



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV GEODÉZIE**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF GEODESY

# **TECHNICKÁ MAPA VÝUKOVÉHO TRENAŽERU**

TECHNICAL MAP OF TUTORIAL SIMULATOR

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

Anna Kupcová

**VEDOUcí PRÁCE**  
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ BUREŠ, Ph.D.

BRNO 2013

<b>Studijní program</b>	B3646 Geodézie a kartografie
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3646R003 Geodézie a kartografie
<b>Pracoviště</b>	Ústav geodézie

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Anna Kupcová
<b>Název</b>	Technická mapa výukového trenažeru
<b>Vedoucí bakalářské práce</b>	Ing. Jiří Bureš, Ph.D.
<b>Datum zadání bakalářské práce</b>	30. 11. 2012
<b>Datum odevzdání bakalářské práce</b>	24. 5. 2013
V Brně dne 30. 11. 2012	

.....  
doc. Ing. Josef Weigel, CSc.

Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.

Děkan Fakulty stavební VUT

### **Podklady a literatura**

BÖHM J., RADOUCH V., HAMPACHER M. – Teorie chyb a vyrovnávací počet, GKP Praha, 1990

BAREŠ J. - Správa souboru digitálních map Prahy. Sborník z 41. geodetických informačních dnů v Brně. ECON Publishing, s.r.o., Brno 2005, ISBN: 80-86433-33-1

KRUMPHANZL V., MICHALČÁK O. – Inženýrská geodézie II, Kartografia, n.p., Praha 1975

SEHNAL J. - Programový systém GROMA, uživatelská příručka

SEDLÁČEK S., KONEČNÝ Z. - Problematika tvorby a údržby digitálních map. ECON Publishing, s.r.o., z 39. geodetických informačních dnů v Brně. Brno 2003, ISBN: 80-86433-27-7

POSPÍŠIL, J., HOLUB, P. - Komplexní řešení problematiky ÚAP a ÚP ve Zlínském kraji. Sborník z 44. geodetických informačních dnů v Brně. ECON Publishing, s.r.o., Brno 2008, ISBN: 978-80-86433-50-9

Technologický postup pro Technicko hospodářské mapování.

Metodický návod pro tvorbu Technické mapy města.

Metodický návod pro podrobné měření výškopisu.

ČSN 0134 10, ČSN 0134 11, ČSN 7304 15

Firemní dokumentace GNSS Leica System 1200.

Dokumentace software Atlas DMT.

### **Zásady pro vypracování**

S využitím technologie GNSS zaměřte polohopisně a výškopisně prostor výukového trenažeru před Fakultou stavební VUT v Brně. Popište technologii měření, zpracujte naměřená data a vyhotovte technickou mapu zadaného prostoru. Analyzujte přesnost a zhodnoťte vhodnost použité technologie.

### **Předepsané přílohy**

.....

Ing. Jiří Bureš, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

**Bibliografická citace VŠKP**

KUPCOVÁ, Anna. *Technická mapa výukového trenažeru*. Brno, 2013. 57 s., 64 s. příl.  
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie.  
Vedoucí práce Ing. Jiří Bureš, Ph.D.

## **Abstrakt v českém jazyce**

Práce se zabývá polohopisným a výškopisným zaměřením prostoru výukového trenažeru pro geodetická měření před Fakultou stavební Vysokého Učení Technického v Brně s využitím Globálních navigačních družicových systémů. Lokalita trenažeru je situována v husté městské zástavbě, proto bylo cílem této práce, mimo vytvoření technické mapy lokality, i posouzení vhodnosti a přesnosti zvoleného způsobu měření. Pro podrobné měření byla použita metoda Real Time Kinematics s využitím služby RTK3-NS Síť permanentních stanic GNSS České republiky, která poskytuje diferenční korekční data z nejbližší referenční stanice v reálném čase. V rámci podrobného měření byla řešena problematika určení polohy a výšky nepřístupných bodů (stromy, sloupy veřejného osvětlení, aj.). Souřadnice Y, X podrobných bodů v systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální a jejich výšky H ve výškovém systému Baltském po vyrovnání byli vypočteny s využitím globálního transformačního klíče ETRF JT01 a modelu geoidu, jež jsou součástí měřické aparatury Leica 1230 GG. Výsledkem práce bylo vyhotovení technické mapy lokality platné k jaru 2011, v měřítku 1:500 v digitální formě, obsahující polohopis, výškopis a popis. Práce také obsahuje zhodnocení použité metody měření a analýzu dosažené přesnosti při měření.

## **Abstract in English language**

Bachelor's thesis describes planimetric survey and hypsometry in a tutorial area for geodetical measurement in front of the Brno University of Technology's Faculty of Civil Engineering using Global Navigation Satellite System. This locality is situated in a built-up area so the goal of the thesis is, besides creating the map of this area, considering the applicability and accuracy of the chosen method. The method of measurement was Real Time Kinematics with usage of RTK3-NS service (provided by Czech Positioning System), which provides differential corrective data from the nearest reference station. The survey included solving hidden points' (trees, lampposts, etc.) positions and heights. The detailed survey points' rectangular spatial coordinates Y, X in Datum of JTSC and heights H in Bpv Vertical Datum were calculated using the global transformation key ETRF JT 01 and a geoid model, that were part of a measuring device Leica 1230 GG. Thesis' final product

is the technical map of the locality at a scale of 1:500 valid for spring 2011, containing planimetry, hypsography and map lettering in a digital form. Thesis also embraces analysis of the applicability and the achieved accuracy of the applied method.

