

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**OBOR GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A**

**GEOINFORMATIKA**

**KATEDRA SPECIÁLNÍ GEODÉZIE**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Monitoring železniční tratě Čížkovice - Obrnice**

Autor: Bc. Jan Velíšek

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

Praha, 2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE



Fakulta stavební  
Tháškova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE


### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Velišek</u>	Jméno: <u>Jan</u>	Osobní číslo: <u>396916</u>
Zadávající katedra: <u>Katedra speciální geodézie</u>		
Studijní program: <u>Geodézie a kartografie</u>		
Studijní obor: <u>Geodézie a kartografie</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Monitoring železniční tratě Čížkovice - Obrnice</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Monitoring of railway Čížkovice - Obrnice</u>	
Pokyny pro vypracování: Praktické zaměření dvou etap pomocí GNSS a totální stanice. Rozbory přesnosti použité měřické metody. Vyrovnání geodetické sítě dle MNČ. Vyhodnocení posunů sledovaných bodů.	
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: <u>doc. Ing. Rudolf Urban, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>15.2.2017</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>21.5.2017</u>
<i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>	
	
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
<u>16.2.17</u>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval zcela samostatně pod odborným vedením vedoucího diplomové práce. Veškerá použitá literatura a další informační zdroje jsou uvedeny v seznamu literatury.

V Praze dne

.....

Bc. Jan Velíšek

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Rudolfovi Urbanovi Ph.D. a Ing. Janu Balkovi za zapůjčení GNNS přístrojů. Dále bych chtěl poděkovat spolužákovi Bc. Jakubu Hávovi za pomoc při měření, své rodině a kamarádům za podporu po celou dobu studia.



# **Monitoring železniční tratě Čížkovice - Obrnice**

Monitoring of railway Čížkovice - Obrnice

## **Abstrakt**

V diplomové práci bylo provedeno zaměření bodů podezřelých z posunů ve dvou etapách. Cílem bylo zjištění výsledných prostorových posunů na jednotlivých pozorovaných bodech. Body byly měřeny pomocí trojpodstavcové soupravy jako prostorová síť, kde určované body byly vždy měřeny dvakrát. Monitoring byl realizován na sesuvném území jiho-západně od města Třebenice. Část polygonového pořadu byla vedena po železniční trati Čížkovice – Obrtnice, kde byly pozorované body stabilizovány na propustcích pod drážním tělesem. Druhá část polygonového pořadu byla vedena po pozemní komunikaci č. III/23756 z Třebenic do Dlažkovic, kde byly pozorované body stabilizovány ve vozovce. Měření bylo realizováno totální stanicí z volných stanovisek situovaných mezi sledované body (trojpodstavcová metoda). V rámci měření polygonového pořadu byly totální stanicí zaměřeny dva pevně stabilizované body, na kterých byla měřena GNNS observace.

Byl proveden rozbor přesnosti v programu PrecisPlanner a pro komplexní zpracování naměřených dat a pro vyrovnání obou etap byl zvolen program EasyNet.

## **Klíčová slova**

rozbor přesnosti, sesuvné území Třebenice, posuny, etapové měření, statická metoda GNNS, EasyNET,

## **Abstract**

In the diploma thesis the focus of the points suspected of shifts in two stages was made. The aim was to find out the resulting spatial shifts at the individual observed points. The points were measured using a triple set as a spatial network, where the determined points were always measured twice. The monitoring was carried out on the sloping area south-west of the town of Třebenice. Part of the polygon program was conducted along the railway line Čížkovice - Obrtnice, where the observed points were stabilized on the passes under the railway body. The second part of the polygon program was conducted on the road No. III / 23756 from Třebenice to Dlažkovice, where the observed points were stabilized in the road. The measurements were made by the total station from the free positions placed between the points of view (three-point method). In the framework of the polygon program, two fixed-point points were surveyed by the total station, on which GNSS observations were measured. PrecisPlanner precision analysis and complex data processing were performed, and the EasyNet program was selected to balance both stages.

## **Keywords**

accuracy analysis, landslides, stage measurement, static method, EasyNet

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>GEODETICKÝ MONITORING</b> .....	<b>11</b>
2.1	METODY PRO URČOVÁNÍ POSUNŮ.....	11
<b>3</b>	<b>LOKALITA TŘEBENICE</b> .....	<b>13</b>
3.1	CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....	13
3.2	PŘEDEŠLÝ GEODETICKÝ MONITORING.....	14
<b>4</b>	<b>ROZBOR PŘESNOSTI PŘED MĚŘENÍM</b> .....	<b>15</b>
4.1	SIMULACE MĚŘENÍ V PROGRAMU PRECIS PLANNER .....	15
4.1.1	Příprava přibližných souřadnic.....	16
4.1.2	Příprava souboru měření.....	18
4.1.3	Práce s programem .....	20
<b>5</b>	<b>PŘÍSTROJE A POMŮCKY</b> .....	<b>23</b>
5.1	GNNS PŘÍSTROJ .....	23
5.2	TOTÁLNÍ STANICE TRIMBLE S6 .....	25
5.3	OSTATNÍ PŘÍSTROJE A POMŮCKY .....	25
<b>6</b>	<b>ETAPOVÉ MĚŘENÍ</b> .....	<b>27</b>
6.1	0. ETAPA .....	27
6.2	1. ETAPA .....	27
<b>7</b>	<b>MÍSTOPISY</b> .....	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>ZPRACOVÁNÍ MĚŘENÍ</b> .....	<b>28</b>
8.1	ZPRACOVÁNÍ GNNS .....	28
8.1.1	PRINCIP VÝPOČTU SOUŘADNIC .....	29
8.1.2	TRANSFORMACE Z ITRF-2000 DO S-JTSK .....	29
8.2	ZPRACOVÁNÍ MĚŘENÍ V PROGRAMU EASYNET.....	32
8.2.1	ZÁKLADNÍ INFORMACE O PROGRAMU EASYNET .....	32
8.2.2	VSTUPNÍ DATA A JEJICH FORMÁT .....	32
8.2.3	KONTROLA VSTUPNÍCH DAT .....	32
8.2.4	KONTROLA A ODSTRANĚNÍ CHYB NAMĚŘENÝCH DAT.....	33
8.2.5	ANALÝZA MĚŘENÝCH DAT .....	33
8.2.6	OBEČNÁ NASTAVENÍ PROGRAMU EASYNET .....	34
8.3	VYROVNÁNÍ 0, ETAPY.....	36
8.3.1	VYROVNÁNÍ SÍTĚ.....	36

8.3.2	Síť .....	38
8.3.3	SOUŘADNICE .....	39
8.4	VYROVNÁNÍ 1. ETAPY .....	41
8.4.1	VÝSLEDKY VYROVNÁNÍ 1. ETAPY .....	41
<b>9</b>	<b>VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ POSUNŮ.....</b>	<b>44</b>
<b>10</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>52</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>56</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>58</b>

## 1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá zpracováním a vyhodnocením posunů dvou etap měření na sesuvném území u města Třebenice. Sledování posunů v této oblasti bylo v minulosti již prováděno, ale data použitelná pro porovnání s dnešním stavem neexistují. Důvod sesuvů půdy v této oblasti je zvýšená hladina spodní vody a špatné složení vrchní části půdy. Na tomto území v současné době probíhá geologický průzkum ústavem struktury a mechaniky hornin AV ČR.

Obsahem diplomové práce jsou tedy dvě etapy, při kterých byly sledované body zaměřené pomocí totální stanice. Vztažné body byly určeny s využitím GNNS. Výstupem práce jsou vyrovnané souřadnice pozorovaných bodů s jejich směrodatnými odchylkami, ze kterých je dále určena velikost a průkaznost polohového a výškového posunu.

Práce je členěna do devíti kapitol, které na sebe navzájem navazují. Po úvodní části se další dvě kapitoly věnují představení tématu geodetického monitoringu a stručné charakteristice lokality. V další kapitole je popsán průběh a výsledky modelace rozboru před měřením v programu PrecisPlanner, na který navazuje seznámení se zvolenými přístroji a pomůckami a průběhem měření jednotlivých etap. V rámci práce byly vyhotoveny místopisy pozorovaných bodů pro měření dalších etap v této lokalitě. Kapitola 8 obsahuje postup zpracování měřených dat. Je zde popsán postup transformace souřadnic měřených metodou GNNS a výpočtu vyrovnaných souřadnic v programu EasyNet. Poslední kapitole jsou uvedeny výsledky a jsou zde vyhodnoceny vypočtené posuny.

## 2 Geodetický monitoring

Geodetický monitoring je součástí oboru Inženýrské geodézie, která je vyučována na fakultě stavební ČVUT v Praze. Nejvíce se tohoto specifického typu měření využívá pro složité stavební (pozemní, mostní, výškové) objekty, důlní díla, poklesové kotliny, vodohospodářská díla a další. Stavební objekty působením vnějších vlivů mohou měnit svojí prostorovou polohu, což může mít negativní dopady na statiku, funkčnost a bezpečnost objektu. Vnější vlivy, které mají největší vliv na nestabilitu objektu, jsou tyto: stlačitelnost podloží, kolísání hladiny spodní vody, změny teploty atd.

Monitoring (sledování) sesuvu svahu se provádí pomocí etapového měření na místech, kde je předpokládán posun či přetvoření. Posun je charakterizován jako prostorová změna v poloze pozorovaného bodu mezi základní (nultou) etapou a etapami měřeními s určitým časovým odstupem. Každá etapa se skládá z měření na vztažné body umístěné mimo pozorovaný objekt a mimo vlivy, které by mohly přímo ovlivnit stálost jejich polohy a z podrobných bodů, u kterých se posun předpokládá.

Informace o posunech v čase jsou dvojího typu. Absolutní posuny demonstrují hodnotu mezi pozorovanými body a vztažnou sítí. Druhý typ je relativní a ten ukazuje hodnoty pouze mezi pozorovanými body. V této kapitole bylo čerpáno z (1), (2)

### 2.1 Metody pro určování posunů

Pro sledování posunů se používá řada fyzikálních metod, které jsou dle svých vlastností vhodná pro různé typy sledovaných objektů. Pro geotechnické měření se využívají finančně a technologicky náročné metody, jako je měření pomocí inklinometrů, náklonoměrů, extenzometrů a dalších přístrojů. Jedna z nejvyužívanějších geodetických metod pro měření sesuvů půdy je metoda záměrné přímky, která se používá pro hrubý odhad rychlosti a velikosti směru sesunu. Tato metoda se používá v případě, že je znám směr pohybu sesuvu. Koncové body se stabilizují na pevném území kolmo k pohybu sesuvu a mezi ně do míst, kde probíhá sesuv, se umístí pozorované body. Kontrolním měřením se určují vodorovné posuny od záměrné přímky. Horizontální a vertikální posuny lze zjišťovat také trigonometrickou metodou a pomocí polygonových pořadů, kde výsledná přesnost velmi závisí na přesnosti měření úhlů a délek (nutnost použití přesné totální stanice). V současné době se stále více začínají prosazovat metody pozemní fotogrammetrie, laserového skenování a GNNS .

Přesnost geodetických metod při měření posunů je dána normou ČSN 73 0405 – Měření posunů stavebních objektů. V této kapitole bylo čerpáno z (1) (2) (3).



### 3 Lokalita Třebenice

Lokalita sesuvného území Třebenice se nachází pod vrchem Malá kozí horka na jižním okraji Českého středohoří, které patří k místům s největším výskytem svahových deformací na území České Republiky (Obr. 1). Na tomto dlouhodobě zkoumaném území, které je součástí katastrálního území Třebenice, se vyskytují mělké až středně hluboké svahové deformace v jílovitých horninách. (4)



Obr. 1: Lokalita Třebenice (zdroj:google.maps.com)

#### 3.1 Charakteristika zájmového území

Lokalita je situovaná přibližně 1,3 km JZ směrem od města Třebenice, na JV svahu ničím výrazného vrchu Malá Kozí horka (329 m. n. m). Území protíná silnice III/23756 a v blízké době znovuobnovená trať č. 113 Lovosice – Most. Nadmořská výška celého sesuvného území (cca 28 ha) je od 240 m. n. m. až po 285m. n. m. Průměrný sklon JV svahu po Malou Kozí horkou je 10°. Na stabilitu svahu má značný vliv odlišné propustnosti sedimentárních vrstev. K sesouvání dochází mezi křídovými horninami, které jsou prostoupeny souvrstvími vápnitých jílovců. Tyto horniny vykazují výrazné změny objemu vlivem kolísání hladiny spodní vody a změnou teplot. První záznam o pohybech drážního tělesa je z roku 1938. Neustále porušování drážního tělesa vede roku 1970 k vypracování inženýrsko-geologického průzkumu v oblasti křížení železniční a silniční trati. Na nově stabilizované síti pevných a kontrolních bodů byly zaznamenány až několika decimetrové pohyby (Obr. 2). (5)

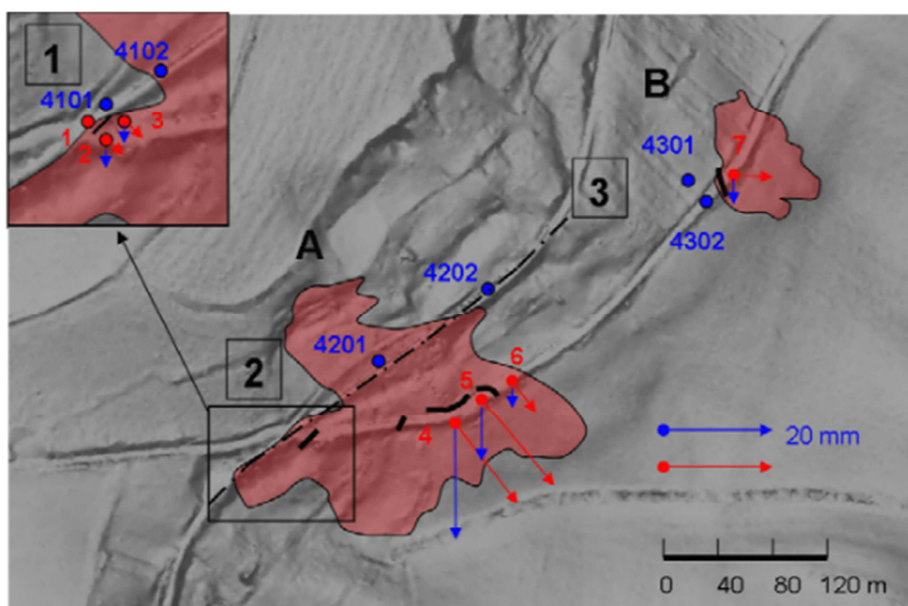


Obr. 2: Deformace tělesa silnice z roku 1982

### 3.2 Předěšlý geodetický monitoring

Trigonometrická měření byla prováděna od roku 2013 v místech, kde byl pozorován vznik nových trhlin v povrchu vozovky. Trhliny vznikaly i v místech, která byla v bezprostřední blízkosti silnice a byla značně podmáčená. Z důvodu obnovení železniční tratě byly ale tyto body zničeny a není možné na provedená měření navázat.

Od prosince 2013 bylo provedeno celkem 8 etap trigonometrických měření na třech lokalitách. V současné době dochází k neustálým pomalým pohybům ve směru sklonu svahu (Obr. 3), které mají za následek výrazné trhliny a poté nucenou opravu povrchu vozovky. (5) (6).



Obr. 3: Předěšlý geodetický monitoring, zdroj (5).

## 4 Rozbor přesnosti před měřením

Kapitola popisuje přípravu měření a rozbor přesnosti před měřením.

### 4.1 Simulace měření v programu PreciS Planner

Program PreciS Planner je určen k plánování přesnosti měření prostorové geodetické sítě. Pomocí softwaru PreciS Planner byla určena dosažitelná přesnost měření. Práce s tímto softwarem se využívá zejména pro účely rozborů přesnosti v inženýrské geodézii, kde je kladen důraz na vysokou přesnost. Model může být počítán jako volná síť nebo jako síť s fixními body. Program pracuje v operačním systému Microsoft Windows XP a vyšším. Ukázka úvodního okna je na Obr: 4. Program v demo verzi je volně stažitelný, avšak pro tento rozbor musela být použita úplná verze. Autorem programu je prof. Ing. Martin Štroner, Ph.D. z katedry speciální geodézie, Fakulty stavební ČVUT v Praze. (7)

Následně byl z tohoto rozboru stanoven postup měření a vybrány vhodné měřické přístroje a pomůcky. K vytvoření přesného modelu rozboru před měřením bylo zapotřebí znát přibližnou konfiguraci měření, měřené veličiny a přesnost zvoleného přístroje

Z přibližných souřadnic (minimálně dvou) geodetické sítě a přesnosti měření byly pomocí programu určeny směrodatné odchylky a parametry elips chyb pro jednotlivé zadané body. Pro výpočet modelu byla využita metoda nejmenších čtverců (MNC). Výpočet vyrovnání MNC v programu PreciS Planner provádí interní program GNU Gama. Do vyrovnání vstupují matice derivací  $\mathbf{A}$  (plánu experimentu, Jacobiho matice) pro vyrovnání a váhová matice  $\mathbf{P}$ . V případě navrženého měření se jednalo o vázanou síť, vzorce pro normální rovnice a kovarianční matici vypadaly tedy následovně:

$$\text{Normální rovnice: } A^T P A \cdot dx + A^T P l' = 0 \quad (4.1)$$

, kde  $l'$  je vektor redukováných měření a  $dx$  je vektor přírůstků neznámých oproti přibližným hodnotám.

$$\text{Kovarianční matice: } M = \sigma_0^2 \cdot (A^T P A)^{-1} \quad (4.2)$$

$\sigma_0^2$  je směrodatná odchylka jednotková apriorní,

Výsledkem výpočtu byla kovarianční matice popisující přesnost výsledků vyrovnání. zdroj: (8)



Obr: 4: Úvodní okno programu

Chronologický postup zpracování přesnosti před měřeními v programu PrecisPlanner včetně stručného manuálu k práci s programem je přehledně uveden v následujících kapitolách.

#### 4.1.1 Příprava přibližných souřadnic

Při rekognoskaci terénu provedenou dne 8.12.2016 byly Ing. Janem Balkem, který v této oblasti dělá geologický výzkum, názorně představeny podrobné body pro monitoring posunů a dále dva body pro GNNS měření (byl veden náčrt situace). Budoucí stanoviště byla volena ideálně mezi jednotlivé pozorované body. Pouze v případě, kdy byly pozorované body velmi blízko sebe (pod 10m), nebylo mezi ně vkládáno stanoviště. Dále byly ručně vytvořeny místopisy jednotlivých pozorovaných bodů. V místopisech jsou uvedeny vzdálenosti mezi pozorovanými body a mezi významnými prvky v okolí (viz. kapitola 7).

Pro výpočet modelu bylo zapotřebí znát přibližné souřadnice bodů, pro které byl rozbor přesnosti prováděn. Vstupní souřadnice byly vypočteny ze souřadnic předchozího geodetického měření Ing. Balka a z délek měřených pásmem při tvoření místopisů. Jako počátek místní souřadnicové soustavy byl zvolen bod 5001, na kterém byla prováděna GNNS observace. Schéma situace je na Obr. 5.



Obr. 5: Schéma situace

Do rozboru přesnosti před měřením by měla vstupovat přesnost totální stanice, se kterou by bylo nejlepší měření provádět, ale přesnost uváděna výrobcem je většinou o něco lepší než ve skutečnosti. Po konzultaci s prof. Štronerem byly zvoleny hodnoty pro úhlové měření 0,5 mgonu a pro délky 1 mm. Úprava přesnosti měření úhlů bylo ze zkušenosti při měření na malé vzdálenosti (do 15 m).

