

**Univerzita Palackého v Olomouci**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra geoinformatiky**

**Martin HRADEČNÝ**

**REKOGNOSKACE A ZAMĚŘENÍ SESUVŮ  
V OBLASTI VNĚJŠÍCH ZÁPADNÍCH KARPAT**

**Bakalářská práce**

**Vedoucí práce: RNDr. Jakub Miřijovský, Ph.D.**

**Olomouc 2014**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci bakalářského studia oboru Geoinformatika a geografie vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Jakuba Miřijovského, Ph.D.

Všechny použité materiály a zdroje jsou citovány s ohledem na vědeckou etiku, autorská práva a zákony na ochranu duševního vlastnictví.

Všechna poskytnutá i vytvořená digitální data nebudu bez souhlasu školy poskytovat.

V Olomouci 10. května 2014

---

Touto cestou bych rád poděkoval všem lidem, kteří mi jakkoliv pomáhali při tvorbě této bakalářské práce. Zejména bych chtěl poděkovat vedoucímu práce RNDr. Jakobovi Miřijovskému za dobré rady při konzultacích, zapůjčení potřebného geodetického vybavení a odborný dohled při některých rekognoskacích.

Dále bych chtěl poděkovat Mgr. Lukášovi Markovi za dobré rady a pomoc při výběru vhodných sesuvů k rekognoskaci, Ing. Magdě Obručnickové za tisk textové části této práce a rodině Rýcových za zapůjčení automobilu.

Zadání bp

# OBSAH

<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>7</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>1 CÍLE PRÁCE.....</b>	<b>9</b>
<b>2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ .....</b>	<b>10</b>
2.1 Použitá data .....	10
2.2 Použité geodetické metody .....	10
2.3 Použité technické vybavení.....	10
2.4 Použité programy .....	11
2.5 Postup zpracování .....	12
2.5.1 Výběr vhodných sesuvů k rekognoskaci .....	12
2.5.2 Rekognoskace vybraných sesuvů .....	12
2.5.3 Zaměření vybraných sesuvů .....	12
2.5.4 Zpracování naměřených dat a tvorba výstupů .....	12
<b>3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>13</b>
3.1 Česká geologická služba .....	13
3.1.1 Registr svahových nestabilit.....	13
3.2 Rešerše literatury.....	15
<b>4 VYMEZENÍ A CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ.....</b>	<b>16</b>
4.1 Obecná charakteristika území .....	16
4.2 Vymezení zájmového území .....	17
4.3 Geomorfologické poměry zájmového území .....	18
4.4 Geologické poměry zájmového území.....	19
4.5 Hydrologické poměry zájmového území .....	19
4.6 Klimatické poměry zájmového území .....	20
4.7 Půdní poměry .....	20
<b>5 SVAHOVÉ POHYBY .....</b>	<b>21</b>
5.1 Faktory podmiňující svahové pohyby .....	21
5.2 Klasifikace svahových pohybů .....	23
5.3 Průzkum, zaměření, monitorování a zabezpečení sesuvných oblastí.....	24
5.3.1 Průzkum sesuvných oblastí.....	24
5.3.2 Možnosti zaměření sesuvných oblastí .....	26
5.3.3 Možnosti dlouhodobého monitorování sesuvných oblastí .....	27
5.3.4 Možnosti zabezpečení a sanace sesuvných oblastí.....	29

<b>6</b>	<b>TERÉNNÍ PRÁCE .....</b>	<b>30</b>
6.1	Předběžný výběr vhodných sesuvných lokalit .....	30
6.2	Rekognoskace sesuvných oblastí .....	32
6.3	Geodetické zaměření vybraných sesuvů .....	33
6.3.1	Zaměřené sesuvy .....	33
6.3.2	Zpracování naměřených hodnot .....	35
6.3.3	Tvorba DMR.....	36
<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>37</b>
7.1	Rekognoskační zprávy .....	37
7.1.1	Fotogalerie .....	38
7.2	DMR.....	38
<b>8</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>39</b>
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>40</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE</b>	
	<b>SUMMARY</b>	
	<b>PŘÍLOHY</b>	

## SEZNAM ZKRATEK

<b>Zkratka</b>	<b>Význam</b>
ČGS	Česká Geologická Služba
ČUZK	Český Úřad Zeměměřičský a Katastrální
DMR	Digitální Model Reliéfu
DSLR	Digital single-lens reflex
ESRI	Environmental Systems Research Institute
GIT	Geoinformační Technologie
GLONASS	Globalnaja Navigacionnaja Sputnikovaja Systéma
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Position System
GSM	Global System for Mobile
KGI	Katedra Geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta UPOL
NTRIP	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services
RTK	Real Time Kinematic
SIM	Subscriber Identity Module
TIN	Triangulated Irregular Network
WMS	Web Map Service

## ÚVOD

Sesuvy půdy patří mezi ty nejnebezpečnější přírodní i antropogenní geohazardy, zejména pro svou ničivou sílu a nepředvídatelnost. V dnešní době je téměř nemožné přesně předpovědět místa vznik sesuvů, lze pouze odhadnout nejrizikovější a nejnáchylnější oblasti. Na nebezpečnosti sesuvům přidává i fakt, že jakmile se jednou dá svah do pohybu, je nesmírně těžké jej zastavit, obzvláště jsou-li splněné předpoklady pro tvorbu sesuvů, zejména ty geologické a klimatické. Nezřídka se stává, že je sesuvem půdy poškozeno lidské obydlí, průmyslová oblast, silnice či železnice. Obzvláště v minulosti, kdy lidé ještě nebyli se sesuvy natolik seznámeni jako dnes, docházelo k častým katastrofám s velkými škodami na hmotném majetku, občas i na životech. I v dnešní době je ale možné se setkat s problémy při zakládání nových staveb, které kvůli narušení přirozeného reliéfu začne ohrožovat sesouvání půdy. Důkazem toho faktu je mj. problémová stavba dálnice D8 na severu Čech.

Sesuvy půdy ovšem neohrožují jen území České republiky. Za posledního půl roku bylo v zahraničí evidováno několik velkých sesuvů půdy, při kterých zahynuli tisíce lidí. Geologové z celého světa proto hledají řešení, jak těmto velkým sesuvům předcházet, nebo je alespoň předpovídat s dostatečným předstihem. Nejjednodušším řešením této problematiky je monitoring sesuvů, kterému předchází rekognoskace a zaměření, což je předmětem této práce.

Téma práce jsem si vybral proto, že rád trávím čas venku v přírodě, zajímají mě možnosti zaměřování polohy na zemském povrchu a geodézie obecně.

# 1 CÍLE PRÁCE

Tato bakalářská práce se zaměřuje na vyhledávání a výběr potenciálně aktivních sesuvů půdy v oblasti vnějších západních Karpat vhodných pro další dlouhodobé pozorování a zaznamenávání jejich vývoje. Hlavním cílem této práce je tyto sesuvy podrobně rekognoskovat, pořídit dokumentaci a některé z nich zaměřit pomocí přesné geodetické GNSS (global navigation satellite system) techniky a vytvořit tak DMR (digitální model reliéfu).

K předběžnému výběru vhodných sesuvných lokalit pro rekognoskaci bude použita mapová aplikace poskytovaná ČGS (Česká Geologická Služba). Vývoj těchto sesuvů bude zkoumán nad daty DPZ (Dálkový průzkum země) – aktuální a historická ortofota poskytovaná serverem Mapy.cz.

Následně bude provedena terénní rekognoskace vybraných sesuvných lokalit a pořízení fotodokumentace.

Potenciálně aktivní sesuvy budou dále zaměřeny pomocí dvoufrekvenčního GNSS přístroje a z naměřených hodnot bude vytvořen digitální model reliéfu v prostředí ArcGIS 10.1.

Sesuvy půdy jsou závislé na mnoha faktorech a jedním z nich, obzvláště v této oblasti, je úhrn kapalných či tuhých srážek. Jelikož byly v době vypracování praktické části práce srážky velmi nízké, obzvláště pak v zimním období, bylo po domluvě s vedoucím práce upuštěno od dvojího zaměření sesuvných oblastí, jelikož se nepředpokládal jejich vývoj.

Mezi výstupy této práce budou patřit zprávy z rekognoskací jednotlivých sesuvů včetně fotodokumentace a digitální model reliéfu některých sesuvů.

## **2 POUŽITÉ METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ**

### **2.1 Použitá data**

Výběr vhodných sesuvů k rekognoskaci probíhal nad databází sesuvů ČGS a Geofondu. Databáze ve formátu ESRI Shapefile byly poskytnuty Katedrou geoinformatiky (KGI), ale pro svou neaktuálnost byly nakonec nahrazeny volně dostupnou online databází poskytovanou ČGS na webu svahových nestabilit. Následně byly sesuvné oblasti zkoumány nad současnou a historickou ortofotomapou poskytovanou serverem Mapy.cz.

Všechna použitá data z terénních rekognoskací, včetně fotografií, byla pořízena autorem práce. Stejně tak použitá data z geodetického zaměření sesuvných oblastí. Doplňkové údaje pro rekognoskační zprávy byly doplněny z databáze svahových nestabilit ČGS.

### **2.2 Použité geodetické metody**

K zaměření reliéfu vybraných sesuvů byla použita RTK (Real Time Kinematic) metoda fázového měření, při které lze dosáhnout až milimetrové přesnosti. Při fázových měřeních nezpracovává přístroj dálkoměrné kódy, ale nosné vlny signálu. Přístroj spočítá počet vlnových délek mezi družicí a přijímačem. Tento počet délek se skládá ze dvou částí. První část, celočíselný násobek nosných vln, u kterého je obtížné jeho určení a označujeme jej jako celočíselná nejednoznačnost. Pro přesné určení této nejednoznačnosti je potřeba přijímat korekce ze sítě referenčních stanic, které mají známou polohu. Přijímač je pak schopný po určení počáteční hodnoty celočíselné nejednoznačnosti průběžně sledovat změny fázového posunu, ale jakmile dojde k přerušení nosné vlny, například vlivem zakrytí přímého výhledu na oblohu, dojde k fázovému skoku a je potřeba znovu určit počáteční hodnotu celočíselné nejednoznačnosti (MÍŘIJOVSKÝ, 2013).

### **2.3 Použité technické vybavení**

K zaměření jednotlivých sesuvných oblastí byl použit geodetický přijímač Topcon HiPer II (obr. 1) a kontrolér Topcon FC-250 poskytnutý KGI. Topcon HiPer II je dvoufrekvenční GNSS přijímač využívaný pro přesná geodetická měření i ve špatných klimatických podmínkách, a to hlavně díky tomu, že je schopný sledovat jak satelity sítě GPS (Global Position System), provozované vládou spojených států Amerických, tak i ruské satelity sítě GLONASS (Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja sistema). Vysokou fyzickou odolnost samotného těla přijímače zajišťuje norma IP67 (absolutní odolnost vůči prachovým částicím, odolnost vůči vodě v hloubce 1 m po dobu 30 minut). Výhodou jsou pak hlasové zprávy, které operátora informují například o ztrátě signálu, vybité baterii či připojení bluetooth ke kontroléru. Díky GSM/GPRS (global system for mobile/general packet radio service) modemu, se přes SIM (subscriber identity

module) kartu s datovým tarifem dokáže přístroj připojit k referenčním stanicím sítí jako je TopNET nebo CZEPOS. Přijímá pak korekce z NTRIP (networked transport of RTCM via internet protocol)casteru.

Kontrolér Topcon s označením FC-250 s přijímačem komunikuje bezdrátově pomocí technologie bluetooth. Je vybaven operačním systémem Windows Mobile 6.5 a splňuje normu IP66 (absolutní odolnost vůči prachovým částicím, odolnost vůči soustředěnému proudu vody při tlaku  $100\text{kN/m}^2$  po 3 minuty ze vzdálenosti 3 metry).

Celou měřicí aparaturu spojuje teleskopická výtyčka Topcon se dvěma libelami. Aparaturu tedy dokáže v terénu bez větších obtíží obsluhovat člověk samostatně.



Obr. 1 Topcon HiPer II (<http://www.topconpositioning.com/>).

## 2.4 Použité programy

K postprodukci fotografií pořízených při rekognoskaci byl použit opensource grafický editor GIMP 2 a k prezentaci na internetu klient cloudového úložiště Dropbox. Ke stažení naměřených dat z kontroléru byla použita aplikace Topcon Tools, následně byla data převedena z textového souboru do ESRI shapefile a upravena v programu ArcGIS 10.1, který byl využit i při vizualizaci DMR. K finální úpravě výstupů byl použit opensource program Inkscape a dále byly využity programy z balíku Microsoft Office 2010.

## **2.5 Postup zpracování**

### **2.5.1 Výběr vhodných sesuvů k rekognoskaci**

Stěžejním bodem této práce byl výběr vhodných sesuvů k rekognoskaci pro další zkoumání v horizontu několika příštích let. Byly vybrány takové sesuvy, u kterých se předpokládá další vývoj, a to podle několika hledisek. Základním hlediskem bylo, zda se jedná o aktivní sesuv podle databáze ČGS. Dále byl brán ohled na stáří sesuvu, lokalitu, využití půdy nebo sklon svahu. Vybrané sesuvy se od sebe liší také tvarem a velikostí.