### **Klíčová slova v českém jazyce**

technická mapa, Globální navigační družicový systém, Real Time Kinematics, podrobné mapování

### **Key words in English**

technical map, Global Navigation Satellite System, Real Time Kinematics, large-scale mapping

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne ... 15.05.2013 .....

.....

# **PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP**

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 15.05.2013

.....  
podpis autora  
Anna Kupcová



**Poděkování:**

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Burešovi, PhD. za jeho cenné rady, připomínky a konzultace, které mi pomohly při tvorbě práce.

V Brně dne ... 15.05.2013 .....

.....

# OBSAH

<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>12</b>
<b>2. DIGITÁLNÍ TECHNICKÉ MAPY</b> .....	<b>13</b>
<b>3. GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ DRUŽICOVÉ SYSTÉMY</b> .....	<b>15</b>
3.1 SOUŘADNICOVÉ SYSTÉMY NAVSTAR GPS .....	15
3.2 REAL TIME KINEMATICS .....	15
3.3 CZEPOS .....	16
<b>4. PŘÍPRAVNÉ PRÁCE</b> .....	<b>20</b>
4.1 LOKALITA .....	20
4.1.1 REKONGOSKACE LOKALITY .....	20
4.1.2 BODY TRENAŽERU .....	24
4.2 ZAVEDENÍ TRANSFORMAČNÍHO KLÍČE DO APARATURY .....	25
4.3 KÓDOVANÍ V APARATUŘE .....	27
4.4 PLÁNOVANÍ MĚŘENÍ .....	28
<b>5. MĚŘICKÉ PRÁCE</b> .....	<b>32</b>
5.1 POUŽITÁ APARATURA .....	33
5.2 MĚŘENÍ PODROBNÝCH BODŮ .....	35
5.2.1 MĚŘENÍ PŘÍSTUPNÝCH BODŮ .....	36
5.2.2 MĚŘENÍ NEPŘÍSTUPNÝCH BODŮ .....	36
<b>6. ZPRACOVATELSKÉ PRÁCE</b> .....	<b>38</b>
6.1 VÝSTUPNÍ FORMÁT DAT .....	38
6.2 VÝPOČET SOUŘADNIC X, Y NEPŘÍSTUPNÝCH BODŮ .....	40
6.3 TVORBA POLOHOPISU .....	41
6.3.1 KÓDOVACÍ TABULKY .....	42
6.3.2 TVORBA KRESBY .....	43
6.4 TVORBA VÝŠKOPISU .....	44
6.5 VÝPOČET SOUŘADNICE H NEPŘÍSTUPNÝCH BODŮ .....	45
<b>7. ZHODNOCENÍ</b> .....	<b>47</b>

7.1	DOSAŽENÉ PŘESNOSTI.....	47
7.2	VHODNOST POUŽITÉ METODY.....	48
<b>8.</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>51</b>
<b>9.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>52</b>
<b>10.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....</b>	<b>54</b>
<b>11.</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>55</b>
<b>12.</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>56</b>
<b>13.</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>58</b>
13.1	Příloha č. 1-4 .....	58
13.2	Příloha č. 5.....	58
13.3	Příloha č. 6.....	59
13.4	Příloha č. 7.....	60
13.5	Příloha č. 8.....	61

# 1. ÚVOD

Měření pomocí Globálních navigačních družicových systémů (GNSS) je již dlouhou dobu běžně používanou metodou měření v nezastavěném nebo řídkce zastavěném terénu. Jedním z řešených úkolů této bakalářské práce proto bylo zjištění vhodnosti a přesnosti tohoto způsobu měření v hustě zastavěném terénu, konkrétně v centru města Brna. Hlavním cílem práce bylo polohopisné a výškopisné zaměření výukového trenažeru pro geodetická měření Fakulty stavební Vysokého Učení Technického v Brně (FAST VUT) pomocí GNSS metodou Real Time Kinematics (RTK). V rámci této práce byly měřeny podrobné přístupné body terénu (rozhraní povrchů, silnice a jejich osy, povrchové znaky inženýrských sítí,...) a řešeno bylo i určování poloh a výšek podrobných nepřístupných bodů (sloupy veřejného osvětlení, stromy s průměrem kmene větším než 15 cm,...). Výsledná poloha podrobných bodů byla určena v systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK), výška ve výškovém systému Baltském po vyrovnání (Bpv) pomocí transformačního klíče zavedeného do měřické aparatury. Výsledkem bakalářské práce bylo vytvoření technické mapy trenažeru a jeho blízkého okolí v měřítku 1:500 v digitální podobě. Výslední mapa obsahuje základní obsah (polohopis, výškopis a popis) a doplňkový obsah (povrchové prvky inženýrských sítí,...). Mapa je platná pro jaro roku 2011, později ve stejném roce byla z velké části zrenovována oblast parkoviště. Práce dále posuzuje vhodnost použité metodu měření a analyzuje dosažené přesnosti při měření. Práce je rozčleněna na teoretickou část, která vysvětluje základní pojmy a na praktickou část, která zahrnuje přípravné, měřické, zpracovatelské práce, zhodnocení a závěr.

