

Geostatistické vyhodnocení desetiletého pozorování sesuvu Halenkovice

Karel Macků¹

¹Katedra geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci,
Tř. 17. listopadu 50, 771 46, Olomouc, Česká Republika
KarelMacku@seznam.cz

Abstrakt. Problematika svahových pohybů vyžaduje dlouhodobější zkoumání. Tato práce přirozeným navázáním na předchozí studium konkrétního sesuvu svahu, a má završit celé sledované období. Práce má za úkol ověřit tvrzení, zda-li je sesuv stále aktivní a dále prozkoumat dílčí časové úseky z hlediska aktivity na svahu. Pomocí vhodných vizualizačních metod a grafických vyjádření získaných dat podává v kombinaci s textovou zprávou komplexní informaci o vývoji na experimentálním svahu ve sledovaném období.

Klíčová slova: sesuv svahu, vyhodnocení dat, geostatistika

Abstract. Phenomena of landslides in landscape demand long-term monitoring for sufficient evaluation and processing. This thesis follows former monitoring of particular landslide with task of complete entire monitoring period. The thesis has to find out, if the landslide is still active, and analyze partial time intervals for slope activity. It presents complex report about development at experimental landslide in monitoring period by appropriate map and graphic data visualization.

Keywords: landslide, data evaluation, geostatistics

1 Úvod

Oblast kolem obce Halenkovice je pro výskyt přírodních jevů jako jsou například sesuvy svahu či sufoze již delší dobu sledována. Mnoho objektů nacházejících se v této krajině již bylo cílem experimentálních prací Přírodovědecké fakulty UPOL. Vzhledem k tomu, že problematika svahových pohybů vyžaduje dlouhodobější zkoumání, je tato práce přirozeným navázáním na předchozí studium konkrétního sesuvu svahu, a má završit celé sledované období. Popisuje jeden z přístupů ke sběru dat a monitoringu sesuvu svahu, ale hlavně způsoby důkladné dlouhodobé analýzy a vyhodnocení získaných dat. Z důvodů vlivu různých veličin nelze pouze porovnat získané hodnoty souřadnic a určit, zda-li se liší, ale je nutný hlubší přístup a proniknutí do celé problematiky pomocí využití kombinace různých metod hodnocení.

2 Použitá data

Pro potřeby práce byla získána zdrojová data dvojího typu - jednak se jednalo o souřadnice geoharponů - geodetické mezníky, pomocí kterých na svahu probíhá monitorování geodetickými metodami - za dobu celého sledovaného období, tedy v mezi lety 2008 -2013; a druhou skupinu tvořila srážová data, pomocí kterých byl zkoumán možný vliv počasí na aktivitu svahu.

2.1 Lokalita Halenkovice

Prvním krokem celé práce bylo seznámení se s lokalitou experimentálního svahu, jehož se celý výzkum týká. Sesouvající se svah, který je předmětem zájmu této bakalářské práce, se nachází ve Zlínském kraji, v západní části obce Halenkovice, přibližně 20 kilometrů od Zlína a celý se nachází v katastrálním území Halenkovice. Jak uvádí obecní úřad Halenkovice, počátek sesuvu byl zaznamenán v březnu roku 2006, kdy se působením hojných srážek a táním sněhu objevili na svahu první trhliny. V následujících letech se vlivem dešťových srážek sesuv rozšiřoval a posouval. Vznikl tak mělký plošný sesuv svahu, který zatím nebyl žádným způsobem stabilizován. V katastru nemovitostí je plocha kategorizována jako orná půda, v současnosti je však pozemek z důvodu poškození svahu, a tudíž nepřístupnosti pro zemědělské stroje, nevyužíván. Louka byla do roku 2010 pravidelně vypásána, od té doby je však neobdělávaná, provádí se pouze sečení ve spodní části, která není narušená sesuvem. Pod svahem se nenachází žádný dům, tudíž nehrozí poškození majetku či újmy na zdraví. Vzhledem k tomu, že plocha není na územním plánu obce klasifikována jako zastavitelná, nepočítá se v blízké budoucnosti s žádnou možností stabilizace a ani s využitím plochy. Svah je zaznamenán u ČGS Brno.

Rozměry problematické části svahu jsou cca 155 metrů ve směru sesuvu a 60 metrů v nejširší části svahu. Plocha sesuvu je přibližně 6 300 čtverečných metrů (zjištěno pomocí ArcGIS, měření z ortofotomapy ČR). Od roku 2008, kdy započalo monitorování sesuvu, se plocha zasažené oblasti výrazně rozšířila.