### **2.5.2 Rekognoskace vybraných sesuvů**

Následná rekognoskace probíhala od podzimu roku 2013 do jara roku 2014. Celkem bylo rekognoskováno devět sesuvných oblastí různých velikostí a tvarů. Byla pořízena detailní fotodokumentace celého sesuvu a zaznamenány údaje jako délka a šířka sesuvu, mocnost, tvar, nejvyšší bod sesuvu, aktivní faktory či pozice a lokalizace sesuvu. K rekognoskaci byl připojen i stručný slovní popis sesuvu. Z databáze ČGS byly následně doplněny do rekognoskační zprávy údaje o roku vzniku sesuvu, či zda nový sesuv navazuje na starší sesuv. Rekognoskační zpráva je volně dostupná ke stažení na webových stránkách této práce.

### **2.5.3 Zaměření vybraných sesuvů**

K zaměření byly vybrány pouze dva sesuvy z devíti rekognoskovaných. Tyto sesuvy byly k zaměření vybrány především pro svou odlišnost od ostatních sesuvů. Jedná se o sesuv u obce Bohuslavice u Zlína a u obce Polichno nedaleko Luhačovic.

Zaměřena byla vždy celá plocha sesuvu – odlučná oblast, transportní oblast a akumulární oblast s důrazem na zlomové hrany a významné změny terénní nerovnosti, aby byl zachován charakter nerovnosti sesuvu.

### **2.5.4 Zpracování naměřených dat a tvorba výstupů**

Prvním krokem při zpracování naměřených bodů bylo převedení textového souboru na bodovou vrstvu ve formátu ESRI shapefile. Následně byla tato bodová vrstva upravena, byly vymazány špatně naměřené body a byl vytvořen digitální model reliéfu v podobě TIN (triangulated irregular network).

## 3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

### 3.1 Česká geologická služba

Česká geologická služba (dříve Český geologický ústav) funguje již téměř 100 let, přesněji od roku 1919. Zabývá se mj. monitoringem, zpracováním, vyhodnocováním, uchováváním a především pak poskytováním geologických dat pro potřeby státních orgánů, ale i soukromého sektoru či pro potřeby vědy.

Jedním z jevů monitorovaných Českou geologickou službou (dále jen ČGS) jsou i svahové nestability. ČGS data následně eviduje a vede jejich registr podle § 13 zákona č. 62/1988 Sb., o geologických pracích. ČGS se stará o všechny nezbytné kroky, které předcházejí výsledné prezentaci dat o svahové nestabilitě. Patří mezi ně prvotní terénní práce, které obsahují rekognoskaci daného území, jeho zaměření a vyhodnocení, dále pak tvorba map, evidence, archivace a uložení do textových či grafických databází. ČGS provozuje vlastní webovou stránku, jejíž hlavním cílem je informovat o současném stavu svahových nestabilit na celém území České republiky.

#### 3.1.1 Registr svahových nestabilit

Hlavním projektem, jehož výsledek je prezentován na webových stránkách svahových nestabilit, je „Registr svahových nestabilit“. Vedoucím tohoto projektu je Ing. Jan Šíkula Ph.D. Tento projekt si klade za cíl vytvořit ucelenou databázi všech doposud získaných údajů a dat ČGS o svahových nestabilitách a prezentovat je formou mapového portálu veřejnosti (Obr. 2). Základní databáze byla naplněna daty získanými z předchozí činnosti ČGS a Geofondu (který je od roku 2012 součástí ČGS) a je průběžně aktualizována daty získanými pracovníky ČGS i veřejností. K tomu slouží aplikace „Hlášení svahových nestabilit“ dostupná na webových stránkách projektu.

Pro nahlášené nové svahové nestability je potřeba nejdříve uvést do formuláře svoji kontaktní emailovou adresu. Poté se zpřístupní mapa, na které si ohlašovatel najde pomocí vyhledávače místo nové svahové nestability (nejjednodušeji lze hledat oblast podle nejbližší obce). Dalším krokem je zaznačení nové svahové nestability do mapy kliknutím na nejvyšší bod sesuvné oblasti. Poté se pod mapou objeví základní údaje o nové svahové nestabilitě v podobě souřadnic, čísla listu a názvu katastrálního území. Pak je nutné záznam doplnit o další údaje týkající se lokalizace. Dostupná je také záložka „Odborné atributy popisu svahové nestability“, avšak její vyplnění není pro ohlašovatele povinné. K záznamu je možné připojit další dokumentaci jako fotografie či výsledky měření. Po uložení záznamu dochází v průběhu několika dnů k revizi pracovníky ČGS a zařazení do databáze.

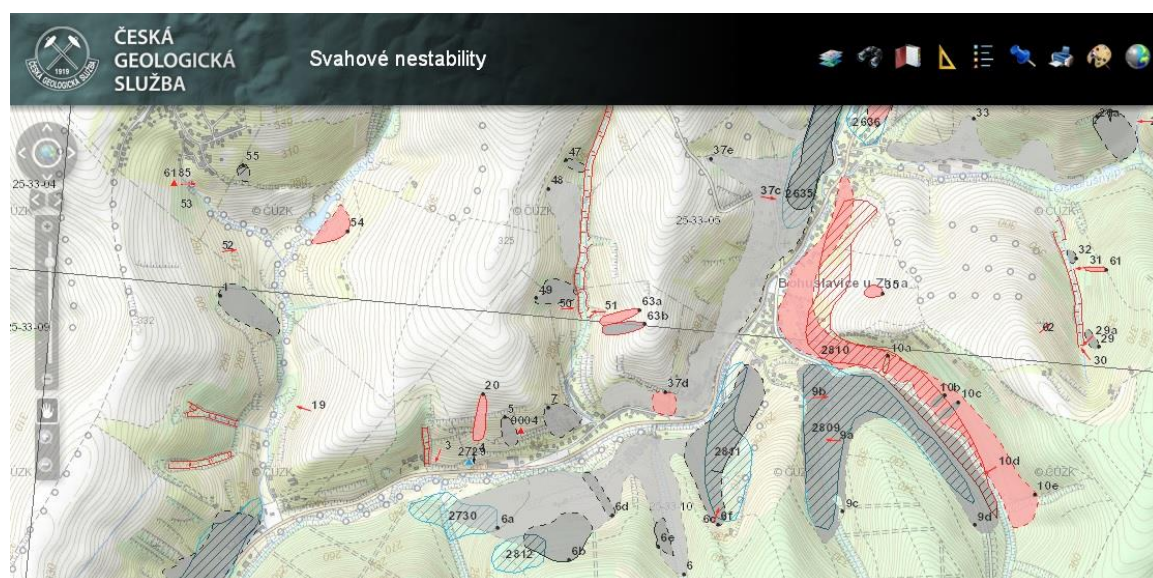
Kompletní dokumentace o svahové nestabilitě je dostupná pouze pro autorizované uživatele, pro širokou veřejnost slouží záznam, který je dostupný po kliknutí na vybranou svahovou nestabilitu v mapovém portálu na webových stránkách svahových nestabilit. Mapový portál „Mapa svahových nestabilit České republiky“ byl spuštěn v roce 2012

a funguje na produktech společnosti ESRI (Environmental Systems Research Institute). Jako podkladová data byly využity mapy ČÚZK (Český úřad zeměměřičský a katastrální).

Mapa svahových nestabilit ČR zobrazuje kromě nových svahových nestabilit nahlášených veřejností i Registr svahových nestabilit ČGS a Registr sesuvů ČGS – Geofondu, které mají také svůj vlastní mapový server, který se ale již dále neaktualizuje. Výhodnější a jednodušší je tedy používat kompletní Mapu svahových nestabilit ČR, ve které je možné díky dostupnosti jednotlivých mapových vrstev zobrazit pouze toho, co je požadováno.

Vrstva mapových nestabilit ČGS obsahuje nejvyšší bod svahové nestability, bodové sesuvy (do 50 m), linie nepolygonotvorné a polygonotvorné, ostatní plochy a plošné svahové nestability, které jsou na mapě zobrazeny plnou barvou s mírnou průhledností. Jednotlivé svahové nestability jsou odlišeny barevně, a to podle stupně aktivity. Červeně jsou označeny svahové nestability aktivní, tmavě šedě jsou dočasně uklidněné a světle šedě jsou uklidněné. Tato vrstva je obsáhlejší a je pravidelně aktualizována.

Vrstva záznamů z Geofondu obsahuje pouze bodové a plošné svahové nestability, které mohou z části odpovídat záznamům z vrstvy ČGS. Opět jsou rozlišeny barevně. Červeně jsou označeny aktivní svahové nestability, modře ostatní. Plošné svahové nestability jsou označeny čerchovaným polygonem, bodové malým trojúhelníkem.



Obr. 2 Náhled mapové aplikace Svahové nestability  
([http://mapy.geology.cz/svahove\\_nestability/](http://mapy.geology.cz/svahove_nestability/)).

### 3.2 Rešerše literatury

Problematikou sesuvů půdy se lidé zabývají již více než jedno století. Rozšíření zájmu o zkoumání sesuvů půdy je přímo úměrné s technickými možnostmi dané doby. V dnešní době se sesuvy půdy zabývá nejen vědecký sektor, ale i soukromé firmy a státní organizace. Následující seznam obsahuje literaturu, články a kvalifikační práce týkající se sesuvů půdy obecně, sesuvů půdy vázaných k zájmovému území Vnějších západních Karpat a možnosti jejich zaměření.

Halenkovickému sesuvu se již věnovalo ve svých pracích mnoho studentů. V práci *Geostatistické vyhodnocení desetiletého pozorování sesuvu „Halenkovice“* (Macků, 2013) jsou popsány základní obecné informace o sesuvech, možnosti jejich monitoringu pomocí geoharponů a následné geostatistické vyhodnocení sesuvu. V této práci byly využity poznatky z práce *Monitoring sesuvu v Halenkovicích* (Macur, 2008). Halenkovickému sesuvu se také věnovala práce *Analýza sesuvu svahu pomocí metody kriging* (Zůvala, 2011), kde byla statisticky popsána metoda kriging, pomocí které byly dopočítány (odhadnuty) body a vzdálenosti, o kolik se sesuv posunul za určité časové období. V bakalářské práci *Detekce území potenciálně ohrožených sesuvy v oblasti vizovické vrchoviny* (Halašta, 2009) je popsáno praktické využití GIS (Geografický informační systém) při získávání některých údajů a při provádění analýz vedoucích k určení území potenciálně ohrožených sesuvy. Jsou zde detailně popsány faktory, pomocí kterých lze určit náchylnost svahu k sesouvání. Využití DMR k analýze mělkých sesuvů a použití modelů RUSLE a SINMAP 2.0 je popsán v bakalářské práci *Vliv kvality DMR na tvorbu eroze a mělkých sesuvů* (Vomočil, 2010). Výsledkem práce *Zhodnocení výskytu sesuvů v Bílých Karpatech pomocí GIS* (Hanzl, 2013) je předpovědní mapa výskytu mělkých sesuvů ve Zlínském kraji.

V práci *Hodnocení přesnosti GNSS přístrojů v závislosti na jejich konfiguraci* (Minařík, 2013) lze dohledat parametry konfigurací pro optimální nastavení GNSS přijímače pro měření v terénu. V další práci týkající se GNSS přístrojů, *Sběr terénních dat v morfologicky náročném terénu* (Uhrová, 2012), je testována jejich přesnost a popsán postup, jak docílit co nejpřesnějších měřených hodnot v morfologicky náročném terénu.

## 4 VYMEZENÍ A CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

### 4.1 Obecná charakteristika území

Na území České republiky se nachází čtyři geomorfologické provincie. Jednou z nich je i část Západních Karpat, jejíž součástí je i zájmové území subprovincie Vnější Západní Karpaty.

Pásové pohoří Karpaty vzniklo při alpínsko-himalájském vrásnění ve třetihorách při srážce africké, arabské a indické litosférické desky s deskou euroasijskou. Toto vrásnění pokračuje v menším měřítku dodnes. Ve čtvrtohorách měly na formování Karpat poměrně velký vliv kryogenní pochody. Karpaty zasahují do několika evropských států, jmenovitě do Rakouska, České republiky, Slovenska, Maďarska, Polska, Ukrajiny, Rumunska a Srbska a se svou rozlohou 210 000 km<sup>2</sup> se jedná o největší evropské pohoří. Více než polovina rozlohy Karpat se nachází na území Rumunska. Nejvyšším vrcholem je na území Slovenské republiky nacházející se Gerlachovský štít s výškou 2 655 m n. m. Celé pohoří Karpaty je rozděleno na tři provincie – Jižní Karpaty, Východní Karpaty a Západní Karpaty.

Západní Karpaty zasahují na území Rakouska, Maďarska, Polska, Česka a Slovenska, kde se nachází jejich největší část i nejvyšší vrchol. Na území České republiky se dělí na dvě subprovincie – Vnější Západní Karpaty a Vněkarpatské sníženiny. Subprovincie Vnitřní Západní Karpaty se nachází na území Slovenské republiky.

Česká část Vnějších Západních Karpat se nachází na jihovýchodě České republiky – na Východní Moravě a ve Slezsku a má rozlohu 7185,96 km<sup>2</sup> (Balatka, 2006). Nejvyšším vrcholem je Lysá hora s výškou 1323,3 m n. m.