## 2. DIGITÁLNÍ TECHNICKÉ MAPY

Mapám velkého měřítka, které svou přesností, obsahem a způsobem kartografického zobrazení předmětů vyhovují pro technické a hospodářské účely se říká technické mapy. Mohou být vyhotoveny v grafické nebo číselné, analogové nebo digitální podobě. Geometrickým základem map jsou geodetické body nebo jiné měřické body. Digitální mapy se vyhotovují většinou ve třídě přesnosti 3, platí pro ně:  $m_{xy} = 0,14$  m a  $m_h = 0,12$  m. [3] Důvodem vzniku digitálních technických map (DTM) byla především potřeba sjednocení polohopisu správců inženýrských sítí. Tyto mapy vyjadřují skutečný stav technických i přírodních prvků. Podle [20] mají DTM možnost vyjádřit skutečnost s maximální dosažitelnou přesností odpovídající úrovni měřicí techniky, aniž by docházelo ke ztrátě informací. Informace přitom může být zcela kompaktní, může si zachovávat veškeré vazby odpovídající reálním vztahům, údaje vyjadřující přesnost, polohu apod. mohou být kvalifikovány údaji o jejich přesnosti. K přednostem digitálního uložení mapy patří i možnost její různé vizualizace, v možnosti ji různě interpretovat, generalizovat, a to bez vlivu na původní její uložení.

### **Digitální technická mapa města Brna (DTMB)**

DTMB je souborné dílo, vyjadřující stav technických a přírodních objektů a zařízení na zemském povrchu, nad i pod ním. Z pohledu využití rozlišujeme:

- Digitální mapu města Brna, kterou tvoří Katastr nemovitostí a Účelová mapa polohopisné situace
- Digitální technickou mapu města Brna, která obsahuje navíc vedení inženýrských sítí. [12]

### **Soubor digitálních map Prahy (SDMP)**

SDMP v současné době obsahuje 15 základních typů map, vyvíjí se od roku 1987. Soubor je koncipován tak, aby na výstupu umožňoval libovolnou skladebnost jednotlivých typů DTM, aby každá vrstva obsahu SDMP měla svého správce a aby jednotná aktualizace zajišťovala maximální přiblížení skutečnému stavu v terénu. Součástí SDMP jsou:

- Jednotná digitální mapa Prahy (JDMP)
- Digitální referenční mapy

- Digitální tématická mapa 1:5000 a další.

JDMP se skládá ze tří vrstev – z obrazu polohopisu katastrální mapy, z vrstvy polohopisu technické mapy a z vrstvy údajů správců inženýrských sítí. [2]

### **3. GLOBÁLNÍ NAVIGAČNÍ DRUŽICOVÉ SYSTÉMY**

GNSS je služba, umožňující za pomoci družic autonomní prostorové určování polohy bodů s celosvětovým pokrytím. Hlavní výhodou GNSS je, že umožňuje určovat polohu v jednotném souřadnicovém systému společném pro celou Zemi a pracuje 24 hodin denně, bez ohledu na počasí a denní i roční dobu. GNSS měření se v současné době využívá ve všech oblastech geodetických měření - při budování geodetických základů, pro geodynamické studie, v inženýrské geodézii, katastrálním vyměřování, mapování aj. Termín GNSS zahrnuje více družicových systémů – NAVSTAR GPS, GLONASS, GALILEO aj. [23], [19]

#### **3.1 SOUŘADNICOVÉ SYSTÉMY NAVSTAR GPS**

Pro určení polohy bodu pomocí GPS musí být nejdříve definován systém, ve kterém se bude měření a výpočty provádět. Měření pomocí družicového systému NAVSTAR GPS je primárně realizováno v souřadnicovém systému (SS) WGS-84. Pro měření v rámci Evropy je však závazné používání souřadnicového systému ETRS-89. [14] Měření v systému ETRS-89 může být dosaženo připojením se na místní evropskou síť permanentních referenčních stanic pro určování polohy. Díky globálnímu transformačnímu klíči ETRF JT 01, který poskytuje Výzkumní ústav geodetický, topografický a kartografický (VÚGTK), může být pozice měřených bodů známá již při měření i v S-JTSK a ve výškovém systému (VS) Bpv, jejichž používání je závazné na území České Republiky podle [3]. Více o tomto převodu souřadnic viz kapitola 4.2 *Zavedení transformačního klíče do aparatury*.

#### **3.2 REAL TIME KINEMATICS**

Metoda RTK patří v současnosti mezi nejrozšířenější metody sběru podrobných dat. Jedná se o metodu relativního určování polohy, při níž jsou korekce poskytovány uživatelům v reálném čase z předem určené referenční stanice. [23] Pomocí metody RTK je možno dosáhnout centimetrovou přesnost, ale platí, že s rostoucí vzdáleností roveru

od referenční stanice se snižuje přesnost určení pozice. RTK měření funguje na principu aparatury, která v reálném čase přijímá kromě vlastních dat z družic taky korekční data potřebné pro vyřešení ambiguit. Korekční data se skládají z oprav chyb hodin pro jednotlivé družice a opravy chyb z atmosféry získané na základě známé polohy referenční stanice. Korekce jsou předávány buďto z pozemních bází nebo ze satelitů. Pro použití této metody je zapotřebí mít dvoufrekvenční aparaturu GPS schopnou přijímat a zpracovávat RTK korekce a zároveň mít například mobilní internetové připojení GPRS. [13], [19] Tyto korekční data na území České republiky poskytují tři celoplošné GNSS sítě: Síť permanentních stanic GNSS České republiky (CZEPOS), TopNet a TRIMBLE VRS Now Czech.