Na základě informací z geologické mapy oblasti lze říct, že se svah nachází ve flyšovém pásmu Karpat, pro které je typický tzv. magurský flyš, tvořený převážně svrchněkřídovými a oligocenními sedimenty [4]. Flyš je geologická struktura velmi příznivá pro vznik svahových pochodů. Geologická stavba flyše je typická střídáním pískovců až slepenců s jílovými břidlicemi až jílovci, tj. vrstev s proměnlivou propustností a rozdílným pevnostním charakterem. Podporuje vznik nestability území a setkáváme se u něj s častými svahovými pohyby [5]. Nachází se zde také nezpevněné hliněné a písčité svahové sedimenty.

Podle výsledků terénního měření lze určit, že svah se nachází v nadmořské výšce přibližně 240 – 280 m n.m. Je orientován na severozápad při průměrném sklonu cca 14°.

2.2 Souřadnice geoharponů

Aby bylo možno provést vyhodnocení posunu svahu za delší období, bylo nutno v první řadě získat další data a přidat je k datům již dříve naměřeným v rámci různých diplomových prací.

Prvním krokem bylo dohledání geoharponů umístěných v lokalitě v roce 2008. Celkem se na svahu nachází 28 geoharponů – 1 označující výchozí stanoviště, 1 odrazný štítek připevněný na betonovém sloupu vysokého napětí nahrazující geoharpon, 2 geoharpony mimo oblast sesuvu a zbývajících 24 mezníků bylo umístěno přímo v těle sesuvu pro určení hodnot jejich posunu nebo v těsné blízkosti aktivní oblasti pro případné zjištění rozšíření sesuvu mimo původní oblast vymezenou v roce 2008. Všechny tyto body bylo nutno dohledat a znovu zaměřit totální stanicí.

První návštěva lokality v červenci 2012 ukázala, že plocha je silně zarostlá vegetací a nijak neudržovaná, tudíž pouhé vizuální hledání harponů pravděpodobně nepřinese dostatečné výsledky. Tento předpoklad se potvrdil začátkem října, kdy proběhlo zhruba prohlednutí a pokus dohledat některé geoharpony – bez úspěchu.

Byla zvolena tedy nová, vhodnější metoda hledání geoharponů. Na základě znalosti poslední polohy z dřívějších měření byla pomocí GPS vytipovaná přibližná oblast, kde se by se geoharpon měl nacházet a následně byl dohledán pomocí detektoru kovu.

Celkově bylo nalezeno 20 z 28 původních geoharponů, z nichž bylo 9 původně klasifikováno jako nacházející se v sesuvu, a zbylých 11 mimo sesuv. Ostatní body byly pravděpodobně zavaleny během sesuvu. Pro další analýzu posunu je toto množství bodů dostačující a při zvážení podmínek, v jakých byly body hledány, je dané množství uspokojující.

Po úspěšném lokalizování geoharponů následoval krok geodetického zaměření jejich polohy. K tomu byla použita totální stanice Trimble 5503 DR Standart, která byla zapůjčena z Katedry geografie UPOL. Nejprve bylo nutno umístit stanicí přesně na pozici výchozího geoharponu s číslem 0, který sloužil jako výchozí stanoviště během všech předchozích měření. Tato pozice byla určena zaměřením referenčních bodů, jejichž souřadnice jsou známy z databáze základního polohového bodového pole, které poskytuje Český úřad zeměměřičský a katastrální. Po inicializaci totální stanice zaměřením 3 referenčních bodů mohlo být zaměřeno polární metodou, která měří úhly a vzdálenosti, všech 20 geoharponů. Každý bod byl zaměřen vícekrát a v následném zpracování dat byly tyto hodnoty zprůměrovány za účelem navýšení přesnosti. Mimo geoharpony bylo zaměřeno také přibližně 150 bodů v těle sesuvu a na jeho okrajích za účelem vytvoření digitálního modelu reliéfu.

V minulosti v oblasti proběhlo celkem 7 měření v letech 2008 až 2011, poslední dvě terénní práce zajistily další 2 sady hodnot z podzimu 2012 a jara 2013. Celkem byl k dispozici dataset 9 měření, nutno však podotknout, že ne všechny body, vždy v souvislosti s počtem bodů, které byly v daném roce zaměřeny.

