ve snížené funkčnosti odvodňovacích vrtů.

Přes všechny problémy je možné konstatovat, že rychlý nárůst HPV po srážkách ukazuje, že při deštích dochází k intenzivnímu zasa-kování srážkové vody do masivu. Je zřejmé, že tahové trhliny svahové deformace nejsou zakolmatované a umožňují tak infiltraci vody do masivu. Po dokončení vrtných prací se uvažovalo o tom, doplnit hloubkové odvodnění i odvodněním povrchovým. Z formální důvodů se však nepodařilo tyto práce původního projektu ukončit v roce 2019. Vliv povrchového odvodnění tedy není monitorovacím měřením v období červen 2019 až srpen 2020 ověřen.

4. Závěr

Uvedený článek ukazuje možnost sanování svahové deformace jednoduchým průzkumem i jednoduchou sanací. Ukázalo se, že k úspěchu sanace výrazně dopomohlo prakticky průběžné sledování technických prací. Při jakémkoliv problému na lokalitě, byly v případech vzniku problémů vrtné práce okamžitě zastaveny, a to i přes protesty vrtné osádky. Vždy bylo okamžitě svoláno jednání majitele nemovitosti, zástupců obce, vrtné a stavební firmy a zástupce technického dozoru. Jedině tak se zabránilo případných větším škodám na domu č.p. 65 při úniku tlakového vzduchu do širšího okolí odvodňovacího vrtu. Výrazné srážky v červnu 2020 potvrdily, že je nutné dobudovat povrchové odvodnění. Při těchto srážkách docházelo k plošnému odtoku vody z vyšších partií svahu nad sesuvem přes těleso sesuvu. Majitel nemovitosti bude dál pokračovat v monitoringu svahové deformace s týdenním intervalem měření. V případě mimořádných srážek bude četnost měření zvýšena.

References:

BLÁHA, P., DURAS, R. *Veselá RD 65, Geofyzikální průzkum svahové deformace*. Geotest a.s., Brno, 2015, MS.

LAMPART P., *Veselá II (Zašová) - Sanace sesuvné oblasti nad místní komunikací (parcelní č. 892) v okolí objektu č.p. 65*. FUNDOS, Brno, 2016, MS.

Autoři

¹ doc. RNDr. Pavel Bláha, DrSc., Švehlova 26, 106 00 Praha 10, Czech Republic, blaha@geotest.cz

² Ing. Romana Ormandy, Opavská 768/99, 708 00 Ostrava 8, Czech Republic, ormandy@geotest.cz