Na Obr. 6 a Obr. 7 je ukázka vstupního textového souboru se souřadnicemi podrobných bodů (číslované od 1) a stanovisek (číslované od 4001). Popis sloupců ukázkových souborů zleva: číslo bodu, X, Y, Z, směrodatná odchylka centrace, směrodatná odchylka určení výšky cíle a poslední sloupec označuje, zda je bod volný „a“ či fixní „f“.

```

1.0 14.52800 -0.55560 -2.15190 0.00000 0.00000 a
2.0 17.38470 -15.69180 -2.42790 0.00000 0.00000 a
3.0 20.57690 -12.31360 -3.25460 0.00000 0.00000 a
4.0 23.61350 -3.65660 -3.58310 0.00000 0.00000 a
5.0 27.37920 -7.11910 -4.21880 0.00000 0.00000 a
    
```

Obr. 6: Ukázka vstupu souřadnic-podrobné body

```

4001.0 15.73570 -8.08240 -0.77740 0.00000 0.00000 a
4002.0 29.66350 -82.70800 -1.97180 0.00000 0.00000 a
4003.0 35.04480 -111.82900 -2.28080 0.00000 0.00000 a
4004.0 40.62540 -141.72230 -2.76080 0.00000 0.00000 a
4005.0 52.65220 -205.32490 -4.03280 0.00000 0.00000 a

```

*Obr. 7: Ukázka vstupu souřadnic-stanoviska*

Na bodech 5001 a 5002 byla měřena 24 – hodinová observace metodou GNNS (viz kapitola 8.1), jejímž výsledkem byly souřadnice s polohovou přesností do 1,5mm a výškovou do 4 mm. Tyto přesnosti vychází z dlouhodobého sledování při vyrovnání v síti GEONAS (Geodynamical Network of the Academy of Science of the CR). Jedná se o síť 22 měřících stanic provozovanou Ústavem struktury a mechaniky hornin AV ČR. Z důvodu nutnosti vložení přesnosti bodů (vliv centrace a vliv určení výšky) byly do vstupního souboru zařazeny dva pseudobody 5001.1 a 5002.1. Body byly zvoleny jako fixní (f) se stejnými souřadnicemi jako 5001 a 5002 viz Obr.8. V této kapitole bylo čerpáno z (9).

Směrodatná odchylka určení výšky cíle byla vypočtena dle vzorce (4.4).

```

5001.0 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 a
5001.1 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 f
5002.0 18.04150 -391.58140 -9.01950 0.00000 0.00000 a
5002.1 18.04150 -391.58140 -9.01950 0.00000 0.00000 f

```

*Obr.8: Vstup souřadnic-fixní body*

Celý textový soubor s přibližnými souřadnicemi byl načten do programu pomocí tlačítka „Načíst souřadnice“. Ukázka grafického okna je na Obr. 11.

#### **4.1.2 Příprava souboru měření**

Druhým nutným vstupem do programu byl opět textový soubor s typy měření. Ukázka souboru s měřením je na Obr.9.

```

zu 4001.00 5001.00 0.00050
di 4001.00 5001.00 0.00050
sd 4001.00 5001.00 0.00100
zu 4001.00 1.00 0.00050
di 4001.00 1.00 0.00050
sd 4001.00 1.00 0.00100
zu 4001.00 2.00 0.00050
di 4001.00 2.00 0.00050
sd 4001.00 2.00 0.00100
zu 4001.00 3.00 0.00050
di 4001.00 3.00 0.00050
sd 4001.00 3.00 0.00100
    
```

Obr.9: Ukázka vstupu měření

Popis sloupců zleva pro Obr.9: zkratka typu měření, číslo stanoviska, číslo podrobného bodu a poslední sloupec je zvolená přesnost. Pro měřený vodorovný směr je zkratka „di“ (direction), pro zenitový úhel je zkratka „zu“ (zenitový úhel) a pro šikmou délku je zkratka „sd“ (slope distance). Druhou možností pro přípravu souboru měření je grafická možnost zobrazená na Obr. 12.

Na bodech 5001 a 5002 byly vytvořeny identické pseudobody 5001.1 a 5002.1, které byly použity z důvodu nutnosti zavedení přesnosti centrace a přesnosti měření výšky GNSS stanice. V programu PreciS Planner bylo přidáno provázení (přesnost centrace) dle vzorce (4.3).

$$S_c = \sqrt{\sigma_{XY}^2 + \sigma_{c-GPS}^2 + \sigma_{c-hran}^2} = 1,66 \text{ mm} \quad (4.3)$$

,kde

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

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

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

$$S_c = pr = 1,6 \text{ mm}$$

Dále byla upravena přesnost převýšení (přesnost určení výšky cíle) (4.4). Ukázka vstupu je na Obr. 10

$$S_v = \sqrt{\sigma_Z^2 + \sigma_{v-GPS}^2 + \sigma_{v-hran}^2} = 4,1 \text{ mm} \quad (4.4)$$

,kde

$\sigma_Z = 4 \text{ mm}$  je výšková přesnost určení bodu pomocí GPS,

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

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

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

```
pr 5001.00 5001.10 0.00160
vd 5001.00 5001.10 0.00410
pr 5002.00 5002.10 0.00160
vd 5002.00 5002.10 0.00410
```

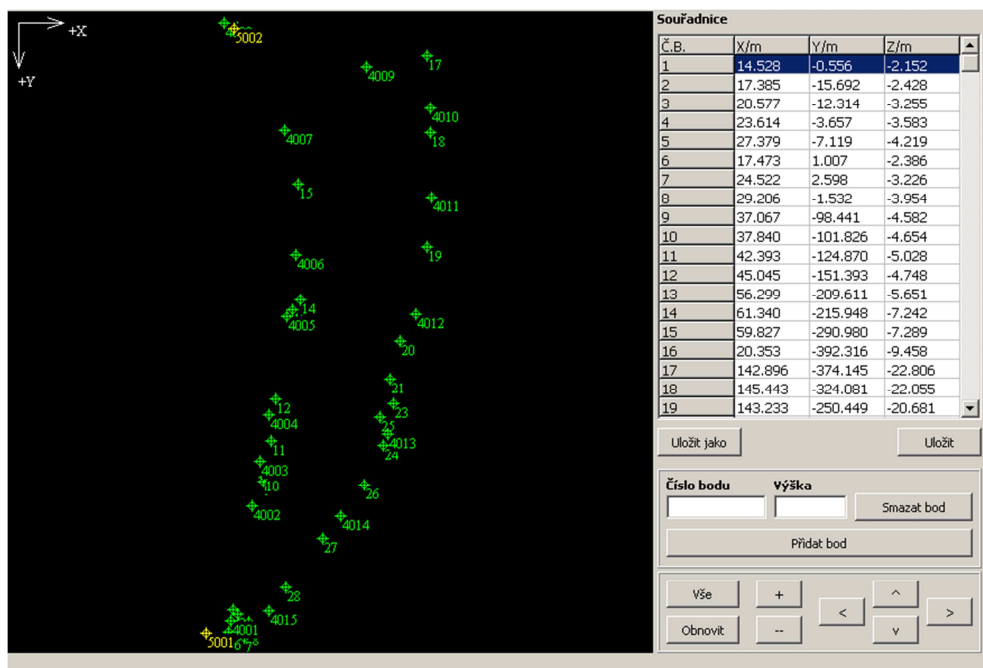
Obr. 10: Vstup-převýšení, provádění

### 4.1.3 Práce s programem

Další kapitoly ukazují postup zpracování již připravených vstupních souborů v Programu PrecisPlanner.

#### 4.1.3.1 Mapa souřadnic

Po načtení textového souboru se souřadnicemi se lze po stisku tlačítka „Mapa měření“ (Obr. 11) dostat do okna, kde lze přidávat a upravovat body. Zde se také dají nastavit fixní a volné body vstupující do vyrovnání dle zadání zpracovávané práce (experimentu).

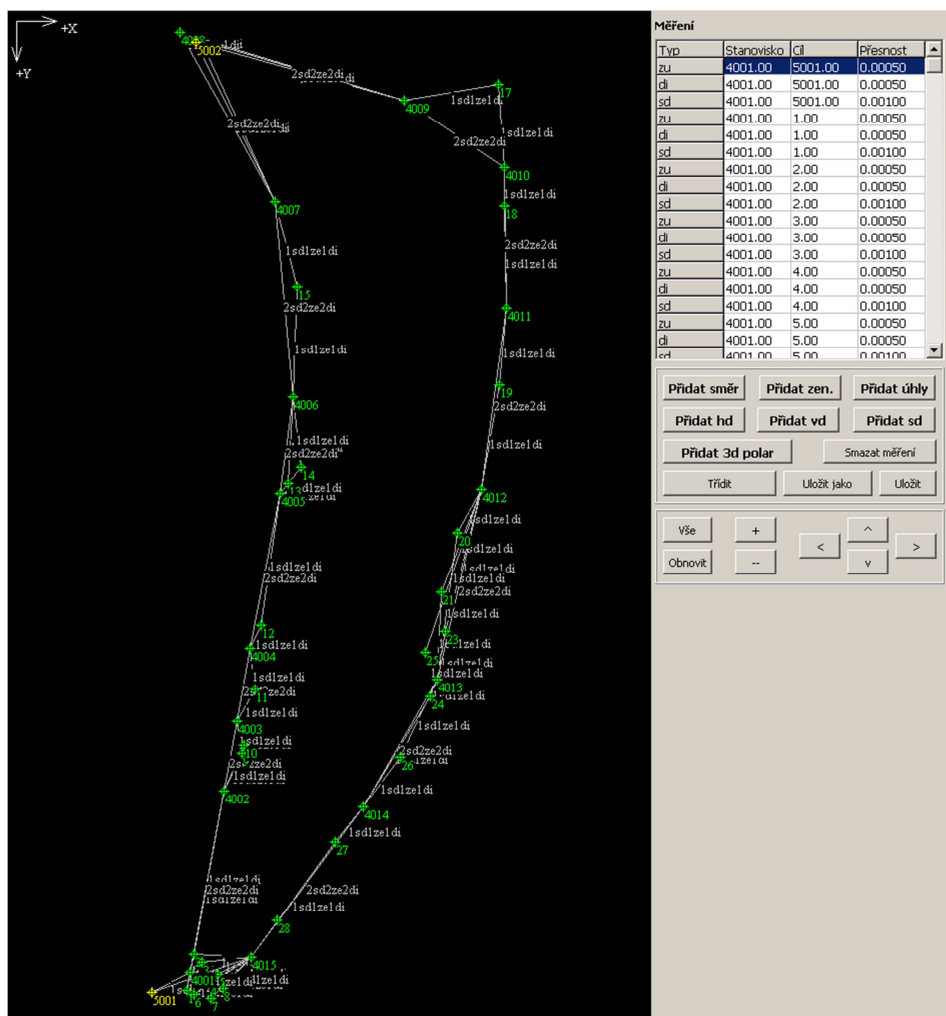


Obr. 11: Mapa souřadnic



### 4.1.3.2 Mapa měření

Podobný postup je i při načtení měření. Po zobrazení „Mapa měření“ se zobrazí okno s mapou, kde se mezi body zobrazí spojnice, na kterých se dále zobrazí zkratky typů měření (Obr. 12).



Obr. 12: Mapa měření

### 4.1.3.3 Výpočet modelu, protokol a výsledky

Po „Výpočtu modelu“ se zobrazí možnost „+Protokol+“, kde lze prohlédnout textový protokol, který obsahuje informace o konfiguraci sítě a vyrovnané souřadnice včetně jejich směrodatných odchylek s parametry elips chyb.

Stiskem tlačítka „+Výpočty+“ se zobrazí přehledná tabulka s výsledky, která obsahuje informace o souřadnicích, směrodatné odchylky a parametry elipsoidů chyb jednotlivých bodů z vytvořeného modelu.

Po vypočtení modelu byly s vedoucím práce vyhodnoceny výsledky. Prostorové směrodatné odchylky na podrobných bodech (Tab. 1) i na stanoviscích (Tab. 1:Velikosti sm. odch.k pozorovaných b Tab. 2: Velikosti sm. och. stanovisek a fixních b.) byly téměř shodné. Směrodatná prostorová odchylka v ose X a Y dosahovala maximální hodnoty 1,9 mm a v ose Z byla prostorová směrodatná odchylka do 3 mm.

Po konzultaci výsledků s vedoucím práce byla vybrána totální stanice Trimble S6, a byl zvolen následující měřící postup. S přihlédnutím na množství zaměřovaných bodů, tedy i na čas strávený měřením v terénu, bylo rozhodnuto, že měření bude provedeno v jedné skupině. Měření na fixní body (5001 a 5002) a stanoviska trojpodstavcové soupravy bude měřeno ve dvou skupinách pro kontrolu a jistotu správnosti měření. Podrobné (sledované body) budou měřeny v jedné skupině. Celý protokol s výsledky rozboru přesnosti jsou k nahlédnutí v Příloze č. 1. (7)

Tab. 1:Velikosti sm. odch.k pozorovaných b

Tab. 2: Velikosti sm. och. stanovisek a fixních b.

Č.B.	s(x)/mm	s(y)/mm	s(xy)/mm	s(z)/mm
1	1,770	1,387	2,249	2,933
2	1,723	1,366	2,199	2,932
3	1,786	1,370	2,251	2,941
4	1,801	1,364	2,259	2,939
5	1,823	1,359	2,274	2,939
6	1,781	1,411	2,272	2,939
7	1,794	1,396	2,273	2,939
8	1,795	1,377	2,262	2,939
9	1,846	1,507	2,383	2,945
10	1,856	1,502	2,388	2,945
11	1,905	1,528	2,442	2,946
12	1,941	1,573	2,498	2,949
13	1,905	1,539	2,449	2,950
14	1,886	1,539	2,434	2,949
15	1,705	1,565	2,314	2,947
16	1,748	1,387	2,231	2,939
17	1,733	1,777	2,482	2,934
18	1,675	1,905	2,537	2,954
19	1,692	1,899	2,543	2,958
20	1,736	1,828	2,521	2,960
21	1,731	1,833	2,521	2,960
23	1,737	1,845	2,534	2,960
24	1,738	1,790	2,495	2,956
25	1,755	1,802	2,515	2,961
26	1,760	1,737	2,473	2,955

Č.B.	s(x)/mm	s(y)/mm	s(z)/mm
4 001	1,699	1,308	2,916
4 002	1,741	1,352	2,922
4 003	1,825	1,394	2,923
4 004	1,856	1,421	2,924
4 005	1,820	1,430	2,926
4 006	1,741	1,418	2,925
4 007	1,557	1,354	2,921
4 008	1,691	1,346	2,917
4 009	1,629	1,506	2,927
4 010	1,633	1,758	2,930
4 011	1,603	1,771	2,934
4 012	1,625	1,733	2,935
4 013	1,667	1,672	2,933
4 014	1,650	1,537	2,929
4 015	1,681	1,327	2,918
5 001	1,599	1,312	2,915
5 002	1,599	1,312	2,915

27	1,731	1,607	2,362	2,953
----	-------	-------	-------	-------

## 5 Přístroje a pomůcky

Pro měření posunů byla vybrána totální stanice Trimble S6, která svou přesností a rychlostí vyhovovala rozsahu měřických prací v terénu. Přístroj GNNS byl zapůjčen Ústavem struktury a mechaniky hornin AV ČR. Detailní informace o pomůckách jsou uvedeny v následujících kapitolách.

### 5.1 GNNS přístroj

Pro GNNS měření byly použity přístroje zapůjčené od Ing. Balka z AV ČR (Obr.13). GNNS observace byla realizována statickou metodou na dvou stabilizovaných bodech po dobu 24 h -25h ve dvou realizovaných etapách. GNNS přístroj se skládá z antény připevněné na stativu, přijímače a autobaterie. Měřená data jsou distribuována pro jednotlivé dny (tzn. od 0:00 UTC po dobu 24 hodin). V naší zeměpisné délce tedy bylo měřeno od 1:00h do 1:00h při první etapě a od 2:00h do 2:00h při druhé etapě. Tato změna byla v důsledku přechodu ze zimního na letní čas.



Obr.13:GNNS stanice na stanovisku 5001

- **Přijímač Ashtech Z-Max**

Přijímač Ashtech Z-Max byl použit pro komunikaci s anténou stabilizovanou na obou bodech observace. Na SD kartu zabudovanou v přijímači byly ukládány měřená data ve formátu Rinex s parametry přijímače a antény. Přijímač byl propojen datovým kabelem s anténou a pomocí napájecího kabelu s autobaterií. Při měření byla prováděna kontrola ukládání na SD kartu. Přijímač na displeji ukazoval pomocí bliknutí počet družic, ze kterých momentálně dostával data. Tyto data byly přibližně každých 30 sekund ukládány. (10).

- **Anténa**

Anténa pro příjem signálu ze satelitů byla zhorizontována a zcentrována na stabilizovaných bodech a propojena s přijímačem. Na bodě 5001 byla použita anténa Ashtech a na bodě 5002 Maellan. V průběhu měření byla změřena výška antény nad bodem. Při výpočtu vertikálních souřadnic obou bodů byly souřadnice upraveny o výšku

antény nad bodem. Vzhledem k tomu, že byla měřena šikmá délka a ne vertikální (prochází středem antény), bylo zapotřebí dopočítat tuto vzdálenost Pythagorovou větou. (10)

## 5.2 Totální stanice Trimble S6

Totální stanice se Trimble S6 (Obr. 14) je moderní totální stanice pro přesné geodetické měření. Přesnost přístroje uváděná výrobcem je ve směru 0,3 mgon a v délkách 1 mm + 1 ppm. Zvětšení dalekohledu s optikou Carl Zeiss je 30-ti násobné a rozsah měření délek na hranol je v rozsahu od 0,2m až do 2500m. Rychlost rotace alhidády je 128 gon/sec. (11)

Práce s totální stanicí byla jednoduchá a intuitivní. Bylo využito automatické cílení a sledování hranolu, a také automatické prokládání poloh dalekohledu i měření osnovy směrů a délek ve více skupinách. Jedinou vadou zjištěnou v terénu byla slabá výdrž baterií. Výrobce uvádí dobu provozu baterie na 6 hodin, ale v praxi se ukázalo, že při takto energeticky náročném měření vydrží pouze 3 hodiny.



Obr. 14: Trimble S6

## 5.3 Ostatní přístroje a pomůcky

Pro měření trojpodstavcovou metodou byly použity dva odrazné hranoly Trimble

(

Obr. 15) zapůjčené katedrou speciální geodézie na Fsv ČVUT. Konstanta hranolu je -35 mm. Pro signalizaci byl zvolen minihranol GMP111Basic od firmy Leica s konstantou +17,5 mm (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).



Obr. 15. Hranol Trimble



Obr. 16: Mnihranol Leica

- **Další přístroje a pomůcky**

Pro měření tlaku a teploty byl využit tlakoměr Greisinger, který slouží i jako teploměr. Pro úpravu okolí železniční tratě byla hojně využita mačeta a motorová pila.

## 6 Etapové měření

Měření bylo provedeno v lokalitě sesuvného území Třeбенice a probíhalo ve dvou etapách s časovým odstupem 50 dní. Při měření jednotlivých etap bylo realizováno měření polygonového pořadu trojpodstavcovou metodou a GNNS observace.

