

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

OBOR GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

KATEDRA SPECIÁLNÍ GEODÉZIE



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Monitoring sesuvu u Třebenic

Monitoring of landslide near Třebenice

Autor: Bc. Jakub Háva

Vedoucí práce: doc. Ing. Rudolf Urban, Ph.D.

Praha, 2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Háva Jméno: Jakub Osobní číslo: 396876
Zadávající katedra: Katedra speciální geodézie
Studijní program: Geodézie a kartografie
Studijní obor: Geodézie a kartografie

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Monitoring sesuvu u Třebenice
Název diplomové práce anglicky: Monitoring of landslide near Třebenice

Pokyny pro vypracování:

Praktické zaměření dvou etap sesuvu pomocí GNSS a totální stanice. Rozbory přesnosti použité měřické metody. Vyrovnání geodetické sítě dle MNČ. Vyhodnocení posunů sledovaných bodů sesuvu.

Seznam doporučené literatury:

Urban, R.: Geodetické práce při měření posunů a přetvoření stavebních objektů. 1. vyd. Praha. CTU Publishing House, 2015.

Štroner, M. - Hampacher, M.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. 1. vyd. Praha: CTU Publishing House, 2011. 313 s. ISBN 978-80-01-04900-6.

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Rudolf Urban, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 15.2.2017

Termín odevzdání diplomové práce: 21.5.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

16.2.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval zcela samostatně. Použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v seznamu zdrojů.

V Praze dne

.....

Bc. Jakub Háva

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Rudolfovi Urbanovi, Ph.D. za pomoc při zpracování této práce a za jeho cenné připomínky. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Janu Balkovi za zapůjčení GNSS přístrojů a mému spolužákovi Bc. Janu Velíškovi za pomoc při měření této práce. A dále bych chtěl poděkovat své rodině a kamarádům za podporu po celou dobu mého studia.

Abstrakt

Tato diplomové práce se zabývá zaměřením bodů, které jsou podezřelé z posunu. Měření bylo provedeno ve dvou etapách. Cílem práce je určení výsledných polohových i výškových posunů těchto bodů.

Měření bylo provedeno v sesuvném území mezi Třebenicemi a Dlažkovicemi. Sledované body byly stabilizovány na zabetonovaných ocelových tyčích. V obou etapách byl polygonový pořad zaměřen pomocí trojpodstavcové sestavy a byl připojen na 2 fixní body, na kterých proběhla GNSS observace.

Obě etapy byly vyrovnány v programu EasyNET a porovnány mezi sebou. Výsledné posuny jsou uvedeny v přehledných tabulkách.

Abstract

This diploma thesis deals with the focusing of points that are suspicious of the shift. The measurements were carried out in two stages. The aim of the thesis is to determine the resulting positional and height displacements of these points.

The measurements were made in the sliding area between Trebenice and Dlažkovice. The observed points were stabilized on the reinforced steel bars. In both stages, the polygon program was targeted by a three-stacked assembly and was connected to 2 fixed points on which GNSS observations were made.

Both stages were aligned in EasyNET and compared to each other. The resulting shifts are shown in the tables.

Klíčová slova

Posun - etapové měření – PrecisPlanner – EasyNET - transformace

Keaywords

Shift - Stage Measurement - PrecisPlanner - EasyNET - Transformation

OBSAH

Úvod	10
1. Geodetický monitoring	11
1.1. Základní pojmy o posunech a deformacích	11
1.2. Metody pro určování posunů	11
2. Sesuvné území u Třebenic	13
2. 1. Historický vývoj	13
2. 2. Současný stav pozorování	14
3. Rekognoskace terénu	15
4. Rozbor přesnosti před měřeními	16
4. 1. Příprava vstupních dat	16
4. 1. 1. Příprava souřadnic	16
4. 1. 2. Příprava souboru měření	17
4. 2. Přesnosti vstupních dat	17
4. 3. Zpracování vstupních souborů	18
4. 3. 1. Mapa souřadnic	18
4. 3. 2. Mapa měření	19
4. 4. Výpočet, protokol, výsledky	20
5. Použité přístroje a pomůcky	21
5. 1. Totální stanice Trimble S6	21
5. 2. Ostatní pomůcky	22
5. 3. GNSS	23
6. Měření	24
6. 1. GNSS observace	24
6. 2. Etapové měření	24
7. Zpracování měření	25
7. 1. Zpracování GNSS měření	25
7. 2. Převod souřadnic	25
7. 2. 1. Převod z ITRF2000 do ETRF89	26
7. 2. 2. Převod z ETRF89 do S-JTSK	27
7. 3. Zpracování měření v programu EasyNET	29
7. 3. 1. Vyrovnání 0. etapy	31

7. 3. 2. Vyrovnání 1. etapy	39
8. Vyhodnocení posunů mezi etapami	43
Závěr	49
Seznam obrázků	50
Seznam tabulek	52
Použitá literatura	53
Seznam příloh	54

Seznam použitých zkratek

MNČ – Metoda nejmenších čtverců

ITRF2000 – Mezinárodní referenční terestrický systém z roku 2000

ETRF89 – Evropský referenční terestrický systém z roku 1989

S-JTSK – Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální

GEONAS – Geodynamická síť GPS stanic a observatoří

CODE – Evropské centrum pro stanovení oběžné dráhy Země

ADDNEQ2 – Program pro zpracování GNSS měření

Úvod

Předkládaná diplomová práce se zabývá zaměřením bodů v geologicky nestabilní oblasti mezi Třebenicemi a Dlažkovicemi, které byly již v historii sledovány. Předěšlý monitoring se soustředil pouze na sledování posunů v daném směru sesuvu, a proto bylo navrženo komplexní geodetické sledování. V rámci této diplomové práce byly realizovány první dvě etapy zaměření včetně vyhodnocení případných prokazatelných posunů. Cílem této diplomové práce je tedy určit posuny na jednotlivých sledovaných bodech.

Práce je členěna do osmi kapitol. První kapitola je věnována seznámení se základními pojmy o posunech a dále se zabývá geodetickým monitoringem. V druhé části je popsáno území, kde měření probíhalo a také historický vývoj tohoto území. Třetí kapitola obsahuje rekognoskaci terénu. Čtvrtá kapitola se zabývá rozbohem přesnosti před měřením, což zahrnuje přípravu vstupních dat, stanovení jejich přesnosti a zpracování apriorní přesnosti sledovaných bodů. V páté kapitole jsou popsány přístroje, se kterými bylo měřeno a šestá kapitola se zabývá popisem samotného měření, které zahrnuje GNSS observaci a vlastní etapové měření. Sedmá kapitola je poté věnována zpracování měření a v osmé kapitole jsou zaznamenány a zpracovány výsledky, kterých bylo dosaženo.

1. Geodetický monitoring

V této části bylo využito [1], [2].

Geodetický monitoring je součástí vědní disciplíny inženýrské geodézie, který zahrnuje činnosti, pomocí kterých se na základě etapového měření a pozorování daného objektu předpovídá jeho budoucí vývoj. Monitoring se uplatňuje v oblastech, ve kterých je pravděpodobný nebo již prokázáný posun nebo přetvoření. Působením vnějších vlivů, jako je například kolísání hladiny spodní vody, změna teploty, vlhkost nebo stlačitelnost podloží, mohou stavební objekty měnit svoji prostorovou polohu. To potom může vést ke špatné funkčnosti a bezpečnosti stavebního objektu.

Geodetický monitoring se dělí na aktivní a pasivní. Při aktivním monitoringu jsou v krátkém časovém úseku pořizována měřená data a ihned zpracována, zatímco u pasivního monitoringu jsou data pořizována a zpracována s časovým odstupem.

1.1. Základní pojmy o posunech a deformacích

Pod pojmy posun a deformace rozumíme změny v prostorové poloze objektů či jejich konstrukcí.

Posun je možno definovat jako prostorovou změnu v poloze stavebního objektu nebo jeho části oproti poloze v základní nebo předešlé etapě měření vztažené k pevným bodům, které jsou nezávislé na sledovaném objektu. Posuny mohou být buď relativní, nebo absolutní. Relativní posun je vztažen k ostatním pozorovaným bodům. Absolutní posun je vztažen k referenčnímu geodetickému systému.

Deformace je změna tvaru konstrukce objektu oproti tvaru konstrukce při základní nebo předešlé etapě měření. Při posunu nemusí nastat deformace.

1.2. Metody pro určování posunů

Při sledování svahových sesuvů se společně s geodetickými metodami uplatňují ještě metody geotechnické. Geotechnické metody používají přístroje, jako jsou například inklinometry, náklonoměry, extenzometry nebo přístroje pro hydrostatickou nivelaci. Z geodetických metod se nejčastěji používá polární metoda, metoda záměrné přímky, metoda polygonového pořadu nebo metoda trigonometrická. Oproti geodetickým

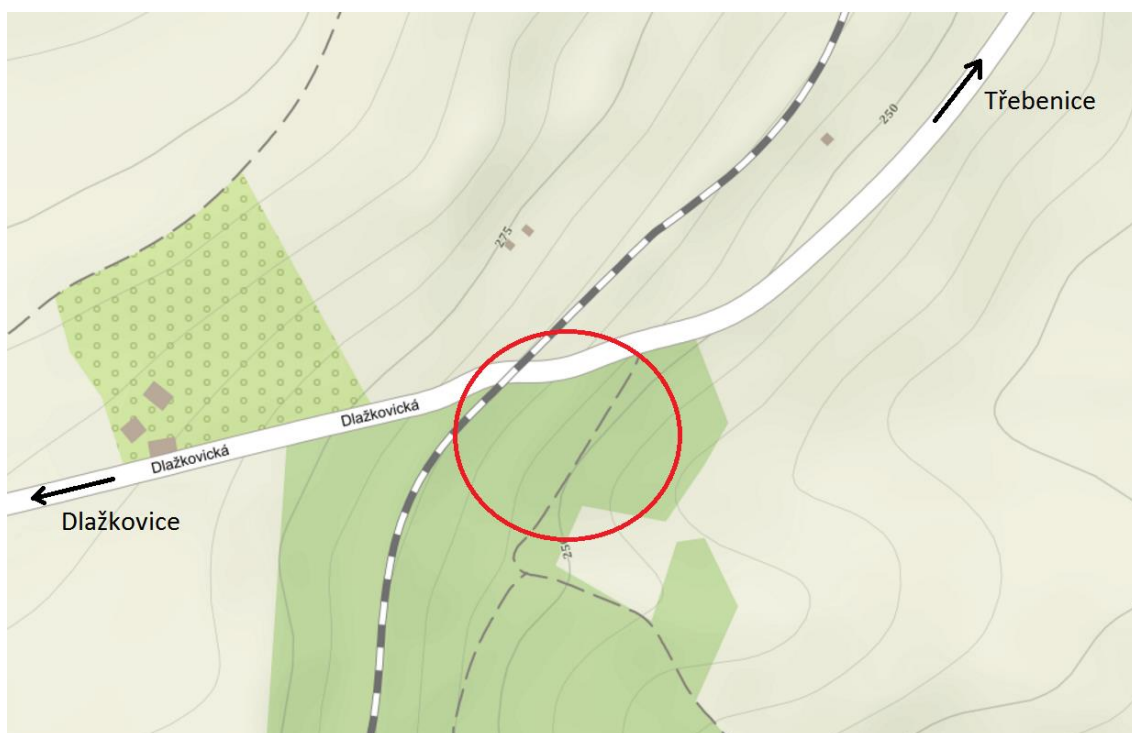
metodám jsou geotechnické metody finančně náročnější a pro měření je potřeba vybudovat hluboké vrtné sondy.

V dnešní době se stále více prosazují moderní metody, jako jsou fotogrammetrie, laserové skenování, nebo metody GNSS.

2. Sesuvné území u Třebenic

V této části bylo využito [3].

Zájmová lokalita se nachází v Českém středohoří na jihovýchodním svahu pahorku Malá kozí horka mezi Třebenicemi a Dlažkovicemi (Obr. 1). Sledovaná lokalita je výjimečná tím, že patří k místům dlouhodobě sledovaným a tím, že v její blízkosti se nacházejí železniční trať a silnice, které jsou díky častému sesuvu opakovaně poškozovány.



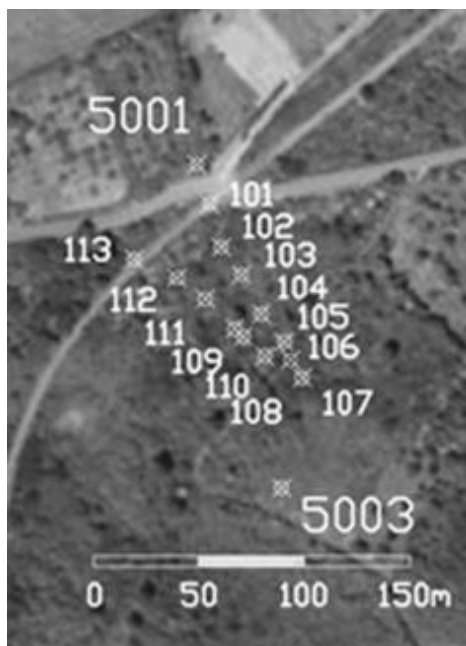
Obr. 1 Sesuvné území u Třebenic (zdroj: mapy.cz)

2. 1. Historický vývoj

V souvislosti s deformací železniční tratě byly první pohyby zaznamenány již v roce 1938. Po neustálém porušování železniční trati byl v roce 1970 vypracován inženýrsko-geologický průzkum, který sloužil jako podklad pro sanaci. I přes provedenou sanaci se v roce 1981 opět projeví deformace na drážním tělese. Na základě zjištěných událostí byl vypracován projekt pro další sanaci. Ten spočíval jak ve snížení hladiny podzemní vody, tak ve stabilizaci svahu pomocí betonových pilot.

2. 2. Současný stav pozorování

Od roku 1994 až do současnosti probíhají v této oblasti pravidelná měření na dvou extenzometrických profilech (Obr. 2) a právě na těchto (101 – 113) bodech bylo měřeno. Měření na těchto dvou extenzometrických profilech bohužel nebyly k dispozici, a proto nebylo možné výsledky této práce s tímto měřením konfrontovat.