2.3 Meteorologická data

Vliv přírodních jevů a faktorů na svahové pohyby je velmi významný. Z tohoto důvodu byla snaha některé tyto jevy v rámci bakalářské práce sledovat. Vzhledem k dostupnosti meteorologických dat byl jako sledovaný jev zvolen srážkový úhrn v

oblasti. Srážky stály za spuštěním halenkovického sesuvu, a tak nelze pochybovat a vhodnosti jejich sledování. V halenkovické lokalitě se již dříve nacházely automatické stanice měřící meteorologické jevy, mezi nimi také množství srážek. Data jsou však dostupná pouze pro období let 2001 - 2010. Bylo proto nutno najít alternativní zdroj, který by zahrnoval data až po současnost a bylo jím možné pokrýt chybějící časový úsek, tj. od října 2010 až do současnosti. Jako nejvhodnější možnost se nabízela data z amatérské meteostanice pana Petra Maliny z obce Košíky. Srážky jsou zde zaznamenávány automaticky vyhřívaným srážkoměrem, což umožňuje zjišťovat vodní hodnotu sněhu v zimních měsících. Stanice se však nachází přibližně 3 km vzdušnou čarou od halenkovického svahu, takže neposkytují shodné informace. Z tohoto důvodu bylo nutno data otestovat pro jejich vhodnost.

Hodnocení srážkových dat probíhalo v programu RStudio pomocí vhodných statistických testů. Porovnávány byly nejprve měsíční, dále dvou a čtyřměsíční stážkové úhrny z obou stanic, očištěné na základě analýzy boxplotu o outliery. Použitá statistická metoda byl párový t-test pro data s normálním rozdělením a Wilcoxonův test pro neparametrické data.

Výsledky všech testů byly bohužel pro shodnost dat nepříznivé, nejbližší úspěchu bylo testování na čtvrtletní shody. Je však nutné si uvědomit, že zamítnutí nulové hypotézy ještě nemusí znamenat nevhodnost dat pro použití. Zmíněné párové testy testují nulový rozdíl středních hodnot obou sad, což vyžaduje velmi podobná data. V tomto případě rozdílnost v řádech jednotek až desítek (milimetrů srážek) způsobí neúspěch testu, avšak z hlediska skutečné významnosti srážek na svahové pohyby se nejedná o alarmující odchylky. Navíc se jedná o shlazené hodnoty, kde drobné odchylky zanikají. Pokud to bylo možné, byla používána data z Halenkovic, pouze od října 2010 do současnosti byla nahrazena daty z Košíků. V současném stavu se jedná o nejlepší možné řešení, každá další alternativní data by byla ještě méně přesná.

3 Přístupy k hodnocení dat

Všechna získaná data bylo potřeba vhodně vyhodnotit a vizualizovat, a na základě dosažených výsledků bylo možno rozhodnout hypotézu o aktivitě svahu. Jako první metoda hodnocení byly vypočteny základní statistické charakteristiky. Jak uvádí [2], základem pro tento postup je určení nejdůležitějších charakteristik variability, kterými jsou v tomto případě hodnoty rozptylu a směrodatné odchylky. Pokud jsou tyto hodnoty vysoké, mohou vyjadřovat buď nepřesnost měření, a nebo teoretický posun bodu.

Následující tabulka přehledně rozlišuje nejvíce rozdílné body. Nelze ji však brát jako výslednou a všechny body musely být dále prošetřeny dalšími metodami.