### 3.3 CZEPOS

CZEPOS slouží jako provozní síť pro konzervaci a rekonstrukci ETRS-89, pro poskytování korekcí v reálném čase a pro post-processing. Taky slouží jako vědecká síť pro účely GPS meteorologie a další projekty. Je spravován a provozován Zeměměřickým úřadem jako součást geodetických základů České republiky, aktuálně obsahuje celkem 28 stanic umístěných na území České republiky a 27 stanic zahraničních patřících do systémů SKPOS (slovenský), ASG EUPOS (polský), SAPOS (německý) a APOS (rakouský). Jeho součástí je i 5 externích stanic spravovaných vědeckými a akademickými pracovišti v rámci Výzkumné a experimentální sítě pro observace GNSS (VESOG). Mezi ně patří stanice Brno (TUBO), Pecný (GOPE), Plzeň (PLZE), Ostrava (VSBO) a Polom (POL1). Do poloviny roku 2012 probíhal upgrade hardwaru permanentních stanic sítě CZEPOS, stávající přijímače *Leica GRX 1200 Pro* byly povýšeny na přijímač *Leica GRX 1200+ GNSS* a antény *Leica AT504* byly vyměněny za typ *Leica AR 25*. Cílem upgradu bylo umožnění současného příjmu signálů z družicových systémů GPS NAVSTAR a GLONASS a taky příprava na příjem signálu ze systému GALILEO, jehož spuštění je plánováno na rok 2014. Vylepšeno nebylo pouze pět stanic polské sítě ASG EUPOS a externí stanice Polom. [13] Současný stav je možné vidět na Obr. 3.00.





Obr. 3.00 – Přehled permanentních stanic sítě CZEPOS platný k dubnu 2012

Pro měření v reálném čase CZEPOS poskytuje 3 kategorie služeb: **DGPS** (diferenční GPS), **RTK** (kinematika v reálném čase), **VRS** (virtuální referenční stanice). Pro post-processing nabízí službu **RINEX**. Použivatel si vybírá z kategorií služeb na základě požadované přesnosti měření. [13] Následující popis současně poskytovaných služeb sítě CZEPOS pochází z internetových stránek [www.czepos.cuzk.cz](http://www.czepos.cuzk.cz) (viz [13]), kde jsou dostupné i další aktuální informace o produktech a službách.

### Kategorie DGPS

- požadovaná přesnost: do 10 centimetrů
- potřebné vybavení: přijímač GPS umožňující kódová měření, který je schopen přijímat a zpracovávat DGPS korekce v reálném čase
- služba DGPS

### Kategorie RTK

- požadovaná přesnost: v řádech centimetrů
- potřebné vybavení: dvoufrekvenční aparatura GPS schopná přijímat a zpracovávat RTK korekce, mobilní internetové připojení GPRS

- služba RTK – korekce jsou poskytovány v reálném čase z předem určené referenční stanice
- služba RTK3-NS – korekce jsou poskytovány v reálném čase z nejbližší referenční stanice
- služba RTK3-GG – korekce jsou poskytovány v reálném čase z předem zvolené referenční stanice; služba je otevřena pouze pro stanice, které umožňují příjem systému GPS a zároveň systému GLONASS

### **Kategorie VRS**

- požadovaná přesnost: v řádech centimetrů
- potřebné vybavení: dvoufrekvenční aparatura GPS schopná přijímat a zpracovávat RTK korekce, mobilní internetové připojení GPRS
- služba RTK-PRS – korekce jsou poskytovány v reálném čase z tzv. pseudoreferenční stanice umístěné přibližně 5 km od pozice aparatury
- služba RTK-FKP – korekce doplněny o plošné parametry FKP jsou poskytovány v reálném čase z tzv. pseudoreferenční stanice umístěné přibližně 5 km od pozice aparatury
- služba VRS3-MAX – korekce jsou poskytovány v reálném čase podle konceptu MAX, která se skládá zpravidla ze šesti referenčních stanic nacházejících se v okolí aparatury, aparatura přijímá korekce z jedné hlavní stanice a současně s nimi difference korekcí z pěti vedlejších stanic
- služba VRS3-iMAX – korekce jsou poskytovány v reálném čase podle konceptu MAX, výpočet probíhá obdobně jako v případě předchozí služby, přijímány jsou ale korekční data z hlavní stanice, které jsou již opravené o vliv korekcí z vedlejších stanic
- služba VRS3-MAX-GG, resp. VRS3-iMAX-GG – korekce jsou poskytovány v reálném čase, tato služba funguje na stejném principu jako služba VRS3-MAX, resp. VRS3-iMAX, avšak korekční data jsou generovány prostřednictvím nového síťového řešení CZEPOS s korekcemi GPS + GLONASS; služba je otevřena pouze pro stanice, které umožňují příjem systému GPS a zároveň systému GLONASS

## **Kategorie RINEX**

- požadovaná přesnost: centimetrová až milimetrová přesnost
- služba RINEX – korekční data lze stáhnout pro zadaný interval měření z předem zvolené referenční stanice
- služba virtuální RINEX – korekční data lze stáhnout pro zadaný interval měření z virtuální stanice o zadaných souřadnicích; tato služba je generována systémem CZEPOS na základě síťového řešení.
- služba virtuální RINEX s korekcemi GPS+GLONASS – tato služba je obdobná s předchozí službou, avšak korekční data jsou generovány prostřednictvím nového síťového řešení CZEPOS s korekcemi GPS + GLONASS.