### 6.1 0. Etapa

GNNS observace byla měřena 21.2.2016 od 23h do 23.2.2016 do 2h z důvodu již popsaného v kapitole 5.1. Na bodech byly zhorizontovány a zcentrovány GNNS antény a zapojen GNNS přijímač napájený autobaterií.

Trigonometrické měření 0-té etapy bylo provedeno dne 22.2.2016 od 9:30h do 14:00h za asistence Bc. Jakuba Hávy. Tento termín byl zvolen v závislosti na dlouhé, a na sněhové srážky vydatné zimě. Půda v pozorované oblasti byla ještě zmrzlá, což zaručovalo dobrou stabilitu svahu (neměly by probíhat posuny). Atmosférické podmínky byly pro měření ideální z důvodu bezvětří, zatažené oblohy a beze srážek. Teplota byla v dopoledne 9°C a odpoledne dosáhla 11°C, tlak konstantní 987hPa.

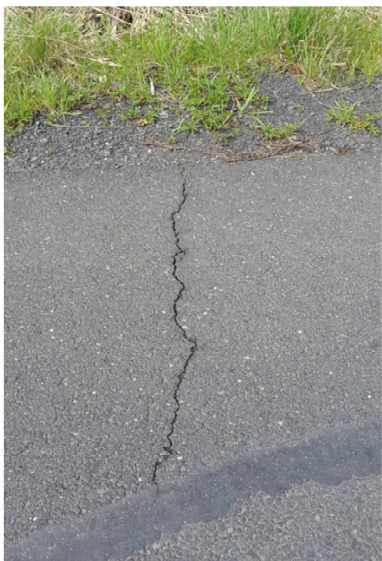
### 6.2 1. Etapa

Dne 11. 4. 2017 v 22:30h začalo měření 1. Etapy monitoringu posunů. Na stejných bodech jako v 0. Etapě byly na zhorizontovány a zcentrovány GNNS antény a zapojeny přijímače k autobateriím. Na každém bodě byla použita stejná anténa jako v předchozí etapě. Měření GNNS observace bylo ukončeno 13.4.2017 v 2:00h.

Dne 12. 3. 2017 v dopoledních hodinách bylo provedeno trigonometrické měření 1. Etapy. Při hledání bodů bylo zjištěno, že na trati v okolí přejezdu s pozemní komunikací proběhla výměna pražců a dosyp vlakového náspu. Z tohoto důvodu bylo zjištěno, že byly zničeny dva body stabilizované ve starých dřevěných pražcích (body 1 a 2). V průběhu stavebních prací na železnici byl dále zničen bod 12, který se nacházel na propustku pod drážním tělesem. Při měření panovalo bezvětří a bylo polojasno (teplota 13-14°C, tlak 983hPa).

V průběhu měření bylo zjištěno, že na asfaltovém povrchu komunikace došlo k viditelným posunům, které měly za následek roztrhnutí povrchu (Obr. 17, Obr. 18).





Obr. 17: Trhlina pod přejezdem



Obr. 18: Trhlina uprostřed vozovky

## 7 Místopisy

V rámci rekognoskace terénu byla pro každý pozorovaný bod vytvořena fotografie a byly naměřeny oměrné délky k nejbližším vztažným bodům. Z této přípravy byl poté vyhotoven pro každý bod místopis. V místopisu je uveden datum stabilizace bodů, data měření jednotlivých etap a přehledný plán situace. Všechny místopisy jsou v Příloze č.2 této práce.

## 8 Zpracování měření

První částí této kapitoly pojednává o zpracování GNNS měřených dat a v dalších částech je uvedeno zpracování trigonometrického měření a následné vyrovnání obou etap měření.

### 8.1 Zpracování GNNS

V této kapitole je popsán princip výpočtu souřadnic bodů, na kterých probíhalo měření GNNS. Jednalo se o body, které byly použity při vyrovnání jako fixní (jejich souřadnice by měly být téměř neměnné) a byly stabilizovány mimo předpokládané území podezřelé z posunů. Postup transformace nulté a první etapy je stejný a souřadnice jsou uvedeny v Tab: 4 na konci této kapitoly.



### 8.1.1 Princip výpočtu souřadnic

Pro výpočet souřadnic byly použity 3 typy vstupních dat:

1. Data měřená GNSS stanicemi na bodech v pozorované lokalitě v Třebenice. Tyto vstupy ve formátu Rinex obsahovaly informace o všech stanicích sítě Geonass a o určovaných (vztažných) bodech.
2. Data z trvalé sítě Euref měřené stanicemi EPN poskytované ve 24 hodinových souborech ve formátu rinex.
3. Posledními vstupními daty pro zpracování byly data z centra CODE (Evropské centrum pro stanovení oběžné dráhy Země). V těchto datech byly informace o ephemeridech, parametrech orientace Země a dalších důležitých informacích o satelitech a přijímačích

Výpočet souřadnic byl proveden v programu Bernese 5.0., který zpracovává pomocí interních programů vstupní data na výsledné souřadnice v systému ITRF-2000. Zpracování obou etap GNSS měření bylo provedeno Ing. Janem Balkem.

### 8.1.2 Transformace z ITRF-2000 do S-JTSK

V transformaci ze souřadnicového systému ITRF 2000 do S-JTSK bylo nutné využít dvě navazující transformace a to z ITRF 2000 do ETRF89 a dále z tohoto souřadnicového systému do S-JTSK.

První převod souřadnic byl proveden pro zjednodušení výpočtu pomocí webové aplikace na stránkách [www.epncb.oma.be](http://www.epncb.oma.be). Zde byl nadefinován vstupní souřadnicový systém (ITRF2000) a epocha měření. Poté byl nahrán výstupní soubor z programu Bernese dodaný Ing. Janem Balkem a zvolen výstupní souřadnicový systém (ETRF89). Výstupem byl textový soubor se souřadnicemi, které jsou uvedeny v Tab: 4.

Postup transformace z ITRF 2000 do ETRF89 byl proveden pouze posunutím, Důvodem této charakteristické transformace byl výskyt pouze jednoho bodu referenčního rámce a to bodu GOPE (Geodetická observatoř Pecný). Převod souřadnic v ITRF2000 na území České republiky je možné psát dle (8.1).

$$X_{ETRF89}(1989) = X_{ITRF2000}(T) + 0,174 + 0,01695 (T - 1997,0), \quad (8.1)$$

$$Y_{ETRF89}(1989) = Y_{ITRF2000}(T) - 0,088 - 0,0170 (T - 1997,0),$$

$$Z_{ETRF89}(1989) = Z_{ITRF2000}(T) - 0,132 - 0,0089 (T - 1997,0).$$

Hodnoty souřadnic jsou uvedeny v metrech, hodnoty časových změn v m/rok a T je epocha v letech. (12)

Následující transformace z ETRF89 do S-JTSK byla provedena v programu EasyTransformer 2.3 od Ing. Pavla Třasáka Ph.D. Program byl vytvořen pro převod souřadnic mezi souřadnicovými systémy. Transformace mezi systémy lze provést třemi typy transformací a třemi typy formátu souřadnic. V našem případě byl zvolen jako vstupní formát souřadnic WGS84 a formát pravoúhlý. Výstupní formát byl definován jako S-JTSK ve formátu rovinných souřadnic. Metoda transformace byla po konzultaci s vedoucím práce zvolena „Nová realizace systému“ jak je vidět na Obr. 19.



Obr. 19: Easy Transform

Program Easy Transform 2.3 používá pro převod mezi systémy ETRS89 a S-JTSK sedmi-prvkovou transformaci. Jedná se o lineární konformní podobnostní transformaci s vyrovnáním koeficientů podle metody nejmenších čtverců. Výsledný vzorec pro vztah převodu souřadnic mezi dvěma soustavami je (8.2) nalezeným v (13)

$$r' = r_0 + q \cdot R \cdot r = \begin{bmatrix} x_T \\ y_T \\ z_T \end{bmatrix} + q \begin{bmatrix} 1 & \omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 1 & \omega_x \\ \omega_y & -\omega_x & 1 \end{bmatrix} r \quad (8.2)$$

kde  $r_0$  je translační vektor určující posun počátku souřadnicové soustavy,  $q$  je změna měřítka (8.3)

$$q = 1 + m \quad (8.3)$$

R je matice rotace, je vektor souřadnic bodů v systému ETRS89

Pro převod mezi soustavami slouží globální transformační klíč (platný od 1. 7. 2012), který obsahuje 7 prvků uvedených v Tab: 3. Tento klíč vydává Český úřad zeměměřický a katastrální (14) (13). V Tab: 4 jsou výsledné souřadnice fixních bodů ve 3 využitých souřadnicových systémech.

Tab: 3: Transformační klíč

Hodnoty nové realizace	m[10 <sup>-6</sup> m]	x <sub>0</sub> [m]	y <sub>0</sub> [m]	z <sub>0</sub> [m]	ω <sub>x</sub> [ <sup>˚</sup> ]	ω <sub>y</sub> [ <sup>˚</sup> ]	ω <sub>z</sub> [ <sup>˚</sup> ]
	3,5393	-572,203	-85,328	761934	5,24832714	1,52900087	4,97311727

Tab: 4: Souřadnice fixních bodů

0. Etapa- Bod 5001			
Souřadnicový systém	X[m]	Y[m]	Z[m]
ITRF2000	3947541,4895	982539,4910	4896384,2316
ETRF89	3947542,0185	982539,0779	4896383,8540
S-JTSK	996603,196	768269,186	267,740
1. Etapa- Bod 5001			
Souřadnicový systém	X[m]	Y[m]	Z[m]
ITRF2000	3947541,4978	982539,4877	4896384,2333
ETRF89	3947542,0281	982539,0734	4896383,8548
S-JTSK	996603,201	768269,194	267,746
0. Etapa- Bod 5002			
Souřadnicový systém	X[m]	Y[m]	Z[m]
ITRF2000	3947247,3756	982720,9799	4896571,2506
ETRF89	3947247,9046	982720,5669	4896570,8731
S-JTSK	996336,119	767981,157	258,280
1. Etapa- Bod 5002			
Souřadnicový systém	X[m]	Y[m]	Z[m]
ITRF2000	3947247,3746	982720,9799	4896571,2507
ETRF89	3947247,9049	982720,5614	4896570,8723
S-JTSK	996336,118	767981,163	258,278

## 8.2 Zpracování měření v programu EasyNet

V této kapitole je popsán výpočet souřadnic a jejich přesností po vyrovnání v programu EasyNet. Každá z etap má vlastní podkapitolu, v níž je vysvětlen postup práce při vyrovnání.

### 8.2.1 Základní informace o programu EasyNet

Program byl vyvinut Ing. Pavlem Třasákem, Ph.D. a slouží pro snadné a nenáročné zpracování a vyhodnocení přesných měření v inženýrské geodézii. Zpracovává pouze měření ve 3D což je velmi unikátní. Aplikace je podporována operačními systémy MS Windows XP a vyšší. Program EasyNet má významnou přednost v detekci odlehlých měření, která je založena na robustní analýze a na statistickém testování odlehlých hodnot měřených dat. Zpracování obou etap v programu proběhlo na fakultním počítači, kde je nainstalována plná a nejnovější verze. (15)

### 8.2.2 Vstupní data a jejich formát

Program EasyNet podporuje dva vstupní formáty měřených dat. Jsou to formáty ASC (totožný s formátem MAPA2) a MTX (interní formát EasyNetu), Z totální stanice Trimble S6 byly vyexportovány naměřená data ve formátu ASC. Ukázkou vstupního souboru lze nalézt jako přílohu této práce.

Dalším vstupem byly (fixní) body. Tento textový soubor obsahoval dva body (5001, 5002) a jejich souřadnice v síti S-JTSK, které byly vypočteny z GNNS měření v kapitole 8.1. Tyto body jsou také v příloze práce.

### 8.2.3 Kontrola vstupních dat

Načtení zápisníku bylo provedeno v nabídce „*Hlavní*→*Přidat*“. Po načtení souboru měření byly automaticky provedeny kontroly hrubých chyb a omylů, které se přirozeně vyskytují v měřených datech. Kontrolovaly se úhlové veličiny (vodorovné a zenitové úhly) i délkové veličiny (šikmá délka, výška přístroje a cíle). Pokud software našel chybu, tak ji označil.

Program EasyNet zcela unikátně pracuje s měřickými skupinami jako s celkem a nikoliv jen jako s jednotlivými naměřenými veličinami. Tato vlastnost umožňuje kontrolu mezi polohami dalekohledu i mezi skupinami. Kontroly slouží jako ověření, zda hodnoty měřené v I. a II. poloze dalekohledu (skupinách) sobě odpovídají. Měřené hodnoty mezi

sebou v programu nejsou nijak průměrovány. Do vyrovnání vstupují veškerá naměřená data, tím pádem není uměle snižován počet nadbytečných měření a proces robustní analýzy je mnohem úspěšnější v detekci odlehlých měření. (15)

#### 8.2.4 Kontrola a odstranění chyb naměřených dat

V měřených datech se nenacházely hrubé chyby ani omyly (exportovaných data neobsahovala např. dvě stejné polohy ihned za sebou nebo nesmyslné měření), proto byly nastaveny mezní rozdíly hodnot měřených veličin v „*Hlavní* → *Nastavení* → *Kontrola*“. Mezní rozdíly poloh dalekohledu byly nastaveny velice mírné (Obr, 20), aby program zpracoval všechny měřené veličiny (vodorovný směr a zenitový úhel 0,1 gon a pro šikmé délky 0,05 m). Po nastavení těchto „dosti mírných“ kritériích mezních rozdílů nebylo nutné žádná měření vyloučit.

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

Obr, 20: Nastavení - kontrola

#### 8.2.5 Analýza měřených dat

Před spuštěním výpočtu vyrovnání bylo potřeba spustit analýzu měření (*Vyrovnání* → *Analýza měření*). Analýza neproběhne bez nahrání textového souboru s fixními body. Pomocí analýzy lze zjistit, zda nejsou v měření nějaké hrubé chyby, které by znemožnily průběh vyrovnání. Cílem apriorní analýzy bylo určení apriorních

směrodatných odchylek měřených veličin (vodorovných směrů, zenitových úhlů a šikmých délek), které jsou nezbytné pro správné stanovení vah měření vstupujících do vyrovnání. K výpočtu apriorní analýzy je možné použít tři typy přesnosti sítě – vnitřní, vnější a zadanou uživatelem (*Vyrovnání* → *Analýza sítě*). Pro vlastní zpracování vyrovnání byla zvolena možnost uživatelská dle (Obr. 21). Hodnoty směrodatných odchylek byly v této záložce upravovány tak, aby nedošlo k velkému a nesmyslnému vyloučení měřených veličin. Po konzultaci s vedoucím práce byly hodnoty směrodatných odchylek pro vodorovné směry stanoveny na 1,05 mgon, pro zenitové úhly na 0,7 mgon a pro šikmé délky na 2 mm. Z velikosti směrodatných odchylek a z množství vyloučených měřených veličin bylo konstatováno, že měření veličin bylo provedeno v souladu s apriorními rozborů přesnosti.

Směrodatná odchylka měřené veličiny	
<b>1. Vnitřní přesnost sítě</b>	
Vodorovný směr [mgon]:	0.535
Zenitový úhel [mgon]:	0.478
Šikmá délka [mm]:	0.17
<b>2. Vnější přesnost sítě</b>	
Vodorovný směr [mgon]:	
Zenitový úhel [mgon]:	0.281
Šikmá délka [mm]:	0.48
<b>3. Zadaná přesnost sítě</b>	
Vodorovný směr [mgon]:	1.050
Zenitový úhel [mgon]:	0.700
Šikmá délka [mm]:	2.00
<b>Apriorní jednotková směrodatná odchylka</b>	
	1

Obr. 21: Analýza sítě

### 8.2.6 Obecná nastavení programu EasyNet

Před samotným vyrovnáním byly nastaveny základní vstupní hodnoty pro vyrovnání sítě (*Hlavní* → *Nastavení* → *Vyrovnání*), což je vidět na Obr. 22. Zde, byla nastavena hladina významnosti na hodnotu 0,01 (1 procento), aby byly vyloučeny jen opravdu chybné měření, a metoda robustního odhadu Huber, která se jeví jako mimořádně

stabilní i při relativně vysokém počtu odlehlých měření. Pokud není analyzovaná veličina zaškrtnuta (v „Analyzované veličiny“) nedochází k jejímu vyloučení z vyrovnání.

**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]: 1.050  
 Zenitový úhel [mgon]: 0.700  
 Šikmá délka [mm]: 2.00

**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. 22: Nastavení vyrovnání

V záložce (*Hlavní* → *Nastavení* → *Redukce délek*) byla nastavena nulová hladina geodetické sítě jako typ výškové hladiny, Měřítkový koeficient (Obr. 23) byl stanoven za pomoci softwaru Groma na hodnotu 0,99991955.

**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. 23: Redukce délek

Po nastavení výchozích hodnot pro vyrovnání bylo nutné celý projekt uložit. Bez uložení se při vypnutí programu celé nastavení obnoví na původní. Uložení se provádí (*Hlavní*→*Uložit jako projekt*). Vytvoří se soubor s příponou PEN a program se může zavřít a nastavení zůstane uložené.

### **8.3 Vyrovnání 0, Etapy**

V této kapitole jsou představeny výsledky vyrovnání 0. etapy měření.

#### **8.3.1 Vyrovnání sítě**

Po načtení vstupních souborů (zápisník a souřadnice), nastavení přesností a úspěšné analýze měření bylo spuštěno vyrovnání (*Vyrovnání*→*Vyrovnání sítě*). Při vyrovnání probíhá vytvoření linearizovaného modelu geodetické sítě. V průběhu vyrovnání probíhají dva iterační výpočty vyrovnání měření (robustní a metodou nejmenších čtverců), při kterých dochází k detekci odlehlých hodnot, které jsou případně vyloučeny. (15) Odlehlé hodnoty jsou vyhodnocovány z velikosti oprav měření. Po vyrovnání se zobrazí čísla bodů a prostorové souřadnice (Obr. 24) vypočtené z vyrovnání včetně souřadnic fixních bodů (označeny červeným F), které se nacházejí na konci tabulky.