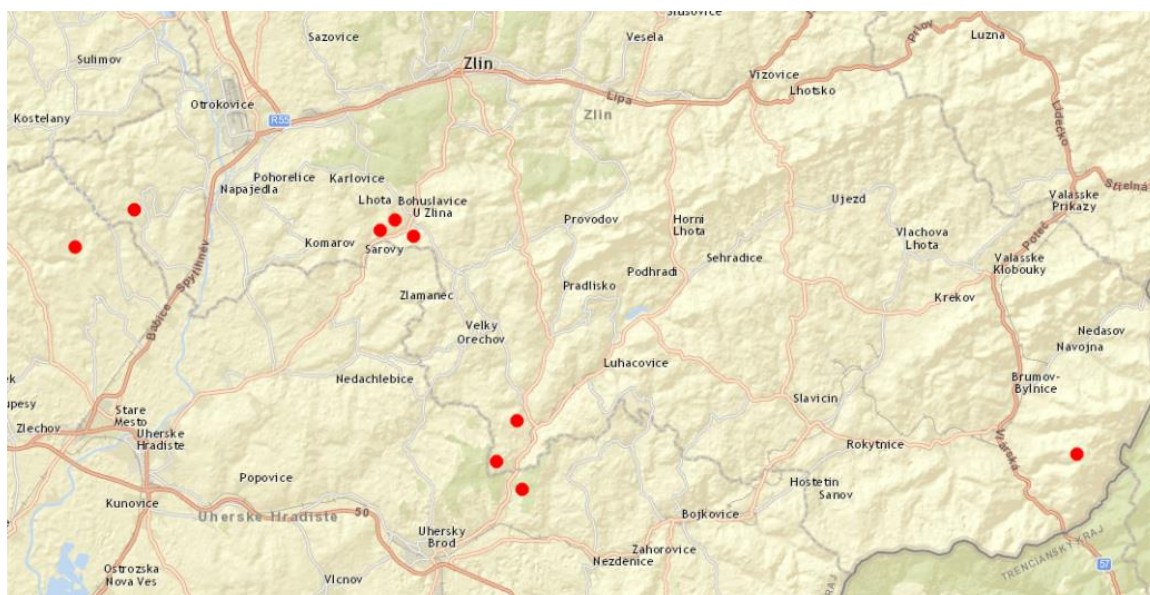
Mezi nejvýznamnější vodní toky v oblasti Vnějších Západních Karpat patří Dřevnice pramenící u obce Držková v Hostýnských vrších, protékající Zlínem a vlévající se do Moravy. Dále pak řeka Olšava, která pramení u obce Pitín v Bílých Karpatech, protéká Uherským Brodem a u obce Kostelec n. Moravou se vlévá do Moravy. Neméně významnou je řeka Vlára, která pramení ve Vizovických vrších a teče na Slovensko, kde se vlévá do Váhu. Více na sever protékají řeky Vsetínská a Rožnovská Bečva, Ostravice či Morávka.

Reliéf území je silně zvrásněný, budovaný převážně horninami račanské a bystrcké jednotky magurského flyše. Zhruba 30% území je pokryto převážně smíšenými lesy, nejčastěji duby, habry nebo borovicemi (IVAN, 2006).

## 4.2 Vymezení zájmového území

Rekognoskovat a zaměřovat svahové nestability na celém území Vnějších Západních Karpat by bylo velice časově náročné, a proto bylo vybráno menší území, které je ale postiženo sesuvy nejvíce. Z devíti rekognoskovaných sesuvů se jich šest nachází na území mezi obcemi Zlín, Luhačovice a Uherské Hradiště. Dále byl do výběru zařazen rozsáhlý sesuv, který se nachází východně od obce Brumov-Bylnice a rozlohou nevýrazný sesuv u obce Košíky.

První z rekognoskovaných sesuvů se nachází zhruba 4 km východně od obce Brumov-Bylnice v místní části Hluboče. U obce Bohuslavice u Zlína byly rekognoskovány celkem tři sesuvy. První z nich se nachází na okraji pole severozápadně od hlavní silnice vedoucí Bohuslavicemi, druhý severně od průmyslového objektu na jižním konci obce a třetí jižně od novostaveb v lokalitě Zelená. Další rekognoskovaný sesuv se nachází na jižním konci za hranicemi obce Košíky. Rekognoskovaný byl i sesuv západně od obce Halenkovice, které se, co se sesuvů týče, věnuje Katedra geoinformatiky již delší dobu. Mezi Luhačovicemi a Uherským Brodem byly rekognoskovány tři sesuvy. První z nich se nachází ve výběhu pro dobytek západně od zemědělského družstva v Biskupicích, druhý se nachází taktéž ve výběhu západně od turistické stezky vedoucí z Polichna do Maršova. Třetí rekognoskovaný sesuv se nachází za hranicemi obce Polichno východně od komunikace vedoucí do Uherského Brodu.



Obr. 3 Přibližná lokalizace sesuvů (podklad: ESRI World street map).

### 4.3 Geomorfologické poměry zájmového území

Vnější Západní Karpaty se na území ČR dělí na několik oblastí (Balatka, 2006): Jihomoravské Karpaty (které zasahují svou větší částí na území Rakouska), Středomoravské Karpaty, Moravsko-Slovenské Karpaty (které zasahují svou větší částí na území Slovenska), Západobeskydské podhůří (které tvoří severní hranici Vnějších Západních Karpat a zasahuje svou větší částí na území Polska) a Západní Beskydy.

Stručné schéma zařazení jednotlivých sesuvů do geomorfologických jednotek dle geomorfologického členění ČR (DEMEK, 2006):

System: **ALPSKO-HIMALÁJSKÝ**

Subsystem: **Karpaty**

Provincie: Západní Karpaty

Subprovincie (Soustava): **VNĚJŠÍ ZÁPADNÍ KARPATY**

Oblast (Podsoustava): **Moravsko-Slovenské Karpaty**

Celek: **VIZOVICKÁ VRCHOVINA**

Podcelek: Zlínská vrchovina

Okrsek: *Napajedelská pahorkatina*

Sesuvná oblast: **Bohuslavice 1**

Sesuvná oblast: **Bohuslavice 2**

Podcelek: Hlucká pahorkatina

Okrsek: *Prakšická pahorkatina*

Sesuvná oblast: **Bohuslavice 3**

Sesuvná oblast: **Biskupice**

Sesuvná oblast: **Polichno 1**

Sesuvná oblast: **Polichno 2**

Celek: **BÍLÉ KARPATY**

Podcelek: Chmelovská hornatina

Okrsek: *Vlárská hornatina*

Sesuvná oblast: **Hluboče**

Oblast (Podsoustava): **Středomoravské Karpaty**

Celek: **CHŘIBY**

Podcelek: Stupavská vrchovina

Okrsek: *Jankovická vrchovina*

Sesuvná oblast: **Košíky**

Podcelek: Halenkovická vrchovina

Okrsek: *Kostelanská vrchovina*

Sesuvná oblast: **Halenkovice**

#### 4.4 Geologické poměry zájmového území

Všechny rekognoskované sesuvné oblasti se nachází na území tvořené flyšovým pásmem magurské skupiny příkrovů.

Jako flyš označujeme vrstevní sledy, ve kterých se v tzv. rytmech střídají zrnité a jílovité uloženiny. U vrstevních sledů dochází směrem k nadloží ke zjemňování a zmenšování zrn pískovců či slepenců. Tento jev nazýváme gradační zvrstvení. V nejvyšších vrstvách přecházejí pískovce do prachovců a jílovců (SKUPIEN, 2004). Dochází tedy ke střídání zpevněných psamitů (pískovců) a pelitů. Díky střídání propustných a nepropustných vrstev vzniká vhodné podloží pro tvorbu sesuvů.

Magurská skupina příkrovů je od severozápadu k jihovýchodu členěna na tři faciálně-tektonické jednotky (ČTYROKÝ, STRÁNÍK, 1995) – račanskou, bystrickou a bělokarpatskou. Všechny rekognoskované sesuvy se nachází na území račanské jednotky, která je z magurské skupiny plošně nejrozsáhlejší.

#### 4.5 Hydrologické poměry zájmového území

Území Moravsko-Slovenských Karpat přísluší ke dvěma úmořím – Černého moře a Baltského moře. Do Černého moře je voda odváděna prostřednictvím Dunaje a do Baltského prostřednictvím Odry. Největší část připadá povodí Moravy a jejích levostranných přítoků Dřevnice, Březnice, Olšavy, Okluky, Svodnice, Veličky a Radějovky. Povodí Moravy má rozlohu zhruba 19 600 ha. Druhou částí povodí Dunaje tvoří povodí Váhu, přesněji jejího přítoku Vlárý a menších pravostranných přítoků. Téměř nepatrná část na severovýchodně připadá k povodí Odry.

Mezi významná vodní díla na území Moravsko-Slovenských Karpat řadíme vodní nádrž Luhačovice na řece Šťávnici u obce Pozlovice, vodní nádrž Ludkovice na Ludkovickém potoku či vodní nádrž Bojkovice na řece Kolelač (MACKOVČIN, JATIOVÁ a kol., 2002).

Jedním z faktorů podmiňujících sesuvy půdy je i eroze, která má vliv na sklonitost svahů. Vodní toky v horních částech vytváří hluboce zaříznutá údolí a riziko sesuvu půdy se tímto zvyšuje, obzvláště v jarních měsících, kdy dochází k intenzivnímu tání sněhu a průtoky řek tak dosahují svých maxim.

Jednou z charakteristik flyšového podloží je i téměř nulový výskyt podzemních vod. Ty se vyskytují jen v oblastech s větší mocností pískovců. Prameny jsou méně rozptýlené a méně vydatné. Vodnatější prameny se nacházejí pouze podél některých vodních toků, např.: Olšavy či Vlárý (MACKOVČIN, JATIOVÁ a kol. 2002). Zvláštním místem s výskytem podzemních pramenů minerálních vod je Nezdenický zlom s nejznámějšími vřídly v lázeňském městě Luhačovice, kde můžeme několik vřidel alkalických kyselk a jedno vřídlo sirovodíkové vody.

## 4.6 Klimatické poměry zájmového území

Klimatické podmínky a hlavně srážkové úhrny jsou jednou z nejvýznamnějších podmínek vzniků sesuvů na území Vnějších Západních Karpat. Zájmové území vymezené rekognoskovanými sesuvy je ovlivněno všemi třemi klimatickými oblastmi (teplá, mírně teplá i chladná) (dle QUITT, 1971). Teplá klimatická oblast (T2) se nachází na západě zájmového území v nižších polohách při povodí levostranných přítoků řeky Moravy. Mírně chladná oblast (MT2, MT5, MT7, MT9 a MT10) pokrývá většinu území ve středních nadmořských výškách a směrem na severovýchod postupně přechází v chladnou oblast (CH7).

Průměrná roční teplota v roce 2013 byla mezi 10 – 12° C a roční úhrn srážek mezi 600 – 800 mm. Od průměrných dat z let 1961 – 2012 se tyto údaje příliš neliší. Za posledních deset let lze pozorovat výkyvy v letech 2006 a 2010, hlavně co se údajů o srážkách týče. Srážkové i teplotní maximum je v letních měsících, nejčastěji v červenci, minimum pak v zimních měsících, nejčastěji v lednu (MACKOVČIN, JATIOVÁ a kol., 2002). Tyto zvýšené srážkové úhrny se výrazně podílely na vzniku několika velkých sesuvů na zájmovém území, včetně těch rekognoskovaných.

## 4.7 Půdní poměry

Na magurském flyši, konkrétně vápnitých jílovcích, slínovcích a vápnitých pískovcích, převládají na celém zájmovém území těžké slabě oglejené kambizemě typické. Na jihozápadě zájmového území, směrem k řece Moravě, se nacházejí černozemě, konkrétně černice typická. Na severozápadě u Zlína pak hnědozemě, konkrétně hnědozem typická a hnědozem pseudoglejová. Většina půd je minerálně chudá s výjimkou draslíku a hořčíku.

## 5 SVAHOVÉ POHYBY

Termín sesuv je běžně používán laickou veřejností pro označení svahových pohybů a jejich projevů, jedná se však pouze o jeden z jejich typů. Sesouvání (sesuv) tedy patří mezi spolu s ploužením, stékáním a řícením mezi svahové pohyby.

Svahový pohyb můžeme definovat jako různorodý geodynamický pohyb hmot způsobený zemskou gravitací po svahu směrem dolů v přírodním prostředí. Vznik svahových pohybů je podmíněn mnoha faktory. Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, největší vliv na jejich vzniku mají srážkové úhrny, sklon svahu, geologické a klimatické poměry atd. V některých případech se na vzniku svahových pohybů podílí i člověk svou činností, jako jsou změny vodního hospodářství, reliéfu krajiny či rozšiřování zástavby. Výslednou formu procesu svahového pohybu nazýváme svahová deformace (NĚMČOK a kol., 1974).

Svahové pohyby patří k nejnebezpečnějším a nejvážnějším geodynamickým jevům, často způsobující nemalé škody na hmotném majetku či ztrátu na životech. Na území ČR se můžeme setkat se svahovými pohyby menšího charakteru, což jim ale neubírá na nebezpečnosti. Mezi nejpostiženější oblasti patří subprovincie Krušnohorské soustavy, přesněji České Středohoří mezi městy Ústí n. Labem, Mostem, Českou Lípou a Litoměřicemi, subprovincie Poberounské soustavy, přesněji geomorfologický celek Džbán mezi obcemi Louny, Slaný, Kladno, Rakovník a Žatec, subprovincie České tabule na východ od měst Mladá Boleslav a Mnichovo hradiště a zájmová oblast subprovincie Vnějších Západních Karpat. Svahové pohyby ohrožují a často i poškozují obytné domy či celá sídliště, inženýrské sítě, vodohospodářské stavby, komunikace, znemožňují těžbu nerostných surovin či pěstování zemědělských plodin. Nebezpečnost svahových pohybů výrazně zvyšuje i fakt, že z geologického hlediska není žádný svah trvale stabilní a tak vznik nových svahových pohybů je při dnešních možnostech téměř nemožné předvídat. Je možné pouze vytipovat svahy, které by mohly být v budoucnu postiženy svahovými pohyby, a to hlavně díky studiu, monitorování a modelaci předchozích svahových pohybů.