## 4. PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

Příprava před měřením spočívala v prvním řadě v seznámení se s lokalitou a s používanou aparaturou. Poté bylo potřeba nastudovat nastavení aparatury GPS a ručního dálkoměru a seznámit se s používanými počítačovými softwary. Dalším nezbytným krokem bylo zavedení globálního transformačního klíče do aparatury, vytvoření kódovací tabulky a časové plánování každého měření.

### 4.1 LOKALITA

Zájmová oblast – oblast trenažeru pro geodetická měření – je situována v obci Brno, v katastrálním území Veverí, konkrétně na území Björnsonova sadu a jeho okolí. V její blízkosti se nacházejí budovy FAST VUT, Právnické fakulty Masarykovy univerzity (PrF MU), Moravské zemské knihovny, Univerzity obrany a polikliniky.



Obr. 4.00 – Umístění lokality v obci

#### 4.1.1 *REKONGOSKACE LOKALITY*

Rekognoskace výukového trenažeru probíhala dne 02.08.2010. Lokalitu lemují ulice Veverí, Hrnčířská a Zahradníková. Nákres hranic měřeného území je možné vidět na Obr. 4.01 a Obr. 4.02. Přibližná rozloha lokality je 41 000 m<sup>2</sup> a přibližné rozměry lokality jsou označeny na Obr. 4.01. Měřenou oblast tvoří z větší části park

s převážně listnatými stromy, terén je v některých oblastech parkové části (Obr. 4.03 a 4.04) hodně členitý a také se zde vyskytují větší seskupení stromů, které blokovaly příjem signálu z družic (Obr. 4.05). Do lokality dále patří i trávnatá plocha před PrF MU (Obr. 4.06), asfaltové parkoviště nacházející se před budovou FAST VUT (Obr. 4.07) a přilehlé komunikace.



Obr. 4.01 – Zájmová lokalita



Obr. 4.02 – Ortofoto lokality



Obr. 4.03 – Parková část lokality



Obr. 4.04 – Pomník B. Björnsena



Obr. 4.05 – Ukázka místa se špatným příjmem družicového signálu



Obr. 4.06 – Trávnatá plocha před PrF MU



Obr. 4.07 – Pohled na parkoviště od trávnaté plochy před PrF MU

#### ***4.1.2 BODY TRENAŽERU***

Výukový trenažer pro geodetická měření FAST VUT obsahuje 19 bodů očíslovaných v rozmezí od 4001 do 4019. Jejich rozmístění je možné vidět na Obr. 4.08. Body byly stabilizovány v této lokalitě v roce 2009 v rámci bakalářské práce Ing. Marka Ehla, bývalého studenta FAST VUT. [10] Jsou stabilizovány kamennou značkou o rozměrech 10x10 cm. Trenažer slouží zejména jako ukázka stabilizace geodetických bodů, pro měření úhlů a délek, pro souřadnicové a výškové úlohy.





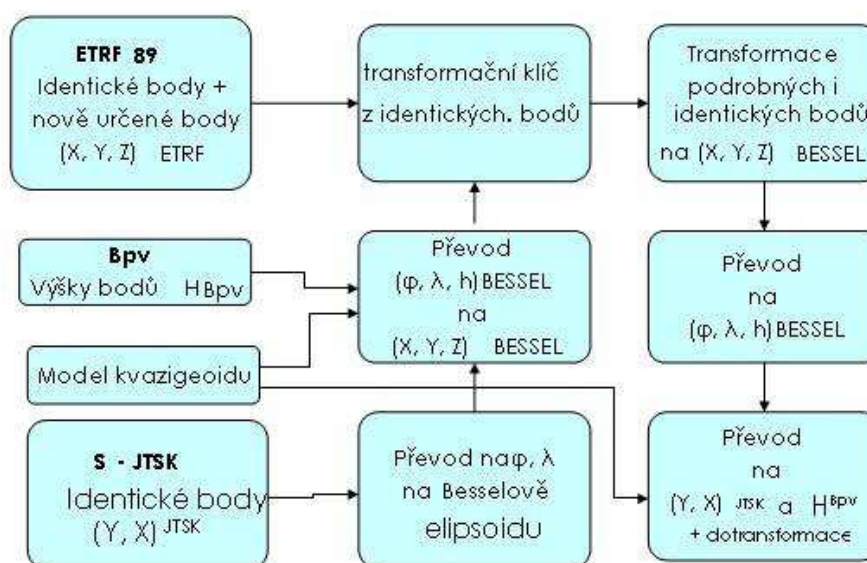
Obr. 4.08 – Body trénažeru podle [10]

## 4.2 ZAVEDENÍ TRANSFORMAČNÍHO KLÍČE DO APARATURY

Měření pomocí satelitů systému GPS je realizováno ve WGS-84, příp. v ETRS-89. V České Republice se v současné době používají jiné dva SS a to **S-JTSK** určen pro civilní sféru a **S-42** určen pro armádní použití. Používaným VS je Bpv. [3] Z tohoto důvodu musí být souřadnice naměřených bodů převedeny z ETRS-89 do S-JTSK/S-42+Bpv a teprve až poté používány. V rámci této bakalářské práce nebyl S-42 používán, proto se další odstavce budou zabývat pouze S-JTSK. Převod mezi ETRS-89 a S-JTSK+Bpv je realizován pomocí sedmiprvkové prostorové Helmertovy transformace, jejíž schéma je následující:

- konformní zobrazení z Besselova elipsoidu na Gaussovu kouli
- konformní kuželové zobrazení z Gaussovy koule do roviny
- získání normální Moloděnského výšky přičtením výškové anomálie kvazigeoidu a elipsoidu k elipsoidické výšce. [14], [19].