Bod		Souřadnice		
Číslo		X [m]	Y [m]	Z [m]
1		996612.9234	768258.3835	265.5875
2		996604.0621	768245.7853	265.3116
3		996608.7092	768245.8517	264.4849
4		996617.0318	768249.7081	264.1564
5		996617.1742	768244.5948	263.5206
6		996616.0976	768257.3619	265.3536
7		996622.1492	768253.4166	264.5133
8		996622.4528	768247.1790	263.7856
9		996558.4557	768174.0016	263.1576
10		996556.5659	768171.0866	263.0854
11		996543.2186	768151.7627	262.7107
12		996526.0520	768131.3748	262.9915
13		996492.1579	768082.7296	262.0882
14		996491.1273	768074.6968	260.4966
15		996436.2800	768023.4882	260.4498
16		996335.0338	767983.3305	258.7186
17		996434.5518	767905.9707	244.9326
18		996472.2198	767939.0375	245.6841
19		996523.4678	767991.9414	247.0582
20		996555.2805	768047.1375	248.9682
21		996568.2393	768068.7799	250.0092
23		996580.7954	768078.7840	249.7653
24		996595.6021	768102.1118	250.6874
25		996581.2023	768090.6840	250.5767
26		996605.0946	768128.5790	252.5861
27		996611.6278	768171.9155	256.3329
28		996617.9150	768211.5623	260.1606
4001		996608.3683	768252.2712	266.9622
4002		996564.5740	768190.2742	265.7676
4003		996547.4467	768166.1195	265.4585
4004		996529.9048	768141.2839	264.9785
4005		996492.6888	768088.3326	263.7066
4006		996467.8494	768056.4978	262.9695
4007		996405.0218	768005.5888	261.9589
4008		996327.7558	767985.0556	260.7248
4009		996412.3864	767938.4685	252.3088
4010		996460.7908	767928.0024	247.0209
4011		996502.7599	767967.8481	247.7740
4012		996549.4229	768027.5912	249.6649
4013		996592.5617	768094.9637	251.6814
4014		996609.3079	768153.6632	255.9280
4015		996621.2634	768229.9200	263.5283
4004A		996529.9070	768141.2833	264.9778
5001	F	996603.1960	768269.1860	267.7400
5002	F	996336.1190	767981.1570	258.2800

45 (43, 2)

Obr. 24: Vyrovnané souřadnice bodů

### 8.3.2 Sít'

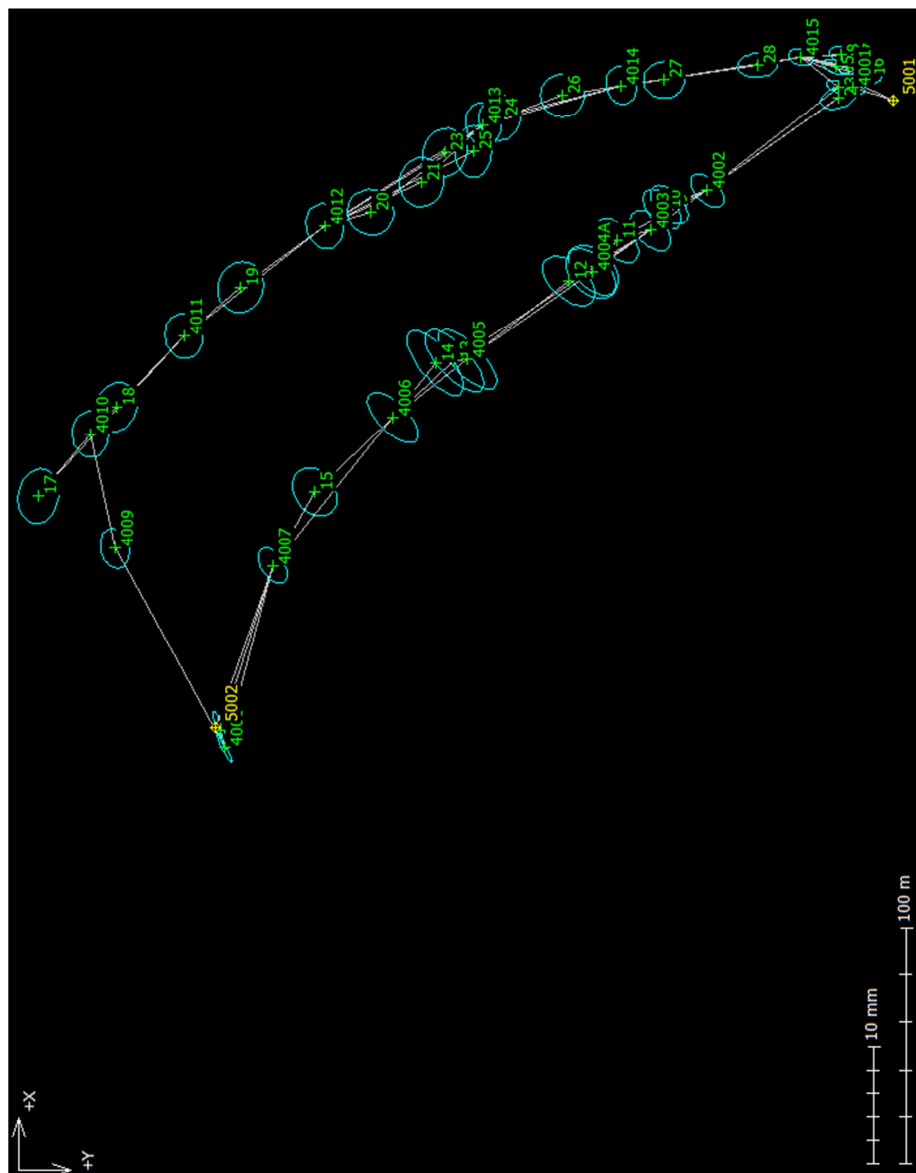
V záložce „Sít'“ se nacházejí informace, kresba a protokol o vyrovnání.

V nabídce „Informace“ jsou data o průběhu vyrovnání. Důležitým údajem je počet vyloučených odlehlých hodnot. Jsou to hodnoty, které program vyloučil jako odlehlé a nevstoupily do finálního vyrovnání. Ideální hodnota je dle autora programu pod 10% měření, což bylo splněno. Ukázka jednotlivých výstupních parametrů z vlastního vyrovnání je na (Obr. 25). Vyrovnání proběhlo úspěšně. Výsledkem bylo, že poměr apriorní a aposteriorní jednotkové směrodatné odchylky byl 1:0,694, což poukazuje na fakt, že zadané směrodatné odchylky měřených veličin jsou vyšší než skutečná přesnost měření veličin. Ideální je poměr blíží se hodnotě 1:1, ale z důvodu potřeby ponechání co největšího počtu měření byla tato hodnota, po konzultaci s vedoucím práce, stanovena jako vyhovující.

Vyloučení odlehlých hodnot		Vyrovnání sítě	
Metoda robustního odhadu:	Huber	Apriorní jednotková směrodatná odchylka:	<b>1.000</b>
Hladina významnosti:	0.01	Aposterioorní jednotková směrodatná odchylka:	<b>0.671</b>
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	7/357 [0.020]	Počet fixních bodů:	2
Vodorovný směr:	4/119 [0.034]	Počet vyrovnaných bodů:	43
Zenitový úhel:	2/119 [0.017]	Počet vyrovnaných orientačních posunů:	15
Šikmá délka:	1/119 [0.008]	Počet vyrovnaných měření:	350
Šikmá délka (doplňek):	-	Vodorovný směr:	115
Směrník:	-	Zenitový úhel:	117
Převýšení:	-	Šikmá délka:	118
Svislé provažování:	-	Šikmá délka (doplňek):	0
		Směrník:	0
		Převýšení:	0
		Svislé provažování (X + Y):	0 (0)
		Počet nadbytečných měření:	206

Obr. 25: Informace o vyrovnání

Záložka „kresba“ je grafické okno, kde je zobrazená mapa měření. Zde lze nastavit barvu a velikost bodů, čar a elips chyb. Další praktickou částí je zapínání a vypínání zobrazovaných prvků. Na mapě jsou zobrazeny souřadnicové osy, měřítko elips chyb a měřítko mapy. Celá mapa lze uložit jako obrázek ve formátu JPEG nebo ve formátu DXF pro načtení a úpravu v CAD programech (Obr 26).



Obr 26:Kresba

Protokol o vyrovnání je součástí přílohy č.3. V protokolu jsou vypsány všechny informace o vyrovnání, kde nejzajímavější z nich již byly okomentovány v předešlých kapitolách.

### 8.3.3 Souřadnice

V záložce souřadnice nalezneme formuláře s apriorními a aposteriorními směrodatnými odchylkami souřadnic bodů. Pro zhodnocení přesnosti a správnosti vyrovnání jsme zkoumali velikost aposteriorní směrodatné odchylky vyrovnaných souřadnic bodů (Obr. 27). Zjištěno bylo, že největší směrodatné odchylky se nacházejí na ose X (pro bod č. 25 je sm. odch. 1,49 mm). Naopak nejmenší v ose Z, kde dosahují hodnot do 0,5 mm.

Aposteriorní směrodatné odchylky vyrovnaných souřadnic bodů			
Bod	Souřadnice		
Číslo	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
1	0.38	0.75	0.15
2	0.62	1.00	0.23
3	0.36	0.69	0.17
4	0.42	0.68	0.15
5	0.43	0.72	0.16
6	0.42	0.72	0.14
7	0.44	0.71	0.15
8	0.43	0.70	0.15
9	1.01	0.99	0.24
10	1.04	0.98	0.25
11	1.13	1.09	0.27
12	1.17	1.26	0.28
13	1.23	1.26	0.30
14	1.25	1.23	0.29
15	1.23	1.13	0.31
16	1.09	0.90	0.28
17	1.45	1.19	0.40
18	1.34	1.21	0.34
19	1.39	1.30	0.36
20	1.30	1.32	0.33
21	1.41	1.24	0.35
23	1.38	1.26	0.32
24	1.28	1.19	0.30
25	1.49	1.03	0.30
26	1.23	1.24	0.30
27	1.07	1.17	0.26
28	0.72	1.15	0.25
4001	0.31	0.66	0.12
4002	0.86	0.88	0.23
4003	1.04	1.01	0.23
4004	1.29	1.33	0.28
4005	1.23	1.16	0.27
4006	1.13	1.10	0.27
4007	0.88	0.82	0.24
4008	0.83	0.93	0.20
4009	1.03	0.91	0.32
4010	1.20	1.03	0.33
4011	1.21	1.07	0.33
4012	1.26	1.05	0.30
4013	1.24	1.00	0.28
4014	1.10	0.86	0.24
4015	0.48	0.68	0.13
4004A	1.15	1.11	0.26

Obr. 27: Aposteriorní směrodatné odchylky 0. etapy

## 8.4 Vyrovnání 1. etapy

V této kapitole jsou představeny výsledky vyrovnání 1. etapy měření. Postup práce při vyrovnání byl stejný jako v 0. Etapě, proto zde již nebude uveden.

### 8.4.1 Výsledky vyrovnání 1. etapy

Nastavení kontroly měření a nastavení vyrovnání bylo stejné jako u 0. Etapy viz . Obr, 20 a Obr. 22. Analýza a vyrovnání první etapy proběhlo úspěšně. Program vyloučil pouze 4,5% měření (Obr. 28) a poměr apriorní a posteriorní odchylky byl 1:0,715. Výsledkem vyrovnání byly souřadnice pozorovaných bodů a stanovisek (Obr. 29) a jejich aposteriorní směrodatné odchylky (Obr. 30). Kresba vygenerovaná programem je na Obr: 31. Hodnoty odchylek (v osách X a Y dosahovaly maximálně 1,54 mm a v ose Z byly do 0,56 mm) byly velmi podobné jako v 0. Etapě, proto lze prohlásit, že výsledky splnily požadovanou přesnost. Protokol o vyrovnání 1. etapy je v příloze č. 4.

Základní informace o vyrovnání sítě		Vyrovnání sítě	
Vyloučení odlehlých hodnot		Vyrovnání sítě	
Metoda robustního odhadu:	Huber	Apriorní jednotková směrodatná odchylka:	<b>1.000</b>
Hladina významnosti:	0.01	Aposteriorní jednotková směrodatná odchylka:	<b>0.715</b>
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	15/336 [0.045]	Počet fixních bodů:	2
Vodorovný směr:	5/112 [0.045]	Počet vyrovnaných bodů:	39
Zenitový úhel:	1/112 [0.009]	Počet vyrovnaných orientačních posunů:	15
Šikmá délka:	9/112 [0.080]	Počet vyrovnaných měření:	321
Šikmá délka (doplněk):	-	Vodorovný směr:	107
Směrník:	-	Zenitový úhel:	111
Převýšení:	-	Šikmá délka:	103
Svislé provažování:	-	Šikmá délka (doplněk):	0
		Směrník:	0
		Převýšení:	0
		Svislé provažování (X + Y):	0 (0)
		Počet nadbytečných měření:	189

Obr. 28: Informace o výsledcích 1. Etapy

Bod	Souřadnice			
	Číslo	X [m]	Y [m]	Z [m]
3		996608.7101	768245.8620	264.4838
4		996617.0310	768249.7187	264.1558
5		996617.1736	768244.6042	263.5193
6		996616.0966	768257.3703	265.3528
7		996622.1493	768253.4252	264.5120
8		996622.4546	768247.1908	263.7846
9		996558.4559	768174.0082	263.1571
10		996556.5681	768171.1003	263.0840
11		996543.2214	768151.7771	262.7095
13		996492.1552	768082.7438	262.0884
14		996491.1248	768074.7125	260.4960
15		996436.2737	768023.4985	260.4500
16		996335.0324	767983.3381	258.7189
17		996434.5580	767905.9782	244.9313
18		996472.2246	767939.0496	245.6832
19		996523.4680	767991.9562	247.0583
20		996555.2809	768047.1534	248.9670
21		996568.2377	768068.7920	250.0079
23		996580.7935	768078.7974	249.7646
24		996595.6011	768102.1260	250.6861
25		996581.2017	768090.6991	250.5760
26		996605.0934	768128.5900	252.5878
27		996611.6274	768171.9259	256.3309
28		996617.9165	768211.5738	260.1595
6001		996602.7914	768244.4131	266.8939
6002		996567.3775	768194.5287	265.9974
6003		996547.3610	768165.7202	265.4855
6004		996492.7108	768087.9200	263.7578
6005		996470.8177	768059.6657	263.0992
6006		996413.5743	768013.2144	262.3703
6007		996339.7870	767987.1399	260.8748
6008		996405.4407	767935.9555	252.1553
6009		996460.1094	767927.8599	247.1289
6010		996508.3464	767973.7642	248.0118
6011		996548.1138	768025.8115	249.7341
6012		996569.3454	768059.4534	251.1356
6013		996599.8933	768109.9798	252.8596
6014		996609.1030	768153.2065	255.9566
6015		996619.7374	768223.9087	262.9874
5001	F	996603.2010	768269.1940	267.7460
5002	F	996336.1180	767981.1630	258.2780

41 (39, 2)

Obr. 29: Výsledné souřadnice 1. etapy

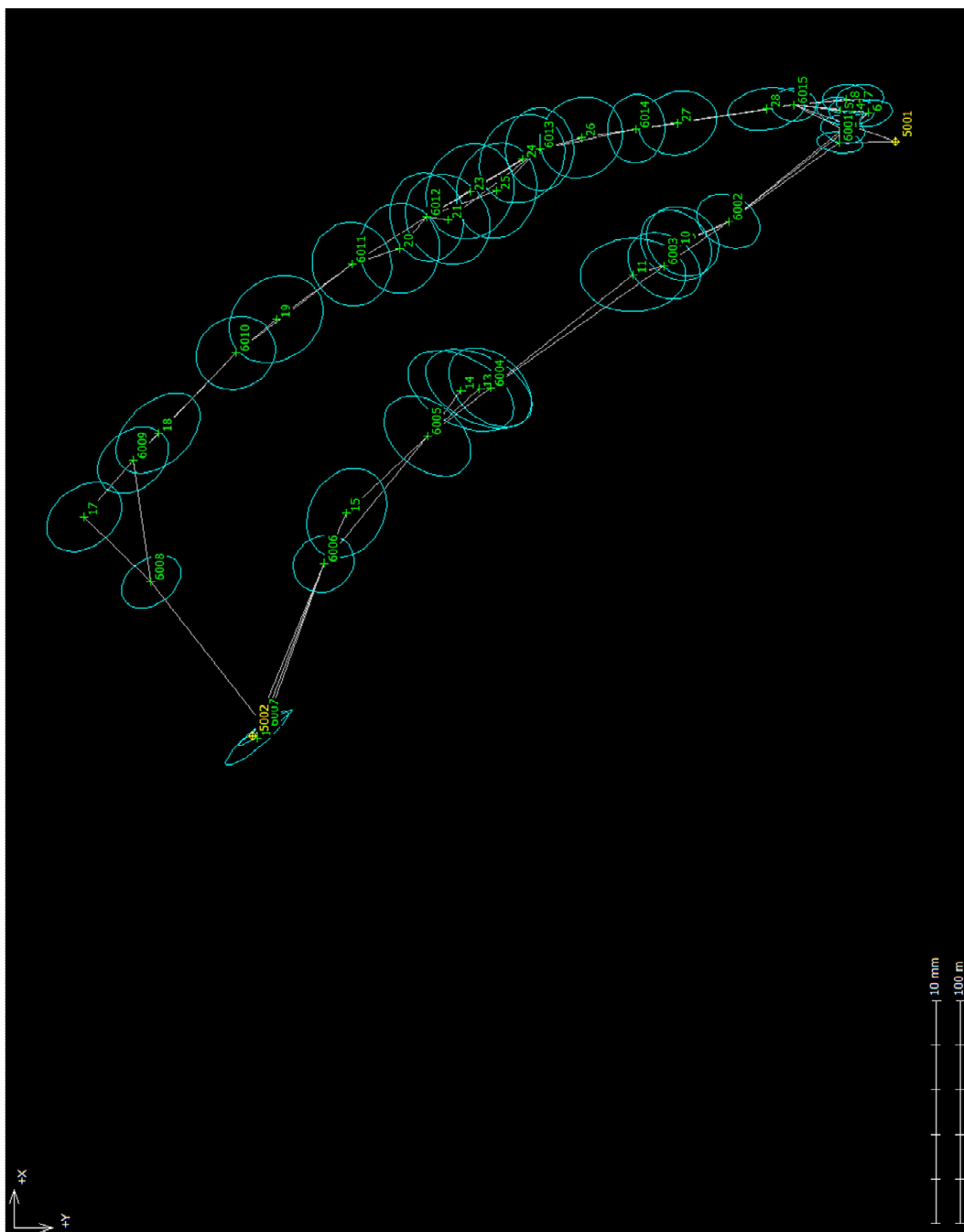
en Aposteriorní směrodatné odchytky vyrovnaných souřadnic bodů

Bod	Souřadnice		
Číslo	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]
3	0.44	0.71	0.24
4	0.44	0.73	0.24
5	0.44	0.74	0.24
6	0.42	0.77	0.25
7	0.48	0.77	0.27
8	0.46	0.76	0.25
9	1.11	1.16	0.36
10	1.13	1.13	0.37
11	1.18	1.68	0.44
13	1.26	1.70	0.48
14	1.29	1.70	0.50
15	1.44	1.28	0.48
16	0.88	1.00	0.48
17	1.11	1.20	0.56
18	1.29	1.35	0.52
19	1.40	1.50	0.51
20	1.45	1.29	0.45
21	1.44	1.36	0.44
23	1.54	1.41	0.46
24	1.42	1.37	0.46
25	1.54	1.29	0.46
26	1.31	1.32	0.41
27	1.02	1.24	0.38
28	0.68	1.22	0.34
6001	0.33	0.73	0.18
6002	0.87	1.01	0.32
6003	1.07	1.16	0.35
6004	1.27	1.32	0.44
6005	1.28	1.39	0.44
6006	0.92	0.97	0.42
6007	0.57	0.86	0.38
6008	0.84	0.95	0.48
6009	1.06	1.14	0.49
6010	1.17	1.27	0.48
6011	1.34	1.27	0.44
6012	1.42	1.19	0.42
6013	1.33	1.09	0.39
6014	1.11	0.92	0.35
6015	0.53	0.71	0.21

39

Obr. 30:Aposteriorní směrodatné odchytky 1. etapy





Obr: 31:Kresba 1.etapa

## 9 Vyhodnocení výsledků posunů

Po převedení souřadnic obou etap měření bylo možné posoudit stabilitu obou fixních bodů. Body byly stabilizovány na místech, které byly určeny při rekognoskaci a neměly být v ovlivněny velkým posunem. V Tab. 5 jsou uvedeny mezi etapové rozdíly v osách a celková změna prostorové polohy. Z odchylek souřadnic mezi etapami je vidět, že zvolená místa fixních bodů také podléhají posunu. Důvod, proč se bod 5001 (bod



stabilizován 50cm kolíkem v louce) zvedl o 6 mm je nejspíše zaviněn rozmrznutím půdy v období mezi etapami a následným zavzdušnění půdy.