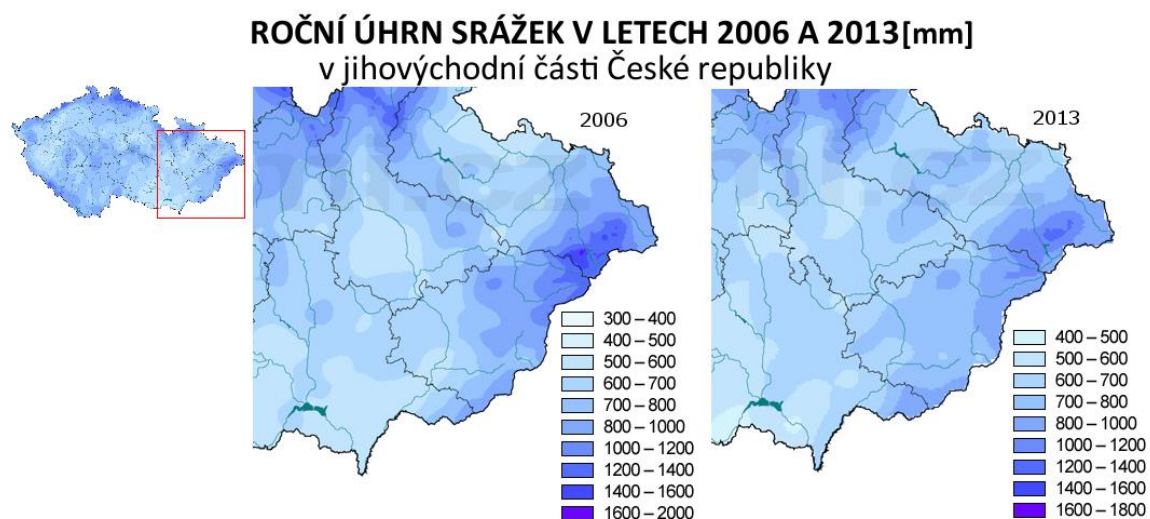
### 5.1 Faktory podmiňující svahové pohyby

Hlavním nadřazeným dělením faktorů je rozdělení z hlediska geneze na přírodní anomální procesy a umělé, antropogenní zásahy do vývoje svahu (NĚMČOK, 1982). Dále pak podle charakteru a doby působení na permanentní (dlouhodobé) a epizodické (krátkodobé) (MARSCHALCO, MÜLLEROVÁ, IDEŠ, 2002).

Faktory podmiňujícími svahové pohyby se již zabývalo v historii mnoho geologů, například Terzaghi (1950), který rozdělil faktory na vnější a vnitřní. Jako vnější faktory označil zvětšení sklonu a výšky svahu říční erozí, zatížení svahu a seizmické otřesy, které zvyšují smykové síly. Jako vnitřní pak zvyšování pórového tlaku vody, rychlý pokles vodní hladiny a mechanická sufóze, které snižují odpor hornin proti smyku. Dalším významným autorem, zabývajícím se faktory svahových pohybů, je Záruba (1987), který určil několik faktorů, například zvětšení výšky a sklonu svahu, přetížení svahu, změny

obsahu vody, činnost mrazu či podzemních vod nebo změny vegetačního pokryvu. Tyto faktory jsou podrobněji rozepsány v následujícím odstavci.

Změna sklonu svahu má za důsledek zvýšení napětí v horninách, což narušuje rovnováhu, stejně jako ostatní faktory. Přetížením svahu rozumíme umístění násypů, skládek či hald na svah, kdy dochází ke zvýšení smykových napětí a zvýšení napětí vody v pórech jílovitých zemin. Rovnováhu svahu mohou též způsobit kmity různých frekvencí způsobených výbuchy či zemětřesením. V zájmovém území je jedním z nejvýznamnějších faktorů změna obsahu vody ať už ze srážek či z tajícího sněhu, která se dostává přes propustné podloží (písky) a pukliny k nepropustným (jíly) a zvyšuje tak hydrostatický tlak, který snižuje smykovou pevnost zemin. Při sesuvu půdy v Luhačovicích v šedesátých letech 20. století bylo hlavním faktorem působení podzemní vody, která v nepropustných vrstvách v nadloží vytváří vztlak a dochází tak ke vzdouvání. Dalším faktorem je mrznutí a rozpínání vody, při kterém dochází k narušení hornin a zvětšení malých trhlin v nich. Tento faktor je nejvýznamnější u skalního řícení, stejně jako mechanické či chemické zvětrávání hornin. Posledním významným faktorem je změna vegetačního pokryvu. Například odlesnění dochází ke zvýšení objemu vody v půdě, jelikož kořeny stromů odčerpávají vodu a vysušují tak svah. Stabilitu svahu udržují ale i mechanickým působením (NĚMČOK a kol., 1974). V dřívějších dobách bylo sázení stromů na svahy postižené svahovými pohyby jednou z forem sanace a prevence proti dalším pohybům.



Obr. 4 Výřezy map ročních úhrnů srážek v letech 2006 a 2013  
(upraveno; Holtanová, Valeriánová, Skalák, 2013, data: ČHMU).

## 5.2 Klasifikace svahových pohybů

Jako základní klasifikace se uvádí dělení podle mechanismu a rychlosti svahových pohybů. Rozlišujeme čtyři základní skupiny svahových pohybů – ploužení, sesouvání, stékání a řícení (NĚMČOK a kol., 1974).

**Ploužení** je nejpomalejší svahový pohyb (mm/rok) horninových hmot, který zpravidla nezrychluje a většinou s nezřetelnou hranicí vůči pevnému podloží. Dělíme jej podle mocnosti na ploužení přípovrchové a hlubinné. Jedná se o nejrozšířenější geodynamický jev v ČR a jeho nebezpečnost spočívá hlavně v tom, že může přejít v nebezpečnější svahové pohyby – sesouvání, stékání nebo dokonce i řícení, a to pokud se vlivem některých faktorů pohyb zrychlí. Jedná se o nejobtížněji pozorovatelnou a vymezitelnou skupinu svahových pohybů (NĚMČOK a kol., 1974). Při ploužení může vzhledem k lokalitě dojít k poškození lesního porostu, ale i komunikací či budov. ČGS rozhodně nedoporučuje při postižení svahu ploužením odlesňování, zamokřování a zadržování vody či podkopávání svahu. Nedoporučuje se také využití postiženého území jako stavební parcela.

**Sesouvání** je relativně rychlý (cm až m/den), krátkodobý pohyb horninových hmot klouzajících podél jedné nebo více smykových ploch. Při sesouvání dochází v hlubších částech k pomalejšímu ploužení, na povrchu pak i ke stékání. Výslednou formou sesouvání je sesuv, který je charakteristický tím, že část hmot se z odlučné části přes transportní zónu přesouvá do části akumulární a nasouvá se tak na původní terén. K sesuvným pohybům dochází při splnění morfologických, geologických, hydrogeologických a klimatických předpokladů, ke kterým se mohou přidávat i některé faktory (přírodní či antropogenní). Nejvíce jsou náchylné svahy se sklonem vyšším než 22 stupňů.

V zájmovém území má největší vliv na vznik sesouvání voda, která mj. funguje jako mazadlo a usnadňovat klouzání. Nasycením propustných vrstev flyše vodou dochází také ke zvětšení hmotnosti nadložní hmoty.

Při sesouvání dochází k viditelnému narušení zemského reliéfu a v závislosti na lokalitě může docházet k poškození nebo úplné destrukci lesních porostů, staveb, inženýrských sítí či zemědělských ploch. Sesouvání tak přímo ohrožuje lidské životy. Při sesouvání způsobeným erozí vodního toku může dojít k přehrazení toku a následně k lokálním záplavám.

**Stékání** je rychlý (km/h) a krátkodobý pohyb horninových hmot ve viskózním stavu. Většinou se jedná o povrchový geodynamický jev s jasně viditelnou hranicí stékajících hmot od pevného podloží. Formou procesu svahového pohybu stékání je proud. V ČR je tento jev vázán na extrémní srážky a nejčastěji se projevuje splavením vodou nasycených hornin do nižších poloh. Konkrétním příkladem může být zaplavení komunikací či staveb bahnem při extrémních srážkách, kdy se půda přesytí a není schopná pojmout více vody.

**Řícení** je poslední základní skupinou svahových pohybů a je charakteristické krátkodobým (řádově sekundy), svislým či velmi příkrým rychlým (desítky až stovky km/h) pohybem hornin, při kterém postižené hmoty krátkodobě ztrácí

kontakt s podložím (volný pád). Řícení je vždy rizikový jev způsobující v závislosti na lokalitě nemalé škody na majetku, omezující těžbu nerostných surovin, zřizování staveb či jiné terénní úpravy.

V literatuře je možné se setkat s jiným dělením, a to na gravitační svahové pohyby a fluviální svahové pohyby. Mezi gravitační řadíme ploužení, sesouvání a řícení, mezi fluviální sufozi, soliflukci, tečení a plíživý pohyb zvětralin (DEMEK, 1988).

Svahové pohyby můžeme dále klasifikovat dle následujících kritérií, která bývají obsahem rekognoskačních zpráv svahových pohybů:

- Věk – recentní, fosilní
- Stupeň aktivity – aktivní, dočasně uklidněný, uklidněný
- Geneze – přirozený, uměle vyvolaný
- Vývojové stádium – iniciální, rozvinutý, finální
- Opakovatelnost – jednorázový, periodický
- Tvar půdorysu – proudový, frontální, plošný, nepravidelný
- Zřetelnost morfologické formy – zřetelná, zastřená a pohřbená svahová deformace
- Pozice vůči dalším svahovým deformacím – samostatná a složená svahová deformace, součást složené svahové deformace

### **5.3 Průzkum, zaměření, monitorování a zabezpečení sesuvných oblastí**

Vzhledem k charakteru a zadání práce bude tato kapitola popisovat pouze možnosti zaměření, monitorování a zabezpečení sesuvných oblastí (a nepřímo i oblasti postižené ploužením).

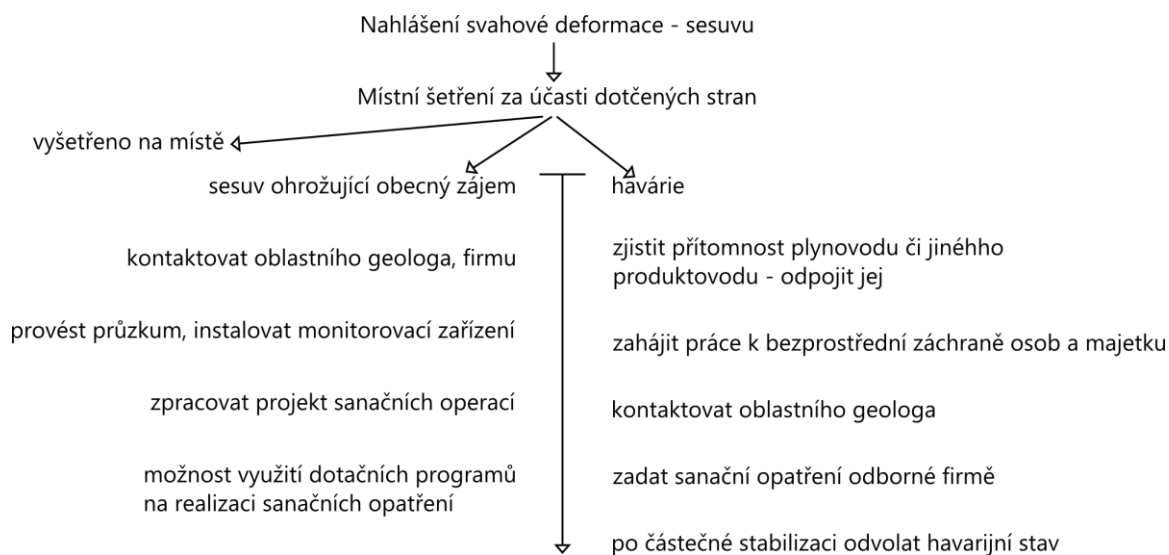
#### **5.3.1 Průzkum sesuvných oblastí**

Základním podkladem pro projektovou činnost v oblasti postižené novým sesuvem je inženýrskogeologický průzkum. Nejdůležitější součástí průzkumu je zjištění plošného a prostorového omezení svahové deformace, směr a rychlost svahového pohybu, geologické a hydrologické poměry aj. Inženýrskogeologický průzkum je rozdělen do několika níže popsaných fází, které mohou být podle charakteru svahové deformace slučovány (NEŠVARA, 1999. Upraveno podle MARSCHALCO, MÜLLEROVÁ, IDEŠ, 2002).