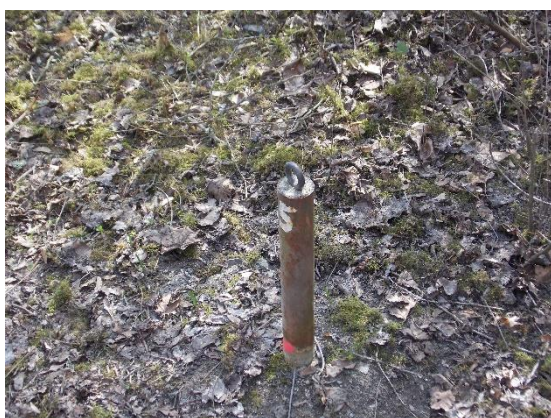


Obr. 2 Přehledka bodů

Z dlouhodobých měření je zřejmé, že oblast je stále nestabilní. Pohyby se pohybují v jednotkách centimetrů za rok.

3. Rekognoskace terénu

Dne 8. 12. 2017 byla za doprovodu Ing. Jana Balka provedena rekognoskace terénu, při které byly představeny sledované body a dva body pro GNNS měření. Body pro GNNS měření byly stabilizovány pomocí zabetonovaného roxoru a pomocí plastového mezníku. Sledované body byly stabilizovány zabetonovanou železnou tyčí (Obr. 3), popřípadě nastřelovacím hřebíkem (Obr. 4). Na železných tyčích jsou oka, ve kterých je vyražen důlčík (Obr. 5). Při této rekognoskaci byl proveden měřický náčrt, který poté sloužil pro přípravu vstupních souřadnic do rozboru přesnosti před měřením (*Kapitola 4.1.1.*) a pro místopisy jednotlivých sledovaných bodů (*Příloha 1*).



Obr. 3 Stabilizace bodu - železná tyč



Obr. 4 Stabilizace bodu - nastřelovací
hřebík



Obr. 5 Železná tyč - důlčík

4. Rozbor přesnosti před měřením

V této části bylo využito [4].

Rozbor přesnosti před měřením byl proveden v programu PreciPlanner 3D, jehož autorem je prof. Ing. Martin Štroner, Ph.D.. Tento program umožňuje na základě přibližných souřadnic definujících konfiguraci měření, výběru měřených veličin a jejich přesnosti určit přesnost výsledných souřadnic včetně kovarianční matice. Slouží k vyrovnání rovinných, prostorových i výškových geodetických sítí. Demo verze programu je volně k dispozici na stránkách autora.

4. 1. Příprava vstupních dat

Prvním krokem při rozboru přesnosti bylo vytvoření vstupních souborů.

4. 1. 1. Příprava souřadnic

Pro výpočet modelu je potřeba znát přibližné souřadnice sledovaných bodů. Tyto souřadnice byly vypočteny z předchozího geodetického měření, které v dané lokalitě provedl Ing. Jan Balek, a z délek měřených pásmem při tvoření místopisu. Počátek byl zvolen v bodě č. 5001, na kterém byla prováděna GNNS observace.

Na Obr. 6 je ukázka vstupního souboru. Podrobné body jsou číslovány od 101, stanoviska od 4001 a pevné body od 5001. Sloupce za číslem bodu znázorňují souřadnice daného bodu, přesnost centrace, přesnost umístění hranolu na bodě. Poslední sloupec označuje, zda je bod v síti považován za volný „a“ nebo za fixní „f“.

Z důvodu nutnosti vložení přesnosti bodů byly do vstupního souboru vloženy dva pseudobody 5001.1 a 5003.1, které měly stejné souřadnic jako body 5001.0 a 5003.0.

```
101.0 16.67940 9.98860 -2.01660 0.00050 0.00050 a
102.0 34.38200 21.79100 -7.93330 0.00050 0.00050 a
103.0 50.24300 25.24640 -9.86600 0.00050 0.00050 a|
4001.0 14.62130 8.08700 -0.47630 0.00000 0.00000 a
4002.0 24.82710 15.32760 -5.00900 0.00000 0.00000 a
4003.0 39.25570 22.75290 -7.59500 0.00000 0.00000 a
5003.1 130.83840 88.12530 -18.23210 0.00000 0.00000 f
5001.1 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 f
5003.0 130.83840 88.12530 -18.23210 0.00000 0.00000 a
5001.0 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 a
```

Obr. 6 Ukázka vstupního souboru přibližných souřadnic

4. 1. 2. Příprava souboru měření

Rozbor přesnosti byl modelován pro měření pomocí trojpodstavcové soupravy, kdy stanoviska byla volena mezi sledovanými body. Sledované body byly tedy měřeny dvakrát, vždy ze dvou nejbližších stanovisek.

Soubor měření obsahuje 4 sloupce viz. Obr. 7. První sloupec značí typ měření. Pro vodorovný směr je použita zkratka „di“, pro zenitový úhel „zu“, pro šikmou délku „sd“, pro převýšení „pr“ a pro vodorovnou délku „vd“. Ve druhém sloupci je číslo stanoviska. Ve třetím je číslo bodu na, který bylo měřeno, a v posledním sloupci je uvedena přesnost.

```
zu 4001.00 5001.00 0.00100
di 4001.00 5001.00 0.00100
sd 4001.00 5001.00 0.00100
zu 4001.00 101.00 0.00100
di 4001.00 101.00 0.00100
sd 4001.00 101.00 0.00100
pr 5003.10 5003.00 0.00166
pr 5001.10 5001.00 0.00166
vd 5001.10 5001.00 0.00410
vd 5003.10 5003.00 0.00410
```

Obr. 7 Ukázka vstupního souboru měření

4. 2. Přesnosti vstupních dat

Pro sledované body byla zvolená přesnost umístění hranolu na bodě $\sigma_{c-hran} = 0,5$ mm a přesnost určení výšky hranolu $\sigma_h = 0,5$ mm.

Pro fixní body č. 5001.1 a č. 5003.1 byla vypočtena přesnost centrace dle vzorce

$$S_c = \sqrt{\sigma_{XY}^2 + \sigma_{c-GNSS}^2 + \sigma_{c-hran}^2}, \quad (1)$$

kde $\sigma_{XY} = 1,5$ mm je polohová přesnost určení bodu pomocí GNSS

$\sigma_{c-GNSS} = 0,5$ mm je přesnost centrace GNSS stanice

$\sigma_{h-hran} = 0,5$ mm je přesnost umístění hranolu na bodě

$$S_c = 1,66 \text{ mm}$$

Přesnost určení výšky cíle byla vypočtena podle vzorce

$$S_v = \sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_{v-GNSS}^2 + \sigma_{h-hran}^2} \quad (2)$$

kde $\sigma_z = 4 \text{ mm}$ je výšková přesnost určení bodu pomocí GNSS

$\sigma_{v-GNSS} = 0,5 \text{ mm}$ je přesnost určení výšky GNSS stanice

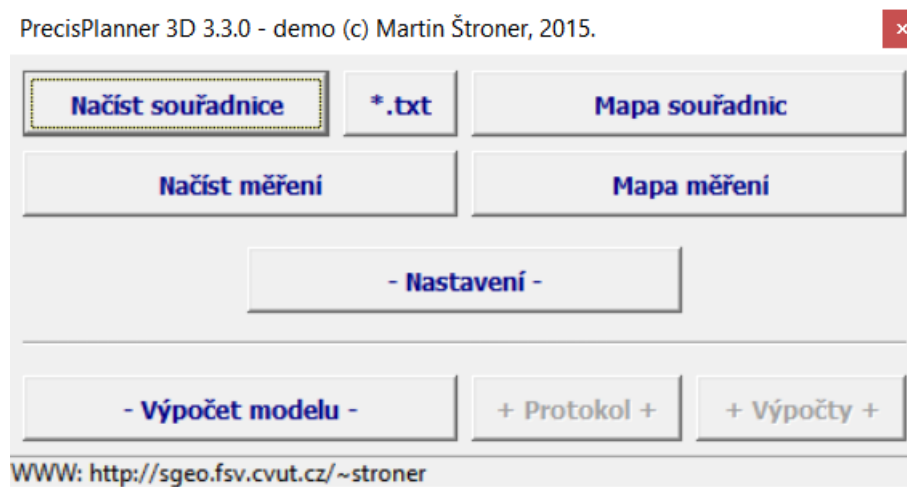
$\sigma_{h-hran} = 0,5 \text{ mm}$ je přesnost výšky hranolu na bodě

$$S_v = 4,1 \text{ mm}$$

Pro měření byla vybrána totální stanice Trimble S6 (*Kapitola 5. 1.*) s přesností pro měření úhlů 0,3 mgon a pro délky 1 mm + 1ppm. Kvůli velice krátkým záměrům byla ale tato přesnost po konzultaci s vedoucím práce v rozboru přesnosti před měřením zhoršena na 1 mgon ve směrech.

4. 3. Zpracování vstupních souborů

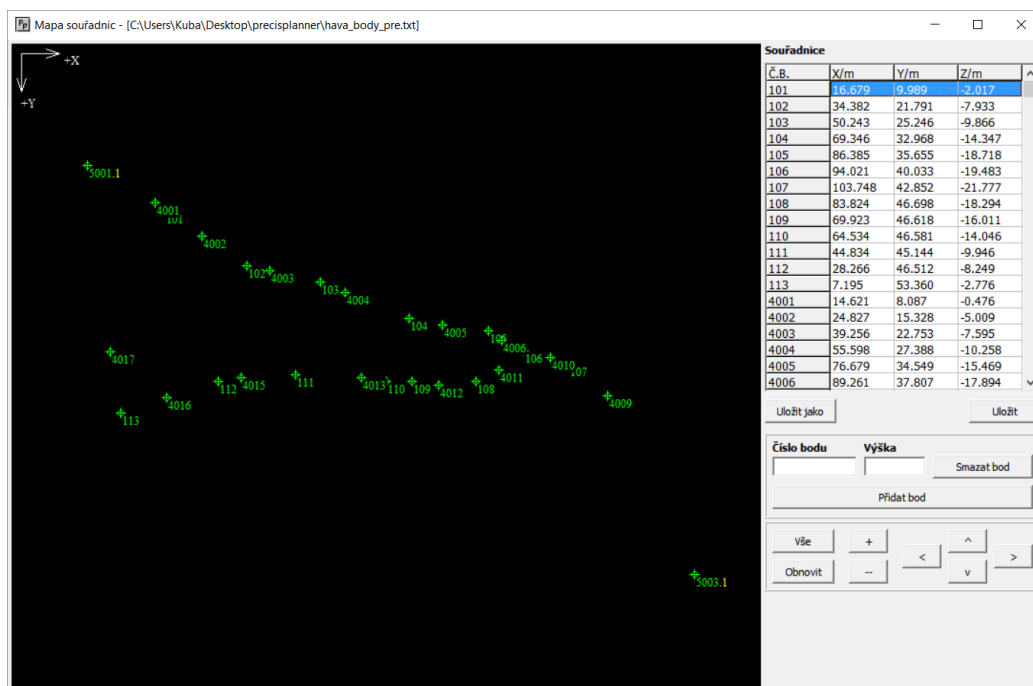
Po spuštění programu se zobrazí hlavní okno (Obr. 8). Nejprve je zapotřebí pomocí tlačítek „Načíst souřadnice“ a „Načíst měření“ načíst z textového souboru souřadnice a měření.



Obr. 8 Hlavní okno

4. 3. 1. Mapa souřadnic

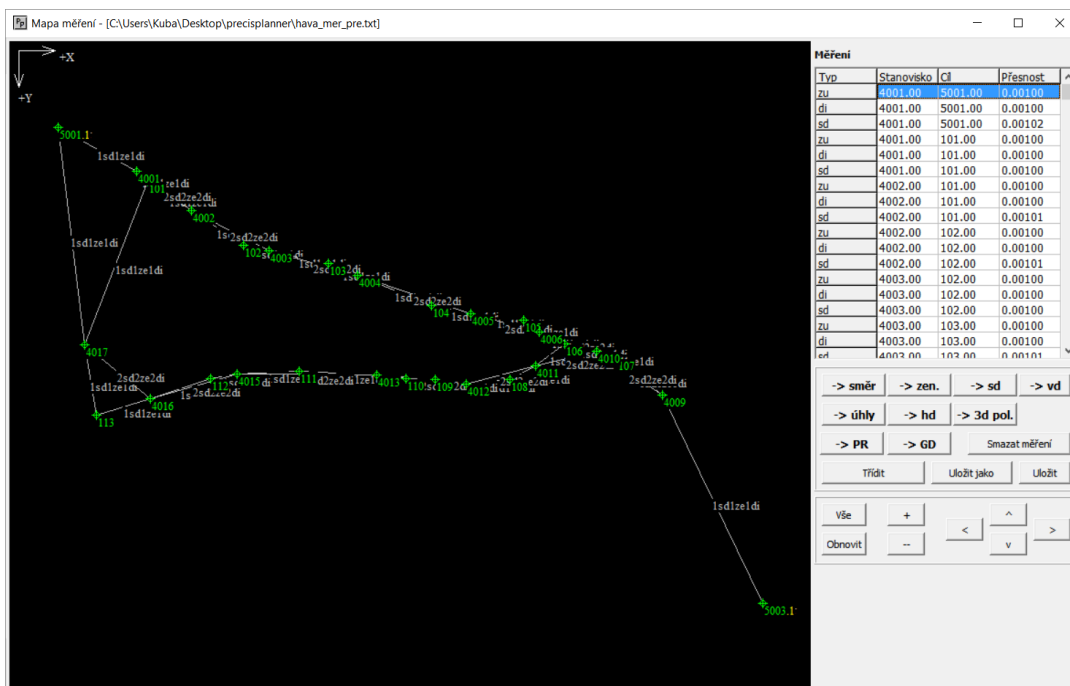
Stisknutím tlačítka „Mapa souřadnic“ se otevře okno, kde jsou graficky zobrazeny body ze vstupního souboru (Obr. 9). V tomto okně lze přidávat, odebírat i upravovat jednotlivé body. Nastavuje se zde i to, jestli se bod volný nebo fixní.



Obr. 9 Mapa souřadnic

4.3.2. Mapa měření

Po stisknutí tlačítka „Mapa měření“ se otevře okno, kde jsou opět zobrazeny jednotlivé body, ale tentokrát jsou zde zobrazeny spojnice mezi jednotlivými body, na kterých jsou zobrazeny zkratky jednotlivých typů měření (Obr. 10).