3.1 Elispy konfidenčních intervalů

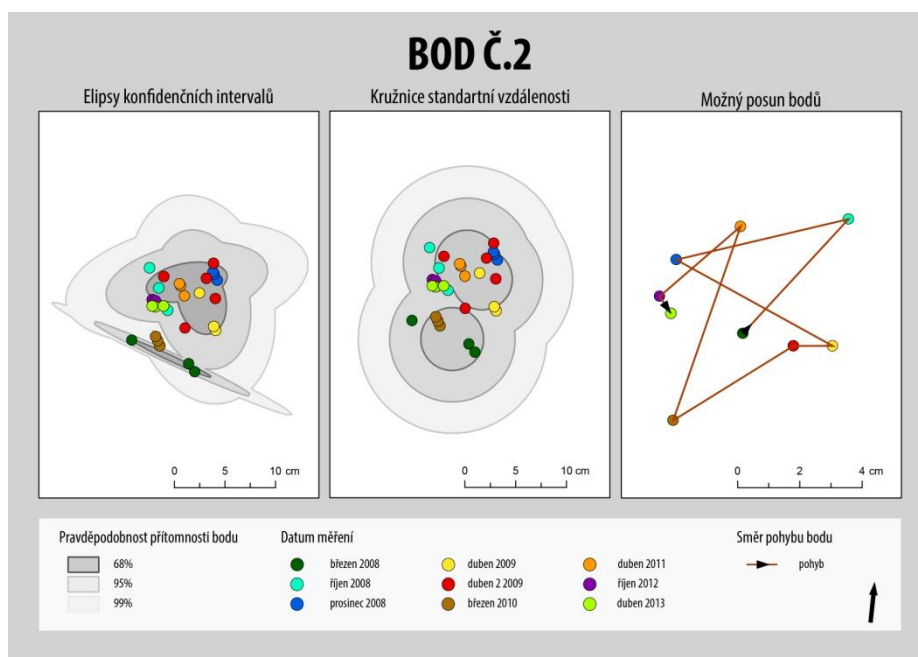
Pomocí elips konfidenčních intervalů je u měřených bodů analyzována variabilita bodu v čase, která je zastoupena hodnotou směrodatné odchylky v rámci jednoho měření bodu. Výstupem je pak interval hodnot znázorněn jako plocha, pomocí které

Lze rozhodnout, zda jsou měřené hodnoty obrazem bodu, nebo se jedná o podezření z posunu [2]. Pokud se měření opakují, budou konvergovat ke střední hodnotě a za předpokladu, že se svah nepohybuje, jsou všechna data ležící mimo tuto oblast považována buď za posun nebo za chybná měření [3]. Zde je nutno uvažovat o měřeních jako o časové posloupnosti - pokud výsledek indikuje posun, avšak v následujícím měření se opět vrací ke střední hodnotě předchozích měření, je jasné, že se jedná o chybu, protože nelze uvažovat pohyb proti směru svahu. Pokud se body nevrací do původní polohy, lze uvažovat o posunu a pokračovat v časovém sledování vývoje.

Elipsy konfidenčních intervalů graficky definují interval, ve kterém se skutečná hodnota měření nachází. Statisticky nelze tuto hodnotu přesně vypočítat, avšak tyto elipsy určují plochu, kde se bod s určitou pravděpodobností nachází. Výpočet probíhá na základě určení směrodatné odchylky ve směru souřadnice X a Y, které pak slouží jako parametry elipsy. Platí, že elipsa o parametrech velikosti jedné směrodatné odchylky určuje polohu bodu s pravděpodobností 68%, dvou směrodatných odchylek z 95% a tří směrodatných odchylek z 99% (nápověda ArcGIS).

Pro tvorbu elips pro jednotlivé body byl použit ArcGIS, který nabízí nástroj Directional Distribution (Standard deviation ellipses). Ten se nachází v toolboxu (Spatial statistics tool / Measuring geographical distributions) a je dostupný pro všechny licence ArcGIS.

Obr. 1. Příklad stabilního bodu



3.2 Kružnice standardních vzdáleností

Pomocí kružnic standardních vzdáleností se dá hodnotit prostorová kompaktnost rozložení jevu - jak moc se jednotlivé body liší od geometrického průměru souřadnic. Čím větší kružnice vznikají, tím více jsou body rozptýlené od sebe a tudíž je menší přesnost měření. Stejně jako v případě konfidenčních elips jsou kružnice konstruovány na základě směrodatné odchylky, avšak ne pro dva směry X,Y, ale pouze pro jednu hodnotu poloměru kružnice, která je spočítána jako součet odchylek ve směrech X,Y. Pro tvorbu kružnic standardních vzdáleností pro jednotlivé body byl použit ArcGIS, který nabízí nástroj Standart Distance. Ten se nachází v toolboxu (Spatial statistics tool / Measuring geographical distributions), a je dostupný pro všechny licence ArcGIS.