První fází inženýrskogeologického průzkumu je prvotní rekognoskace, která slouží k terénnímu šetření, při kterém se sledují všechny deformace na povrchu – praskliny, poklesy či vyvýšení terénu oproti okolí, otevřené trhliny. Dále naklonění stromů, vznik nových bezodtokých depresí či pramenných vývěrů aj. Pokud se poblíž svahové deformace nachází nějaká stavba, součást inženýrské sítě či komunikace, je potřeba zkontrolovat, jestli nedošlo k jejich poškození. Taktéž se postupuje při přítomnosti plynovodu či jiného produktovodu. V tomto případě musí být kontaktován provozovatel, a pokud je při průzkumu zhodnoceno, že může dojít k poškození části produktovodu,

musí být odstaven z důvodu možného vzniku ekologické katastrofy či výbuchu. ČGS vydala zjednodušené schéma postupu při řešení svahové deformace – sesuvu (obr. 5).

Při probíhajících terénních úpravách nebo stavebních pracích je potřeba důsledně zvážit, zda je možné v nich pokračovat. Zejména je důležité, aby vykopáním základů pro stavbu nedošlo k podkopání svahu či aby nedocházelo k dotování spodní vody špatně navrženými okapy, kanalizací nebo septikem. Taktéž je důležité neodtěžovat čelo sesuvu, pokud přímo neohrožuje důležitý objekt.



Obr. 5 Schéma zjednodušeného postupu při řešení svahové deformace – sesuvu (ČGS, <http://www.geology.cz>).

Druhou fází je předběžný průzkum obsahující základní mapování ve velkém měřítku. Současně se z databází a jiných zpráv zjišťuje tzv. stupeň prozkoumanosti. Jsou to různé údaje, např. zda byl sesuv v minulosti již registrován a je zaznačen v inženýrskogeologických mapách či zda se v okolí nachází další svahové deformace aj. Základní databází pro tyto činnosti je mapa svahových nestabilit poskytovaná online Českou geologickou službou.

Třetí fází je navrhnutí programu průzkumných prací, případně geofyzikální práce. Vlastní realizace se provede až v průběhu podrobného průzkumu, což je fáze čtvrtá. V této fázi, jejímž výstupem je detailní studie svahové deformace pro účelnou sanaci, jsou hlavními prvky prací podrobné mapování ve velkém měřítku, sondážní práce, geofyzikální práce, podrobné polohové a výškové zaměření, laboratorní zkoušky a stabilní výpočty. Výsledkem čtvrté fáze, podrobného průzkumu, je závěrečná zpráva obsahující všechny zjištěné či naměřené údaje. Může také obsahovat doporučení k účelné sanaci svahové deformace.

U některých svahových deformací se při podrobném průzkumu nepodaří zjistit všechny potřebné údaje, a proto se provádí průzkum doplňkový. Ten může být prováděn i v průběhu sanačních prací.

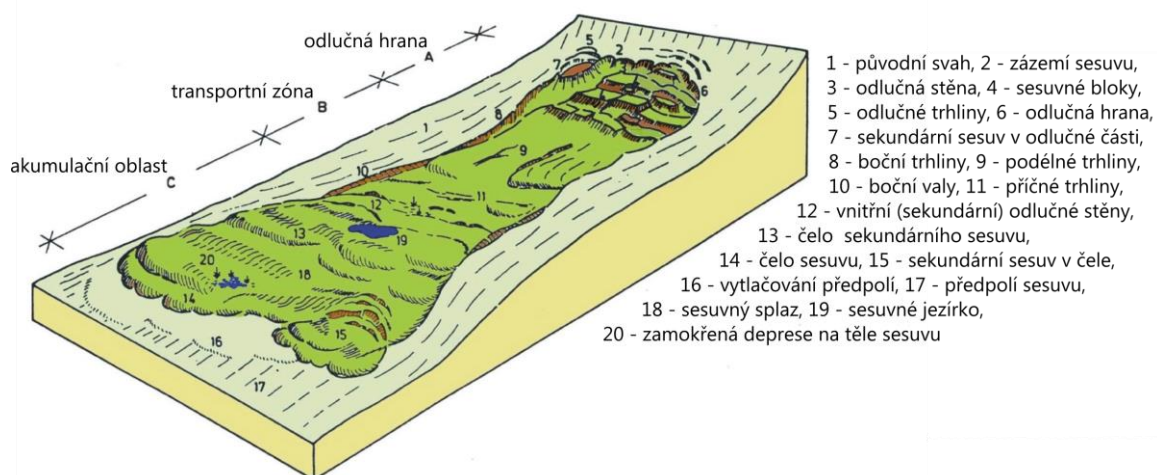
V případě náhlé, neočekávané havárie, při které je potřeba jednat okamžitě, aby nedošlo k větším škodám, je možné přistoupit k jednoetapovému průzkumu. K rozhodování o způsobech sanace sesuvné oblasti dochází přímo na místě havárie a k samotné sanaci se přistupuje již při průzkumu, a to bez předchozího podrobného zkoumání.

### 5.3.2 Možnosti zaměření sesuvných oblastí

V dnešní době moderních měřících přístrojů a zařízení či aplikací na zpracování naměřených dat se přímo nabízí využití GIT (Geoinformační technologie). Ne vždy tomu tak bylo, ale zaměřovat a jinak řešit problémy spojené se sesouváním bylo potřeba i v minulosti bez použití GIT. V této práci budou popsány dnešní možnosti zaměrování terénního reliéfu.

Úkolem všech měření je určení základní polohy bodů v rovině (na zemském povrchu) nebo v prostoru v daném souřadnicovém systému. Základní dvě možnosti pro zaměření terénního reliéfu, v tomto případě sesuvné oblasti, jsou geodetická a fotogrammetrická měření. Starší metodou, dodnes ale pro svou relativně nízkou cenu hojně využívanou, je metoda geodetického zaměření. K této metodě slouží geodetické přístroje jako je teodolit, nivelační přístroj, totální stanice nebo GNSS přístroje. Výhodou totálních stanic a GNSS přístrojů je přímé měření bodů v elektronické podobě, které je vhodné pro tvorbu výsledných DMR. U GNSS přístrojů se nejčastěji pro zaměrování používá rychlá kinematická metoda u které je ale potřeba přímý výhled na oblohu. Proto není vhodná k zaměrování sesuvů v lesním porostu a je potřeba spíše využít totální stanice.

Při zaměrování sesuvu je potřeba, aby byly zaměřeny všechny důležité terénní nerovnosti. Měří se celý sesuv – odlučná oblast, transportní zóna i akumulční oblast. Detailněji všechny konkávní i konvexní tvary, trhliny a zlomy (obr. 6), aby výsledné mapy nebo DMR co nejvíce odpovídali reálnému stavu.



Obr. 6 Základní morfologické prvky sesuvu proudového tvaru (převzato z: <http://geologie.vsb.cz/>, upraveno podle Paška a kol., 1995).

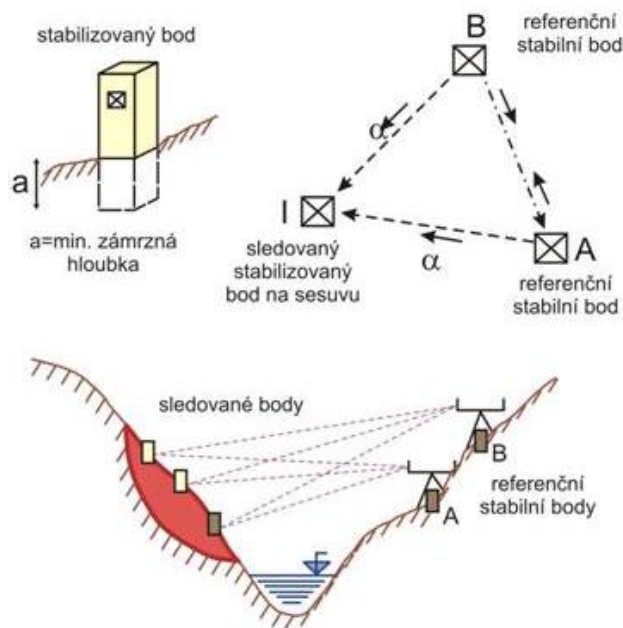
### 5.3.3 Možnosti dlouhodobého monitorování sesuvných oblastí

Monitoringem sesuvných oblastí se většinou zabývá odborná firma, která dodává údaje pro ČGS. Rozumí se tím kontrola a dlouhodobé (až desítky let) systematické sledování stavu sesuvu. V případě sanace sesuvu se vyhodnocuje, nakolik byla sanace úspěšná a zda je potřeba údržba (MARSCHALCO, MÜLLEROVÁ, IDEŠ, 2002).

K monitorování pohybu svahu na povrchu se využívá např. geodetických měření a extenzometrických měření. K monitorování smykových ploch a pohybu v hloubkách se využívá metoda přesné inklinometrie, sondy, ale i extenzometry či průchodoměry. Metod, jak monitorovat sesuvy je ale mnohem více.

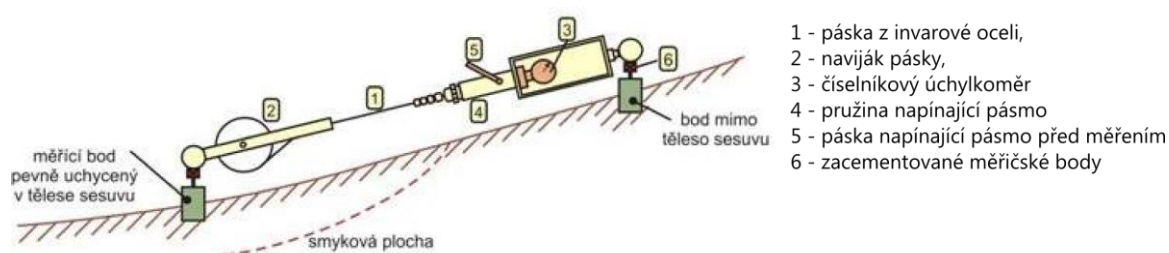
Při geodetickém sledování povrchu svahu se postupuje metodou záměrné přímky, pokud je znám směr pohybu sesuvu. Tato metoda spočívá v zaražení kolíků do země kopírující průběh vrstevnice, které se v případě posunutí svahu vychýlí od polohy ostatních kolíků. Odchylku je poté možno změřit jedním z výše zmíněných přístrojů (kapitola 5.3.2). Je důležité, aby byla záměrná přímka zvolena kolmo na posun svahu, aby byla správně změřena velikost posunu.

Pokud není znám směr pohybu sesuvu, je možné využít geodetické metody zaměření bodu v prostoru. Často se využívá metoda protínání úhlů nebo délek v případě, že je možné zaměřit sledované body z dvou a více stabilních bodů, které se mohou nacházet například na protějším svahu (obr. 7). V případě, že se stabilní body nacházejí více než 600 metrů od sledovaných bodů, je z hlediska přesnosti výhodnější použít délkovou metodu. Pokud je k měření délek použit laserový dálkoměr, zvýší se tím přesnost. Další možnou geodetickou metodou je trigonometrie, při které se zaměří horizontální i vertikální úhly a vzdálenost. Při opakování této metody v čase lze určit posun bodů v prostoru.



Obr. 7 Určování polohových změn stabilizovaných bodů trigonometrickým měřením (převzato z: <http://geologie.vsb.cz/>, upraveno podle Rozsypala, 2001).

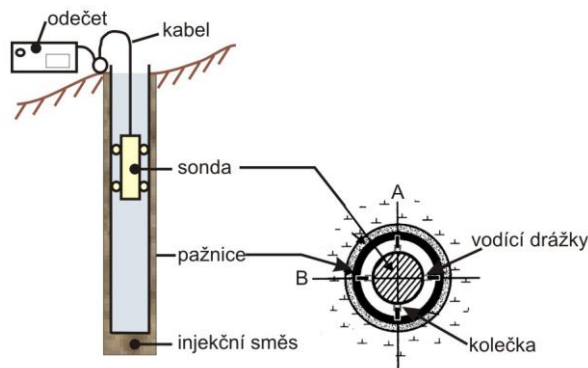
Extenzometrická měření jsou starší metodou založenou na prodlužování délky mezi dvěma body ve svahu, přičemž jeden z bodů se nachází mimo sesuvnou oblast (Pašek a kol., 1995). V praxi to znamená, že se do svahu umístí měřicí body, které se zabetonují do nemrznoucí hloubky (v ČR je to 0,8 m) a navzájem propojí přes pásmové extenzometry páskou z invarové oceli. U této metody je nezbytné kromě zápisu vzdálenosti bodů zapsat i teplotu okolí pro následný výpočet teplotní korekce. Možné je také použití drátového extenzometru místo páskového. Ocelové lanko spojuje přes kladku měřený bod s referenčním (mimo sesuv) a je udržováno napnuté. Opět se v případě posunu měří natažení spojovací části, v tomto případě lanka. U této metody je možné k referenčnímu bodu připojit více měřených bodů a opět se musí počítat teplotní korekce. Je možné použít i elektronický extenzometr, čímž se zvyšuje přesnost.



Obr. 8 Schéma páskového extenzometru

(převzato z: <http://geologie.vsb.cz/>, upraveno podle Rozsypala, 2001).