Obr. 10 Mapa měření

4. 4. Výpočet, protokol, výsledky

Po načtení vstupních souborů, jejich úpravách a úpravách přesností lze provést pomocí tlačítka „-Výpočet modelu-“ výpočet. Stiskem tlačítka „+Protokol+“ se otevře okno s protokol o výpočtu, který obsahuje informace o konfiguraci sítě, vyrovnané souřadnice, směrodatné odchylky a parametry elips chyb. Výsledky také lze otevřít v přehledné tabulce.

Z rozboru přesnosti je patrné, že postačí osnovu směrů zaměřit v jedné skupině. Pro jistotu byla ale osnova směrů na stanovisku zaměřená ve dvou skupinách a na sledované body v jedné skupině. Celý protokol s výsledky rozboru je k nahlédnutí v Příloze č. 6.

Tab. 1 Směrodatné odchylky z rozboru přesnosti před měřením

Směrodatné odchylky			
Číslo bodu	s_x [mm]	s_y [mm]	s_z [mm]
101	1,527	1,595	2,942
102	1,717	1,635	2,948
103	1,787	1,659	2,949
104	1,828	1,659	2,951
105	1,787	1,669	2,948
106	1,758	1,621	2,931
107	1,780	1,652	2,932
108	1,920	1,685	2,951
109	2,020	1,668	2,954
111	2,162	1,719	2,971
112	2,162	2,036	2,974
113	2,270	1,807	2,958

Při přípravě vstupního textového souboru měření bylo bohužel zapomenuto na bod č. 110, který leží mezi body 109 a 111, a tudíž ani pro tento bod neproběhl rozbor přesnosti před měřením. Při pohledu na Tab. 1 je ale patrné, že se budou směrodatné odchylky bodu 110 pohybovat také mezi hodnotami bodů 109 a 111.

5. Použité přístroje a pomůcky

Pro měření byla z katedry speciální geodézie Fsv ČVUT zapůjčena totální stanice Trimble S6. Ta svojí přesností vyhovovala danému rozsahu měření. GNNS přístroje byly zapůjčeny od Ing. Jana Balka z Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR, který má sídlo v Praze 8 v Kobylisích.

5. 1. Totální stanice Trimble S6

Trimble S6 (Obr. 11) je moderní, velmi přesná a rychlá totální stanice. Přesnost přístroje uváděná výrobcem je 0,3 mgon ve směru a v délce 1 mm + 1 ppm. S totální stanicí lze měřit délky na hranol v rozmezí od 0,2 m do 2500 m. Standartní doba měření na hranol je 1,2 s.



Obr. 11 Totální stanice Trimble S6

Obsluha totální stanice je velice intuitivní a jednoduchá. Při vlastním měření bylo výhodou její automatické cílení na hranol. Spoustu času také ušetřilo automatické prokládání obou poloh dalekohledu a automatické měření osnovy směrů a délek ve více skupinách [5].

5. 2. Ostatní pomůcky

Pro měření byly použity 2 typy odrazných hranolů. Prvním byl odrazný minihranol GMP111 Basic s minivýtyčkou od firmy Leica (Obr. 13) s udávanou konstantou hranolu +17,5 mm. Do přístroje byla zadávána konstanta -16,9 mm. Druhým typem byl hranol od firmy Trimble (Obr. 12), jehož konstanta je -35 mm. Obě konstanty byly zadávány do přístroje podle toho, na který z hranolů bylo zrovna měřeno.



Obr. 12 Hranol od firmy Trimble



Obr. 13 Minihranol od firmy Leica

Pro měření teploty a tlaku byly použity teploměr Greisinger GFTH95 (Obr. 14) a tlakoměr Greisinger GPB3300 (Obr. 15). Pro lepší viditelnost mezi sledovanými body byla použita mačeta a motorová pila.



Obr. 14 Teploměr Greisinger GFTH95



Obr. 15 Tlakoměr Geisinger GPB3300

5. 3. GNSS

K měření byly v obou etapách použity dvě GNNS sestavy. První obsahovala přijímač Ashtech Z-MAX s anténou Thales a druhá obsahovala ten samý přijímač a anténu Ashtech. Přesnost této GNNS sestavy je v horizontální složce 0,0015 m a ve vertikální 0,004 m. Tyto přesnosti vychází z dlouhodobého sledování při vyrovnání v síti GEONAS, což je geodynamická síť GPS stanic a observatoří.



Obr. 16 GNNS sestava nad bodem č. 5001



Obr. 17 GNNS sestava nad bodem č. 5003

6. Měření

Tato kapitola popisuje postup měřických prací vykonaných v této diplomové práci.

Měření posunů proběhlo ve dvou etapách. Zaměření nulté etapy se uskutečnilo dne 22. 2. 2017 a první etapa byla měřena dne 12. 4. 2017.

6. 1. GNSS observace

GNSS observace na fixních bodech č. 5001 (Obr. 16) a č. 5003 (Obr. 17) byla realizována pomocí statické metody a musela probíhat vždy minimálně 24 hodin. Z důvodu toho, že jsou měřená data a korekce distribuována pro jednotlivé dny, tzn. od 0:00 času UTC na nultém poledníku, tak GNSS observace musela být měřena minimálně od 1:00 do 1:00 v nulté etapě a minimálně od 2:00 do 2:00 v první etapě. Je to z důvodu přechodu ze zimního na letní čas.

Nad oběma fixními body byla zhorizontována a zcentrována anténa. Ta byla pomocí datového kabelu propojena s přijímačem a ten byl pomocí napájecího kabelu propojen s autobaterií. V průběhu měření probíhala vizuální kontrola ukládání dat pomocí prokliknutí kontrolky na přijímači.

6. 2. Etapové měření

Každá etapa byla zaměřena pomocí polygonového pořadu metodou trojpodstavcové soupravy. Na začátku měření byly do přístroje zadány hodnoty teploty a tlaku. V rozboru přesnosti pře měření bylo rozhodnuto, že osnovy směrů budou měřeny v jedné skupině. Pro kontrolu ale byly měřeny ve dvou skupinách. Volná stanoviska byla volena tak, aby byla vždy mezi dvěma sledovanými body. Sledované body byly stabilizovány pomocí zabetonovaných železných tyčí, popřípadě nastřelovacím hřebíkem. Postup měření se během etap zásadně neměnil.

7. Zpracování měření

V této kapitole jsou popsány postupy při zpracování měření.

7. 1. Zpracování GNSS měření

Zpracování GNSS měření provedl Ing. Jan Balek. Výpočet souřadnic fixních bodů byl proveden pomocí softwaru GPS Bernese v. 5.0.

Vstupními daty do výpočtu byly jednak měřená data na fixních bodech ve formátu rinex, tak parametry přijímačů a antén. Dále do výpočtu vstupují měřená data z ostatních opěrných stanic GEONAS. Tyto data jsou opět ve formátu rinex. Dalšími vstupními parametry byly finální ephemeridy, parametry orientace Země, opravy hodin satelitů, odchylky rozdílných kódů pro satelity a přijímače a slapové deformace oceánů. Tyto parametry poskytuje Evropské centrum pro stanovení oběžné dráhy Země CODE.

Opěrné stanice tvořily spolu s použitými stanicemi celou síť. Vyrovnání této sítě se řešilo v programu ADDNEQ2 jako volná síť. Poté se celá síť transformovala pomocí Helmertovy transformace zpět na opěrné stanice.

Výsledné souřadnice byly vypočteny v souřadnicovém systému ITRF2000 (Tab. 2). Pro další postup prací musely být přetransformovány do souřadnicového systému S-JTSK. Protokoly o výpočtech z obou etap jsou uvedeny v *Příloze č. 8* a v *Příloze č. 9*.

Tab. 2 Souřadnice v systému ITRF2000

0. Etapa			
Číslo bodu	X [m]	Y [m]	Z [m]
5001	3947514,4895	982539,4910	4896384,2316
5003	3947624,1814	982623,3090	4896277,6815
1. Etapa			
Číslo bodu	X [m]	Y [m]	Z [m]
5001	3947514,4978	982539,4877	4896384,2333
5003	3947624,1806	982623,3075	4896277,6783

7. 2. Převod souřadnic

Souřadnice ze souřadnicového systému ITRF2000 bylo nejprve nutné převést do souřadnicového systému ETRF89 a následně do souřadnicového systému S-JTSK.

7. 2. 1. Převod z ITRF2000 do ETRF89

V této kapitole bylo využito [6], [11].

Vzhledem k tomu, že referenční systém ITRF2000 obsahuje na našem území pouze jeden bod (Geodetická observatoř Pecný), na kterém jsou provozována stálá pozorování technologií GNSS, je možné transformaci mezi těmito souřadnicovými systémy charakterizovat pouze složkami posunutí.

$$X_{ETRF89}(1989.0) = X_{ITRF2000}(T) + 0,174 + 0,01695(T - 1997.0), \quad (3)$$

$$Y_{ETRF89}(1989.0) = Y_{ITRF2000}(T) - 0,088 - 0,0170(T - 1997.0), \quad (4)$$

$$Z_{ETRF89}(1989.0) = Z_{ITRF2000}(T) - 0,132 - 0,0083(T - 1997.0), \quad (5)$$

kde hodnoty souřadnic jsou uvedeny v metrech, hodnoty časových změn jsou uvedeny v m/rok a epocha T je v letech.

Tento vzorec platí pro bod Pecný, ale díky velmi malým hodnotám změn rychlostí se změnou polohy, lze tento vzorec používat i pro jiné body na území České republiky.

Pro snazší převod byla použita webová služba na internetovém portále www.epncb.oma.be, která slouží pro transformaci ze souřadnicového systému ITRF2000 do ETRF89. Do vstupního pole se vložily souřadnice v systému ITRF2000 a byla zvolena epocha (Obr. 18). Dále už se pouze zvolil systém, do kterého chceme souřadnice transformovat (Obr. 19). Výsledné souřadnice jsou zobrazeny v přehledné tabulce (Tab. 3).

Input

Frame :

Epoch :

```
H011 3947541.4895 982539.4910 4896384.2316
H014 3947247.3756 982720.9799 4896571.2506
H015 3947624.1814 982623.3090 4896277.6815
```

Obr. 18 Souřadnice před transformací

Output

Frame :

Epoch :

```
H011 3947542.01850 982539.07790 4896383.85400
H014 3947247.90460 982720.56690 4896570.87310
H015 3947624.71040 982622.89590 4896277.30390
```

Obr. 19 Transformované souřadnice

Tab. 3 Souřadnice v systému ETRF89

0. Etapa			
Číslo bodu	X [m]	Y [m]	Z [m]
5001	3947542,0185	982539,0779	4896383,8540
5003	3947624,7104	982622,8959	4896277,3039
1. Etapa			
Číslo bodu	X [m]	Y [m]	Z [m]
5001	3947542,0281	982539,0734	4896383,8548
5003	3947624,7109	982622,8932	4896277,2998

7. 2. 2. Převod z ETRF89 do S-JTSK

Nejpoužívanější transformací mezi systémem ETRF89 a systémem S-JTSK je Helmertova 7mi-prvková transformace. Helmertova 7mi-prvková transformace je lineární konformní podobnostní transformace s vyrovnáním koeficientů podle metody nejmenších čtverců.

Výsledný vztah pro polohový vektor lineární konformní podobnostní prostorové transformace, který udává vztah mezi souřadnicovými systémy je

$$r' = r_0 + q \cdot R \cdot r = \begin{bmatrix} x_T \\ y_T \\ z_T \end{bmatrix} + q \begin{bmatrix} 1 & \omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 1 & \omega_x \\ \omega_y & -\omega_x & 1 \end{bmatrix} r, \quad (6)$$

kde r_0 je translační vektor určující posun počátku souřadnicové soustavy,

q je změna měřítka, $q=1+m$,

R je již výsledná matice rotace,

r je vektor souřadnic bodů v souřadnicovém systému ETRF89. [9]

Z uvedené rovnice je patrné, že pro převod souřadnic mezi dvěma souřadnicovými soustavami je nutné znát 7 parametrů. Jsou jimi translační složky os, rotační složky os a poměr měřítek. Od 1. 7. 2012 Novou realizací systému tvoří hodnoty (Tab. 4), které byly

převzaty z webových stránek www.cuzk.cz, které provozuje Český úřad zeměměřický a katastrální. [10]

Tab. 4 Hodnoty transformačního klíče

Hodnoty	m [10 ⁻⁶ m]	x ₀ [m]	y ₀ [m]	z ₀ [m]	ω _x [“]	ω _y [“]	ω _z [“]
	-3,5393	-572,203	-85,328	-461934	5,24832714	1,52900087	4,97311727

Transformace proběhla v programu Easy Transform 2.3, jehož autorem je Ing. Pavel Třasák, Ph.D. Tato softwarová aplikace slouží pro převod prostorových souřadnic bodů mezi několika souřadnicovými systémy a patří mezi transformační aplikace, které jsou oficiálně schváleny Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním. Ovládání je velice intuitivní. Po spuštění programu se otevře hlavní okno (Obr. 20), ve kterém se nastaví vstupní i výstupní parametry. Po nastavení těchto parametrů a volby metody transformace se načte přes nabídku „Načíst“ vstupní textový soubor, který obsahuje souřadnice, které se budou transformovat. Přes nabídku „Převést“ a „Zobrazit“ se otevře přehledná tabulka, ve které jsou uvedeny jak vstupní souřadnice, tak souřadnice již přetransformované. Výsledné souřadnice jsou zobrazeny v přehledné tabulce (Tab. 5). Z této tabulky je patrné, že se fixní body oproti 0. etapě posunuly. [7]

Tab. 5 Výsledné souřadnice v S-JTSK

0. Etapa			
Číslo bodu	X [m]	Y [m]	Z [m]
5001	996603,196	768269,186	267,740
5003	996755,749	768229,116	249,523
1. Etapa			
Číslo bodu	X [m]	Y [m]	Z [m]
5001	996603,201	768269,194	267,746
5003	996755,751	768229,119	249,519



Obr. 20 Hlavní okno programu Easy Transform 2.3

7. 3. Zpracování měření v programu EasyNET

V této kapitole bylo využito [8].