Grafické zobrazení tohoto převodu je vidět na Obr. 4.09.



Obr. 4.09 – Schéma převodu souřadnic z ETRS-89 do S-JTSK a Bpv podle [15]

V současné době se už tyto komplikované převody nemusejí provádět ručně díky globálnímu transformačnímu klíči **ETRF JT 01**, kterého tvůrcem je prof. Ing. Jan Kostecký, DrSc.. Klíč pracuje na principu sedmiprvkové prostorové podobnostní transformace a korekční tabulky *CZ\_JTSK.csc*, která postihuje deformace sítě S-JTSK. Podobná korekční tabulka *CZ\_Bpv.gem* existuje i pro výšky – je to model geoidu, který postihuje výškové rozdíly mezi elipsoidem GRS-80 a Bpv. [11], [14] Tyto transformační soubory byly ještě před samotným měřením nahrány do aparatury (viz Obr. 4.10) a proto byly souřadnice podrobných bodů známy i v ETRS-89, i v S-JTSK+Bpv rovnou při měření. Alternativní postup – měření pouze v ETRS-89 a následní transformace souřadnic bodů v kanceláři pomocí firemních softwarů – je také možný. Přesnost klíče byla v únoru 2006 určena testem na 2688 bodech výběrové údržby a výsledky byly podle [11] následující:

- výběrová střední chyba polohová: **0,04 m**
- maximální polohová odchylka: **0,16 m**
- výběrová střední chyba ve výšce: **0,04 m**
- maximální výšková odchylka: **0,27 m.**

Technická mapa výukového trenažeru byla tvořena ve 3. třídě přesnosti, proto byly uvedené přesnosti postačující a vytvoření lokálního transformačního klíče nebylo nutné.



Obr. 4.10 – Zavedený transformační klíč v aparatuře

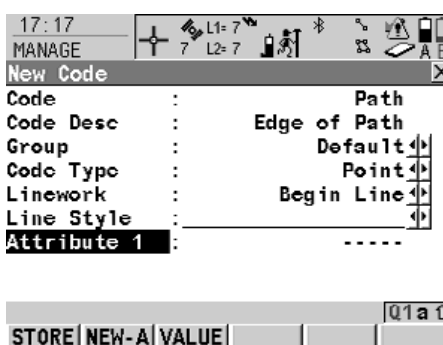
### 4.3 KÓDOVANÍ V APARATUŘE

Používání kódů při měření sloužilo ke zjednodušení identifikace zaměřených objektů při zpracovávání dat a následně i jejich importu do kreslicího softwaru. Klasický měřický náčrt v papírové podobě nebyl při měření veden. Při kódovém měření byl každé změřené jednotce přiřazen odpovídající kód z kódové tabulky v aparatuře. Tabulka byla zčásti připravena předem a během měření doplňována podle potřeby. Kódová tabulka v aparatuře typu *Leica GPS 1200* může obsahovat dvě skupiny kódů – volné nebo tematické, tematické se pak rozdělují na kódy bodové, liniové a plošné. U každého kódu se při jeho tvorbě zadává:

- název (většinou pouze zkrácený název – např. SIL, SOUP,...)
- popis (většinou plné znění názvu kódu – např. silnice levá, šoupátko plynové,...)
- skupina (používá se pro přidělení dalších charakteristik – např. kód „potrubí“ může patřit do skupin „voda“, „plyn“,... )
- typ (bodový, liniový nebo plošný)

- o další atributy.

U kódů liniových prvků se ještě navíc může zadat atribut, zda-li se jedná o počátek linie, konec linie atd. Při měření této práce byly používány pouze kódy bodové a liniové, u liniových kódů se pro označení počátku nové linie používala speciální předpona „X“, např. pro počátek pravé strany silnice byl použit kód XSIP. Ukázku kódování je možné vidět na Obr. 4.11. Ukázku kódovacího souboru ve formátu *.txt* je možné vidět na Obr. 4.12. Více informací o problematice kódování v aparatuře lze najít v [17].



Obr. 4.11 – Ukázka kódu „Path“ v aparatuře

XCHODP	-	Line	-	-
XCHODL	-	Line	-	-
CHODP	-	Line	-	-
CHODL	-	Line	-	-
XSIP	-	Line	-	-
XSIL	-	Line	-	-
SIP	-	Line	-	-
SIL	-	Line	-	-
SS	None	Point	-	-
SK	None	Point	-	-
KANAL	None	Point	-	-