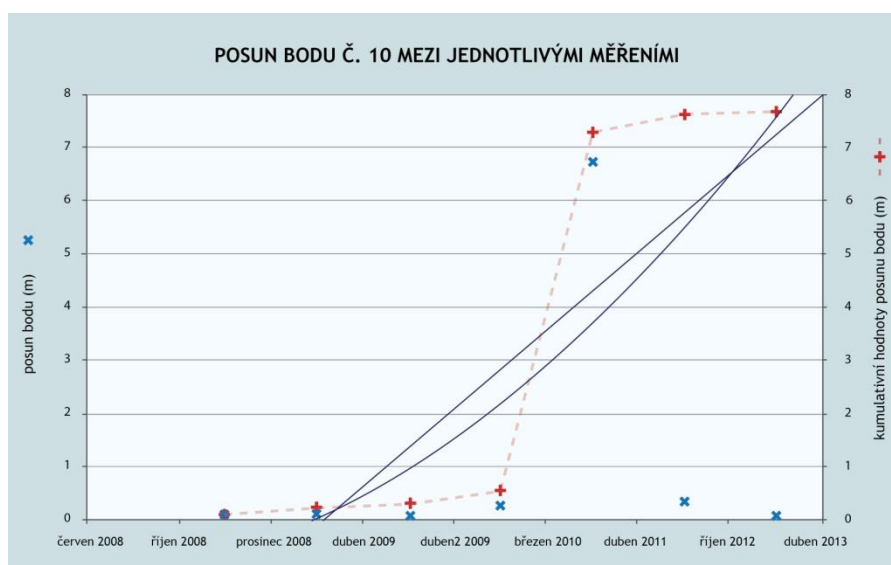
3.3 Velikost posunu bodů

Výpočet vektoru posunu bodů v prostoru umožňuje sledovat absolutní velikost (ne směr) posunu bodu. Výpočet proběhl podle jednoduchého vzorce vycházejícího z teorie euklidovské vzdálenosti v prostoru:

$$v = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2}$$

Grafy vytvořené z takto vypočtených hodnot pro každý bod lze snadno mezi sebou porovnávat a detekovat oblasti největšího posunu bodů. Do grafu byly vyneseny kromě absolutních posunů také kumulativní hodnoty. Tyto byly proloženy křivkou trendu - lineárního a exponenciálního - za účelem přibližného odhadu budoucího vývoje. Problémem při výpočtu velikosti posunu je fakt, že do něj nevstupují pouze souřadnice X, Y, jak tomu bylo v případě konfidenčních elips, ale také souřadnice Z. Uvažujeme-li u každé souřadnice určitou chybu, která mohla při měření vzniknout, je potom jasné, že v případě výpočtu ze všech tří souřadnic je celková možná chyba větší.

Obr. 2. Graf velikosti posunu - příklad aktivního bodu



3.4 Změna souřadnic

Dalším sledovaným jevem byla změna souřadnic ve všech osách X, Y a Z. Pro snadnější tvorbu a přehlednost grafu byly vynášeny relativní hodnoty změny a to vždy posun oproti prvnímu měření v kladném či záporném směru. Tato metoda je vhodná zejména pro sledování souřadnice Z - změn ve výšce bodu. Ta se totiž v ostatních vizualizacích přímo nevyskytuje.

3.5 Geostatistické testování

Pro kvantifikaci výsledků pomocí statistických metody byly vybrány vhodné testy, jejichž výpočet v programu RStudio pomohl při rozhodování o možné aktivitě bodů. Bylo nutno otestovat celý soubor souřadnic každého bodu pro zjištění, jestli je v něm rozdíl, a pokud se rozdíl prokázal, tak bylo nutno vysledovat, ve kterém období ke změně došlo.

Pro identifikaci změny v rámci souboru souřadnic jednoho bodu byla použita analýza rozptylu (dále anova). V tomto případě byla použita jednofaktorová anova, kde faktor A je reprezentován měřením souřadnic bodu a K úrovně znamenají datum měření. Testovány byly všechny tři souřadnice ve všech měřeních. Testované hypotézy pak mají formu [2]:

H_0 - v souřadnicích není rozdíl (stabilní bod)

H_a - v souřadnicích je rozdíl (pohybující se bod)

Prvotní analýza dat zkoumajících jejich normalitu pomocí Shapiro testu však přinesla zjištění, že data nemají normální rozdělení. Z tohoto důvodu nebylo možné použít anovu, nýbrž jinou vhodnou alternativu. Byl vybrán Kruskal-Wallisův test, který funguje stejným způsobem jako anova, pouze je využíván pro data s jiným než normálním rozdělením. Jak uvádí [1], Kruskal-Wallisův test je neparametrická obdoba jednoduchého třídění analýzy rozptylu. Je přímým zobecněním Wilcoxonova dvouvýběrového testu pro případ k výběrů, kde $k \geq 3$.