Program EasyNET je softwarová aplikace, která slouží pro snadné zpracování a vyhodnocení přesných měření inženýrské geodézie. Autorem této aplikace je Ing. Pavel Třasák, Ph.D. Aplikace zpracovává množství opakovaně měřených klasických terestrických geodetických veličin uspořádaných do měřických skupin a jejich následné vyhodnocení v podobě vyrovnání prostorové sítě.

V následujících krocích jsou stručně charakterizovány vlastnosti aplikace EasyNET:

1. *Detekce měřických skupin*
Systém automaticky rozpozná a graficky rozčlení měřické skupiny.
2. *Základní kontrola měření*
Vyhledání hrubých chyb a omylů.
3. *Zpracování doplňkových měření*
Do vyrovnání geodetické sítě lze zahrnout i doplňkové geodetické veličiny jako jsou samostatně měřené šikmé délky, převýšení a svislá provažování.
4. *Redukce měřených geodetických veličin*
Měřené zenitové úhly a šikmé délky jsou redukovány na přímou spojnicí značek měřených bodů a opraveny o zakřivení Země. Šikmé délky jsou dále redukovány z nadmořské výšky do nulového horizontu a opraveny o kartografické zobrazení.
5. *Robustní výpočet přibližných souřadnic bodů sítě*
Automatický výpočet přibližných souřadnic bodů geodetické sítě pomocí základních geodetických úloh z různých zadaných či již vypočtených bodů geodetické sítě.
6. *Kontrola hrubých chyb*
Kontrola porovnání rozdílů měřených šikmých délek a délek vypočtených z přibližných souřadnic.
7. *Apriorní analýza geodetické sítě*
Určení apriorních směrodatných odchylek měřených veličin, které jsou nezbytné pro správné určení vah měření vstupujících do vyrovnání a správné použití metody detekce odlehlých hodnot.
8. *Detekce odlehlých měření*
Pomocí robustních metod jsou vyhledávány a postupně vylučovány odlehlé hodnoty měření.
9. *Vyrovnání prostorové geodetické sítě*
Vyrovnání volné a vázané sítě pomocí MNČ.
10. *Transformace vyrovnané geodetické sítě*
Možnost volit transformační klíč mezi metodami „Bod a směrník“ a „Transformace s vyrovnáním“.

7. 3. 1. Vyrovnání 0. etapy

Po spuštění programu byl přes nabídku „Hlavní/Přidat“ proveden import měřených dat. Z totální stanice byly měřená data vyexportována ve formátu *.asc což tento program podporuje. Měřená vstupní data jsou k nahlédnutí v Příloze č. 8. Po načtení souboru měření se do hlavního dialogového okna načelí zápisník s měřenými veličinami (Obr. 21). Měřené veličiny byly automaticky seřazeny podle jednotlivých stanovisek a automaticky byla provedena kontrola hrubých chyb a omylů. Měřené veličiny neobsahovaly žádné hrubé chyby ani omyly.

Stanovisko			Cíl		Měřené veličiny		
Pořadí	Číslo	Výška [m]	Číslo	Výška [m]	Vodorovný směr [gon]	Zenitový úhel [gon]	Šikmá délka [m]
1	4001	0.0000	I 5001	0.4000	0.00000	97.00380	16.4651
			I 4002	0.0000	203.01240	122.80370	12.3044
			II 4002	0.0000	3.02630	277.19510	12.3046
			II 5001	0.4000	199.99880	302.99630	16.4627
			I 5001	0.4000	0.00000	97.00360	16.4620
			I 4002	0.0000	203.02360	122.80370	12.3041
			I 101	0.1000	206.21300	130.29570	3.3822
			II 101	0.1000	6.27500	269.68920	3.3817
			II 4002	0.0000	3.03120	277.19550	12.3041
			II 5001	0.4000	200.00560	302.99630	16.4627
2	4002	0.0000	I 4001	0.0000	3.02227	77.19310	12.3044
			I 4003	0.0000	201.38540	110.00960	17.3329
			II 4003	0.0000	1.37100	290.01190	17.3328
			II 4001	0.0000	203.03080	322.80440	12.3047
			I 4001	0.0000	3.02227	77.19340	12.3049
			I 4003	0.0000	201.36540	109.99000	17.3334
			I 101	0.1000	1.88560	80.02480	8.9557
			I 102	0.1000	205.47120	115.39440	13.1457
			II 102	0.1000	5.48120	284.60800	13.1454
			II 101	0.1000	201.89160	319.97350	8.9562
3	4003	0.0000	II 4003	0.0000	1.37870	290.01680	17.3331
			II 4001	0.0000	203.02790	322.80460	12.3048
			I 4002	0.0000	1.37159	90.02850	17.3336
			I 4004	0.0000	179.56310	109.86880	15.6420
			II 4004	0.0000	379.56240	290.12900	15.6421
			II 4002	0.0000	201.37850	309.96780	17.3336
			I 4002	0.0000	1.37159	90.01400	17.3342
			I 4004	0.0000	179.54750	109.86850	15.6427
			I 102	0.1000	389.54350	106.24310	4.4798
			I 103	0.1000	176.78300	112.55550	12.0718
4	4004	0.0000	II 103	0.1000	376.78500	287.44250	12.0723
			II 102	0.1000	189.54850	293.74880	4.4781
			II 4004	0.0000	379.54640	290.12980	15.6420
			II 4002	0.0000	201.35560	309.96820	17.3342
			I 4003	0.0000	379.55712	90.12740	15.6429
			I 4005	0.0000	188.15360	114.20300	25.0506
			II 4005	0.0000	388.15520	285.79440	25.0506
			II 4003	0.0000	179.55410	309.87110	15.6430
			I 4003	0.0000	379.55712	90.12690	15.6431
			I 4005	0.0000	188.16070	114.20340	25.0505
			I 103	0.1000	388.51980	99.12680	3.6610
1 / 172		0		0		0	0

Obr. 21 Hlavní okno programu EasyNET

Aby program zpracoval všechny měřené veličiny, byly skrze nabídku „*Hlavní/Nastavení/Kontrola*“ nastaveny hodnoty mezních rozdílů. Pro vodorovné směry a zenitové úhly byly nastaveny hodnoty 0,1 gon a pro šikmé délky 0,05 m (Obr. 22).

Mezní rozdíly měřených veličin	
Rozdíl poloh dalekohledu	Rozdíl mezi body sítě
Vodorovný směr [gon]: 0.10000	Šikmá délka [m]: 0.1000
Zenitový úhel [gon]: 0.10000	Směrník [gon]: 0.05000
Šikmá délka [m]: 0.0500	Převýšení [m]: 0.1000
Rozdíl skupin	Svislé provažování [m]: 0.1000
Vodorovný směr [gon]: 0.10000	Maximální hodnoty měřených veličin
Zenitový úhel [gon]: 0.10000	Šikmá délka [m]: 2000.0000
Šikmá délka [m]: 0.0500	Výška stanoviště [m]: 2.0000
Rozdíl protisměrných hodnot	Výška cíle [m]: 2.0000
Vodorovný směr [gon]: 0.01000	Převýšení [m]: 100.0000
Zenitový úhel [gon]: 0.01000	
Šikmá délka [m]: 0.0500	

Obr. 22 Nastavení - Kontrola

Jako další byly přes nabídku „*Hlavní/Nastavení/Vyrovnání*“ nastaveny vstupní hodnoty pro vyrovnání sítě. Vylučování odlehlých hodnot bylo nastaveno na hladině významnosti 0,01, tak aby byly vyloučeny jen pravdu chybné měření, metodou robustního odhadu Huber, která je velice stabilní i při vysokém počtu odlehlých měření. Dále se zde nastavily hodnoty směrodatných odchylek měřených veličin, které vstupují do vyrovnání (Obr. 23). V ideálním případě by zde byly navoleny hodnoty přesnosti přístroje. Ale jelikož bylo měřeno na malé vzdálenosti – okolo 15m - , tak byly směrodatné odchylky zvětšeny.

Nastavení - Vyrovnání sítě

Vyloučení odlehlých hodnot
 Hladina významnosti: 0.01
 Metoda robustního odhadu: Huber

Analyzované veličiny
 Vodorovný směr Šikmá délka (doplněk)
 Zenitový úhel Směrník
 Šikmá délka Převýšení
 Svislé provažování

Ukončení iteračního vyrovnání
 Maximální počet iterací: 50
 Maximální změna robustní váhy: 0.001
 Maximální změna souřadnice bodu [mm]: 0.010

Směrodatná odchylka měřené veličiny
 Vodorovný směr [mgon]: 2.500
 Zenitový úhel [mgon]: 2.500
 Šikmá délka [mm]: 1.50

Směrodatná odchylka doplňkové veličiny
 Šikmá délka [mm]: 2.00
 Směrník [mgon]: 0.500
 Převýšení [mm]: 1.00
 Svislé provažování [mm]: 1.00

Apriorní jednotková směrodatná odchylka
 1

Vložit [Ent] Ukončit [Esc]

Obr. 23 Nastavení - Vyrovnání sítě

Jako typ výškové sítě byla v nabídce „Hlavní/Nastavení/Redukce délek“ nastavena nulová hladina. Měřítkový koeficient pro redukci do kartografického zobrazení byl vypočten v programu Groma. Hodnota měřítkového koeficientu je 0,99991955. (Obr. 24)

Nastavení - Redukce délek

Redukce z nadmořské výšky
 Poloměr referenční koule [m]: 6380000

Typ výškové hladiny
 Nulová hladina
 Střední hladina geodetické sítě (minimální redukce)
 Hladina v nadmořské výšce [m]: 267.7000

Redukce do kartografického zobrazení
 Měřítkový koeficient: 0.99991955

Vložit [Ent] Ukončit [Esc]

Obr. 24 Nastavení - Redukce délek

Po nastavení programu byla přes nabídku „Vyrovnání/Analýza sítě“ spuštěna analýza měření. Aby proběhla analýza měření, musel být ještě před jejím spuštěním nahrán textový soubor s fixními body, který již obsahoval body se souřadnicemi v souřadnicovém systému S-JTSK. Cílem apriorní analýzy je určit apriorní směrodatné odchylky měřených veličin, pomocí nichž se stanovují váhy měření vstupujících do

vyrovnání. Pro zpracování vyrovnání byla použita zadaná přesnost sítě (Obr. 25). Hodnoty směrodatných odchylek byly upravovány tak, aby nedošlo k velkému a nesmyslnému vyloučení měřených veličin. Z velikosti směrodatných odchylek a z množství vyloučených měřených veličin bylo konstatováno, že měření veličin proběhlo na velmi dobré úrovni a významně se neodchylovalo od apriorního rozboru přesnosti.

Směrodatná odchylka měřené veličiny	
1. Vnitřní přesnost sítě	
Vodorovný směr [mgon]:	4.409
Zenitový úhel [mgon]:	2.423
Šikmá délka [mm]:	3.25
2. Vnější přesnost sítě	
Vodorovný směr [mgon]:	
Zenitový úhel [mgon]:	3.840
Šikmá délka [mm]:	0.50
3. Zadaná přesnost sítě	
Vodorovný směr [mgon]:	2.500
Zenitový úhel [mgon]:	2.500
Šikmá délka [mm]:	1.50
Apriorní jednotková směrodatná odchylka	
	1

Vložit [Ent] Ukončit [Esc]

Obr. 25 Analýza sítě

Když proběhla analýza sítě, bylo možné přistoupit k samotnému vyrovnání. To proběhlo přes nabídku „Vyrovnání/Vyrovnání sítě“. Po vyrovnání se otevře okno, kde jsou zobrazeny čísla jednotlivých bodů a jejich prostorové souřadnice (Obr. 26).

Bod	Souřadnice		
Číslo	X [m]	Y [m]	Z [m]
101	996621.7102	768263.2550	265.7231
102	996642.2606	768257.7545	259.8068
103	996655.3255	768248.1251	257.8742
104	996673.7357	768238.8777	253.3934
105	996687.0017	768227.8564	249.0225
106	996695.3299	768225.0129	248.2573
107	996703.8675	768219.5704	245.9641
108	996693.6040	768237.0723	249.4465
109	996684.3646	768247.4606	251.7295
110	996680.7816	768251.4818	253.6939
111	996666.6981	768265.3273	257.7939
112	996656.7882	768278.6724	259.4917
113	996648.0204	768299.0181	264.9648
4001	996618.9229	768263.5451	267.2637
4002	996631.0976	768260.6619	262.7310
4003	996646.1998	768254.7299	260.1451
4004	996660.4691	768245.5173	257.4822
4005	996679.7638	768234.4151	252.2711
4006	996690.5160	768227.1182	249.8462
4007	996700.3278	768221.5059	247.5393
4008	996714.5257	768217.7170	246.3330
4009	996714.5251	768217.7171	246.3325
4010	996700.3256	768221.5054	247.5395
4011	996694.9042	768231.7325	249.7007
4012	996688.8886	768243.6188	252.3578
4013	996676.5674	768255.0458	255.4263
4014	996659.4126	768274.4208	259.9717
4015	996659.4123	768274.4209	259.9722
4016	996652.2383	768289.4327	262.7209
4017	996636.6774	768292.0480	267.7811
5001 F	996603.1960	768269.1860	267.7400
5003 F	996755.7490	768229.1160	249.5230

32 (30, 2)

Obr. 26 Vyrovnané souřadnice bodů – 0. etapa

Apsteriorní směrodatné odchylky vyrovnaných souřadnic bodů byly získány po rozkliknutí záložky „Souřadnice/Apsteriorní směrodatné odchylky“ (Obr. 27). Bylo zjištěno, že největší směrodatné odchylky jsou na ose Y. Na bodech 109, 111 a 113 jsou

aposteriorní směrodatné odchytky oproti apriorním směrodatným odchytkám těchto bodů o něco větší. Zbylé směrodatné odchytky jsou naopak menší.