*Tab. 5: Mezi etapové porovnání fixních bodů*

<b>Bod číslo</b>	<b><math>\Delta X</math>[mm]</b>	<b><math>\Delta Y</math>[mm]</b>	<b><math>\Delta Z</math>[mm]</b>	<b><math>\Delta XYZ</math>[mm]</b>
<b>5001</b>	+5	+8	+6	11,18
<b>5002</b>	-1	+6	-2	6,4

Výpočet souřadnic bodů obou etap byl proveden v programu EasyNet. Výstupem z programu byly souřadnice pozorovaných bodů a jejich aposteriorní směrodatné odchylky. Souřadnice z obou etap jsou uvedeny v Tab. 6 a Tab. 7.

## 0. Etapa

Tab. 6: Souřadnice z 0. etapy.

bod číslo	X[m]	Y[m]	Z[m]
1	996612,9234	768258,3835	265,5875
2	996604,0621	768245,7853	265,3116
3	996608,7092	768245,8517	264,4849
4	996617,0318	768249,7081	264,1564
5	996617,1742	768244,5948	263,5206
6	996616,0976	768257,3619	265,3536
7	996622,1492	768253,4166	264,5133
8	996622,4528	768247,1790	263,7856
9	996558,4557	768174,0016	263,1576
10	996556,5659	768171,0866	263,0854
11	996543,2186	768151,7627	262,7107
12	996526,0520	768131,3748	262,9915
13	996492,1579	768082,7296	262,0882
14	996491,1273	768074,6968	260,4966
15	996436,2800	768023,4882	260,4498
16	996335,0338	767983,3305	258,7186
17	996434,5518	767905,9707	244,9326
18	996472,2198	767939,0375	245,6841
19	996523,4678	767991,9414	247,0582
20	996555,2805	768047,1375	248,9682
21	996568,2393	768068,7799	250,0092
23	996580,7954	768078,7840	249,7653
24	996595,6021	768102,1118	250,6874
25	996581,2023	768090,6840	250,5767
26	996605,0946	768128,5790	252,5861
27	996611,6278	768171,9155	256,3329
28	996617,9150	768211,5623	260,1606

## 1. Etapa

Tab. 7: Souřadnice z 1. etapy

bod číslo	X[m]	Y[m]	Z[m]
1	Bod zrušen		
2	Bod zrušen		
3	996608,7101	768245,8620	264,4838
4	996617,0310	768249,7187	264,1558
5	996617,1736	768244,6042	263,5193
6	996616,0966	768257,3703	265,3528
7	996622,1493	768253,4252	264,5120
8	996622,4546	768247,1908	263,7846
9	996558,4559	768174,0082	263,1571
10	996556,5681	768171,1003	263,0840
11	996543,2214	768151,7771	262,7095
12	Bod zrušen		
13	996492,1552	768082,7438	262,0884
14	996491,1248	768074,7125	260,4960
15	996436,2737	768023,4985	260,4500
16	996335,0324	767983,3381	258,7189
17	996434,5580	767905,9782	244,9313
18	996472,2246	767939,0496	245,6832
19	996523,4680	767991,9562	247,0583
20	996555,2809	768047,1534	248,9670
21	996568,2377	768068,7920	250,0079
23	996580,7935	768078,7974	249,7646
24	996595,6011	768102,1260	250,6861
25	996581,2017	768090,6991	250,5760
26	996605,0934	768128,5900	252,5878
27	996611,6274	768171,9259	256,3309
28	996617,9165	768211,5738	260,1595

Z hodnot aposteriorních odchylek, které byly uvedeny v kapitole 8 na Obr. 27 a Obr. 30 byly nutné určit mezní hodnoty posunů v polohové i výškové složce. Polohové směrodatné odchylky jednotlivých bodů byly vypočteny dle vzorce (9.1).

$$\sigma_{pol} = \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2} \quad (9.1)$$

,kde  $\sigma_X$  a  $\sigma_Y$  jsou hodnoty aposteriorních odchylek z vyrovnání.

Dále bylo nutné zahrnout do výpočtu přesnost při měření metodou GNNS. V polohové složce je tedy nutné při výpočtu počítat s polohovou přesností dvou připojovacích bodů GNSS (viz. vzorec 4.3). Mezní směrodatná odchylka byla vypočtena pro obě etapy odděleně a poté byla určena celková jako jejich kvadratický součet (9.4).

$$\sigma_{0.et-pol} = \sqrt{\sigma_{pol}^2 + \left(\frac{S_c}{\sqrt{2}}\right)^2} \quad (9.2)$$

, kde  $S_c$  je určení polohy GNNS stanice.

$$\sigma_{1.et-pol} = \sqrt{\sigma_{pol}^2 + \left(\frac{S_c}{\sqrt{2}}\right)^2} \quad (9.3)$$

$$\sigma_{XY} = \sqrt{\sigma_{0.et-pol}^2 + \sigma_{1.et-pol}^2} \quad (9.4)$$

$$\Delta_{MEZ-pol} = U_p * \sqrt{\sigma_{0.et-pol}^2 + \sigma_{1.et-pol}^2} \quad (9.5)$$

Pro stanovení mezního rozdílu mezi etapami  $\Delta_{MEZ-pol}$  je koeficient spolehlivosti  $U_p$  (normovaná hodnota náhodné veličiny) volen 2, který odpovídá 95% pravděpodobnosti (jednorozměrné veličiny) výskytu testované hodnoty. U polohové odchylky i u výškové odchylky je tento koeficient zvolen shodně.

Stanovení mezního rozdílu ve výšce bylo provedeno obdobně jako v poloze. Do vzorce 9.5 a 9.6 byla zavedena přesnost určení výšky dvou bodů GNSS dle vzorce 4.4.

$$\sigma_{0.et-v} = \sqrt{\sigma_z^2 + \left(\frac{S_v}{\sqrt{2}}\right)^2} \quad (9.6)$$

,kde  $\sigma_z$  je hodnoty aposteriorních odchylek z vyrovnání a, kde  $S_v$  je výšková přesnost GNNS stanice.

$$\sigma_{1.et-v} = \sqrt{\sigma_z^2 + \left(\frac{S_v}{\sqrt{2}}\right)^2} \quad (9.7)$$

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma_{0.et-v}^2 + \sigma_{1.et-v}^2} \quad (9.8)$$

$$\Delta_{MEZ-v} = U_p * \sqrt{\sigma_{0.et-v}^2 + \sigma_{1.et-v}^2} \quad (9.9)$$

V Tab. 8 jsou uvedeny velikosti posunů a hodnoty mezního rozdílu pro jednotlivé body, (16)

Č. B.	$\Delta XY$ [mm]	$\sigma_{XY}$ [mm]	$\Delta_{MEZ-pol}$ [mm]	Prokázaný posun	$\Delta Z$ [mm]	$\sigma_Z$ [mm]	$\Delta_{MEZ-v}$ [mm]	Prokázaný posun
3	10,3	2,01	4,0	ANO	-1,1	4,11	8,2	NE
4	10,6	2,03	4,1	ANO	-0,6	4,11	8,2	NE
5	9,4	2,05	4,1	ANO	-1,3	4,11	8,2	NE
6	8,5	2,05	4,1	ANO	-0,8	4,11	8,2	NE
7	8,6	2,07	4,1	ANO	-1,3	4,11	8,2	NE
8	11,9	2,05	4,1	ANO	-1,0	4,11	8,2	NE
9	6,6	2,74	5,5	ANO	-0,5	4,12	8,2	NE
10	13,9	2,87	5,7	ANO	-1,4	4,12	8,2	NE
11	14,7	3,39	6,8	ANO	1,2	4,13	8,3	NE
13	14,5	3,21	6,4	ANO	0,2	3,21	6,4	NE
14	15,9	3,22	6,4	ANO	-0,6	3,22	6,4	NE
15	12,1	3,04	6,1	ANO	0,2	3,04	6,1	NE
16	7,7	2,99	6,0	ANO	0,3	2,99	6,0	NE
17	9,7	2,99	6,0	ANO	1,3	2,99	6,0	NE
18	13,0	3,08	6,2	ANO	0,9	3,08	6,2	NE
19	14,8	3,25	6,5	ANO	0,1	3,25	6,5	NE
20	15,9	3,16	6,3	ANO	-1,2	3,16	6,3	NE
21	12,2	3,19	6,4	ANO	-1,3	3,19	6,4	NE
23	13,5	3,26	6,5	ANO	-0,7	3,26	6,5	NE
24	14,2	3,12	6,2	ANO	-1,3	3,12	6,2	NE
25	15,1	3,27	6,5	ANO	-0,7	3,27	6,5	NE
26	11,1	3,04	6,1	ANO	1,7	3,04	6,1	NE
27	10,4	3,16	6,3	ANO	-2,0	3,16	6,3	NE
28	11,6	2,56	5,1	ANO	-1,1	2,56	5,1	NE

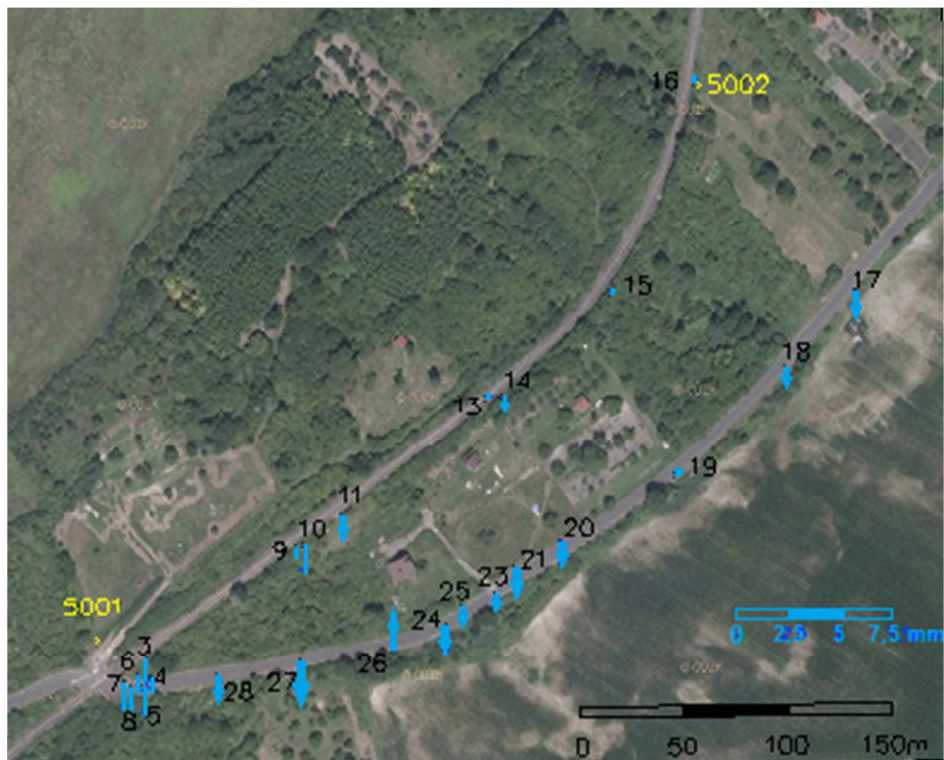
Tab. 8: Mezní rozdíly

Ze souřadnic 0. a 1. etapy byl vypočten jejich rozdíl, který byl následně porovnán s mezním rozdílem. Velikosti posunů v osách X a Y (v poloze) byly větší než mezní, tedy u nich nastal s 95% pravděpodobností posun. V ose Z, tedy ve výšce, nemůžeme s jistotou tvrdit, že byl zaznamenán posun, protože ani u jedno bodu nebyla hodnota posunu větší než velikost mezního rozdílu. Na Obr. 32 jsou graficky znázorněny velikosti a směry posunů v horizontální poloze. Z obrázku je vidět, že směr posunu byl u všech bodů téměř stejný a velikost se také výrazně nelišila.



Obr. 32: Polohové posuny

Ve vertikálním směru nastaly posuny řádově desetkrát menší než v horizontálním. Na bodech 13, 15, 16 a 19 bylo zjištěno (Obr: 33), že výška bodů neklesala, ale naopak stoupala. Tento jev je nejspíše způsoben jinou stabilizací bodů a jarním zavzdušněním zeminy ale tento jev by byl nutný prokonzultovat s geologem. Bod číslo 13 byl stabilizován v kameni drážního kilometrovníku a zbylé body byly signalizovány plastovým mezníkem.



Obr: 33:Výškové posuny

## 10 Závěr

Předmětem této diplomové práce byl geodetický monitoring železniční trati Čížkovice – Obrtnice a přilehlé pozemní komunikace III/23752 na sesuvném území nedaleko města Třebenice. Byly porovnávány polohové a výškové posuny bodů zaměřených ve dvou etapách.

V rámci diplomové práce bylo provedeno trigonometrické měření bodů podezřelých z posunů. Trigonometrické měření bylo provedeno trojpodstavcovou metodou z volných stanovisek, které se nacházely většinou mezi pozorovanými body. Sít pozorovaných bodů byla připojena na dva teoreticky fixní body, na kterých byla realizována GNNS statická observace.

V první části práce byla provedena modelace přesnosti v programu PreciPlanner 3D, kde byla teoreticky ověřena proveditelnost měření s dostupným přístrojovým vybavením. V tomto programu byly vypočteny předpokládané směrodatné odchylky souřadnic pozorovaných bodů, které byly považovány za menší, než předpokládané souřadnicové posuny.

Z výstupu GNSS aparatur na fixních bodech byly vypočteny v programech Bernesse a Easy transform prostorové souřadnice. Přesnost těchto souřadnic byla v závislosti na 24 hodinové observaci a síti GEONAS odhadnuta z předešlých monitoringů na 1,5 mm v poloze a 4,0mm ve výšce. Při porovnání výsledných souřadnic vztažných (teoreticky) fixních bodů byla zjištěna souřadnicová odchylka na bodě 5001 ve velikosti 11,18 mm a na bodě 5002 6,4 mm, což potvrdilo předpoklad, že body nemusí být v dané lokalitě stabilní.

Pro komplexní zpracování měření byl použit geodetický software EasyNet. Programu EasyNet bylo využito zejména kvůli metodě robustního odhadu odlehklých hodnot a efektivní zpracování detekce hrubých chyb po importu měřených dat, které výrazně zjednodušily následné výpočty. V rámci vyrovnání byla degradována přesnost v obou etapách zejména úhlových veličin (1,05 mgon ve vodorovných směrech a 0,7 mgon v zenitových úhlech). Velikost hodnot úhlových veličin udávaných výrobcem je 0,3 mgon. Toto zhoršení přesnosti bylo způsobeno krátkou vzdáleností mezi pozorovanými body. Výslednou polohovou směrodatnou odchylku z vyrovnání pozorovaných bodů není možné porovnávat s očekávanými odchylkami z apriorního rozboru přesnosti, protože do vyrovnání nevstupovala přesnost určení výšky a polohy GNNS stanic. Pro porovnání tedy musely být vypočteny směrodatné odchylky, které tuto nepřesnost obsahovaly. Hodnoty



polohových a výškových směrodatných odchylek z apriorního rozboru přesnosti před měřeními byly o téměř stejné jako směrodatné odchylky vypočtené s vlivem určení výšky a polohy GNNS stanice, proto můžeme říci, že měření proběhlo správně.

Pro každý pozorovaný bod byl vypočten z aposteriorních směrodatných odchylek, které byly výsledkem vyrovnání, mezní polohový a výškový rozdíl. Z vyrovnaných souřadnic byly vypočítány velikosti změn polohy a výšky pozorovaných bodů. Tyto hodnoty byly porovnány s mezními souřadnicovými rozdíly a byly vyvozeny následující závěry. U všech bodů lze s 95% pravděpodobností říci, že se jejich horizontální poloha změnila. Většinou se tak dělo ve směru spádnice měřeného kopce. Největší hodnota posunu (15,9 mm) byla zjištěna u bodu 14, který byl situován pod drážním náspem, a jeho velikost téměř třikrát přesáhla hodnotu mezního rozdílu. Naopak výškové posuny byly menší než mezní (maximální hodnota byla 2 mm) a tak u nich není potvrzen výškový posun. Z těchto výsledků můžeme říci, že lokalita v okolí železniční tratě je stále nestabilní.

## Citovaná literatura

1. Ph.D., Ing. Jaroslav Braun. *Diplomová práce-Geodetický monitoring sesuvného území*. Bedihošť : autor neznámý, 2011.
2. doc. Ing. Jaromír Procházka, CSc. Syllabus 11. přednášky z inženýrské geodézie. 2015.
3. Marian Marschalko, Jarmila Mullerová, David Ides. Institut geologického inženýrství.[Online] [http://geologie.vsb.cz/svadef/Text/6\\_monitoring.htm](http://geologie.vsb.cz/svadef/Text/6_monitoring.htm).
4. *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2014*. Balek, Jan, Marek, Tomáš a Kadlečík, Pavel. 2014, Historický a současný vývoj sesuvného území u Třebenic.
5. Balek, Jan, Marek, Tomáš a Kadeřábek, Pavel. *Historický a současný vývoj sesuvného území u Třebenic*. 2014.
6. *Zpráva o inženýrském výzkumu sesuvů u Třebenic na železniční trati Čížkovice-Obrtnice*. Ing. Jan Rybář, CSc. 1983.
7. PreciPlanner 3D v3.1.0 . [Online] [Citace: 25. duben 2017.] [http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/PPlanner/Navod\\_PPPlanner\\_v3.1.pdf](http://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/PPlanner/Navod_PPPlanner_v3.1.pdf).
8. Zípková, Bc. Marie. *DP - Geodetický monitoring stavebních objektů ovlivnění stavební činností v okolí objektu Holečkova 26*. 2016.
9. GEONAS GPS stations and observatories. [Online] <http://geonas.irms.cas.cz/>.
10. Navigation, Thales. *Reference manual*. 2006.
11. Limited, Trimble Navigation. *Technický popis - totální stanice Trimble S6*. 2007.
12. Prof. Ing. Jan Kostecký, DrSc., doc. Ing. Jaroslav Klokočník, DrSc., Ing. Jakub Kostecký, Ph.D. *Kosmická geodézie*. Praha : Nakladatelství ČVUT, 2000.
13. Transformace prostorových pravoúhlých souřadnic mezi systémy ETRS89 a S-JTSK. [Online] [transformace.webst.fd.cvut.cz](http://transformace.webst.fd.cvut.cz).
14. *Metodika převodu mezi ETRF2000 a S-JTSK*. Jan Kostecký, Jakub Kostecký, Ivan Pešek. 2010.
15. Ing. Pavel Třasák, Ph.D. *EasyNet 3.3.4 - Softwarová dokumentace*. Praha : autor neznámý, 15.2.2017.

16. IngGeo - portál inženýrské geodézie. [Online] [Citace: 5. květen 2017.]  
[http://inggeo.fsv.cvut.cz/wiki/doku.php?id=05\\_rozbory\\_presnosti:0503\\_volba\\_koeficientu\\_spolehlivosti](http://inggeo.fsv.cvut.cz/wiki/doku.php?id=05_rozbory_presnosti:0503_volba_koeficientu_spolehlivosti).