Pokud výsledek Kruskal-Wallisova testu prokázal posun bodu, bylo nutné dále prozkoumat, ve kterých obdobích nastal posun a naopak kdy se bod jevil jako stabilní. K tomuto testování se nabízel například Wilcoxonův test pro postupné testování mezi jednotlivými měřeními, avšak taková práce by byla v případě 20 bodů po cca 8 měřeních velice zdouhavá a pomalá. Proto byla využita efektivnější metoda v podobě vícenásobného porovnávání. V RStudio k tomuto slouží např. příkaz `mparcomp` ze stejnojmenného balíčku, který porovná skupiny hodnot metodou "každá s každou". Použity byly výchozí hodnoty, pouze typ testu byl nastaven na "Tukey". Ve výsledné matici bylo potřeba vybrat vhodné kombinace tak, aby byly pokryty všechny po sobě jdoucí časové úseky. Rozhodující informací je p-value, jehož hodnota vyšší než 0,05 značí, že v souřadnicích není rozdíl.

Statistické testování přineslo jeden problém, který spočívá ve vysoké citlivosti testu. To v praxi znamená, že body, které byly na základě předchozích hodnocení nebo pozorování v terénu považovány za stabilní, vyšly v testování jako aktivní. Test totiž i nepatrné změny v rámci pár centimetrů hodnotí jako odchylku. Dalším důvodem je testování zvláště v souřadnicích X, Y, Z, což při malé změně v jedné ze souřadnic

značí celkový posun bodů. Tento výsledek však nelze slepě sledovat, protože malá odchylka v jednom ze směrů ještě nemusí znamenat jistý pohyb.

3.6 Digitální model reliéfu

Při studiu jevů a objektů v krajině je digitální model reliéfu vhodný nástroj nejen k vizualizaci zkoumaného prvku, ale také pro bližší získávání informací. V rámci bakalářské práce byly vytvořeny dva digitální modely reliéfu ve formě rastru. Základem byly body naměřené mimo rámec geoharponů - jednalo se o dalších cca 150 bodů z oblasti sesuvu. První taková sada byla pořízena v roce 2009, druhá v říjnu 2012. Bohužel nebylo možné zařídit, aby byla zdrojová data shodného rozsahu a umístění, tudíž i při použití stejné interpolační metody nelze vzniklé modely využít k přesnému porovnávání. I tak byly však modely vhodným nástrojem pro vizualizaci a lepší představu o skutečném vzhledu sesuvu.

Pro tvorbu modelu byla použita interpolační metoda regularizovaný spline s hodnotou váhy 0,1 a počet bodů pro lokální aproximaci 12. Prostorové rozlišení modelu bylo zvoleno na 0,5 m/pixel. Byla vyzkoušena i hodnota 0,25, avšak výsledky nejevily žádný rozdíl.

Oba vytvořené rastry byly od sebe odečteny, čímž vznikl rozdílový rastr ukazující oblasti sesuvu, kde došlo mezi lety 2009-2012 k úbytku nebo naopak akumulaci materiálu. K této operaci posloužil nástroj *Minus*, nacházející se v toolboxu Spatial analyst tool/Math.

I přes rozdílná zdrojová data splnily oba modely svůj účel - jakožto prostředek vizualizace; pro další analýzy typu zjišťování hodnot v různých místech sesuvu však nejsou dostatečně přesné. Dobré výsledky přinesl také rozdílový rastr, který přibližně vystihuje reálný stav svahu.

3.7 Srážková data

Data byla vizualizována v podobě spojnicového grafu, na který byly vynášeny shlazené hodnoty denních srážkových úhrnů pro daný rok, a pro pětiletý průměr 2001-2005. Na základě toho byly srážky vyhodnoceny pro nadměrné úhrny. Hodnocení probíhalo pouze vizuálně, bez použití jakýchkoliv metod výpočtů.

4 Výsledky práce

Pomocí užitých metod je možno jako finální krok přinést výsledek celkového vyhodnocení všech bodů, rozhodnout o jejich pohybu či stabilitě a určit, ve které době byly hodnoty pohybu největší. Byly využity všechny přístupy použité k hodnocení získaných souřadnic, a s jejich kombinací byla sestavena výsledná tabulka.