Bod		Souřadnice		
Číslo	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	
101	0.88	0.79	0.46	▲
102	0.92	1.43	0.46	
103	0.96	1.57	0.51	
104	0.98	1.63	0.57	
105	0.77	1.56	0.55	
106	0.71	1.52	0.56	
107	0.76	1.45	0.59	
108	0.74	1.58	0.56	
109	1.20	1.75	0.58	
110	1.11	1.71	0.60	
111	1.37	1.84	0.62	
112	1.70	1.93	0.59	
113	2.16	2.17	0.61	
4001	0.67	0.70	0.33	
4002	0.78	1.07	0.40	
4003	0.83	1.43	0.46	
4004	0.82	1.54	0.50	
4005	0.74	1.55	0.53	
4006	0.67	1.53	0.54	
4007	0.65	1.47	0.56	
4008	0.68	1.22	0.60	
4009	0.67	1.18	0.59	
4010	0.74	1.43	0.56	
4011	0.70	1.52	0.56	
4012	0.85	1.60	0.56	
4013	1.10	1.69	0.58	
4014	1.52	1.85	0.58	
4015	1.72	2.04	0.69	
4016	1.94	1.90	0.58	
4017	2.04	1.99	0.56	

Obr. 27 Aposteriorní směrodatné odchytky vyrovnaných souřadnic bodů v 0. etapě

Důležitou záložkou je záložka Sít'. Přes nabídku „Sít'/Informace“ se otevře okno (Obr. 28), kde jsou uvedeny informace o vyrovnání. Je zde uvedena metoda robustního odhadu, hladina významnosti a také počet vyloučených odlehlých hodnot. Tyto hodnoty byly vyloučeny a nevstupovaly do vyrovnání. Dále je zde uveden poměr apriorní a

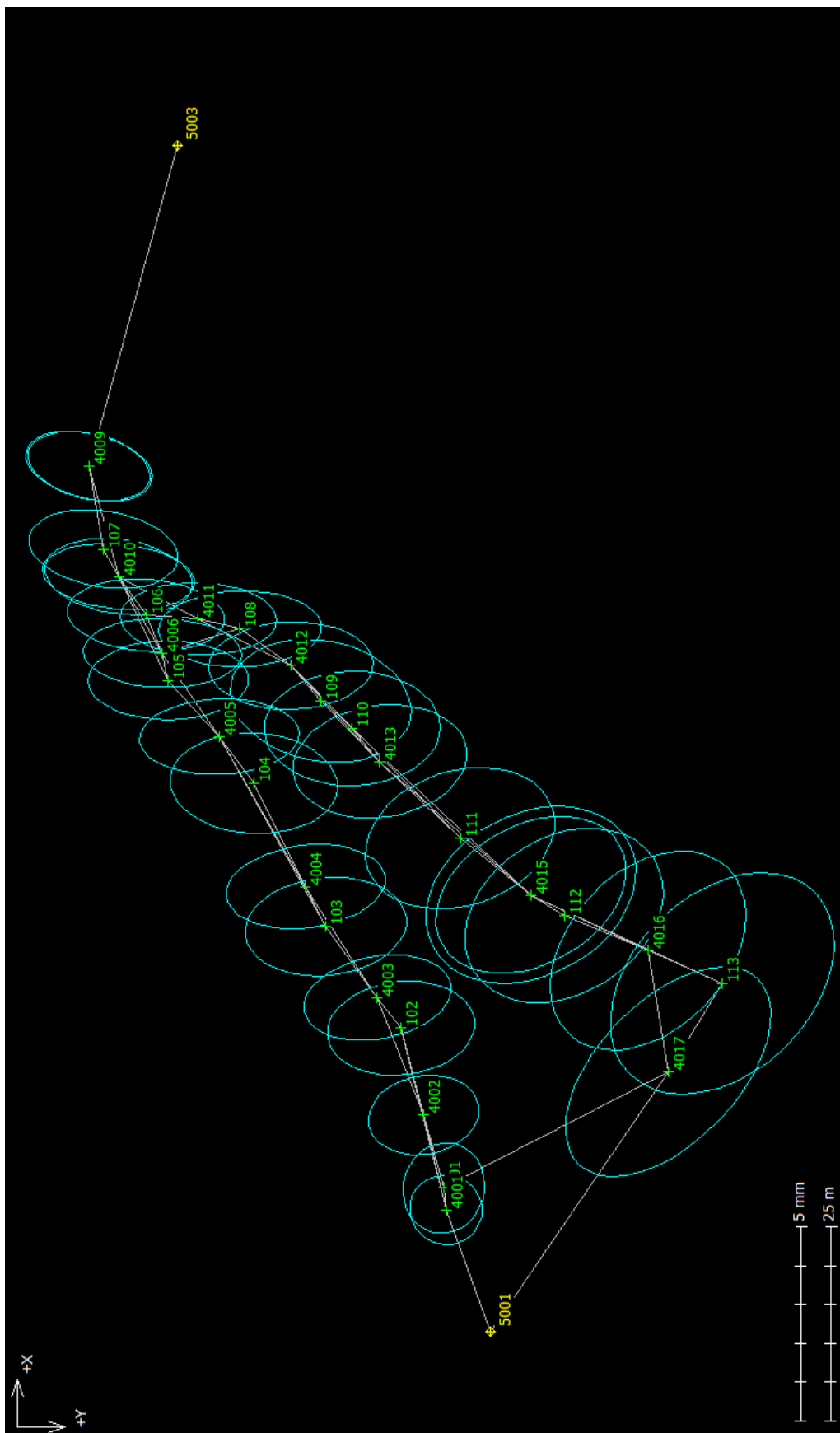
aposteriorní odchylky. Jejich ideální poměr je 1:1, ale v tomto případě byl poměr 1:0,756 z důvodů zanechání pokud možno co nejvíce měření, po konzultaci s vedoucím práce, uznán za vyhovující.

Základní informace o vyrovnání sítě			
Vyloučení odlehlých hodnot		Vyrovnání sítě	
Metoda robustního odhadu:	Huber	Apriorní jednotková směrodatná odchylka:	1.000
Hladina významnosti:	0.01	Aposteriorní jednotková směrodatná odchylka:	0.756
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	17/303 [0.056]	Počet fixních bodů:	2
Vodorovný směr:	8/101 [0.079]	Počet vyrovnaných bodů:	30
Zenitový úhel:	6/101 [0.059]	Počet vyrovnaných orientačních posunů:	16
Šikmá délka:	3/101 [0.030]	Počet vyrovnaných měření:	286
Šikmá délka (doplněk):	-	Vodorovný směr:	93
Směrník:	-	Zenitový úhel:	95
Převýšení:	-	Šikmá délka:	98
Svislé provažování:	-	Šikmá délka (doplněk):	0
		Směrník:	0
		Převýšení:	0
		Svislé provažování (X + Y):	0 (0)
		Počet nadbytečných měření:	180

Obr. 28 Základní informace o vyrovnání 0. etapy

V 0. etapě bylo vyloučeno celkem 17 odlehlých hodnot. Z toho bylo vyloučeno 8 vodorovných směrů, 6 zenitových úhlů a 3 šikmé délky. Podle autora programu je ideální hodnota vyloučených odlehlých hodnot pod 10% ze všech hodnot. Toto bylo splněno. Nadbytečných měření bylo 180. Protokol o vyrovnání 0. etapy je k nahlédnutí v *Příloha č. 2*.

Přes nabídku „*Sít/Kresba*“ lze otevřít okno, kde jsou zobrazeny jednotlivé sledované body a stanoviška. Jsou zde zobrazeny i jejich elipsy chyb (Obr. 29). Z obrázku je patrné, že největší odchylky jsou v ose Y. Pravděpodobně to je způsobeno měřením úhlů na krátké vzdálenosti. Na obrázku jsou zobrazeny i 2 měřítka. Horní je určeno pro elipsy chyb a dolní pro celkovou situaci.



Obr. 29 Kresba – 0. etapa

7. 3. 2. Vyrovnání 1. etapy

Vyrovnání 1. etapy proběhlo stejným způsobem jako vyrovnání 0. etapy. Na Obr. 30 jsou základní informace o vyrovnání 1. etapy. Nadbytečných měření bylo v této etapě 148. Počet vyloučených hodnot, které nevstupovaly do vyrovnání, byl 15. Z toho bylo vyloučeno 6 vodorovných směrů, 5 zenitových úhlů a 4 šikmé délky. Opět bylo splněno to, že nebylo vyloučeno více jak 10% hodnot z celkového počtu. Poměr apriorní a aposteriorní jednotkové směrodatné odchylky byl v 1. etapě 1:0,883.

Vyloučení odlehlých hodnot		Vyrovnání sítě	
Metoda robustního odhadu:	Huber	Apriorní jednotková směrodatná odchylka:	1.000
Hladina významnosti:	0.01	Aposterioerní jednotková směrodatná odchylka:	0.883
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	15/258 [0.058]	Počet fixních bodů:	2
Vodorovný směr:	6/86 [0.070]	Počet vyrovnaných bodů:	27
Zenitový úhel:	5/86 [0.058]	Počet vyrovnaných orientačních posunů:	14
Šikmá délka:	4/86 [0.047]	Počet vyrovnaných měření:	243
Šikmá délka (doplňk):	-	Vodorovný směr:	80
Směrník:	-	Zenitový úhel:	81
Převýšení:	-	Šikmá délka:	82
Svislé provažování:	-	Šikmá délka (doplňk):	0
		Směrník:	0
		Převýšení:	0
		Svislé provažování (X + Y):	0 (0)
		Počet nadbytečných měření:	148

Obr. 30 Základní informace o vyrovnání 1. etapy

Na následujících obrázcích (Obr. 31 a Obr. 32) jsou uvedeny vyrovnané souřadnice a jejich směrodatné odchylky. Největší hodnoty směrodatných odchylek jsou na ose Y. Největší odchylky dosahují hodnot téměř až 3 mm. Naopak nejmenší směrodatné odchylky jsou na ose Z. Jejich hodnoty se pohybují okolo 0,6 mm.

Měřená vstupní data jsou k nahlédnutí v *Příloha č. 9*. Na Obr. 33 je znázorněna kresba z vyrovnání 1. etapy. Z obrázku je patrné, že největší odchylky jsou v ose Y. Pravděpodobně je to způsobeno opět měřením úhlů na krátké vzdálenosti. Protokol o vyrovnání 1. etapy je k nahlédnutí v *Příloha č. 3*.

Vyrovnání sítě - Vyrovnané souřadnice bodů			
Sít' Souřadnice Měření Odlehle hodnoty Transformace			
Bod	Souřadnice		
Číslo	X [m]	Y [m]	Z [m]
101	996621.7100	768263.2631	265.7224
102	996642.2632	768257.7566	259.8093
103	996655.3307	768248.1281	257.8825
104	996673.7405	768238.8822	253.4051
105	996687.0016	768227.8601	249.0267
106	996695.3383	768225.0150	248.2667
107	996703.8737	768219.5717	245.9717
108	996693.6025	768237.0645	249.4515
109	996684.3735	768247.4515	251.7386
110	996680.7813	768251.4712	253.7000
111	996666.6946	768265.3178	257.7994
112	996656.7821	768278.6639	259.4959
113	996648.0075	768299.0019	264.9651
4001	996618.7828	768263.9397	267.3714
4002	996629.8635	768260.7804	263.0570
4003	996646.1986	768255.6613	260.3484
4004	996658.5350	768246.3550	257.9326
4005	996679.8405	768234.4058	252.3899
4006	996690.4329	768226.7165	249.8478
4007	996699.1405	768221.3556	247.8096
4008	996715.2382	768217.6946	246.2769
4010	996694.8100	768231.4920	249.8399
4011	996689.0725	768243.3761	252.2657
4012	996675.5376	768256.0343	255.7533
4013	996662.2904	768270.4313	259.5574
4014	996653.5092	768286.7072	262.0943
4015	996635.1982	768290.2023	267.8498
5001 F	996603.2010	768269.1940	267.7460
5003 F	996755.7510	768229.1190	249.5190

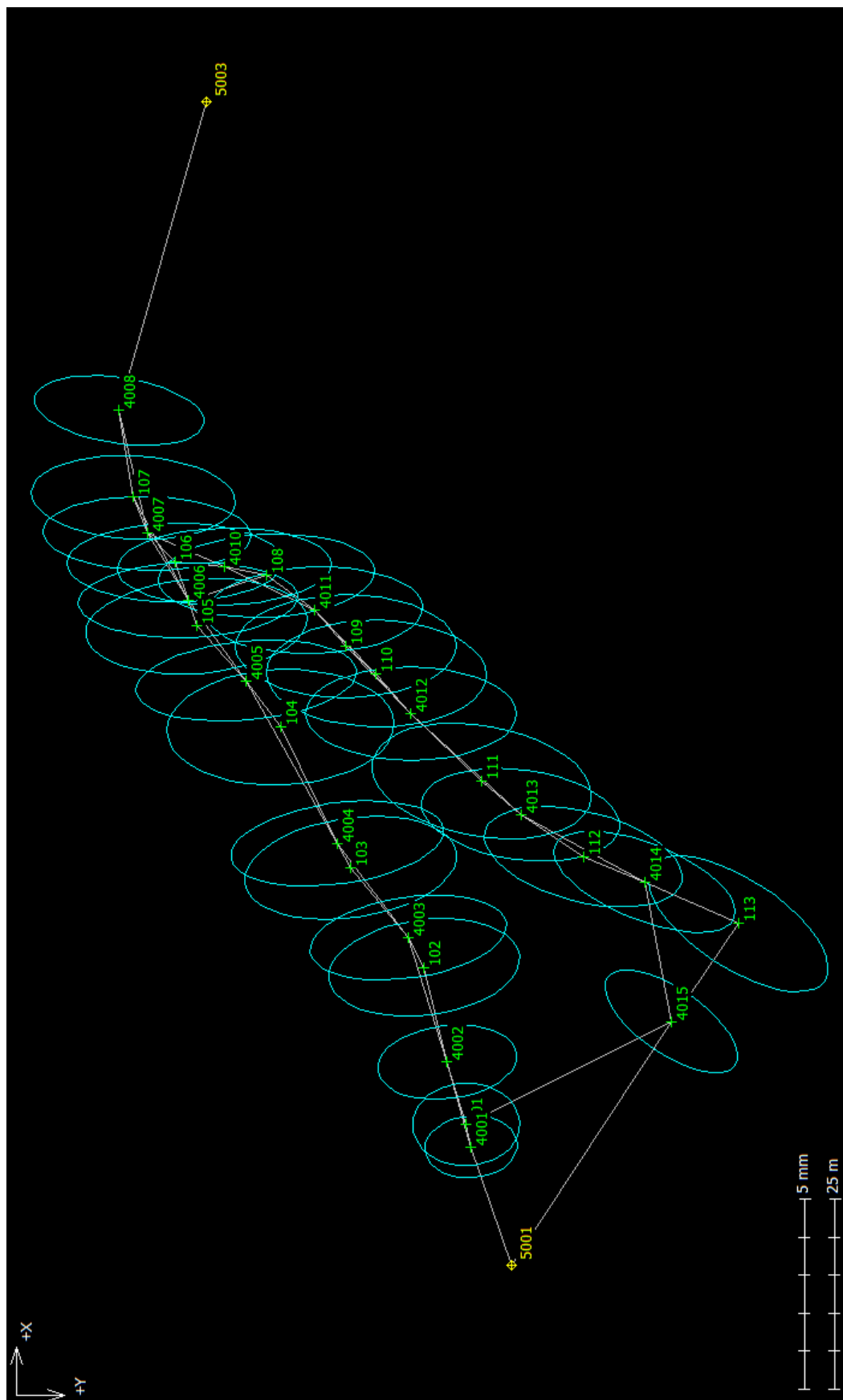
29 (27, 2)