Obr. 4.12 – Kódovací tabulka ve formátu *.txt*

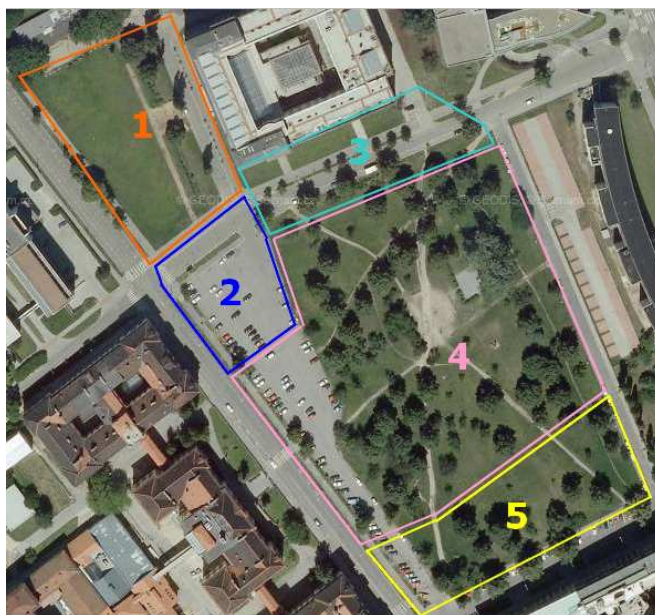
## 4.4 PLÁNOVÁNÍ MĚŘENÍ

Úkolem plánování před každým dnem měření bylo zajistit viditelnost dostatečného počtu družic nezbytného k měření s požadovanou přesností. K plánování byl použit software *Leica Geo Office (LGO)*, konkrétně jeho součást *Satellite Availability*. Do softwaru bylo potřebné zadat soubor obsahující almanach družic – ten byl získán dne 02.08.2010 při kontrolním přeměřování bodů trenažeru. Další zadávané informace byly:

- o souřadnice bodu lokality v systému WGS-84

- družicový systém, ze kterého se bude přijímat signál
- datum a časové rozpětí, ve kterém mělo být prováděno měření
- úhel elevační masky
- parametry překážek, u kterých bylo pravděpodobné, že budou blokovat příjem signálu z družic.

Ze zadaných parametrů byl software schopen zobrazit viditelnost družic a geometrický rozptyl přesnosti (GDOP) pro každou hodinu měření. Při plánování měření této bakalářské práce byla zájmová lokalita rozdělena na pět celků (viz Obr. 4.13) a měření bylo plánováno pro každou část zvlášť. Důvodem byly rozličné překážky v jednotlivých oblastech. V části **1** a **3** byla překážkou budova PrF MU, v části **2** budova C FAST VUT a v části **5** poliklinika a budova B FAST VUT. Část označená číslem **4** ohraničuje poměrně rozsáhlé a různorodé území. Přestože se v něm nacházelo značné množství stromů, které jsou také překážkami bránícími průchodu signálu z družic, na tomto území se nenacházela žádná vyšší stabilní překážka, proto mohlo být spojeno do jedné části. Při plánování bylo bráno jako území s dokonalým horizontem. Překážky byly v softwaru modelovány na základě viditelnosti obzoru při měření, ortofotomapy a informací získaných při rekognoskaci terénu. Každá překážka byla v softwaru charakterizována jejím směrem a výškovým úhlem od vodorovné hladiny.



Obr. 4.13 – Rozdělení lokality na pět částí

Při plánování měření této práce byly do programu *LGO* vyplňovány údaje z tabulky na Obr. 4.14 pro každý den měření zvlášť. Výjimkou bylo pouze období od 03.-06.08.2010, kde bylo sestaveno pouze jedno plánování měření, protože v takto krátkém časovém rozestupu se poloha družic téměř nemění. Do sloupce „Souřadnice lokality“ v tabulce byly vepsány souřadnice bodu nacházejícího se přibližně ve středu určené části. Tyto souřadnice byly převzaty z portálu <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka>. [18] Pouze pro část 4 mohly být použity přibližné souřadnice stanice TUBO. Tato část je od stanice vzdálená pouze pár desítek metrů a nemá žádné statické překážky, tudíž viditelnost družic je nad ní stejná jako nad stanicí.

Část lokality č.	Souřadnice lokality B, L (WGS-84)	Elevační maska	Překážky	Typ GNSS
1	49°12'29", 16°35'30"	15°	PrF MU	GPS
2	49°12'27", 16°35'32"	15°	C FAST	GPS
3	49°12'28", 16°35'36"	15°	PrF MU	GPS
4	49°12'22", 16°35'34"	15°	–	GPS
5	49°12'24", 16°35'39"	15°	poliklinika a B FAST	GPS

Obr. 4.14 – Přehled vkládaných údajů do software LGO

V Příloze č. 1 jsou zobrazeny podmínky pro měření pro jednotlivé měřené části a dny. Na grafech je zobrazen faktor GDOP červenou čarou a počet viditelných družic pomocí šedých sloupců. Efektivní doba pro měření nastává, když je počet viditelných družic vyšší než šest a hodnoty GDOP jsou co nejmenší, ideálně do hodnoty čtyři. Na základě obou těchto údajů bylo měření naplánováno. V tabulce na Obr. 4.15 jsou zapsány ideální doby pro měření v jednotlivých částech lokality pro každý den měření zohledňující skutečnost, že možná doba měření byla v rozmezí od 8:00 hodin ráno do 16:00 hodin odpoledne.