K měření aktivity smykové plochy a pro měření pohybu v hloubce se využívá mj. metoda přesné inklinometrie, což ve zkratce znamená měření odklonu vrtu od vřislice. V praxi to znamená, že se do vrtu na sesuvném území zapustí velice přesná měřicí technika (tzv. inklinometrická sonda), která zaznamenává svůj úklon způsobený pohybem hmot, z něhož se přepočítává deformace. Správná orientace sondy vůči svahu je zajištěna drážkami pažnice, ve které je sonda ve vrtu umístěna. Inklinometrická měření umožňují lokalizovat smykovou plochu, kvantifikovat posuny na smykové ploše a sledovat jejich vývoj v čase. Pokud je známá orientace vodících drážek v pažnici, je možné určit i směr pohybů.



Obr. 9 Schéma měření inklinometrickou sondou

(převzato z: <http://geologie.vsb.cz/>, upraveno podle Rozsypala, 2001).

Starším způsobem monitorování pohybu hornin je měření pomocí svahového extenzometru neboli lankového indikátoru. Do svislého vrtu je vhodně umístěno několik indikátorů pospojovaných navzájem systémem lanek. Lanka jsou vyvedena na povrch k ústí vrtu, kde jsou měřeny změny jejich délek, ke kterým dochází při pohybu sesuvu.

Spojením inklinometru s extenzometrem vzniká zařízení zvané Trivec (podle švýcarské firmy Trivec). Jedná se o moderní způsob monitoringu svahových pohybů, který umožňuje zaznamenávat posuny ve třech na sebe kolmých směrech.

### **5.3.4 Možnosti zabezpečení a sanace sesuvných oblastí**

Projekt zabezpečení, ochranné práce nebo sanace sesuvných oblastí se provádí na základě geodetických měření či dlouhodobého monitoringu tam, kde sesuv přímo ohrožuje, nebo by mohl v budoucnu ohrozit, důležitou stavbu, komunikaci, vodní tok. Pokud se jedná o menší a jednoduchý sesuv, kde je výběr vhodné sanační metody zřejmý, bývá navrhnout projekt jednoetapový (jednovariantní). V případě složitějších a větších sesuvů se zabezpečovací práce provádí postupně po jednotlivých etapách, které se průběžně vyhodnocují na základě výsledků z monitorovacího systému. Pokud není jasná nejlepší možnost zabezpečení, vypracuje se několik variant, které se následně vyhodnotí a je vybrána ta nejideálnější. Nejčastěji se varianta vybírá na základě jejich nákladů, musí však být zohledněny i ostatní faktory, jako jsou zásahy do krajiny, střety zájmů s majiteli pozemků či možnosti zhotovitelů.

Mezi běžně používané prvky sanace řadíme odvodnění (povrchové nebo hloubkové), které se používá téměř u všech sanovaných sesuvů. Cílem odvodnění je snížit aktivní síly na smykovém povrchu zmenšením tlaku vody. U velkoplošných sesuvů je odvodnění téměř jedinou možností sanace. Typickým příkladem odvodňovacího prvku jsou drenážní žebra. Jedná se o po spádnici vedené rýhy, které mohou být i několik metrů hluboké, vyplněné štěrkem.

Dalšími běžně používanými typy sanace jsou silové prvky. Mezi ty řadíme změnu geometrie svahu, která spočívá v zatížení paty svahu umělým násypem, vybudování opěrné stěny před čelem sesuvu a injektáž, při které se do vrtu v sesuvu vhání cementační směsí. Samotná injektáž se dnes již téměř neprovádí, využívá se spolu s jinými metodami, kdy se injektují kořeny mikropilot a kořeny kotev (ČGS, 2012).

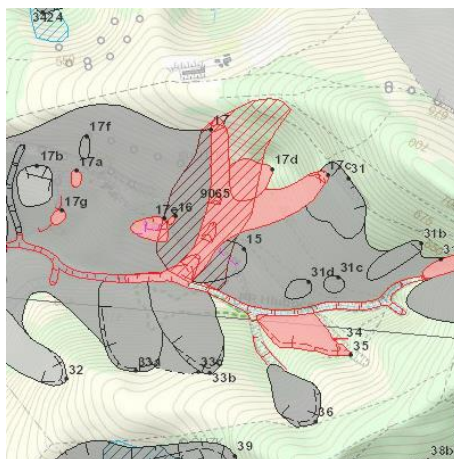
## 6 TERÉNNÍ PRÁCE

Praktická část této práce se věnuje celkové rekognoskaci a geodetickému zaměření několika vybraných sesuvů. Terénní práce probíhali od října 2013 do května 2014, ale více než na polovinu této doby musely být přerušeny z důvodu byt' jen malé sněhové pokrývky.

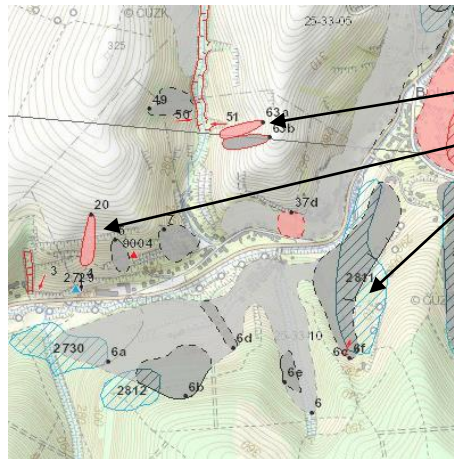
### 6.1 Předběžný výběr vhodných sesuvných lokalit

Prvním krokem v praktické části této práce byl výběr vhodných sesuvů půdy. K tomuto výběru posloužila nejvíce databáze svahových nestabilit od ČGS dostupná z internetových stránek svahových nestabilit. K výběru také posloužily různé internetové informační zdroje. Po prvotním náhledu do databáze, selekcí sesuvů třetí kategorie, tudíž těch nejnebezpečnějších a stále aktivních, bylo vybráno celkem 18 sesuvných oblastí. Po konzultaci s vedoucím práce bylo nakonec rozhodnuto o rekognoskování pouze čtyř oblastí. K těmto čtyřem oblastem byla v průběhu jedné z rekognoskací přidána pátá oblast a později na jaře ještě další čtyři. Celkem tedy bylo rekognoskováno devět oblastí, které byly autorem pojmenovány pro lepší orientaci. Jsou to tyto:

1. Sesuvná oblast „Maděrovec“ u obce Brumov-Bylnice v místní části Hluboče (obr. 10)
2. Sesuvná oblast „Dvojčata“ západně od obce Bohuslavice u Zlína (obr. 11)
3. Sesuvná oblast „Nad firmou“ západně od obce Bohuslavice u Zlína (obr. 11)
4. Sesuvná oblast „Opilý“ východně od obce Bohuslavice u Zlína (obr. 11)
5. Sesuvná oblast „Košíky“ u jižně obce Košíky (obr. 12)
6. Sesuvná oblast „Halenkovická“ u obce Halenkovice v místní části Lipové (obr. 13)
7. Sesuvná oblast „Nad družstvem“ západně od obce Biskupice (obr. 14)
8. Sesuvná oblast „U zelené“ severozápadně od obce Polichno (obr. 14)
9. Sesuvná oblast „U žluté“ jižně od obce Polichno (obr. 15)

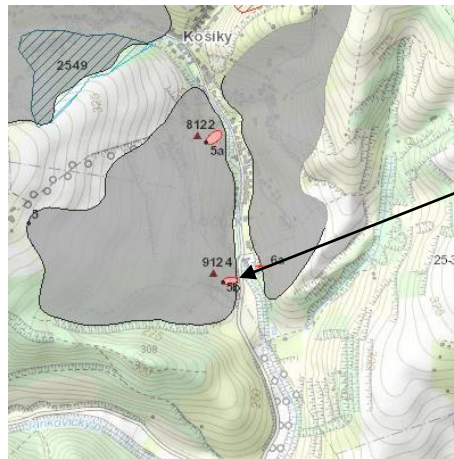


Obr. 10 Sesuv „Maděrovec“ (dostupné z: [http://mapy.geology.cz/svahove\\_nestability/](http://mapy.geology.cz/svahove_nestability/)).



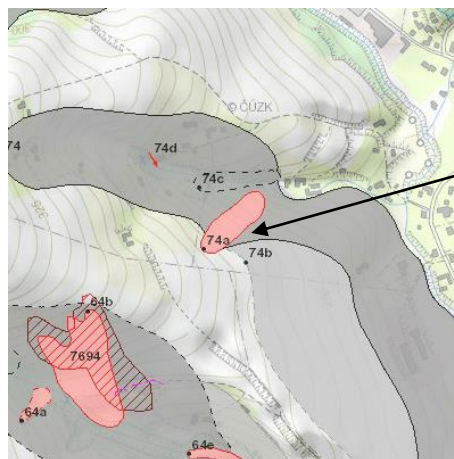
- 2. „Dvojčata“
- 3. „Nad firmou“
- 4. „Opilý“

Obr. 11 Sesuvy „Dvojčata“, „Nad firmou“ a „Opilý“  
(dostupné z: [http://mapy.geology.cz/svahove\\_nestability/](http://mapy.geology.cz/svahove_nestability/)).



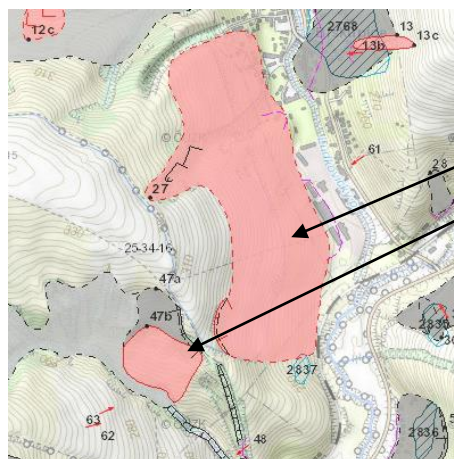
- 5. „Košíky“

Obr. 12 Sesuv „Košíky“ (dostupné z: [http://mapy.geology.cz/svahove\\_nestability/](http://mapy.geology.cz/svahove_nestability/)).



- 6. „Halenkovice“

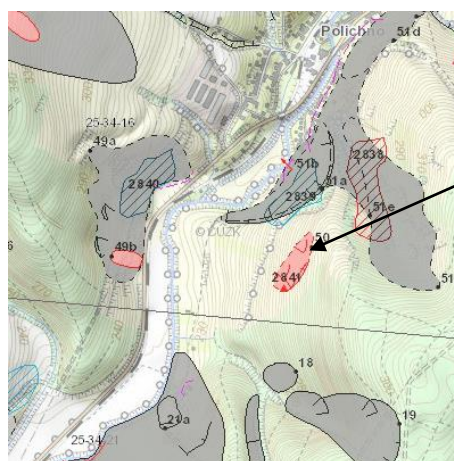
Obr. 13 Sesuv „Halenkovice“ (dostupné z: [http://mapy.geology.cz/svahove\\_nestability/](http://mapy.geology.cz/svahove_nestability/)).



7. „Nad družstvem“

8. „U zelené“

Obr. 14 Sesuvy „Nad družstvem“ a „U zelené“  
(dostupné z: [http://mapy.geology.cz/svahove\\_nestability/](http://mapy.geology.cz/svahove_nestability/)).



9. „U žluté“

Obr. 15 Sesuv „U žluté“ (dostupné z: [http://mapy.geology.cz/svahove\\_nestability/](http://mapy.geology.cz/svahove_nestability/)).

## 6.2 Rekognoskace sesuvných oblastí

Prvotní rekognoskace byla provedena autorem na všech vybraných sesuvných oblastech. Oblasti dva až šest byly rekognoskovány ve spolupráci s vedoucím práce a doktorandem Mgr. Lukášem Markem. Rekognoskace sesuvných území probíhaly od října 2013 do dubna 2014, ale v zimním období bylo potřeba práce přerušit z důvodu sněhové pokrývky na sesuvech.

Při rekognoskaci byly šetřeny charakteristiky jednotlivých sesuvů, které byly analogově zapisovány a následně převedeny do digitální podoby. Jedná se o šířku, délku a mocnost sesuvu a půdorysný tvar. Dále bylo zjištěno, zda a v jaké míře je sesuvná oblast zarostlá vegetací a zda se na jejím území nachází bezodtoká oblast. Jelikož ani jeden z rekognoskovaných sesuvů nebyl novým sesuvem, datum vzniku sesuvu bylo zjištěno z databáze ČGS. Při tvorbě rekognoskační zprávy byla doplněna lokalizace a slovní popis svahové nestability.

Součástí rekognoskace jsou i fotografie svahových nestabilit. Byly vyfoceny všechny důležité nerovnosti terénu vzniklé sesouváním a celkový pohled na sesuvnou oblast.

Fotografie byly následně postprodukčně upraveny v grafickém programu a byla z nich vytvořena fotogalerie, která je umístěna na přiloženém cd-rom.

Pro jednoduché vkládání dat do počítače byla vytvořena šablona v programu Microsoft Excel 2010, která po vyplnění a dodání fotografií slouží jako rekognoskační zpráva (tab. 1).

REKOGNOSKAČNÍ ZPRÁVA	
Datum rekognoskace:	Lokalizace:
Autor rekognoskace:	
Spolupracovali:	
Popis sesuvného území:	
	FOTO
Rozměr - délka (m):	
Rozměr - šířka (m):	
Mocnost (odhad, m):	
Půdorysný tvar:	
Stupeň aktivity:	
Geneze:	
Vývojové stádium:	
Stáří:	
Sanační opatření:	

Tab. 1 Prázdná šablona rekognoskační zprávy (autor: Martin Hradečný, 2014).