Obr. 31 Vyrovnané souřadnice bodů – 1. etapa

Bod	Souřadnice		
Číslo	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
101	1.08	1.41	0.56
102	1.28	2.51	0.55
103	1.35	2.78	0.59
104	1.52	2.98	0.68
105	1.26	2.91	0.64
106	1.03	2.84	0.65
107	1.10	2.68	0.68
108	1.09	2.84	0.65
109	1.34	2.89	0.68
110	1.40	2.89	0.72
111	1.52	2.88	0.75
112	1.32	2.60	0.71
113	1.78	2.36	0.72
4001	0.81	1.21	0.38
4002	0.98	1.83	0.45
4003	1.11	2.58	0.56
4004	1.12	2.79	0.58
4005	1.06	2.90	0.62
4006	0.98	2.88	0.64
4007	0.97	2.74	0.64
4008	0.92	2.23	0.67
4010	1.01	2.81	0.65
4011	1.13	2.84	0.66
4012	1.22	2.77	0.67
4013	1.21	2.61	0.67
4014	1.33	2.39	0.67
4015	1.34	1.74	0.63

27

Obr. 32 Aposteriorní směrodatné odchylky vyrovnaných souřadnic bodů v 1. etapě



Obr. 33 Kresba – 1. etapa

8. Vyhodnocení posunů mezi etapami

V této kapitole jsou uvedeny veškeré výsledky dosažené v této diplomové práci. Výsledky jsou uvedeny v přehledných tabulkách (Tab. 6, Tab. 7 a Tab. 8).

V Tab. 6 jsou uvedeny souřadnicové rozdíly fixních bodů a celková změna prostorové polohy.

Tab. 6 Porovnání souřadnic fixních bodů

Bod číslo	ΔX [mm]	ΔY [mm]	ΔZ [mm]	ΔXYZ [mm]
5001	+5	+8	+6	11,2
5002	+2	+3	-4	5,4

V následujících tabulkách (Tab. 7 a Tab. 8) jsou uvedeny vyrovnané souřadnice z 0. a 1. etapy, a jejich směrodatné odchylky.

Tab. 7 Vyrovnané souřadnice a jejich směrodatné odchylky - 0. etapa

0. etapa						
	Souřadnice			Směrodatné odchylky		
Číslo bodu	X [m]	Y [m]	Z [m]	σ_x [mm]	σ_y [mm]	σ_z [mm]
101	996621,7102	768263,2550	265,7231	0,9	0,8	0,5
102	996642,2606	768257,7545	259,8068	0,9	1,4	0,5
103	996655,3255	768248,1251	257,8742	1,0	1,6	0,5
104	996673,7357	768238,8777	253,3934	1,0	1,6	0,6
105	996687,0017	768227,8564	249,0225	0,8	1,6	0,6
106	996695,3299	768225,0129	248,2573	0,7	1,5	0,6
107	996703,8675	768219,5704	245,9641	0,8	1,5	0,6
108	996693,6040	768237,0723	249,4465	0,7	1,6	0,6
109	996684,3646	768247,4606	251,7295	1,2	1,8	0,6
110	996680,7816	768251,4818	253,6939	1,1	1,7	0,6
111	996666,6981	768265,3273	257,7939	1,4	1,8	0,6
112	996656,7882	768278,6724	259,4917	1,7	1,9	0,6
113	996648,0204	768299,0181	264,9648	2,2	2,2	0,6

Tab. 8 Vyrovnané souřadnice a jejich směrodatné odchylky - 1. etapa

1. etapa						
	Souřadnice			Směrodatné odchylky		
Číslo bodu	X [m]	Y [m]	Z [m]	σ_x [mm]	σ_y [mm]	σ_z [mm]
101	996621,7100	768263,2631	265,7224	1,1	1,4	0,6
102	996642,2632	768257,7566	259,8093	1,3	2,5	0,6
103	996655,3307	768248,1281	257,8825	1,4	2,8	0,6
104	996673,7405	768238,8822	253,4051	1,5	3,0	0,7
105	996687,0016	768227,8601	249,0267	1,3	2,9	0,6
106	996695,3383	768225,0150	248,2667	1,0	2,8	0,7
107	996703,8737	768219,5717	245,9717	1,1	2,7	0,7
108	996693,6025	768237,0645	249,4515	1,1	2,8	0,7
109	996684,3735	768247,4515	251,7386	1,3	2,9	0,7
110	996680,7813	768251,4712	253,7000	1,4	2,9	0,7
111	996666,6946	768265,3178	257,7994	1,5	2,9	0,8
112	996656,7821	768278,6639	259,4959	1,3	2,6	0,7
113	996648,0075	768299,0019	264,9651	1,8	2,4	0,7

Z aposteriorních směrodatných odchylek bylo nutné určit mezní hodnoty posunů v polohové i výškové složce pro posouzení prokazatelnosti posunů. Polohové směrodatné odchylky jednotlivých bodů byly vypočteny dle vzorce (7).

$$\sigma_{pol} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}, \quad (7)$$

kde σ_x^2 je směrodatná odchylka v ose x,

σ_y^2 je směrodatná odchylka v ose y.

Směrodatná odchylka byla vypočtena pro obě etapy zvlášť. Celková směrodatná odchylka potom byla určena jako jejich kvadratický průměr. Mezní rozdíl byl vypočítán podle vzorce (10). Do výpočtu byla zahrnuta i přesnost dvou připojovacích bodů (měřených GNSS) dle vzorce (1).

$$\sigma_{0_pol} = \sqrt{\sigma_{pol}^2 + \left(\frac{S_c}{\sqrt{2}}\right)^2} \quad (8)$$

$$\sigma_{1_pol} = \sqrt{\sigma_{pol}^2 + \left(\frac{S_c}{\sqrt{2}}\right)^2} \quad (9)$$

$$\Delta_{Mez_pol} = U_p \cdot \sqrt{\sigma_{0_pol}^2 + \sigma_{1_pol}^2}, \quad (10)$$

kde σ_{pol} je polohová směrodatná odchylka z vyrovnání,

$\sigma_{0_{pol}}$ je směrodatná odchylka v 0. etapě,

$\sigma_{1_{pol}}$ je směrodatná odchylka v 1. etapě,

$S_c = 1,66$ mm je přesnost centrace.

Výpočet mezního rozdílu ve výšce mezi etapami proběhl podobným postupem jako v poloze. Tentokrát byla do výpočtu zahrnuta přesnost určení výšky dvou bodů GNSS dle vzorce (2).

$$\sigma_{0_v} = \sqrt{\sigma_z^2 + \left(\frac{S_v}{\sqrt{2}}\right)^2} \quad (11)$$

$$\sigma_{1_v} = \sqrt{\sigma_v^2 + \left(\frac{S_v}{\sqrt{2}}\right)^2} \quad (12)$$

$$\Delta_{Mez_v} = U_p \cdot \sqrt{\sigma_{0_v}^2 + \sigma_{1_v}^2}, \quad (13)$$

kde σ_z je výšková směrodatná odchylka z vyrovnání,

σ_{0_v} je směrodatná odchylka v 0. etapě,

σ_{1_v} je směrodatná odchylka v 1. etapě,

$S_v = 4,1$ mm je přesnost určení výšky cíle.

Pro stanovení mezního rozdílu mezi etapami byl zvolen koeficient spolehlivosti $U_p = 2$, který odpovídá 95% pravděpodobnosti jednorozměrné veličiny výskytu testované hodnoty.

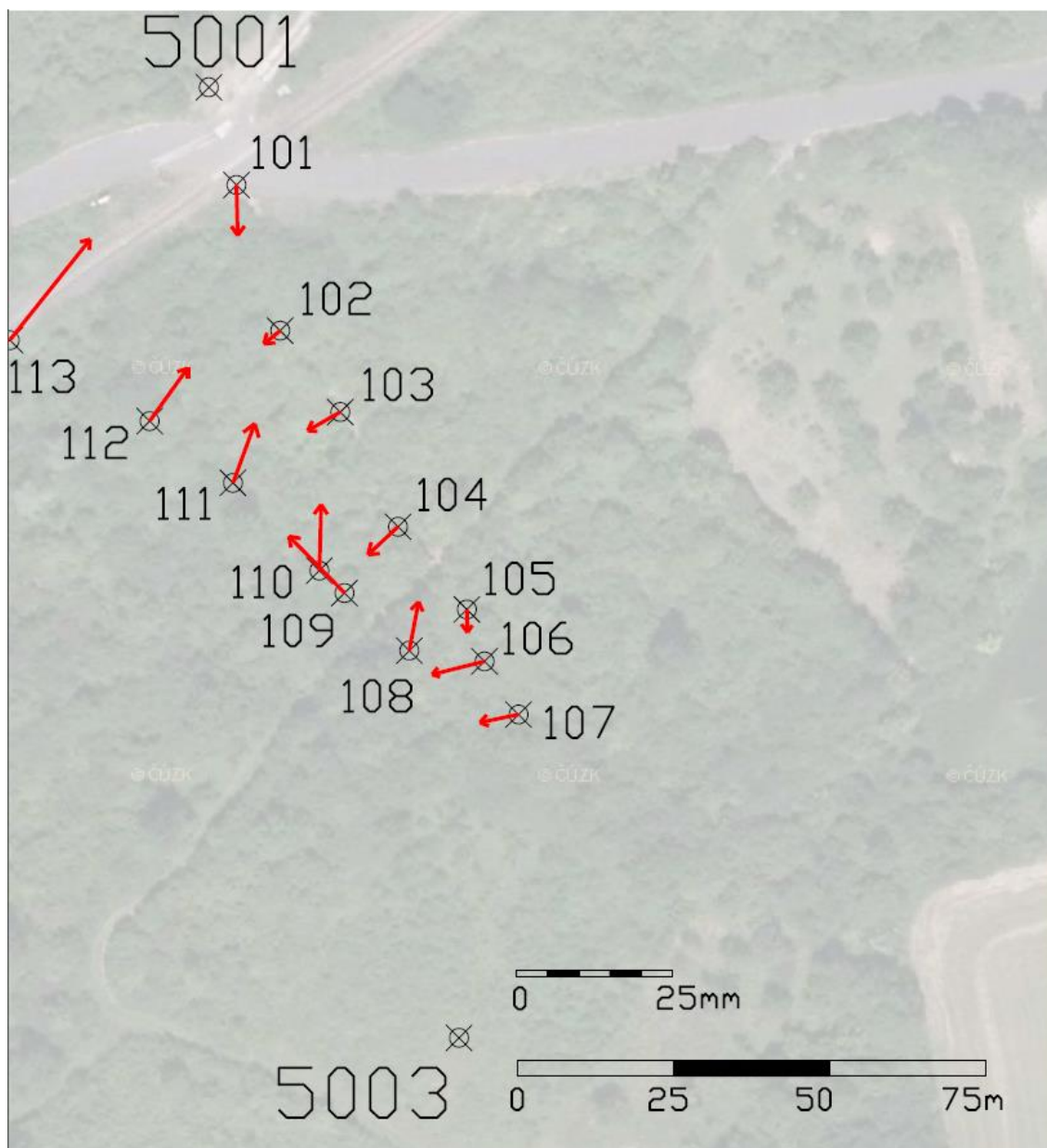
Poté byl ze souřadnic vypočten rozdíl v poloze a rozdíl ve výšce. Následně proběhlo porovnání s mezními rozdíly (Tab. 9).