## Seznam tabulek

Tab. 1:Velikosti sm. odch.k pozorovaných b	23
Tab. 2: Velikosti sm. och. stanovisek a fixních b.....	22
Tab: 3:Transformační klíč .....	31
Tab: 4:Souřadnice fixních bodů .....	31
Tab. 5:Mezi etapové porovnání fixních bodů.....	45
Tab. 6:Souřadnice z 0. etapy. ....	46
Tab. 7:Souřadnice z 1. etapy .....	46
Tab. 8:Mezní rozdíly .....	49

## Seznam obrázků

Obr. 1: Lokalita Třebenice (zdroj:google.maps.com) .....	13
Obr. 2: Deformace tělesa silnice z roku1982 .....	14
Obr. 3:Předešlý geodetický monitoring, zdroj (5).....	14
Obr: 4:Úvodní okno programu .....	16
Obr. 5: Schéma situace .....	17
Obr. 6:Ukázka vstupu souřadnic-podrobné body .....	17
Obr. 7:Ukázka vstupu souřadnic-stanoviska .....	18
Obr.8:Vstup souřadnic-fixní body .....	18
Obr.9: Ukázka vstupu měření .....	19
Obr. 10: Vstup-převýšení, provážení.....	20
Obr. 11:Mapa souřadnic .....	20
Obr. 12:Mapa měření.....	21
Obr.13:GNNS stanice na stanovisku 5001 .....	24
Obr. 14: Trimble S6.....	25
Obr. 15. Hranol Trimble .....	26
Obr. 16: Mninihranol Leica .....	26
Obr. 18:Trhlina uprostřed vozovky .....	28
Obr. 17:Trhlina pod přejezdem .....	28
Obr. 19:Easy Transform .....	30
Obr, 20: Nastavení - kontrola .....	33

---

Obr. 21: Analýza sítě .....	34
Obr. 22: Nastavení vyrovnání.....	35
Obr. 23: Redukce délek .....	35
Obr. 24: Vyrovnané souřadnice bodů.....	37
Obr. 25: Informace o vyrovnání .....	38
Obr 26: Kresba .....	39
Obr. 27: Aposteriorní směrodatné odchylky 0. etapy.....	40
Obr. 28: Informace o výsledcích 1. Etapy .....	41
Obr. 29: Výsledné souřadnice 1. etapy.....	42
Obr. 30: Aposteriorní směrodatné odchylky 1. etapy.....	43
Obr: 31: Kresba 1. etapa .....	44
Obr. 32: Polohové posuny .....	50
Obr: 33: Výškové posuny .....	51

**Seznam příloh**

Příloha č. 1: Ukázka výstupního protokolu z programu Precis Planner

Příloha č. 2: Místopisy pozorovaných bodů

Příloha č. 3: Protokol o výpočtu 0. etapy z programu EasyNet

Příloha č. 4: Protokol o výpočtu 1. etapy z programu EasyNet

**Digitální příloha na CD:**

1. Surová měřená data z totální stanice
2. Vstupy a výstupy z rozboru přesnosti v programu Precis Planner
3. Vstupy a výstupy z vyrovnání v programu EasyNet
4. Výstupy z GNNS
5. Diplomová práce


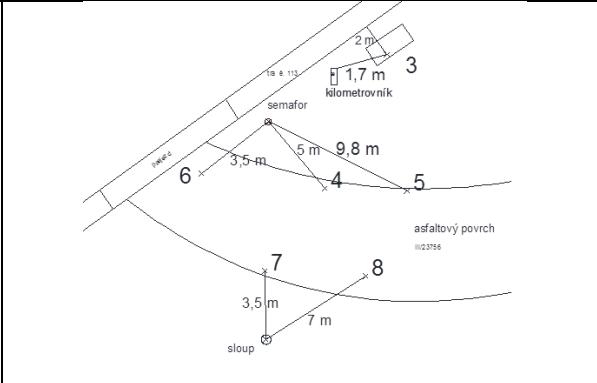
Příloha č.1: Ukázka výstupního protokolu z programu Precis Planner

ř.č.	X/m	Y/m	Z/m	s(x)/mm	s(y)/mm	s(z)/mm	a/mm	b/mm	c/mm	ψ(a)/gon	ψ(b)/gon	ψ(c)/gon	z(a)/gon	z(b)/gon	z(c)/gon
1	14.527990	-0.555630	-2.151900	1.720	1.323	2.258	1.729	1.312	2.258	-9.7707	-109.7696	-168.4201	99.6974	100.2298	0.3799
2	17.384670	-15.691830	-2.427910	1.673	1.304	2.258	1.682	1.292	2.258	189.3199	89.3194	169.5650	100.3187	100.1022	0.3346
3	20.576860	-12.313630	-3.254600	1.690	1.300	2.260	1.704	1.281	2.260	-12.5891	-112.5915	176.5443	99.0726	99.8402	0.9411
4	23.613480	-3.656640	-3.583100	1.717	1.298	2.259	1.729	1.282	2.259	-11.1139	-111.1123	-196.4475	99.3484	100.1528	0.6693
5	27.379210	-7.119140	-4.218820	1.718	1.297	2.259	1.735	1.275	2.259	-13.1022	-113.1013	191.6066	99.1079	100.0661	0.8945
6	17.479190	1.007390	-2.385710	1.727	1.322	2.258	1.735	1.310	2.258	-9.6126	-109.6114	-178.8924	99.6079	100.2054	0.4427
7	24.521580	2.597960	-3.226300	1.736	1.314	2.259	1.747	1.298	2.259	-11.0108	-111.0098	-189.0958	99.5754	100.1522	0.4510
8	29.206290	-1.532340	-3.953910	1.721	1.305	2.259	1.737	1.283	2.259	-12.9647	-112.9638	-197.9718	99.5324	100.1122	0.4809
9	37.067340	-98.440870	-4.581560	1.765	1.372	2.265	1.770	1.366	2.265	-7.5041	-107.5043	191.3623	99.2584	99.9868	0.7417
10	37.840240	-101.825770	-4.653950	1.773	1.376	2.265	1.776	1.372	2.265	-5.7297	-105.7286	199.6622	99.0857	100.0776	0.9175
11	42.392620	-124.869960	-5.028250	1.819	1.396	2.266	1.822	1.391	2.266	-5.9844	-105.9858	188.2934	99.0327	99.9128	0.9712
12	45.044920	-151.393080	-4.747850	1.836	1.503	2.268	1.852	1.482	2.269	-14.1475	-114.1852	162.4356	97.5031	99.0388	2.6757
13	56.298820	-209.610570	-5.650780	1.809	1.443	2.269	1.813	1.436	2.270	-8.2235	-108.2435	180.1137	97.3783	99.5148	2.6663
14	61.339850	-215.947890	-7.242080	1.789	1.436	2.269	1.790	1.435	2.269	-4.0986	-104.1036	186.8517	98.5103	99.7869	1.5049
15	59.826630	-290.980280	-7.288800	1.643	1.508	2.271	1.670	1.478	2.271	25.2489	125.2467	5.9345	99.3259	100.211	199.2936
16	20.353120	-392.315510	-9.457480	1.717	1.325	2.261	1.726	1.311	2.262	10.6742	110.6854	17.5537	97.4316	99.7217	197.4165
17	142.895850	-374.145060	-22.806400	1.729	1.762	2.278	1.509	1.953	2.279	-47.6213	52.4009	10.5110	98.9539	98.6460	198.2889
18	145.443260	-324.080890	-22.054780	1.615	1.851	2.275	1.532	1.921	2.275	170.8753	-129.1069	53.7488	100.5587	102.0256	197.8987
19	143.232650	-250.449350	-20.680760	1.625	1.845	2.279	1.615	1.854	2.279	187.0854	-112.9105	2.6785	101.0203	100.2550	198.9483
20	125.830850	-189.157310	-18.771070	1.641	1.748	2.277	1.617	1.770	2.278	-174.7159	125.2811	-193.4717	100.7946	100.2411	0.8304
21	119.345770	-164.775950	-17.730000	1.639	1.760	2.281	1.630	1.769	2.281	-183.4038	116.5862	173.0139	100.8856	100.7228	1.1431
23	120.924670	-148.797540	-17.973920	1.628	1.783	2.277	1.605	1.803	2.277	-178.4624	121.5180	145.9430	100.7095	101.7587	1.8965
24	114.518250	-121.916600	-17.051910	1.629	1.718	2.273	1.566	1.775	2.274	36.0011	-63.9917	-136.9680	98.9921	100.4556	1.1061
25	112.675380	-140.209090	-17.162500	1.652	1.724	2.274	1.651	1.725	2.274	192.6894	-107.3187	-68.8990	100.5957	99.1356	198.9502
26	102.156560	-96.659220	-15.153210	1.687	1.654	2.274	1.525	1.803	2.275	53.7507	-46.2602	162.4922	99.6900	97.7578	2.2636
27	75.634740	-61.761520	-11.406410	1.670	1.538	2.275	1.436	1.759	2.275	63.4559	-36.5469	169.7939	99.8668	98.6665	1.3402

ř.č.	X/m	Y/m	Z/m	s(x)/mm	s(y)/mm	s(z)/mm	a/mm	b/mm	c/mm	ψ(a)/gon	ψ(b)/gon	ψ(c)/gon	z(a)/gon	z(b)/gon	z(c)/gon	
4001	15.735680	-8.082440	-0.777410	1.694	1.295	2.257	1.704	1.283	2.257	-10.3769	-110.3768	191.1737	99.5996	100.0098	0.4005	
4002	29.663470	-82.708030	-1.971760	1.703	1.335	2.263	1.714	1.321	2.263	-10.9712	-110.9708	194.3923	99.4619	100.0454	0.5400	
4003	35.044740	-111.822990	-2.280750	1.778	1.375	2.264	1.783	1.368	2.264	-7.3506	-107.3506	192.6484	99.4014	100.0000	0.5986	
4004	40.625320	-141.722280	-2.760750	1.804	1.402	2.265	1.806	1.399	2.265	-5.1200	-105.1205	191.3681	99.2725	98.8598	0.7286	
4005	52.652140	-205.324880	-4.032780	1.761	1.412	2.267	1.761	1.412	2.267	1.412	198.0708	190.6065	-101.9302	100.7296	0.7347	99.9141
4006	58.163650	-245.330270	-4.769470	1.689	1.405	2.267	1.690	1.404	2.267	1.404	194.5758	3.4775	-96.5242	0.8749	99.1336	99.8781
4007	50.871030	-325.874690	-5.779600	1.546	1.344	2.263	1.575	1.310	2.264	22.1939	122.1926	1.0109	99.5169	100.1670	199.4889	
4008	11.731600	-395.597380	-7.013600	1.690	1.336	2.259	1.692	1.333	2.259	5.5014	105.5080	17.7502	98.5343	99.7146	198.5067	
4009	104.138970	-367.385050	-15.429990	1.624	1.494	2.270	1.351	1.745	2.270	-60.7632	39.2395	16.9590	99.7499	99.3148	199.2706	
4010	145.388950	-339.969850	-20.717990	1.628	1.742	2.273	1.472	1.875	2.273	-40.7854	59.2257	30.5916	99.4161	98.7903	198.6568	
4011	146.073860	-282.095490	-19.965090	1.580	1.750	2.274	1.533	1.791	2.274	-26.9601	73.0482	17.5257	99.2092	99.3356	198.9671	
4012	135.763270	-206.983720	-18.074380	1.580	1.706	2.273	1.578	1.708	2.273	198.9203	193.0230	93.0242	0.9205	100.9166	199.9149	
4013	117.524770	-129.080220	-16.057900	1.620	1.639	2.272	1.558	1.698	2.272	45.4980	-54.5091	188.3635	99.3984	99.2459	0.9647	
4014	87.105840	-76.149420	-11.811430	1.620	1.508	2.269	1.434	1.685	2.269	64.7015	-35.3018	186.7671	99.7271	99.2444	0.8034	
4015	40.753870	-14.416420	-4.211210	1.672	1.309	2.257	1.700	1.273	2.257	-17.6636	-117.6629	196.0555	99.5315	100.1025	0.4796	
5001	-0.000010	-0.000040	-0.000010	1.599	1.303	2.257	1.600	1.303	2.257	-197.0689	-97.0689	-97.0689	100.0000	99.9913	199.9913	
5002	18.041490	-391.581380	-9.019490	1.599	1.303	2.257	1.600	1.303	2.257	-197.0689	-97.0689	-97.0689	100.0000	99.9913	199.9913	

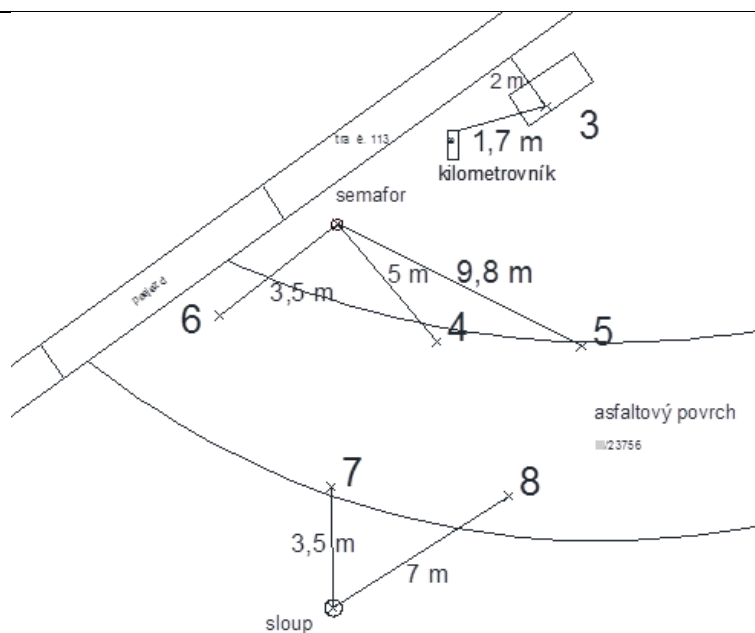
**Příloha č.2: Místopisy**

<p><b>Geodetické údaje</b></p> <p><b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b></p> <p><b>ČÍSLO BODU: 3</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice</p> <p>Datum stabilizace:</p> <p>Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017</p> <p>Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření etapy</b></p>	<p><b>X</b></p>	<p><b>Y</b></p>	<p><b>Z</b></p>
<p>21.2.2017</p>	<p>996608,7092</p>	<p>768245,8517</p>	<p>264,4849</p>
<p>12.4.2017</p>	<p>996608,7101</p>	<p>768245,8620</p>	<p>264,4838</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je na propustku železniční tratě Čížkovice – Obrtnice, jedná se o stranu propustku ze svahu, vzdálenost od přejezdu směr Třebenice 25m, STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
			



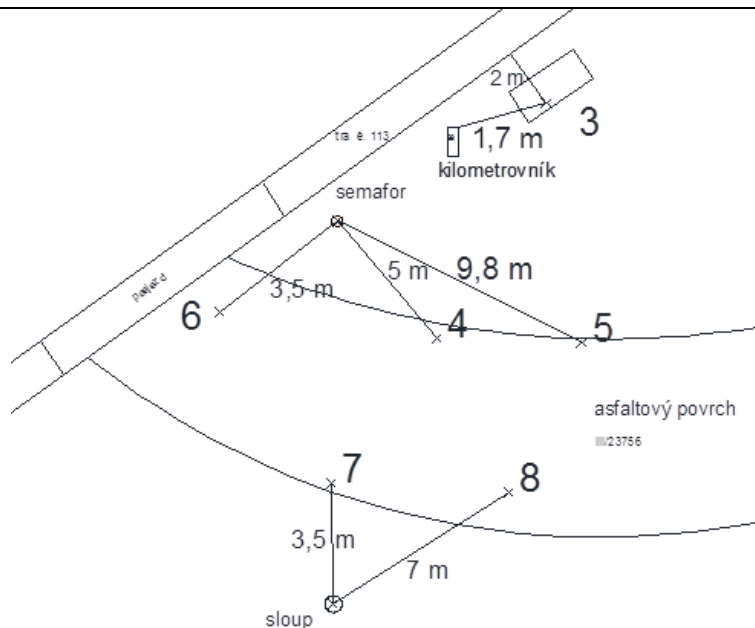
<b>Geodetické údaje</b> <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 4</b>		Lokalita: Třebenice Datum stabilizace: Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017 Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek	
<b>Číslo a datum měření etapy</b>	X	Y	Z
0/21.2.2017	996617,0318	768249,7081	264,1564
1/12.4.2017	996617,0310	768249,7187	264,1558

**Místopisný popis:** Bod je na levém okraji asfaltové vozovky pod přejezdem směr Třebenice, vzdálenost k železničnímu semaforu 5 m Z směrem, STABILIZACE - HŘEBÍK



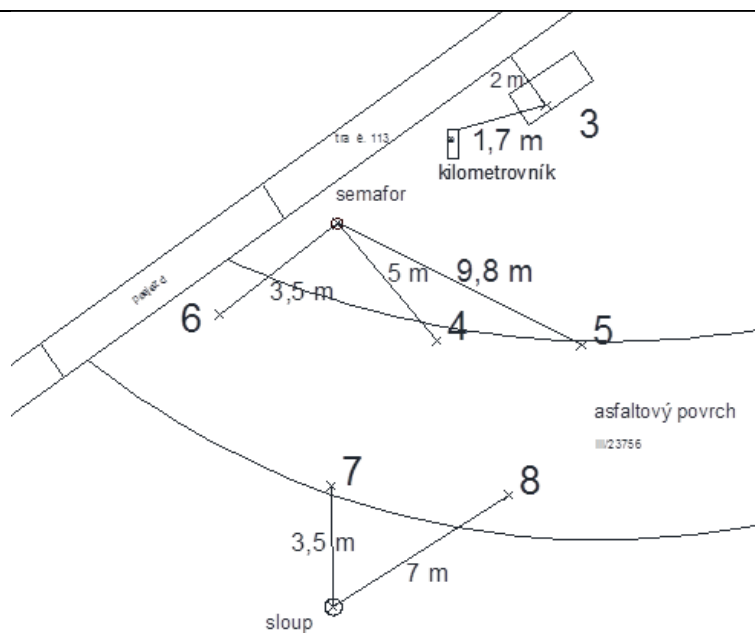
<b>Geodetické údaje</b>		Lokalita: Třebenice	
<b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>		Datum stabilizace:	
<b>ČÍSLO BODU: 5</b>		Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017	
		Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek	
<b>Číslo a datum měření etapy</b>	X	Y	Z
0/21.2.2017	996617,1742	768244,5948	263,5206
1/12.4.2017	996617,1736	768244,6042	263,5193

**Místopisný popis:** Bod je na levém okraji asfaltové vozovky pod přejezdem směr Třebenice, vzdálenost k železničnímu semaforu 9,8 m SZ směrem, STABILIZACE - HŘEBÍK