### 6.3 Geodetické zaměření vybraných sesuvů

Ke geodetickému zaměření byly vybrány sesuvné oblasti tři a devět na základě předchozí rekognoskace a konzultace s vedoucím práce. Oba sesuvy byly zaměřeny geodetickým GNSS přístrojem Topcon HiPer II zapůjčeným z Katedry geoinformatiky a byla vždy zaměřena celá plocha sesuvu. Bylo dbáno na zachycení průběhu celého sesuvu, včetně všech vyvýšenin, depresí, zlomů či jiných terénních nerovností. Byl použit souřadnicový systém S-JTSK (Jednotná trigonometrická síť katastrální).

#### 6.3.1 Zaměřené sesuvy

První byl zaměřen sesuv č. tři – „Nad firmou“. Zaměření proběhlo 7. dubna 2014, bylo vytvořeno 1055 bodů, což trvalo přibližně čtyři hodiny. Zaměření proběhlo bez větších problémů, jelikož sesuv se nachází z části na poli a z části na nevyužitých půdách a je k němu volný přístup (obr. 16).

Jedná se o sesuv proudového typu. Má typický tvar písmene U a délka výrazně převyšuje šířku, mocnost je asi 4 m. Nejvyšší bod sesuvu má nadmořskou výšku 289,6 m

n. m. a nejnižší 259,7 m n. m. V horní části je i přes poměrně vysokou vegetaci jasně zřetelná odlučná oblast, která postupně přechází v oblast transportní. V dolní části sesuvu, v akumulaciční části, je vytvořen náplavový kužel.



Obr. 16 Ortofotosnímek proudového sesuvu „Nad firmou“  
(WMS poskytované ČÚZK, dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/>, upraveno).

Dne 1. května 2014 proběhlo zaměření druhého sesuvu č. devět – „U žluté“. Při tomto zaměřování bylo vytvořeno 1754 bodů. Doba zaměřování byla přibližně pět a půl hodiny. Tato sesuvná oblast se nachází na pastvině pro dobytek chráněné dřevěným ohradníkem, a proto byl přístup mírně ztížen. Samotné zaměřování proběhlo bez problému díky dobrým observačním podmínkám.

Jedná se o sesuvné území složené ze tří plošných sesuvů (obr. 17), které jsou poměrně mělké. Dva sesuvy na sebe přímo navazují, třetí je vzdálen asi 20 metrů. Sesuvné území bylo ale zaměřeno komplexně. U tohoto sesuvu převládá šířka nad délkou a mocnost je přibližně jeden a půl metru. Nejvyšší bod sesuvu má nadmořskou výšku 301,1 m n. m. a nejnižší 270,8 m n. m. Sesuv je velmi členitý a obsahuje mnoho vyvýšenin a depresí, sesuvných bloků a podélných trhlin, které se stále tvarují. Je také částečně tvarován pasoucím se dobytkem, který na území sesuvu tvoří cestičky a jsou také patrné propady vlastní vahou na hranách bloků. Určit akumulaciční a transportní oblast bylo poměrně snadné, ale jelikož tento sesuv navazuje na jiný sesuv staršího data, určení odlučné části nebylo jednoznačné.



Obr. 17 Ortofotosnímek sesuvu „U žluté“

(WMS poskytované ČUZK, dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/>, upraveno).

### 6.3.2 Zpracování naměřených hodnot

Naměřené body bylo nejprve potřeba stáhnout z kontroléru do počítače. K tomuto úkonu je potřeba speciální aplikace Topcon Tools. O stažení bodů a vytvoření textového souboru se postaral vedoucí práce. V textovém souboru odpovídá jeden řádek jednomu naměřenému bodu a obsahuje ID (Identification) číslo, souřadnice X, souřadnice Y a souřadnice Z (nadmořská výška) v souřadnicovém systému S-JTSK (obr. 18). Tyto parametry jsou od sebe odděleny čárkou. Strukturu souboru je nutné znát z důvodu další práce, kterou je jeho převedení na bodovou vrstvu formátu ESRI Shapefile (SHP).

Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení	Nápověda
01	-519607.384	-1183795.735	283.900	,
02	-519605.949	-1183794.976	284.022	,
03	-519606.269	-1183793.214	283.928	,
04	-519607.827	-1183792.131	283.720	,
05	-519608.118	-1183793.552	283.860	,
06	-519608.220	-1183794.878	283.938	,
07	-519608.379	-1183796.264	283.670	,
08	-519610.221	-1183796.021	283.429	,
09	-519610.067	-1183794.497	283.735	,
010	-519609.873	-1183792.930	283.412	,
011	-519611.480	-1183792.413	283.228	,
012	-519610.894	-1183794.177	283.398	,

Obr. 18 Prvních dvanáct zaměřených bodů v textovém souboru (autor: Martin Hradečný, 2014).

Převod byl proveden v prostředí aplikace ArcGIS 10.1 v ArcCatalogu kliknutím pravým tlačítkem myši na textový soubor a zvolením Create feature class > From XY table. Zde bylo nutné zadat, na jakém místě v řádku se nachází souřadnice X, Y a Z. Po vyplnění požadovaného názvu, umístění a souřadnicového systému byla vytvořena bodová SHP vrstva. Správnost a rozmístění bodů bylo následně zkoumáno nad ortofotomapou (obr. 19). Větší shluky bodů jsou patrné v oblastech s výraznější změnou průběhu sesuvu.



Obr. 19 Rozmístění naměřených bodů v terénu

(podklad: WMS poskytované ČUZK, dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/>)

### 6.3.3 Tvorba DMR

K tvorbě DMR byla zvolena metoda TIN, jelikož grid by nedokázal zachytit strmost některých hran, odlučných stěn či bloků. Metoda TIN také zachovává vstupní výškové hodnoty naměřených bodů, což je žádoucí při poměrně malé výškové členitosti sesuvů.

TIN je rozdělen na malé dílčí plochy, většinou trojúhelníky, jejichž vrcholy odpovídají vstupním bodům. Rozdělení trojúhelníků podléhá tzv. Delaunay kritériu – uvnitř kružnice opsané jednoho trojúhelníku nesmí ležet jiný bod. Podle členitosti reliéfu lze tedy zmenšit či zvětšit množství a hustotu bodů (VOŽENÍLEK, 2001).


Díky důslednému zaměření všech důležitých lomových prvků na území sesuvu bylo množství bodů pro tvorbu TIN dostatečné. Nástrojem Create TIN z balíčku 3D Analyst byl v prostředí ArcGIS 10.1 vytvořen z bodové vrstvy TIN.

Vizualizace TIN byla provedena v aplikaci ArcScene, která je součástí ArcGIS 10.1. Zvolením vhodné barevné stupnice byly znázorněny výškové rozdíly jak celého sesuvu, tak i jeho jednotlivých součástí.

## 7 VÝSLEDKY

### 7.1 Rekognoskační zprávy

Jedním z výsledků této práce je devět rekognoskačních zpráv ze sesuvných území, které byly prozkoumány. Šablona pro vpisování rekognoskačních dat byla vytvořena v aplikaci Microsoft Excel 2010 a obsahuje několik polí pro vkládání textového, číselného nebo grafického obsahu, který by měl co nejpřesněji popsat charakter sesuvu (Tab. 2). Rekognoskační zprávy budou sloužit jako podklad pro budoucí práce v případě náhlého vývoje sesuvného území. Všechny rekognoskační zprávy jsou uvedeny v příloze a na přiloženém DVD.

REKOGNOSKAČNÍ ZPRÁVA			Nad Firmou
Datum rekognoskace:	18.2.2014		Lokalizace: Jihozápadní konec obce Bohuslavice u Zlína, nad průmyslovým objektem firmy STABOS u silnice směr Šarovy.
Autor rekognoskace:	Martin Hradečný		
Spolupracovali:	RNDr. Jakub Miřijovský, Mgr. Lukáš Marek		
Popis sesuvného území:	Sesuv proudového půdorysného tvaru mírně zarostlý vegetací. Zhruba polovina plochy sesuvu se nachází na zemědělské půdě, druhá polovina na nevyužívané ploše. Ve spodní části je zřetelná akumulační oblast, která výrazně převyšuje okolní terén a přes kterou vede nebezpečná komunikace. Transportní oblast je značně rozpraskána a v trhlinách se drží voda.		
		FOTO	
Rozměr - délka (m):	180		
Rozměr - šířka (m):	35		
Mocnost (odhad, m):	3,5		
Půdorysný tvar:	Proudový		
Stupeň aktivity:	aktivní		
Geneze:	přírozený		
Vývojové stádium:	finální		
Stáří:	vznik 2006		
Sanační opatření:	nezajištěn		

Tab. 2 Vyplněná rekognoskační zpráva (autor: Martin Hradečný, 2014)



## 8 DISKUZE

Při řešení praktické části této práce se vyskytlo několik poměrně závažných problémů, které ztížili nebo přímo znemožnili postupovat dle předběžného plánu. Některé z nich se podařilo vyřešit, jiné bohužel nikoliv.

Původní výběr vhodných sesuvů pro rekognoskaci nebo zaměření byl prováděn nad neaktuální databází, poskytnutou Katedrou geoinformatiky, ve které chybělo mnoho novějších sesuvů, a proto byla později nahrazena pravidelně aktualizovanou databází dostupnou online na internetových stránkách ČGS. Práce související s výběrem byly zahájeny poměrně pozdě (září 2013), a proto musely být i následující etapy časově posunuty.

Z důvodu nadcházející zimy byly též posunuty rekognoskační i zaměřovací práce, což se nakonec ukázalo jako bezproblémové řešení, jelikož letošní zima nepřinesla mnoho srážek, které se v této oblasti často projevují jako nejvýznamnější faktor sesunutí. Ze stejného důvodu bylo se svolením vedoucího práce upuštěno od jednoho z bodů zadání práce – vlastního dvojího zaměření vybraných sesuvů. Vybrané sesuvy byly tudíž zaměřeny pouze jednou. Druhé zaměření se předpokládá v průběhu roků 2014 až 2015 po vydatnějších srážkách, které by mohly ovlivnit vývoj sesuvu.

Většina vybraných sesuvů se nachází na pastvinách, na kterých se pase dobytek. Při rekognoskaci těchto území bylo poměrně obtížné se dostat až k sesuvu pro detailnější dokumentaci. Řešením by mohl být dalekohled nebo objektiv s větší ohniskovou vzdáleností.

Z původního plánu bylo též upuštěno od leteckého snímkování vybraných sesuvů z nízkých výšek, jelikož dron nebyl z důvodu poruchy schopný letu a později by již byla kvalita snímků a snímaného povrchu sesuvu ovlivněna rostoucí vegetací. Vhodné období pro nasnímání těchto sesuvů nastane na podzim nebo později na začátku zimy.

Výsledky práce mohou být dále použity pro budoucí zkoumání vývoje rekognoskovaných sesuvných území.

## 9 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vybrat vhodné sesuvy pro další zkoumání, důsledně je rekognoskovat (včetně pořízení fotodokumentace), vytipovat potenciálně aktivní sesuvy a ty následně zaměřit pomocí geodetických metod.

Teoretická část této práce se věnuje především faktorům a předpokladům pro vznik sesuvů půdy i jiných svahových nestabilit, ale i možnostem, jak sesuvy zaměřovat a následně monitorovat. Okrajově jsou též obsaženy možnosti sanace. Část práce se také věnuje geomorfologickým, geologickým, hydrologickým, klimatickým a půdním poměrům zájmového území Vnějších západních Karpat.

K výběru byla použita průběžně aktualizovaná databáze svahových nestabilit poskytovaná online Českou geologickou službou, čímž byla zaručena aktuálnost údajů o sesuvech.

Následná rekognoskace proběhla na několik etap rozdělených podle lokality sesuvů. Zaznačenými údaji byla šířka, délka a mocnost sesuvu, půdorysný tvar, stáří, geneze, aktivita, vývojové stádium, a zda byl někdy sesuv sanován. Taktéž byla autorem práce pořízena detailní fotodokumentace všech rekognoskovaných sesuvů, která je dostupná na internetových stránkách této práce.

Na závěr terénních prací proběhlo geodetické zaměření dvou vybraných sesuvů, které byly zhodnoceny jako nejaktivnější a mohly by se v budoucnu dále vyvíjet. K zaměření byl použit moderní GNSS přijímač. Na prvním sesuvu bylo naměřeno více než 1055 bodů s přesností 10-20 mm, u druhého se pouze zvýšil počet bodů na 1754, přesnost zůstala stejná především z důvodu přímého, ničím nekrytého výhledu na oblohu, použití RTK metody, ale i díky použité technice. Naměřené body mohou být dále použity při studování budoucího vývoje těchto svahů.

Díky této práci jsem si vyzkoušel náplň práce zaměstnanců ČGS věnujících se tolik problematickým sesuvům v oblasti Vnějších západních Karpat. Doufám, že výsledky práce budou použity pro následný detailní průzkum, popř. monitoringu pomocí moderních metod.