Tab. 9 Vyhodnocení posunů mezi etapami

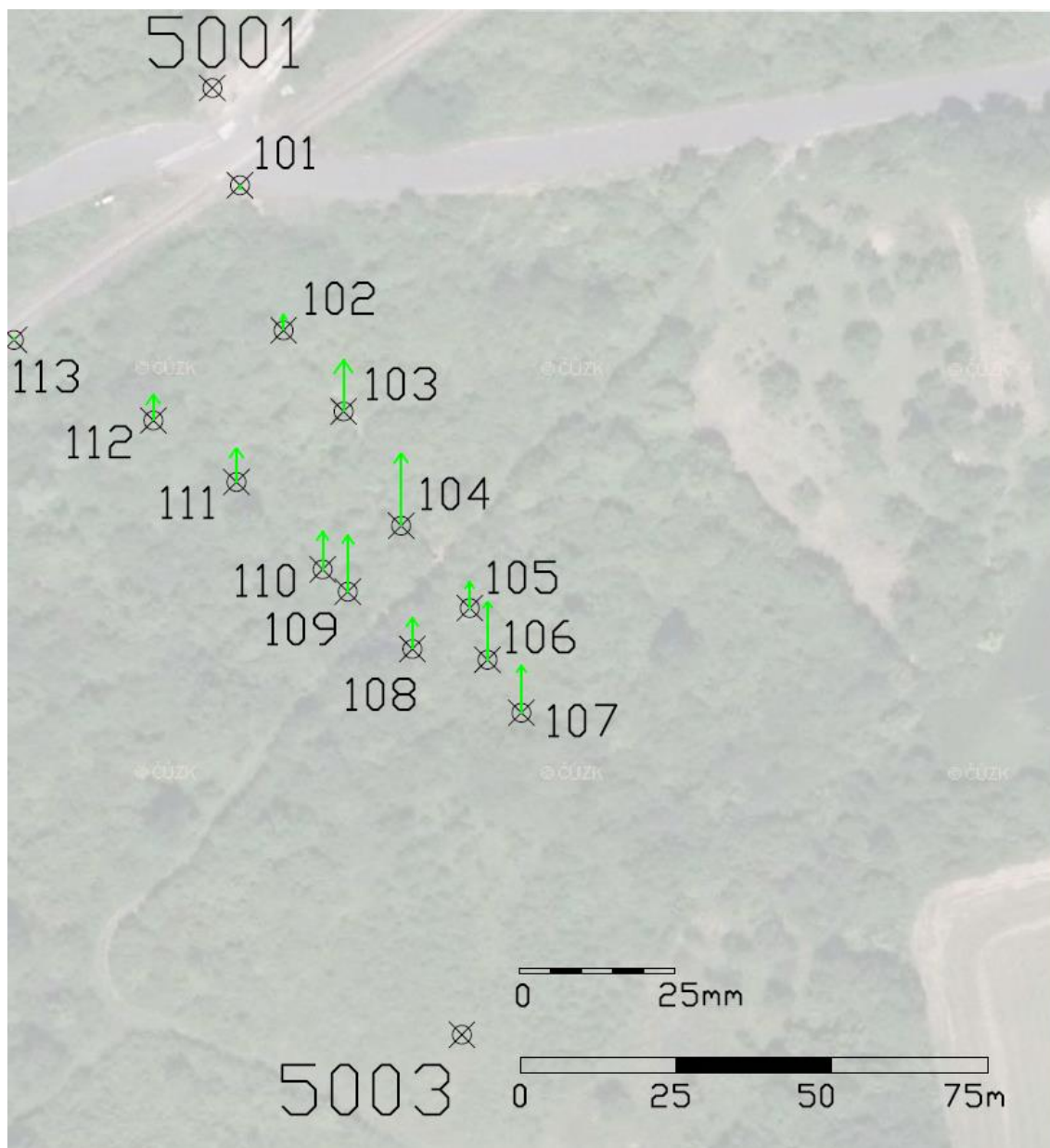
Číslo bodu	$\Delta XY[\text{mm}]$	$\Delta Z[\text{mm}]$	Δ_{Mez_pol}	Δ_{Mez_v}	Posun v poloze	Posun ve výšce
101	8,1	-0,7	5,4	8,3	ANO	NE
102	3,3	2,5	7,4	8,3	NE	NE
103	6,0	8,3	7,9	8,3	NE	NE
104	6,6	11,7	8,4	8,4	NE	ANO
105	3,7	4,2	8,0	8,4	NE	NE
106	8,7	9,4	7,7	8,4	ANO	ANO
107	6,3	7,6	7,4	8,4	NE	NE
108	7,9	5,0	7,8	8,4	ANO	NE
109	12,7	9,1	8,3	8,4	ANO	ANO
110	10,6	6,1	8,3	8,4	ANO	NE
111	10,1	5,5	8,6	8,4	ANO	NE
112	10,5	4,2	8,5	8,4	ANO	NE
113	20,7	0,3	9,1	8,4	ANO	NE

Polohový posun nastal na bodech 101, 106, 108, 109, 110, 111, 112 a 113. Výškový posun nastal na bodech 104, 106 a 109.

Následně byly výsledné posuny graficky znázorněny do dvou obrázků. Na prvním (Obr. 34) jsou znázorněny polohové posuny a na druhém (Obr. 35) jsou znázorněny výškové posuny. Každý obrázek obsahuje 2 měřítka. První měřítka (menší) je pro znázornění posunů a druhé (větší) je pro celkové rozmístění bodů.



Obr. 34 Grafické znázornění posunů v poloze



Obr. 35 Grafické znázornění posunů ve výšce

Závěr

Sledovaná lokalita mezi Třebenicemi a Dlažkovicemi je z dlouhodobého pozorování považována za nestabilní. Cílem této diplomové práce bylo zaměření sledovaných bodů v této lokalitě ve dvou etapách a jeho následné zpracování.

Celá síť bodů byla trigonometricky zaměřena z volných stanovisek trojpodstavcovou metodou a byla připojena na 2 fixní body. Na těchto bodech probíhala GNSS observace.

GNSS měření bylo zpracováno pomocí softwaru GPS Bernese v. 5.0. Výstupem byly souřadnice v systému ITRF2000, které byly následně transformovány do souřadnicového systému S-JTSK. Trigonometrické měření bylo zpracováno v softwaru EasyNET. Výsledkem byly vyrovnané souřadnice a jejich směrodatné odchylky. Z nich byl vypočítán mezní rozdíl, se kterým se porovnávaly velikosti změn polohy a výšky jednotlivých sledovaných bodů.

Pozorovaných bodů bylo celkem 13. U 9 z nich byl prokázán posun v poloze a u 3 bodů i posun ve výšce. Největší posun (20,7 mm) v poloze nastal na bodě č. 113, který je stabilizován nastřelovacím hřebíkem na propustku. Největší posun (11,7 mm) ve výšce nastal na bodě č. 104, který je stabilizován důlčíkem na železné tyči. Jelikož jsou sledované body umístěny ve svahu, tak by se dalo předpokládat, že budou spíše klesat. Na bodech, na kterých byl prokázán posun ve výšce, naopak oproti 0. etapě sledované body stouply. Příčinou tohoto jevu může být fakt, že při měření 0. etapy byla půda ještě zmrzlá a při zaměření 1. etapy tomu tak již nebylo. Toto tvrzení by však bylo nutné konzultovat s geologem.

Z dosažených výsledků měření lze prohlásit, že tato lokalita je stále nestabilní.

Seznam obrázků

Obr. 1 Sesuvné území u Třebenic (zdroj: mapy.cz)	13
Obr. 2 Přehledka bodů	14
Obr. 3 Stabilizace bodu - železná tyč	15
Obr. 4 Stabilizace bodu - nastřelovací hřebík.....	15
Obr. 5 Železná tyč - důlčík	15
Obr. 6 Ukázka vstupního souboru přibližných souřadnic.....	16
Obr. 7 Ukázka vstupního souboru měření	17
Obr. 8 Hlavní okno	18
Obr. 9 Mapa souřadnic.....	19
Obr. 10 Mapa měření.....	19
Obr. 11 Totální stanice Trimble S6	21
Obr. 12 Hranol od firmy Trimble	22
Obr. 13 Minihranol od firmy Leica	22
Obr. 14 Teploměr Greisinger GFTH95	22
Obr. 15 Tlakoměr Geisinger GPB3300	22
Obr. 16 GNNS sestava nad bodem č. 5001	23
Obr. 17 GNNS sestava nad bodem č. 5003	23
Obr. 18 Souřadnice před transformací	26
Obr. 19 Transformované souřadnice	27
Obr. 20 Hlavní okno programu Easy Transform 2.3	29
Obr. 21 Hlavní okno programu EasyNET	31
Obr. 22 Nastavení - Kontrola.....	32
Obr. 23 Nastavení - Vyrovnání sítě	33
Obr. 24 Nastavení - Redukce délek	33
Obr. 25 Analýza sítě	34
Obr. 26 Vyrovnané souřadnice bodů – 0. etapa.....	35
Obr. 27 Aposteriorní směrodatné odchylky vyrovnaných souřadnic bodů v 0. etapě....	36
Obr. 28 Základní informace o vyrovnání 0. etapy	37
Obr. 29 Kresba – 0. etapa	38
Obr. 30 Základní informace o vyrovnání 1. etapy	39
Obr. 31 Vyrovnané souřadnice bodů – 1. etapa.....	40
Obr. 32 Aposteriorní směrodatné odchylky vyrovnaných souřadnic bodů v 1. etapě....	41

Obr. 33 Kresba – 1. etapa	42
Obr. 34 Grafické znázornění posunů v poloze	47
Obr. 35 Grafické znázornění posunů ve výšce	48

Seznam tabulek

Tab. 1 Směrodatné odchylky z rozboru přesnosti před měřením	20
Tab. 2 Souřadnice v systému ITRF2000	25
Tab. 3 Souřadnice v systému ETRF89	27
Tab. 4 Hodnoty transformačního klíče	28
Tab. 5 Výsledné souřadnice v S-JTSK	28
Tab. 6 Porovnání souřadnic fixních bodů	43
Tab. 7 Vyrovnané souřadnice a jejich směrodatné odchylky - 0. etapa	43
Tab. 8 Vyrovnané souřadnice a jejich směrodatné odchylky - 1. etapa	44
Tab. 9 Vyhodnocení posunů mezi etapami	46

Použitá literatura

- [1] *BRAUN, Jaroslav. Geodetický monitoring sesuvného území. Bedihošť, 2010. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Ilona Janžurová.*
- [2] *URBAN, Rudolf. ČVUT. Geodetické práce při měření posunů a přetvoření stavebních objektů. 1. Praha. CTU Publishing House, 2015.*
- [3] *BALEK, Jan, Tomáš MAREK a Pavel KADLEČÍK. Historický a současný vývoj sesuvného území u Třebenic. 2014, 7.*
- [4] *Projekt PrecisPlanner 3D [online]. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/PPlanner/index.html>*
- [5] *Totální stanice Trimble S6 - Technický popis [online]. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-218010/022543-098L-CZE_TrimbleS6_DS_0613_LR.pdf*
- [6] *KOSTELECKÝ, Jan, Jaroslav KLOKOČNÍK a Jakub KOSTELECKÝ. Kosmická geodézie. Praha, 2008. ČVUT.*
- [7] *Adjust Solutions: Easy Transform [online]. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: <http://adjustsolutions.cz/easytransform/>*
- [8] *EasyNET: Softwarová dokumentace [online]. 2016 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://adjustsolutions.cz/wp-content/uploads/download/easynet_doc_cz.pdf*
- [9] *Transformace prostorových pravoúhlých souřadnic [online]. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://transformace.webst.fd.cvut.cz/Iframe/Helmert_iframe.htm*
- [10] *KOSTELECKÝ, Jan, Jakub KOSTELECKÝ a Ivan PEŠEK. Metodika převodu mezi ETRF2000 a S-JTSK [online]. 2010 [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: [http://www.cuzk.cz/Zememericvi/Geodeticke-zaklady-na-uzemi-CR/GNSS/Nova-realizace-systemu-ETRS89-v-CR/Methodika-prevodu-ETRF2000-vs-S-JTSK-var2\(101208\).aspx](http://www.cuzk.cz/Zememericvi/Geodeticke-zaklady-na-uzemi-CR/GNSS/Nova-realizace-systemu-ETRS89-v-CR/Methodika-prevodu-ETRF2000-vs-S-JTSK-var2(101208).aspx)*
- [11] *ETRF/ITRF Transformation [online]. [cit. 2017-05-14]. Dostupné z: http://www.epncb.oma.be/_productsservices/coord_trans/index.php*

Seznam příloh

Příloha 1 – Místopisy sledovaných bodů

Příloha 2 – Protokol o vyrovnání 0. etapy

Příloha 3 – Protokol o vyrovnání 1. etapy

Přílohy na přiloženém CD

Složka **PrecisPlanner**

- Příloha 4 – Vstupní soubor měření do programu PrecisPlanner 3D
(*mereni_precis.txt*)
- Příloha 5 – Vstupní soubor souřadnic do programu PrecisPlanner 3D
(*souradnice_precis.txt*)
- Příloha 6 – Výpočetní protokol z programu PrecisPlanner 3D
(*protokol_precis.txt*)
- Příloha 7 – Kovarianční matice z programu PrecisPlanner 3D
(*kov_matice_precis.txt*)

Složka **GNSS**

- Příloha 8 – Protokol o výpočtu GNSS observace – 0. etapa
(*0.etapa.OUT, 0.etapa.CRD*)
- Příloha 9 – Protokol o výpočtu GNSS observace – 1. etapa
(*1.etapa.OUT, 1.etapa.CRD*)

Složka **měření**

- Příloha 10 – Soubor měření 0. etapy (*0.etapa.asc*)
- Příloha 11 – Soubor měření 1. etapy (*1.etapa.asc*)

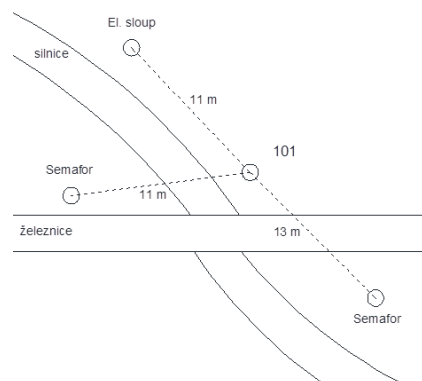
Složka **EasyNET**

- Příloha 12 – EasyNET projekt – 0. etapa (*0.etapa.pen*)
- Příloha 13 – EasyNET projekt – 1. etapa (*1.etapa.pen*)