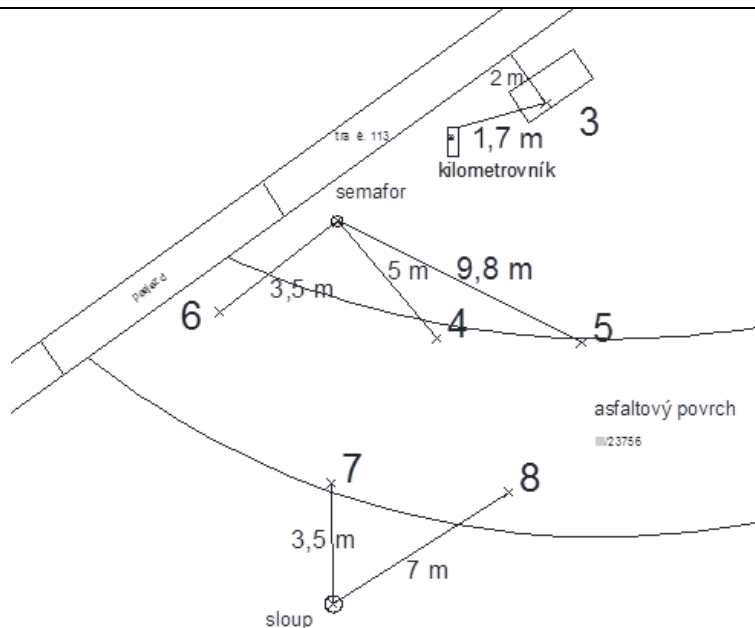
<b>Geodetické údaje</b>		Lokalita: Třebenice	
<b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>		Datum stabilizace:	
<b>ČÍSLO BODU: 6</b>		Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017	
		Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek	
<b>Číslo a datum měření etapy</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
0/21.2.2017	996616,0976	768257,3619	265,3536
1/12.4.2017	996616,0966	768257,3703	265,3528


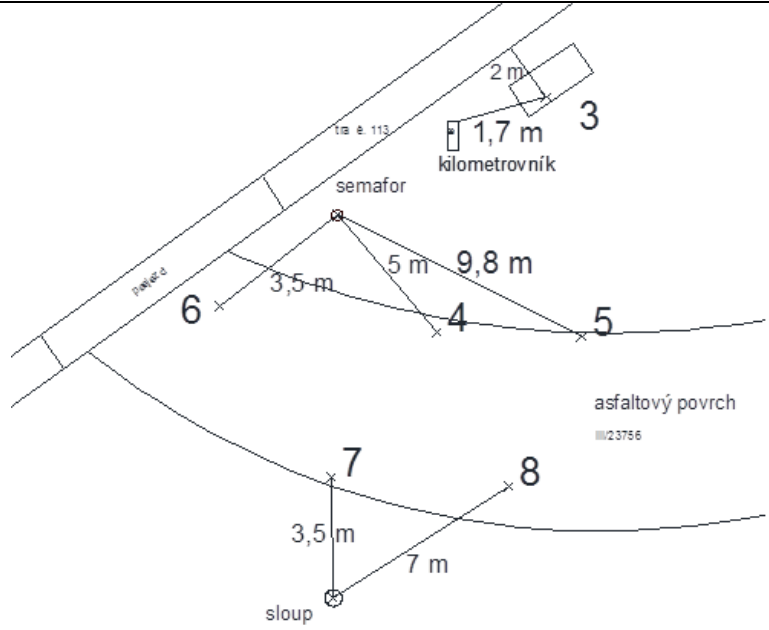
**Místopisný popis:** Bod je na levém okraji asfaltové vozovky pod přejezdem směr Třebenice, vzdálenost k železničnímu semaforu 3,5 m JZ směrem, od přejezdu vzdálen 2,7m STABILIZACE - HŘEBÍK




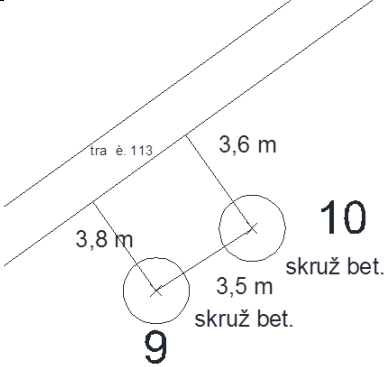
<b>Geodetické údaje</b>		Lokalita: Třebenice	
<b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>		Datum stabilizace:	
<b>ČÍSLO BODU: 7</b>		Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017	
		Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek	
<b>Číslo a datum měření etapy</b>	X	Y	Z
0/21.2.2017	996622,1492	768253,4166	264,5133
1/12.4.2017	996622,1493	768253,4252	264,5120


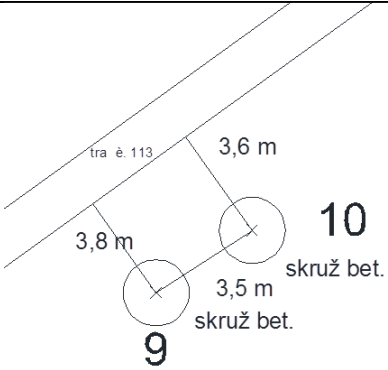
**Místopisný popis:** Bod je na pravém okraji asfaltové vozovky pod přejezdem směr Třebenice, vzdálenost k telefonnímu stožáru je 3,5 m J směrem, STABILIZACE - HŘEBÍK


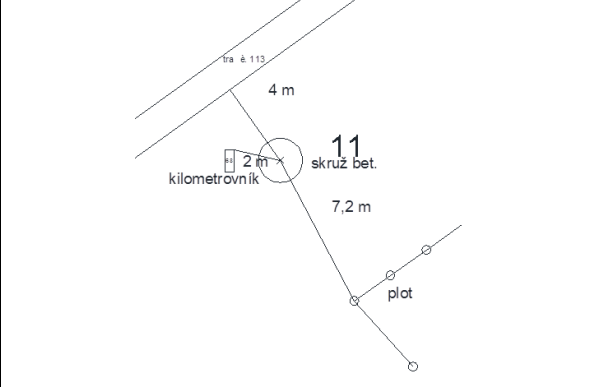


<b>Geodetické údaje</b> <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b> <b>ČÍSLO BODU: 8</b>		Lokalita: Třebenice Datum stabilizace: Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017 Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek	
<b>Číslo a datum měření etapy</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
0/21.2.2017	996622,4528	768247,1790	263,7856
1/12.4.2017	996622,4546	768247,1908	263,7846
<b>Místopisný popis:</b> Bod je na pravém okraji asfaltové vozovky pod přejezdem směr Třebenice, vzdálenost k telefonnímu stožáru je 7 m JV směrem STABILIZACE - HŘEBÍK			
			
			


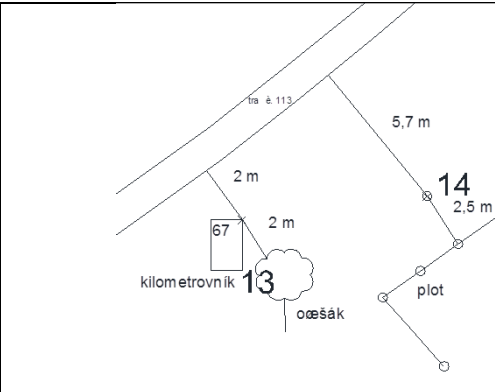



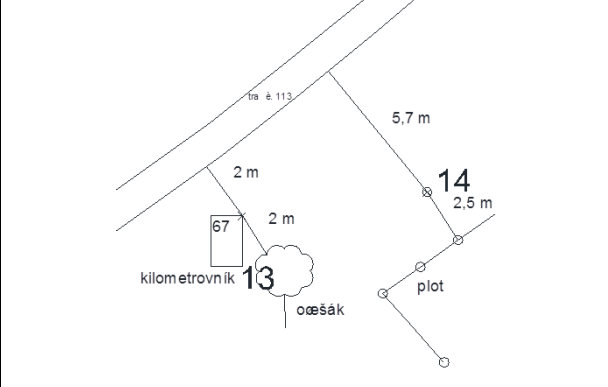
<p align="center"><b>Geodetické údaje</b></p> <p align="center"><b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b></p> <p><b>ČÍSLO BODU: 9</b></p>		<p>Lokalita: Třeбенice</p> <p>Datum stabilizace:</p> <p>Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017</p> <p>Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření etapy</b></p>	<p align="center">X</p>	<p align="center">Y</p>	<p align="center">Z</p>
<p align="center">0/21.2.2017</p>	<p align="center">996558,4557</p>	<p align="center">768174,0016</p>	<p align="center">263,1576</p>
<p align="center">1/12.4.2017</p>	<p align="center">996558,4559</p>	<p align="center">768174,0082</p>	<p align="center">263,1571</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován v betonovém bloku pod železničním náspem směř Dlažkovice-Třeбенice, vzdálenost od přejezdu 90 m 3,8m od pravé kolejnice STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
			


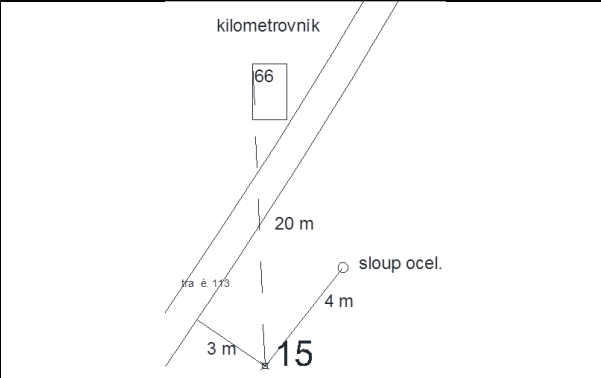
<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b></p> <p><b>ČÍSLO BODU: 10</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice                  Datum stabilizace:                  Datum vyhotovení místopisu 11.5.2017                  Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření</b>  <b>etapy</b></p>	<p>X</p>	<p>Y</p>	<p>Z</p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996556,5659</p>	<p>768171,0866</p>	<p>263,0854</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996556,5681</p>	<p>768171,1003</p>	<p>263,0840</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován v betonovém bloku pod železničním náspem směr Dlažkovice-Třebenice, vzdálenost od přejezdu 95 m, 3,6m od pravé kolejnice STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
			


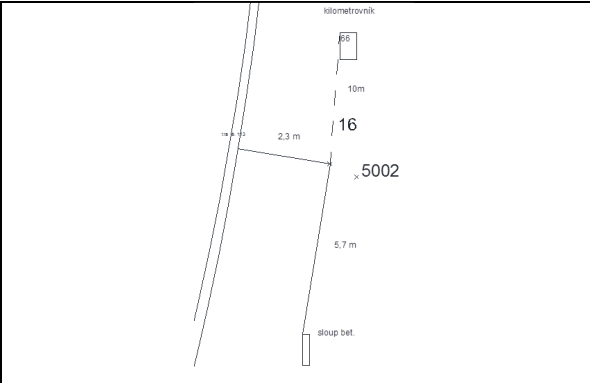
<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 11</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice  Datum stabilizace:  Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017  Vyhotožil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření etapy</b></p>	<p><b>X</b></p>	<p><b>Y</b></p>	<p><b>Z</b></p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996543,2186</p>	<p>768151,7627</p>	<p>262,7107</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996543,2214</p>	<p>768151,7771</p>	<p>262,7095</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován v betonovém bloku pod železničním náspem směr Dlažkovice-Třebenice, vzdálenost od přejezdu 120m, 4m od pravé kolejníc, 2m SZ směrem od kilometrovníku 68 STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
			


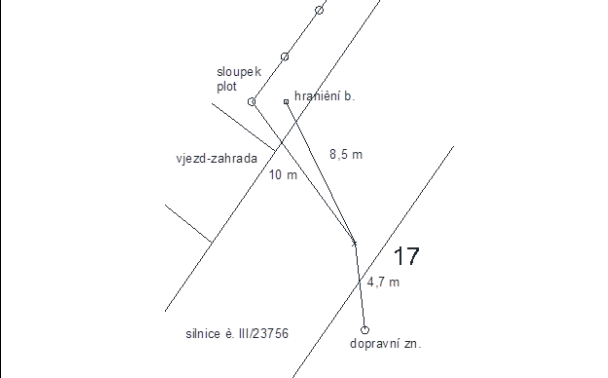



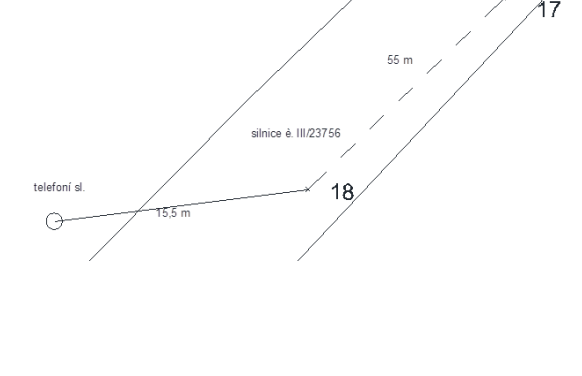
<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 13</b></p>		<p>Lokalita: Třeбенice  Datum stabilizace:  Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017  Vyhotožil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření etapy</b></p>	<p><b>X</b></p>	<p><b>Y</b></p>	<p><b>Z</b></p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996492,1579</p>	<p>768082,7296</p>	<p>262,0882</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996492,1552</p>	<p>768082,7438</p>	<p>262,0884</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován v kilometrovníku č, 67, pod železničním náspem směr Dlažkovice-Třeбенice, 2m od pravé kolejnice STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
			


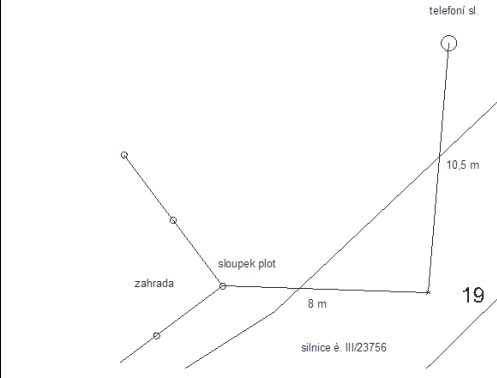
<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b></p> <p><b>ČÍSLO BODU: 14</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice                  Datum stabilizace:                  Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017                  Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p>Číslo a datum měření etapy</p>	<p>X</p>	<p>Y</p>	<p>Z</p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996491,1273</p>	<p>768074,6968</p>	<p>260,4966</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996491,1248</p>	<p>768074,7125</p>	<p>260,4960</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován v ocelovém sloupku pod železničním náspem směr Dlažkovice-Třebenice, 5,7m od pravé kolejnice, signalizován jamkou vyraženou důlčíkem, 1,2m nad zemí, 2 m pod hranou koleje</p>			
			


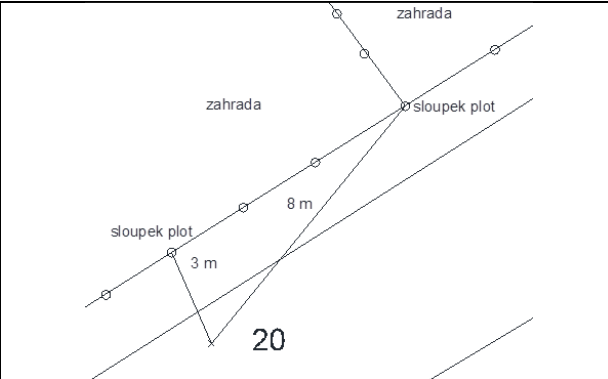
<b>Geodetické údaje</b> <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 15</b>		Lokalita: Třeбенice Datum stabilizace: Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017 Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek	
<b>Číslo a datum měření etapy</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
0/21.2.2017	996436,2800	768023,4882	260,4498
1/12.4.2017	996436,2737	768023,4985	260,4500
<b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován jako drážní bod, plastový hraniční znak, pod železničním náspem směr Dlažkovice-Třeбенice, 2,9m od pravé kolejnice			
			

<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 16</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice  Datum stabilizace:  Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017  Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření etapy</b></p>	<p>X</p>	<p>Y</p>	<p>Z</p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996335,0338</p>	<p>767983,3305</p>	<p>258,7186</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996335,0324</p>	<p>767983,3381</p>	<p>258,7189</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován jako drážní bod, plastový hraniční znak, pod železničním náspem směr Dlažkovice-Třebenice, 2,3m od pravé kolejnice, vzdálenost ke kilometrovníku č, 65 je 20m směr Třebenice</p>			
			


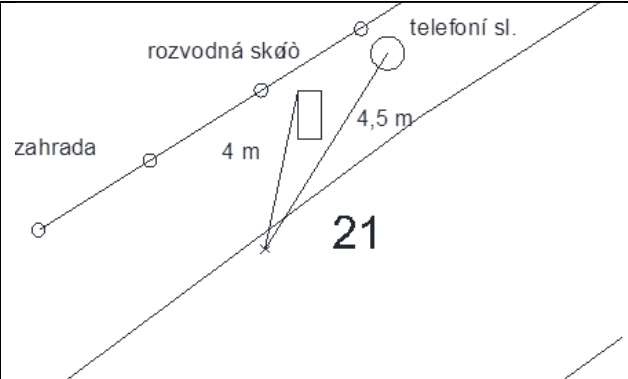
<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 17</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice                  Datum stabilizace:                  Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017                  Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření etapy</b></p>	<p><b>X</b></p>	<p><b>Y</b></p>	<p><b>Z</b></p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996434,5518</p>	<p>767905,9707</p>	<p>244,9326</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996434,5580</p>	<p>767905,9782</p>	<p>244,9313</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován na pravém okraji asfaltové komunikace ve směru Dlažkovice – Třebenice, přes vozovku je vjezd do zahrady, vzdálenost od přejezdu 300 m,                  STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
 <p>A photograph showing a paved road curving to the right. On the right side of the road, there is a concrete stabilization point labeled '17'. In the background, there are trees and a road sign.</p>		 <p>A site plan diagram showing the location of point 17. It includes labels for 'sloupek plot', 'hraniční b.', 'vjezd-zahrada', 'silnice è. III/23756', and 'dopravní zn.'. Distances are marked as 10 m, 8,5 m, and 4,7 m.</p>	

<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b></p> <p><b>ČÍSLO BODU: 18</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice  Datum stabilizace:  Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017  Vyhotožil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření etapy</b></p>	<p>X</p>	<p>Y</p>	<p>Z</p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996472,2198</p>	<p>767939,0375</p>	<p>245,6841</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996472,2246</p>	<p>767939,0496</p>	<p>245,6832</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován na pravém okraji asfaltové komunikace ve směru Dlažkovice – Třebenice, přes vozovku je JV směrem telefonní sloup, vzdálenost od přejezdu 250 m, STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
			


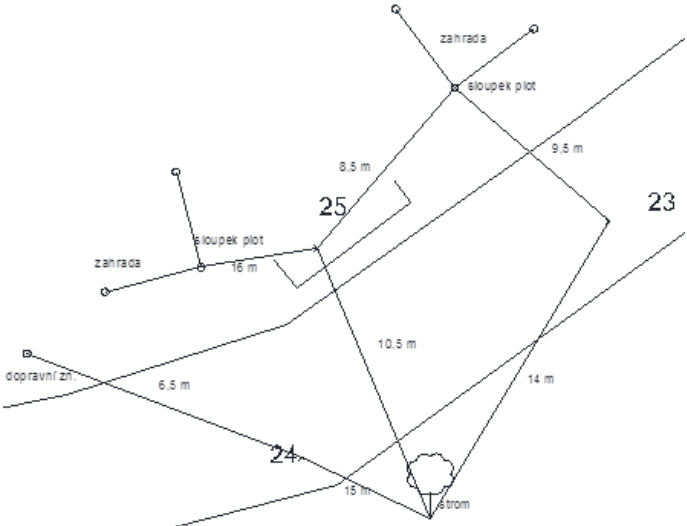
<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 19</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice  Datum stabilizace:  Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017  Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření etapy</b></p>	<p><b>X</b></p>	<p><b>Y</b></p>	<p><b>Z</b></p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996523,4678</p>	<p>767991,9414</p>	<p>247,0582</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996523,4680</p>	<p>767991,9562</p>	<p>247,0583</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován na pravém okraji asfaltové komunikace ve směru Dlažkovice – Třebenice, přes vozovku je S směrem telefonní sloup, V směrem je rohový sloupek plotu, vzdálenost od přejezdu 220 m, STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
			