## POUŽITÁ LITERATURA

1. VOŽENÍLEK, Vít. *Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu*. 1. vyd. Editor Jaromír Demek, Peter Mackovčín. Olomouc: UP, 2001, 185 s. ISBN 80-244-0383-8.
2. MÍRJOVSKÝ, J. *Polohové a navigační systémy: přednášky z předmětu*. Olomouc: UP, 2013.
3. BALATKA, Břetislav. *Zeměpisný lexikon ČR*. Vyd. II. Editor Jaromír Demek, Peter Mackovčín. Brno: AOPK ČR, 2006, 580 s. ISBN 80-860-6499-9.
4. NEMČOK, A., PAŠEK, J., RYBÁŘ, J.: *Dělení svahových pohybů. Sborník geologických věd, řada Hydrogeologie a inženýrská geologie*, Praha, 1974, s. 77 – 93.
5. QUITT, E. *Klimatické oblasti Československa*. Praha: ČSAV - GgÚ Brno, 1971, 82 s.
6. MACKOVČÍN, P., JATIOVÁ, M. a kol.: *Zlínsko*. AOPK ČR., 2002, Brno, 374 s.
7. NEMČOK, A. *Zosuvy v Slovenských Karpatoch*. Veda, SAV Bratislava, 1982, 320 s.
8. ZÁRUBA, Q., MENCL, V. *Sesuvy a zabezpečování svahů*. Academia, Praha, 1987, 340 s.
9. SKUPIEN, P. *Albian non-calcareous dinoflagellates of the Western Carpathian*. *Slovak Geological Magazine*, 2004, s. 203-214.
10. ČTYROKÝ, P., STRÁNÍK, Z. *Zpráva pracovní skupiny české stratigrafické komise o regionálním dělení Západních Karpat*. *Věstník ČGÚ*, Praha, s. 70, 3, 67 – 72.
11. TERZAGHI, K. *Mechanism of Landslides Memoirs Geol. Soc. Amer., Berkley Vol.*, New York, 1950, s. 89-123.
12. ZÁRUBA, Q., MENCL, V. *Sesuvy a zabezpečování svahů*. Academia, Praha, 1987, 338 s.
13. PAŠEK, J., MATULA, M. a kol.: *Inženýrská geologie I., II.*: Česká matice technická, Praha, 1995, 610 s.

14. NEŠVARA, P. *Vyhodnocení účinnosti sanace odvodněním na vybraných sesuvech ve flyši*. Sborník příspěvků 27. konference zakládání staveb Brno 1998, Akademické nakladatelství CERM s. r. o., Brno, 1999, s. 20-25.

15. ROZSYPAL, A. *Kontrolní sledování a rizika v geotechnice*. Jaga group, Bratislava, 2001, 220 s.

16. DEMEK, J. *Obecná geomorfologie*. Praha: ČSAV, 1988. 476 s.

Internetové zdroje:

17. ČGS. *Svahové nestability* [online]. 2012 [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://www.geology.cz/svahovenestability>

18. MARSCHALCO, MÜLLEROVÁ, IDEŠ. *Svahové deformace: výukové multimediální texty* [online]. 2002 [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/svadef/default.htm>

19. MAPY.CZ. *Mapy.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://mapy.cz/>

20. ČÚZK. *Geoportál* [online]. 2010 [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/>

21. GOOGLE, Inc. *Google Maps* [online]. 2014 [cit. 2014-05-19]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/>

## **SUMMARY**

This bachelor thesis shows the process and results of the reconnaissance and geodetic surveying of the landslides in the Outer Western Carpathians, specifically in the Zlín region.

This thesis contains of two parts – research and practical work. The second part was made sooner, because it needs more time to do. The first task of the practical work was about choosing landslides good for future work. A database from ČGS was very useful with completing this task, because it is online and actual.

Second task in the practical part was the reconnaissance of the chosen landslides. Important characteristics of a specific landslide are length, width, thickness, age, genesis, activity level and if the landslide was remediated in the past. Also taking photos is very important for the reconnaissance. I collected data and photos from nine landslides.

Third task was about geodetic surveying potentially active landslides, which I choose two. A professional geodetic GNSS receiver was used to survey on a whole surface of specific landslide. After the work in a terrain, the points were downloaded into computer and the DMR was made from them using a GIS software. The TIN method was used for creating the DMR.

The theoretical part of the thesis was about researching the current status of landslide surveying, monitoring and remediation. One chapter is about geological, geomorphological, hydrological and pedological factors, which may cause landslides in Zlín region.

# **PŘÍLOHY**

## **VÁZANÉ PŘÍLOHY**


Příloha 1 – Rekognoskační zprávy

Příloha 2 – Vybrané fotografie

## **VOLNÁ PŘÍLOHA**

Příloha 3, volná – DVD


Tab. 1 Rekognoskace Maděrovec

REKOGNOSKAČNÍ ZPRÁVA			Maděrovec
Datum rekognoskace:	28.10.2013		Lokalizace:
Autor rekognoskace:	Martin Hradečný		Sesuv východně od obce Brumov-Bylnice v místní části Hluboče. Jižně od kravína na Maděrovci.
Spolupracovali:			
Popis sesuvného území:	Rozsáhlý sesuv, který v roce 2006 strhl dvě stavení. Ve své spodní část (transportní) značně zarostlý vegetací, odlučná část stále aktivní. Nová akumulační oblast se tvoří zhruba v půli kopce u napájedla pro dobytek.		
			FOTO
Rozměr - délka (m):	447		
Rozměr - šířka (m):	230		
Mocnost (odhad, m):	odlučná - 1; transportní - až 4		
Půdorysný tvar:	proudový		
Stupeň aktivity:	aktivní		
Geneze:	přírodní		
Vývojové stádium:	rozvinutý		
Stáří:	vznik 2006		
Sanační opatření:	žádné		


Tab. 2 Rekognoskace Dvojčata

REKOGNOSKAČNÍ ZPRÁVA			Dvojčata
Datum rekognoskace:	18.2.2014		Lokalizace:
Autor rekognoskace:	Martin Hradečný		Sesuv na poli západně od obce Bohuslavice u Zlína. 300 m severně od zahrádkářské kolonie.
Spolupracovali:	Jakub Miřijovský, Lukáš Marek		
Popis sesuvného území:	Dva sesuvy spojené ve své akumulační části. Značně zarostlé vegetací. Nepředpokládá se další vývoj.		
			FOTO
Rozměr - délka (m):	150		
Rozměr - šířka (m):	74		
Mocnost (odhad, m):	2		
Půdorysný tvar:	dva proudové		
Stupeň aktivity:	dočasně uklidněný		
Geneze:	přírodní		
Vývojové stádium:	finální		
Stáří:	vznik 2006		
Sanační opatření:	žádné		

Tab. 3 Rekognoskace Nad firmou

REKOGNOSKAČNÍ ZPRÁVA			Nad Firmou
Datum rekognoskace:	18.2.2014		Lokalizace: Jihozápadní konec obce Bohuslavice u Zlína, nad průmyslovým objektem firmy STABOS u silnice směr Šarovy.
Autor rekognoskace:	Martin Hradečný		
Spolupracovali:	RNDr. Jakub Miřijovský, Mgr. Lukáš Marek		
Popis sesuvného území:	Sesuv proudového půdorysného tvaru mírně zarostlý vegetací. Zhruba polovina plochy sesuvu se nachází na zemědělské půdě, druhá polovina na nevyužívané ploše. Ve spodní části je zřetelná akumulční oblast, která výrazně převyšuje okolní terén a přes kterou vede nezpevněná komunikace. Transportní oblast je značně rozpraskána a v trhlinách se drží voda.		
			FOTO
Rozměr - délka (m):	180		
Rozměr - šířka (m):	35		
Mocnost (odhad, m):	3,5		
Půdorysný tvar:	Proudový		
Stupeň aktivity:	aktivní		
Geneze:	přírozený		
Vývojové stádium:	finální		
Stáří:	vznik 2006		
Sanační opatření:	nezajištěn		

Tab. 4 Rekognoskace Opilý

REKOGNOSKAČNÍ ZPRÁVA			Opilý
Datum rekognoskace:	18.2.2014		Lokalizace: Sesuv východně od obce Bohuslavice u Zlína, jižně od Novostaveb na východním konci.
Autor rekognoskace:	Martin Hradečný		
Spolupracovali:	Jakub Miřijovský, Lukáš Marek		
Popis sesuvného území:	Mladší sesuv vzniká na pastvině nad starším sesuvem. Na starším sesuvu je vzrostlá vegetace - tzv. opilý les.		
			FOTO
Rozměr - délka (m):	87		
Rozměr - šířka (m):	49		
Mocnost (odhad, m):	1		
Půdorysný tvar:	plošný		
Stupeň aktivity:	aktivní		
Geneze:	přírodní		
Vývojové stádium:	rozvinutý		
Stáří:	vznik 2010		
Sanační opatření:	žádné		


Tab. 5 Rekognoskace Košíky

REKOGNOSKAČNÍ ZPRÁVA			Košíky
Datum rekognoskace:	18.2.2014		Lokalizace: Jižní konec obce košíky, po levé straně směrem do obce.
Autor rekognoskace:	Martin Hradečný		
Spolupracovali:	Jakub Miřijovský, Lukáš Marek		
Popis sesuvného území:	Nevýrazný sesuv značně zarostlý vegetací. Nepředpokládá se jeho další vývoj.		
		FOTO	
Rozměr - délka (m):	56		
Rozměr - šířka (m):	36		
Mocnost (odhad, m):	1		
Půdorysný tvar:	plošný		
Stupeň aktivity:	dočasně uklidněný		
Geneze:	přírodní		
Vývojové stádium:	finální		
Stáří:	vznik 2006		
Sanační opatření:	žádné		

Tab. 6 Rekognoskace Halenkovická

REKOGNOSKAČNÍ ZPRÁVA			Halenkovická
Datum rekognoskace:	18.2.2014		Lokalizace: Západně od obce Halenkovice, místní část Lipová. V kopci vedle lesíka.
Autor rekognoskace:	Martin Hradečný		
Spolupracovali:	Jakub Miřijovský, Lukáš Marek		
Popis sesuvného území:	Značně zvrásněný povrch sesuvu. Porostlý nízkou vegetací. Částečně ovlivněn zemědělskou technikou.		
		FOTO	
Rozměr - délka (m):	150		
Rozměr - šířka (m):	60		
Mocnost (odhad, m):	2		
Půdorysný tvar:	plošný		
Stupeň aktivity:	aktivní		
Geneze:	přírodní		
Vývojové stádium:	rozvinutý		
Stáří:	vznik 2006		
Sanační opatření:	žádné		


Tab. 7 Rekognoskace Nad družstvem

REKOGNOSKAČNÍ ZPRÁVA			Nad družstvem
Datum rekognoskace:	16.4.2014		Lokalizace: Jihozápadně od obce Biskupice, na pastvině pro dobytek, nad místním družstvem
Autor rekognoskace:	Martin Hradečný		
Spolupracovali:			
Popis sesuvného území:	Mělký proudový sesuv, který je ve své odlučné části zajištěn vzrostlým stromem, přes který ale přesahuje až na pole za ohradníkem.		
			FOTO
Rožměr - délka (m):	96		
Rožměr - šířka (m):	24		
Mocnost (odhad, m):	1		
Půdorysný tvar:	proudový		
Stupeň aktivity:	dočasně uklidněný		
Geneze:	přírodní		
Vývojové stádium:	rozvinutý		
Stáří:	vznik 2006		
Sanační opatření:	žádné		

Tab. 8 Rekognoskace U zelené

REKOGNOSKAČNÍ ZPRÁVA			U zelené
Datum rekognoskace:	16.4.2014		Lokalizace: Sesuv na pastvině pro krávy severně od obce Polichno, nalevo od zelené turistické značky směr Maršov.
Autor rekognoskace:	Martin Hradečný		
Spolupracovali:			
Popis sesuvného území:	Mělký sesuv s výraznou thlinou v odlučné oblasti. Při vyšších srážkách lze očekávat další vývoj.		
			FOTO
Rožměr - délka (m):	54		
Rožměr - šířka (m):	87		
Mocnost (odhad, m):	1		
Půdorysný tvar:	frontální		
Stupeň aktivity:	aktivní		
Geneze:	přírodní		
Vývojové stádium:	rozvinutý		
Stáří:	vznik 2006		
Sanační opatření:	žádné		

Tab. 9 Rekognoskace U žluté

REKOGNOSKAČNÍ ZPRÁVA		U žluté
Datum rekognoskace:	16.4.2014	Lokalizace: Sesuv na pastvině pro krávy jihovýchodně od obce Polichno, napravo od žluté turistické značky směr Goliáška.
Autor rekognoskace:	Martin Hradečný	
Spolupracovali:		
Popis sesuvného území:	Rozsáhlé sesuvné území složené ze třech menších sesuvů, které navazují na starší sesuv, který vystupuje na okraj lesa. Značně zvlněná a rozpraskaná oblast.	
		FOTO
Rozměr - délka (m):	48	
Rozměr - šířka (m):	231	
Mocnost (odhad, m):	1	
Půdorysný tvar:	frontální	
Stupeň aktivity:	aktivní	
Geneze:	přírodní	
Vývojové stádium:	rozvinutý	
Stáří:	vznik 2006	
Sanační opatření:	výsadba stromků	



Obr. 1 Maděrovec 1 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 2 Maděrovec 2 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 3 Dvojčata 1 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 4 Dvojčata 2 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 5 Nad firmou 1 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 6. Nad firmou 2 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 7 Opilý 1 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 8 Opilý 2 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 9 Košíky 1 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 10 Košíky 2 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 11 Halenkovická 1 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 12 Halenkovická 2 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 13 Nad družstvem 1 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 14 Nad družstvem 2 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 15 U zelené 1 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 16 U zelené 2 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 17 U žluté 1 (autor: Martin Hradečný).



Obr. 18 U žluté 2 (autor: Martin Hradečný).