+ Diplomová práce ve formátu *.pdf

Příloha 1

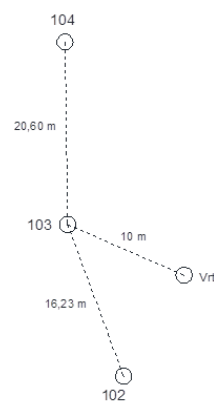
Bod č. 101



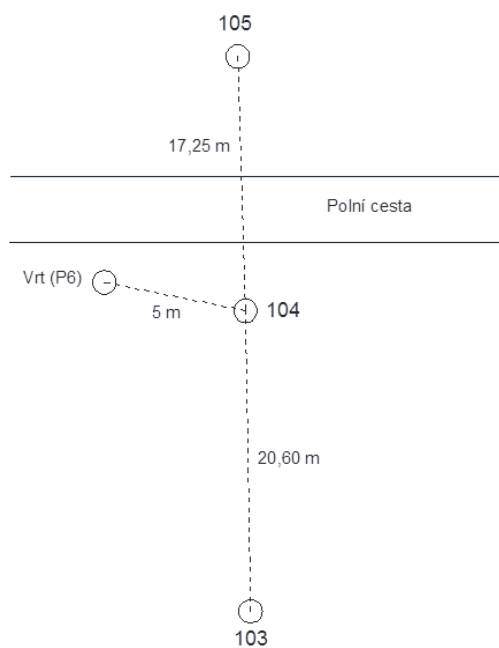
Bod č. 102



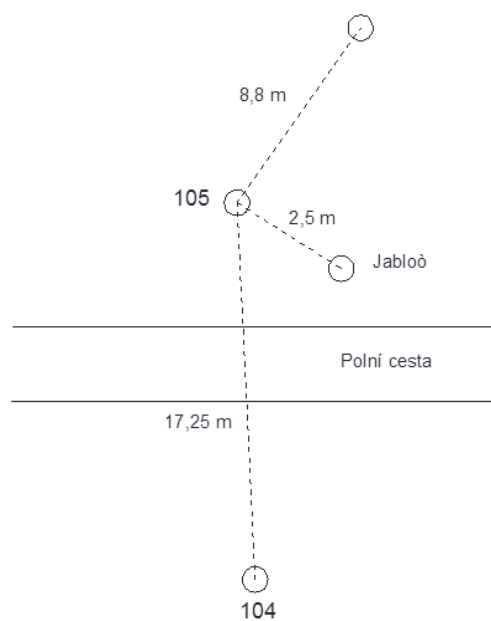
Bod č. 103



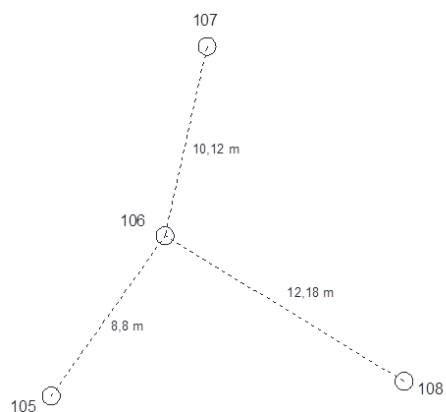
Bod č. 104



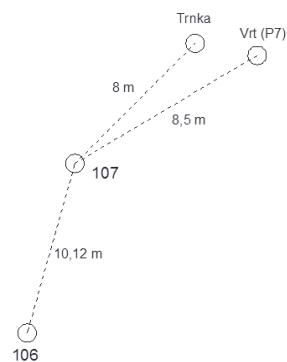
Bod č. 105



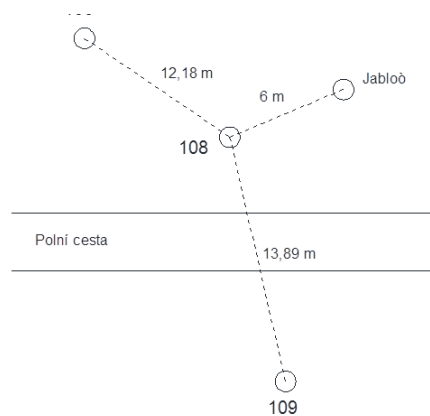
Bod č. 106



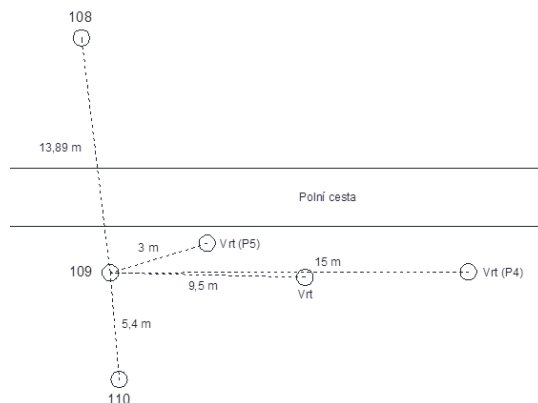
Bod č. 107



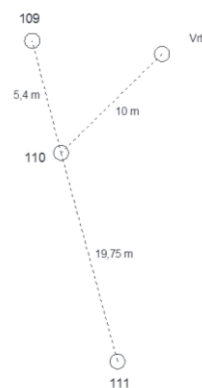
Bod č. 108



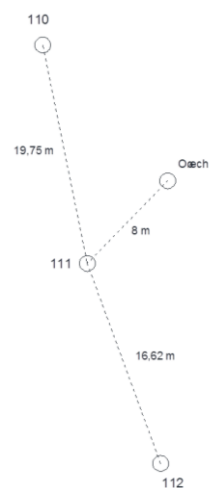
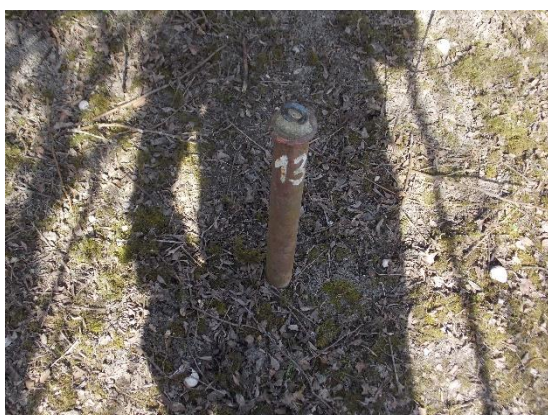
Bod č. 109



Bod č. 110



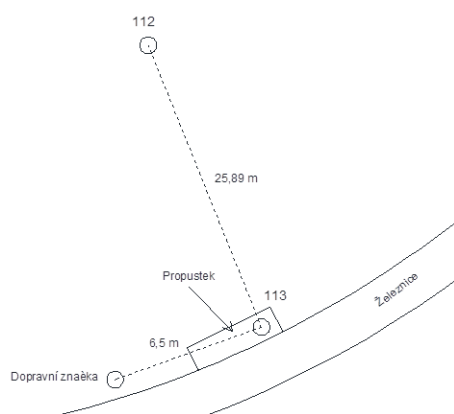
Bod č. 111



Bod č. 112



Bod č. 113



Příloha 2

EasyNET 3.4.3 Non-commercial (12.10.2015)

Kontakt: Ing. Pavel Třasák, Ph.D. (pavel.trasak@gmail.com)

Protokol C - Vyrovnání sítě

Vytvořeno: 20.4.2017 11:03:17

C-01 Základní informace o vyrovnání sítě

=====

Vyloučení odlehlých hodnot

Metoda robustního odhadu:	Huber
Hladina významnosti:	0.01
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	17/303 [0.056]
Vodorovný směr:	8/101 [0.079]
Zenitový úhel:	6/101 [0.059]
Šikmá délka:	3/101 [0.030]
Šikmá délka (doplňek):	-
Směrník:	-
Převýšení:	-
Svislé provažování:	-

Vyrovnání sítě

Apriorní jednotková směrodatná odchylka:	1.000
Aposteriorní jednotková směrodatná odchylka:	0.756
Počet fixních bodů:	2
Počet vyrovnaných bodů:	30
Počet vyrovnaných orientačních posunů:	16
Počet vyrovnaných měření:	286
Vodorovný směr:	93
Zenitový úhel:	95
Šikmá délka:	98
Šikmá délka (doplňek):	0
Směrník:	0
Převýšení:	0
Svislé provažování (X + Y):	0 (0)
Počet nadbytečných měření:	180

C-02 Vyrovnané souřadnice (Aposteriorní přesnost)

=====

Legenda:

~~~~~

A: Pořadové číslo

B: Číslo bodu

C: Souřadnice X [m]

D: Souřadnice Y [m]

E: Souřadnice Z [m]

F: Souřadnice X - Směrodatná odchylka [mm]

G: Souřadnice Y - Směrodatná odchylka [mm]

H: Souřadnice Z - Směrodatná odchylka [mm]

Data:

~~~~~

A	B	C [m]	D [m]	E [m]	F [mm]	G [mm]	H [mm]
1	101	996621.7102	768263.2550	265.7231	0.88	0.79	0.46
2	102	996642.2606	768257.7545	259.8068	0.92	1.43	0.46
3	103	996655.3255	768248.1251	257.8742	0.96	1.57	0.51
4	104	996673.7357	768238.8777	253.3934	0.98	1.63	0.57
5	105	996687.0017	768227.8564	249.0225	0.77	1.56	0.55
6	106	996695.3299	768225.0129	248.2573	0.71	1.52	0.56
7	107	996703.8675	768219.5704	245.9641	0.76	1.45	0.59
8	108	996693.6040	768237.0723	249.4465	0.74	1.58	0.56
9	109	996684.3646	768247.4606	251.7295	1.20	1.75	0.58
10	110	996680.7816	768251.4818	253.6939	1.11	1.71	0.60
11	111	996666.6981	768265.3273	257.7939	1.37	1.84	0.62
12	112	996656.7882	768278.6724	259.4917	1.70	1.93	0.59
13	113	996648.0204	768299.0181	264.9648	2.16	2.17	0.61
14	4001	996618.9229	768263.5451	267.2637	0.67	0.70	0.33
15	4002	996631.0976	768260.6619	262.7310	0.78	1.07	0.40
16	4003	996646.1998	768254.7299	260.1451	0.83	1.43	0.46
17	4004	996660.4691	768245.5173	257.4822	0.82	1.54	0.50
18	4005	996679.7638	768234.4151	252.2711	0.74	1.55	0.53
19	4006	996690.5160	768227.1182	249.8462	0.67	1.53	0.54
20	4007	996700.3278	768221.5059	247.5393	0.65	1.47	0.56
21	4008	996714.5257	768217.7170	246.3330	0.68	1.22	0.60
22	4009	996714.5251	768217.7171	246.3325	0.67	1.18	0.59
23	4010	996700.3256	768221.5054	247.5395	0.74	1.43	0.56
24	4011	996694.9042	768231.7325	249.7007	0.70	1.52	0.56
25	4012	996688.8886	768243.6188	252.3578	0.85	1.60	0.56
26	4013	996676.5674	768255.0458	255.4263	1.10	1.69	0.58
27	4014	996659.4126	768274.4208	259.9717	1.52	1.85	0.58
28	4015	996659.4123	768274.4209	259.9722	1.72	2.04	0.69
29	4016	996652.2383	768289.4327	262.7209	1.94	1.90	0.58
30	4017	996636.6774	768292.0480	267.7811	2.04	1.99	0.56
31	5001	996603.1960	768269.1860	267.7400	-	-	-
32	5003	996755.7490	768229.1160	249.5230	-	-	-

Příloha 3

EasyNET 3.4.3 Non-commercial (12.10.2015)

Kontakt: Ing. Pavel Třasák, Ph.D. (pavel.trasak@gmail.com)

Protokol C - Vyrovnání sítě

Vytvořeno: 10.5.2017 15:57:17

C-01 Základní informace o vyrovnání sítě

=====

Vyloučení odlehlých hodnot

Metoda robustního odhadu:		Huber
Hladina významnosti:		0.01
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	15/258	[0.058]
Vodorovný směr:	6/86	[0.070]
Zenitový úhel:	5/86	[0.058]
Šikmá délka:	4/86	[0.047]
Šikmá délka (doplňek):		-
Směrník:		-
Převýšení:		-
Svislé provažování:		-

Vyrovnání sítě

Apriorní jednotková směrodatná odchylka:		1.000
Aposteriorní jednotková směrodatná odchylka:		0.883
Počet fixních bodů:		2
Počet vyrovnaných bodů:		27
Počet vyrovnaných orientačních posunů:		14
Počet vyrovnaných měření:		243
Vodorovný směr:		80
Zenitový úhel:		81
Šikmá délka:		82
Šikmá délka (doplňek):		0
Směrník:		0
Převýšení:		0
Svislé provažování (X + Y):	0	(0)
Počet nadbytečných měření:		148

C-02 Vyrovnané souřadnice (Aposteriorní přesnost)

=====

Legenda:

~~~~~

A: Pořadové číslo

B: Číslo bodu

C: Souřadnice X [m]

D: Souřadnice Y [m]

E: Souřadnice Z [m]

F: Souřadnice X - Směrodatná odchylka [mm]

G: Souřadnice Y - Směrodatná odchylka [mm]

H: Souřadnice Z - Směrodatná odchylka [mm]

Data:

~~~~~

A	B	C [m]	D [m]	E [m]	F [mm]	G [mm]	H [mm]
1	101	996621.7100	768263.2631	265.7224	1.08	1.41	0.56
2	102	996642.2632	768257.7566	259.8093	1.28	2.51	0.55
3	103	996655.3307	768248.1281	257.8825	1.35	2.78	0.59
4	104	996673.7405	768238.8822	253.4051	1.52	2.98	0.68
5	105	996687.0016	768227.8601	249.0267	1.26	2.91	0.64
6	106	996695.3383	768225.0150	248.2667	1.03	2.84	0.65
7	107	996703.8737	768219.5717	245.9717	1.10	2.68	0.68
8	108	996693.6025	768237.0645	249.4515	1.09	2.84	0.65
9	109	996684.3735	768247.4515	251.7386	1.34	2.89	0.68
10	110	996680.7813	768251.4712	253.7000	1.40	2.89	0.72
11	111	996666.6946	768265.3178	257.7994	1.52	2.88	0.75
12	112	996656.7821	768278.6639	259.4959	1.32	2.60	0.71
13	113	996648.0075	768299.0019	264.9651	1.78	2.36	0.72
14	4001	996618.7828	768263.9397	267.3714	0.81	1.21	0.38
15	4002	996629.8635	768260.7804	263.0570	0.98	1.83	0.45
16	4003	996646.1986	768255.6613	260.3484	1.11	2.58	0.56
17	4004	996658.5350	768246.3550	257.9326	1.12	2.79	0.58
18	4005	996679.8405	768234.4058	252.3899	1.06	2.90	0.62
19	4006	996690.4329	768226.7165	249.8478	0.98	2.88	0.64
20	4007	996699.1405	768221.3556	247.8096	0.97	2.74	0.64
21	4008	996715.2382	768217.6946	246.2769	0.92	2.23	0.67
22	4010	996694.8100	768231.4920	249.8399	1.01	2.81	0.65
23	4011	996689.0725	768243.3761	252.2657	1.13	2.84	0.66
24	4012	996675.5376	768256.0343	255.7533	1.22	2.77	0.67
25	4013	996662.2904	768270.4313	259.5574	1.21	2.61	0.67
26	4014	996653.5092	768286.7072	262.0943	1.33	2.39	0.67
27	4015	996635.1982	768290.2023	267.8498	1.34	1.74	0.63
28	5001	996603.2010	768269.1940	267.7460	-	-	-
29	5003	996755.7510	768229.1190	249.5190	-	-	-