Tabulka 1. Přehledné vyhodnocení bodů

| bod | Období | | | | | | | | |
|-----|-------------|------------|---------------|------------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|
| | červen 2008 | říjen 2008 | prosinec 2008 | duben 2009 | duben2 2009 | březen 2010 | duben 2011 | říjen 2012 | březen 2013 |
| 1 | 0 | | | | | | | | |
| 2 | 0 | | | | | | | | |
| 5 | 0 | | | | | | x | | |
| 6 | 0 | | | | | | | | |
| 9 | 0 | x | x | x | x | x | x | | |
| 10 | x | | | | | | | | |
| 11 | 0 | | | | | | | | |
| 12 | 0 | | | | | | | | |
| 16 | 0 | x | x | | | | x | | |
| 17 | 0 | | | | | | | | |
| 19 | 0 | | | | | | x | | |
| 20 | 0 | | | | | | x | | |
| 21 | 0 | | | | | | x | | |
| 22 | 0 | | | | | | x | | |
| 24 | 0 | | | | | | | | |
| 25 | x | x | | x | | | x | | |
| 26 | x | | | | | | | | |
| 27 | x | x | | | | | x | | x |
| 28 | x | | | | | | | | |

S jistotou lze prokázat pohyb u 12 bodů - konkrétně body 1, 5, 6, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 21, 24, 28. Jako stabilní byly vyhodnoceny body číslo 0, 2, 19, 20, 22, 26. U bodů číslo 25 a 27 byl zaznamenán nelogický, byť nepatrný pohyb proti sklonu svahu naměřený v roce 2012, proto jsou tato měření považována jako chybná a tudíž nelze rozhodnout o jejich stavu. Tyto body se nachází mimo oblast viditelně aktivního sesuvu a až do chybného měření byly považovány za stabilní. Nejvíce pohybující se body se nachází ve spodní, akumulární části sesuvu, kde hodnoty posunu dosahují až sedmi metrů. Po roce 2010 můžeme sledovat rozšíření pohybu ve vyšších částech svahu a na stranách, kde se začaly hýbat do té doby stabilní body 1, 5, 11, 21 a 24. Důležitým zjištěním je, že v případě bodů 6, 10, 12, 16, 17 a 28 pohyb stále trvá, avšak už jen v malé míře - nejvyšší naměřená hodnota proti podzimu 2012 byla 6,7 cm.

Zvláštní kapitolou bylo hodnocení vlivu srážek na sesuv, a to pomocí hodnot denních srážkových úhrnů ze stanic Halenkovice a Košíky. Souvislosti se podařilo prokázat hlavně ve dvou případech a to v roce 2010 a 2012. Pro podrobnější zkoumání těchto vlivů bylo nutné mít větší hustotu měření bodů, než je skutečný stav.

Reference

Všechny citace musí být uzavřeny v hranatých závorkách (např. [1]). Seznam referencí na konci příspěvku musí být uveden v abecedním pořadí dle autorů (používejte styl *Položka reference*)

1. ANDĚL, Jiří. *Základy matematické statistiky*. Praha: Matematicko-fyzikální fakulta University Karlovy, 2011. ISBN 978-80-7378-162-0.
2. MAREK, Lukáš. *Design experimentu pro posouzení stability svahu v prostředí ESRI produktů*. Olomouc, 2009. Diplomová práce. Univerzita Palackého.
3. MAREK, Lukáš, TUČEK, Pavel, PÁSZTO, Vít, MAREK, Jaroslav. (2010): *Stochastic approach for determining landslide activity*. In Ed. HORÁK, J., HALOUHOVÁ, L., HLÁSNÝ, T., KUSENDOVÁ, D., VOŽENÍLEK, V. *Advances in Geoinformation Technologies 2010*. VŠB – Technická univerzita Ostrava. Ostrava, 2010. ISBN 978-80-248-2357-7
4. On-line geologická encyklopedie. ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA. [online]. 2007 [cit. 2013-04-22]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl>
5. SAMALÍKOVÁ, Milena, Jiří LOCKER a Pavel POSPÍŠIL. *Geologie: Učební texty pro studenty kombinovaného a denního studia* [online]. Brno: Ústav geotechniky FAST. 1995 [cit. 2012-11-03]. Dostupné z: <http://geotech.fce.vutbr.cz/studium/geologie/skripta/geologie.pdf>