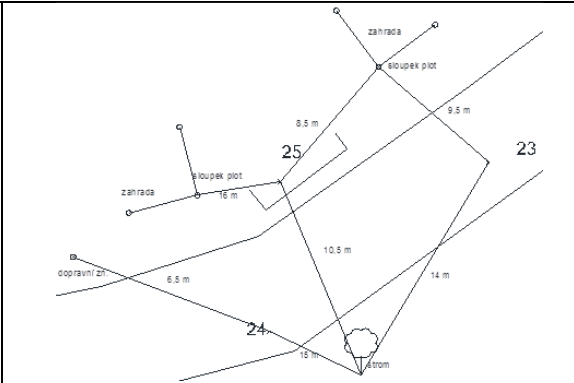
<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 20</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice                  Datum stabilizace:                  Datum vyhotovení místopisu: 11,5,2017                  Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření etapy</b></p>	<p>X</p>	<p>Y</p>	<p>Z</p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996555,2805</p>	<p>768047,1375</p>	<p>248,9682</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996555,2809</p>	<p>768047,1534</p>	<p>248,9670</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován na levém okraji asfaltové komunikace ve směru Dlažkovice – Třebenice, S směrem je rohový sloupek plotu společný pro dvě parcely, vzdálenost od přejezdu 190 m, STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
			


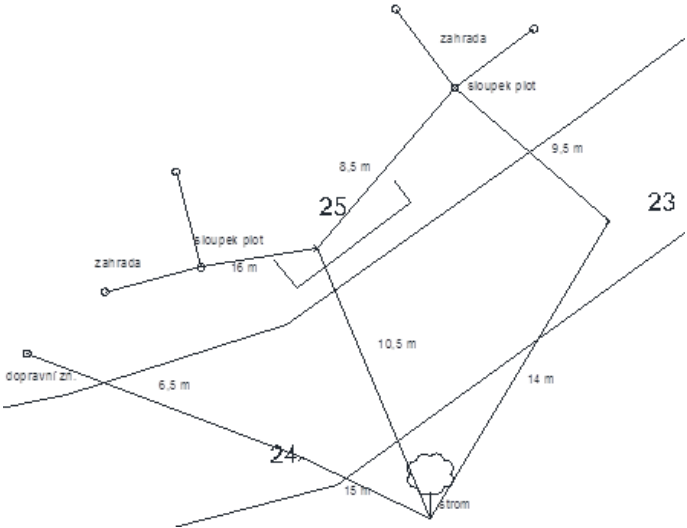



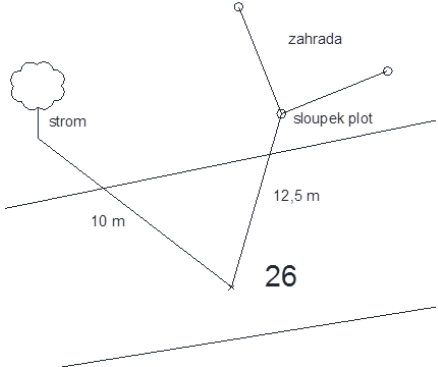
<b>Geodetické údaje</b> <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 21</b>		Lokalita: Třebenice Datum stabilizace: Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017 Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek	
<b>Číslo a datum měření etapy</b>	X	Y	Z
0/21.2.2017	996568,2393	768068,7799	250,0092
1/12.4.2017	996568,2377	768068,7920	250,0079
<b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován na levém okraji asfaltové komunikace ve směru Dlažkovice – Třebenice, S směrem je rohový rozvodná skříň a telefonní sloup, vzdálenost od přejezdu 160 m, STABILIZACE - HŘEBÍK			
			

<b>Geodetické údaje</b> <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 22</b>		Lokalita: Třeбенice Datum stabilizace: Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017 Vyhotožil: Bc. Jan Velíšek	
<b>Číslo a datum měření etapy</b>	X	Y	Z
0/21.2.2017			
1/12.4.2017			
<b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován v komunikaci mezi body 21 a 23, NEZAMĚŘEN, STABILIZACE - HŘEBÍK			
<p>The photograph shows a paved road with a concrete curb. On the left side, there is a concrete marker labeled '25' with a downward arrow. On the right side, there are two concrete markers labeled '22' and '23' with downward arrows. In the background, there is a green fence, some trees, and a house.</p>			
<p>The diagram is a geometric representation of the site. It shows a network of lines connecting points labeled 23, 24, 25, and 26. Distances between points are given: 9.5 m, 9.5 m, 16 m, 10.5 m, 14 m, 15 m, and 6.5 m. Labels include 'zahrada' (garden), 'sloupek plot' (post), and 'strom' (tree). A 'dopravní zřít.' (transportation structure) is also indicated near point 24.</p>			


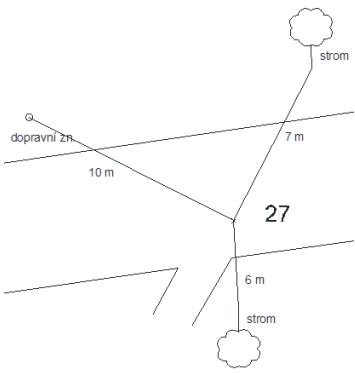
<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 23</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice                  Datum stabilizace:                  Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017                  Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření etapy</b></p>	<p><b>X</b></p>	<p><b>Y</b></p>	<p><b>Z</b></p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996580,7954</p>	<p>768078,7840</p>	<p>249,7653</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996580,7935</p>	<p>768078,7974</p>	<p>249,7646</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován na pravém okraji asfaltové komunikace ve směru Dlažkovice – Třebenice, přes vozovku je SV směrem rohový sloupek plotu, V směrem je propustek s bodem 25, STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
			
			


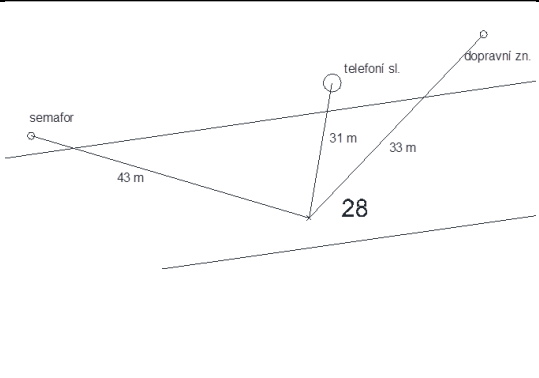
<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b></p> <p><b>ČÍSLO BODU: 24</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice                  Datum stabilizace:                  Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017                  Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p>Číslo a datum měření                  etapy</p>	X	Y	Z
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996595,6021</p>	<p>768102,1118</p>	<p>250,6874</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996595,6011</p>	<p>768102,1260</p>	<p>250,6861</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován na pravém okraji asfaltové komunikace ve směru Dlažkovice – Třebenice, přes vozovku je SV směrem je propustek s bodem 25, STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
			

<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 25</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice                  Datum stabilizace:                  Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017                  Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření etapy</b></p>	<p>X</p>	<p>Y</p>	<p>Z</p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996581,2023</p>	<p>768090,6840</p>	<p>250,5767</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996581,2017</p>	<p>768090,6991</p>	<p>250,5760</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován na propustku, na Levém okraji komunikace Dlažkovive – Třebenice,, STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
 <p>The photograph shows a paved road edge with a concrete curb. A point labeled '25' is marked on the curb with a downward-pointing arrow. In the background, there is a grassy area with a fence and some trees. Other points '22' and '23' are also indicated with arrows on the road surface.</p>			
 <p>The site plan diagram shows the layout of the area. Point 25 is located at the intersection of a 'dopravní zřít.' (road) and a 'zahrađa' (garden). Other features include 'sloupek plot' (post), 'strom' (tree), and various distances in meters: 6.5 m, 9.5 m, 10.5 m, 14 m, and 15 m. Points 23 and 24 are also marked on the plan.</p>			

<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 26</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice  Datum stabilizace:  Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017  Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření etapy</b></p>	<p><b>X</b></p>	<p><b>Y</b></p>	<p><b>Z</b></p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996605,0946</p>	<p>768128,5790</p>	<p>252,5861</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996605,0934</p>	<p>768128,5900</p>	<p>252,5878</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován na levém okraji asfaltové komunikace ve směru Dlažkovice, – Třebenice, S směrem je rohový sloupek plotu, STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
			



<p><b>Geodetické údaje</b>  <b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b>  <b>ČÍSLO BODU: 27</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice                  Datum stabilizace:                  Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017                  Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření etapy</b></p>	<p><b>X</b></p>	<p><b>Y</b></p>	<p><b>Z</b></p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996611,6278</p>	<p>768171,9155</p>	<p>256,3329</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996611,6274</p>	<p>768171,9259</p>	<p>256,3309</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován na levém okraji asfaltové komunikace ve směru Dlažkovice – Třebenice 2 m od vjezdu na polní cestu, STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
			

<p align="center"><b>Geodetické údaje</b></p> <p align="center"><b>Polohového bodu podezřelého z posunu</b></p> <p><b>ČÍSLO BODU: 28</b></p>		<p>Lokalita: Třebenice</p> <p>Datum stabilizace:</p> <p>Datum vyhotovení místopisu: 11.5.2017</p> <p>Vyhotovil: Bc. Jan Velíšek</p>	
<p><b>Číslo a datum měření</b></p> <p align="center"><b>etapy</b></p>	<p><b>X</b></p>	<p><b>Y</b></p>	<p><b>Z</b></p>
<p>0/21.2.2017</p>	<p>996617,9150</p>	<p>768211,5623</p>	<p>260,1606</p>
<p>1/12.4.2017</p>	<p>996617,9165</p>	<p>768211,5738</p>	<p>260,1595</p>
<p><b>Místopisný popis:</b> Bod je stabilizován na levém okraji asfaltové komunikace ve směru Dlažkovice – Třebenice, V směrem je telefonní sloup, vzdálenost od přejezdu 50m, STABILIZACE - HŘEBÍK</p>			
			



### Příloha č.3: Protokol o výpočtu 0. etapy z programu EasyNet

EasyNET 3,4,3 Non-commercial (12,10,2015)

\*\*\*\*\*

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

Protokol C - Vyrovnání sítě

\*\*\*\*\*

Vytvořeno: 27,4,2017 11:05:43

C-01 Základní informace o vyrovnání sítě

Vyloučení odlehlých hodnot

Metoda robustního odhadu:	Huber
Hladina významnosti:	0,01
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	7/357 [0,020]
Vodorovný směr:	4/119 [0,034]
Zenitový úhel:	2/119 [0,017]
Šikmá délka:	1/119 [0,008]
Šikmá délka (doplňek):	-
Směrník:	-
Převýšení:	-
Svislé provažování:	-

Vyrovnání sítě

Apriorní jednotková směrodatná odchylka:	1,000
Aposteriorní jednotková směrodatná odchylka:	0,671
Počet fixních bodů:	2
Počet vyrovnaných bodů:	43
Počet vyrovnaných orientačních posunů:	15
Počet vyrovnaných měření:	350
Vodorovný směr:	115
Zenitový úhel:	117
Šikmá délka:	118
Šikmá délka (doplňek):	0
Směrník:	0
Převýšení:	0
Svislé provažování (X + Y):	0 (0)
Počet nadbytečných měření:	206

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	1	996612,9234	768258,3835	265,5875	0,38	0,75	0,15
---	---	-------------	-------------	----------	------	------	------

2	2	996604,0621	768245,7853	265,3116	0,62	1,00	0,23
3	3	996608,7092	768245,8517	264,4849	0,36	0,69	0,17
4	4	996617,0318	768249,7081	264,1564	0,42	0,68	0,15
5	5	996617,1742	768244,5948	263,5206	0,43	0,72	0,16
6	6	996616,0976	768257,3619	265,3536	0,42	0,72	0,14
7	7	996622,1492	768253,4166	264,5133	0,44	0,71	0,15
8	8	996622,4528	768247,1790	263,7856	0,43	0,70	0,15
9	9	996558,4557	768174,0016	263,1576	1,01	0,99	0,24
10	10	996556,5659	768171,0866	263,0854	1,04	0,98	0,25
11	11	996543,2186	768151,7627	262,7107	1,13	1,09	0,27
12	12	996526,0520	768131,3748	262,9915	1,17	1,26	0,28
13	13	996492,1579	768082,7296	262,0882	1,23	1,26	0,30
14	14	996491,1273	768074,6968	260,4966	1,25	1,23	0,29
15	15	996436,2800	768023,4882	260,4498	1,23	1,13	0,31
16	16	996335,0338	767983,3305	258,7186	1,09	0,90	0,28
17	17	996434,5518	767905,9707	244,9326	1,45	1,19	0,40
18	18	996472,2198	767939,0375	245,6841	1,34	1,21	0,34
19	19	996523,4678	767991,9414	247,0582	1,39	1,30	0,36
20	20	996555,2805	768047,1375	248,9682	1,30	1,32	0,33
21	21	996568,2393	768068,7799	250,0092	1,41	1,24	0,35
22	23	996580,7954	768078,7840	249,7653	1,38	1,26	0,32
23	24	996595,6021	768102,1118	250,6874	1,28	1,19	0,30
24	25	996581,2023	768090,6840	250,5767	1,49	1,03	0,30
25	26	996605,0946	768128,5790	252,5861	1,23	1,24	0,30
26	27	996611,6278	768171,9155	256,3329	1,07	1,17	0,26
27	28	996617,9150	768211,5623	260,1606	0,72	1,15	0,25
28	4001	996608,3683	768252,2712	266,9622	0,31	0,66	0,12
29	4002	996564,5740	768190,2742	265,7676	0,86	0,88	0,23
30	4003	996547,4467	768166,1195	265,4585	1,04	1,01	0,23
31	4004	996529,9048	768141,2839	264,9785	1,29	1,33	0,28
32	4005	996492,6888	768088,3326	263,7066	1,23	1,16	0,27
33	4006	996467,8494	768056,4978	262,9695	1,13	1,10	0,27
34	4007	996405,0218	768005,5888	261,9589	0,88	0,82	0,24
35	4008	996327,7558	767985,0556	260,7248	0,83	0,93	0,20
36	4009	996412,3864	767938,4685	252,3088	1,03	0,91	0,32
37	4010	996460,7908	767928,0024	247,0209	1,20	1,03	0,33
38	4011	996502,7599	767967,8481	247,7740	1,21	1,07	0,33
39	4012	996549,4229	768027,5912	249,6649	1,26	1,05	0,30
40	4013	996592,5617	768094,9637	251,6814	1,24	1,00	0,28
41	4014	996609,3079	768153,6632	255,9280	1,10	0,86	0,24
42	4015	996621,2634	768229,9200	263,5283	0,48	0,68	0,13
43	4004A	996529,9070	768141,2833	264,9778	1,15	1,11	0,26
44	5001	996603,1960	768269,1860	267,7400	-	-	-
45	5002	996336,1190	767981,1570	258,2800	-	-	-

## Příloha č.4: Protokol o výpočtu 0. etapy z programu EasyNet

EasyNET 3.4.3 Non-commercial (12.10.2015)

\*\*\*\*\*

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

Protokol C - Vyrovnání sítě

\*\*\*\*\*

Vytvořeno: 4.5.2017 11:48:18

C-01 Základní informace o vyrovnání sítě

=====

### Vyloučení odlehlých hodnot

Metoda robustního odhadu:	Huber
Hladina významnosti:	0.01
Počet vyloučených odlehlých hodnot:	15/336 [0.045]
Vodorovný směr:	5/112 [0.045]
Zenitový úhel:	1/112 [0.009]
Šikmá délka:	9/112 [0.080]
Šikmá délka (doplňek):	-
Směrník:	-
Převýšení:	-
Svislé provažování:	-

### Vyrovnání sítě

Apriorní jednotková směrodatná odchylka:	1.000
Aposteriorní jednotková směrodatná odchylka:	0.715
Počet fixních bodů:	2
Počet vyrovnaných bodů:	39
Počet vyrovnaných orientačních posunů:	15
Počet vyrovnaných měření:	321
Vodorovný směr:	107
Zenitový úhel:	111
Šikmá délka:	103
Šikmá délka (doplňek):	0
Směrník:	0
Převýšení:	0
Svislé provažování (X + Y):	0 (0)
Počet nadbytečných měření:	189

### 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	3	996608.7101	768245.8620	264.4838	0.44	0.71	0.24
2	4	996617.0310	768249.7187	264.1558	0.44	0.73	0.24
3	5	996617.1736	768244.6042	263.5193	0.44	0.74	0.24
4	6	996616.0966	768257.3703	265.3528	0.42	0.77	0.25
5	7	996622.1493	768253.4252	264.5120	0.48	0.77	0.27
6	8	996622.4546	768247.1908	263.7846	0.46	0.76	0.25
7	9	996558.4559	768174.0082	263.1571	1.11	1.16	0.36
8	10	996556.5681	768171.1003	263.0840	1.13	1.13	0.37
9	11	996543.2214	768151.7771	262.7095	1.18	1.68	0.44
10	13	996492.1552	768082.7438	262.0884	1.26	1.70	0.48
11	14	996491.1248	768074.7125	260.4960	1.29	1.70	0.50
12	15	996436.2737	768023.4985	260.4500	1.44	1.28	0.48
13	16	996335.0324	767983.3381	258.7189	0.88	1.00	0.48
14	17	996434.5580	767905.9782	244.9313	1.11	1.20	0.56
15	18	996472.2246	767939.0496	245.6832	1.29	1.35	0.52
16	19	996523.4680	767991.9562	247.0583	1.40	1.50	0.51
17	20	996555.2809	768047.1534	248.9670	1.45	1.29	0.45
18	21	996568.2377	768068.7920	250.0079	1.44	1.36	0.44
19	23	996580.7935	768078.7974	249.7646	1.54	1.41	0.46
20	24	996595.6011	768102.1260	250.6861	1.42	1.37	0.46
21	25	996581.2017	768090.6991	250.5760	1.54	1.29	0.46
22	26	996605.0934	768128.5900	252.5878	1.31	1.32	0.41
23	27	996611.6274	768171.9259	256.3309	1.02	1.24	0.38
24	28	996617.9165	768211.5738	260.1595	0.68	1.22	0.34
25	6001	996602.7914	768244.4131	266.8939	0.33	0.73	0.18
26	6002	996567.3775	768194.5287	265.9974	0.87	1.01	0.32
27	6003	996547.3610	768165.7202	265.4855	1.07	1.16	0.35
28	6004	996492.7108	768087.9200	263.7578	1.27	1.32	0.44
29	6005	996470.8177	768059.6657	263.0992	1.28	1.39	0.44
30	6006	996413.5743	768013.2144	262.3703	0.92	0.97	0.42
31	6007	996339.7870	767987.1399	260.8748	0.57	0.86	0.38
32	6008	996405.4407	767935.9555	252.1553	0.84	0.95	0.48
33	6009	996460.1094	767927.8599	247.1289	1.06	1.14	0.49
34	6010	996508.3464	767973.7642	248.0118	1.17	1.27	0.48
35	6011	996548.1138	768025.8115	249.7341	1.34	1.27	0.44
36	6012	996569.3454	768059.4534	251.1356	1.42	1.19	0.42
37	6013	996599.8933	768109.9798	252.8596	1.33	1.09	0.39
38	6014	996609.1030	768153.2065	255.9566	1.11	0.92	0.35
39	6015	996619.7374	768223.9087	262.9874	0.53	0.71	0.21
40	5001	996603.2010	768269.1940	267.7460	-	-	-
41	5002	996336.1180	767981.1630	258.2780	-	-	-