Datum	Oblast lokality				
	Oblast č. 1	Oblast č. 2	Oblast č. 3	Oblast č. 4	Oblast č. 5
<b>03.06.- 08.06.2010</b>	09:00-10:00, 11:00-12:00, 15:00-16:00	10:00-11:00, 14:00-15:30	08:30-09:30, 10:00-11:00, 14:30-15:30	08:30-09:30, 10:00-12:00, 13:00-16:00	08:30-12:00, 13:00-15:30
<b>05.11.2010</b>	08:00-09:30, 11:00-13:00, 14:00-16:00	08:00-09:00, 10:30-13:30, 14:30-16:00	08:00-09:30, 10:00-13:30, 14:00-16:00	08:00-09:30, 10:00-13:30, 14:00-16:00	08:00-09:00, 10:30-12:30, 14:00-15:30
<b>26.11.2010</b>	10:00-16:00	09:00-12:00, 13:00-14:00, 14:30-16:00	09:00-12:00, 12:30-16:00	08:30-12:00, 12:30-16:00	09:00-12:00, 12:30-14:00, 15:00-16:00
<b>04.03.2011</b>	08:00-11:00, 12:00-13:00, 14:00-16:00	08:30-09:30, 11:00-13:30, 14:00-16:00	08:00-09:30, 10:30-13:30, 14:00-16:00	08:00-10:00, 10:30-16:00	08:00-10:00, 11:00-13:00, 14:30-16:00

Obr. 4.15 – Přehled efektivní doby měření v jednotlivé dny

V tabulce, kterou je možné vidět na Obr. 4.16 je zobrazen poměr efektivní doby měření ku celkové době měření pro jednotlivé dny a oblasti.

Datum	Oblast lokality				
	Oblast č. 1	Oblast č. 2	Oblast č. 3	Oblast č. 4	Oblast č. 5
<b>03.06.- 08.06.2010</b>	3 h / 8 h	2,5 h / 8 h	3 h / 8 h	6 h / 8 h	6 h / 8 h
<b>05.11.2010</b>	5,5 h / 8 h	5,5 h / 8 h	7 h / 8 h	7 h / 8 h	4,5 h / 8 h
<b>26.11.2010</b>	6 h / 8 h	5,5 h / 8 h	6,5 h / 8 h	7 h / 8 h	5,5 h / 8 h
<b>04.03.2011</b>	6 h / 8 h	5,5 h / 8 h	6,5 h / 8 h	7,5 h / 8 h	5,5 h / 8 h

Obr. 4.16 – Poměr efektivní doby měření ku celkové době měření

## 5. MĚŘICKÉ PRÁCE

Pro vypracování této bakalářské práce byla zvolena metoda RTK z důvodu její vyhovující přesnosti a rychlosti. Dalším důvodem volby právě této metody bylo, že na veškeré měřické práce postačuje jeden člověk, a tudíž není nutnost mít dalšího pomocníka. Korekční data pro měření byly poskytnuty sítí CZEPOS. Využívaná byla služba RTK3-NS, která pracuje na principu zasílání NMEA zpráv o pozici aparatury do řídicího centra, na základě které jsou obdrženy korekce z té stanice CZEPOS, která se nachází nejbližší pozici uživatele (více o službě RTK3-NS v kapitole 3.3 CZEPOS). Tato služba byla zvolena kvůli její centimetrové přesnosti a protože zaměřované území, které je předmětem této práce, se nachází v bezprostřední blízkosti permanentní referenční stanice TUBO – anténa této stanice je situována přímo na budově B FAST VUT. Kvůli jednorázovému výpadku signálu z této stanice byla dne 05.08.2010 využita stanice Kroměříž (CKRO).

Měřické práce probíhaly v osmi různých dnech, konkrétně 02.-06.08.2010, 05. a 26.11.2010 a 04.03.2011. Celková doba měření byla přibližně 50 hodin a zaměřených bylo víc než 1 300 podrobných bodů. Přehled jednotlivých dnů s počtem zaměřených bodů je možno vidět na Obr. 5.00 a taky v *Příloze č.2*. Měření započalo 02.08.2010 rekognoskací lokality a kontrolním přeměřením vybraných bodů trenažeru 4010-4019. Kontrolní

Den	Počet bodů
02.08.2010	0
03.08.2010	287
04.08.2010	286
05.08.2010	385
06.08.2010	25
05.11.2010	73
26.11.2010	95
04.03.2011	154

Obr. 5.00 – Přehled dnů

zaměření sledovalo případnou změnu polohy těchto bodů a bylo provedeno delší observací (cca dvě minuty na jednom bodě) metodou RTK. Výsledky této kontroly jsou v kapitole 7.1 *Dosažené přesnosti*. Další den začalo podrobné mapování, avšak v tomto ročním období nebylo téměř vůbec možné zaměřit parkovou část lokality kvůli listnatým korunám stromů, které nepropouštěli žádný signál z družic. Doměřování lokality proto probíhalo i v zimním období. Některé oblasti nebyly kvůli špatnému příjmu signálu změřitelné s požadovanou přesností ani v letním, ani v zimním období. Patří sem zejména okolí PrF

MU a oblasti v parkové části s hustým výskytem stromů. Shrnutí všech nezměřitelných



míst je v kapitole 7.2 *Vhodnost použité metody*. Měřeny byly všechny přístupné body polohopisu – silnice a jejich osy, chodníky, rozhraní povrchů, terén, keře, lavičky, sloupy veřejného osvětlení, povrchové znaky inženýrských sítí atd. Pro pozdější výpočet polohy a výšky nepřístupných bodů terénu (NB) byly měřeny vzdálenosti pomocí ručního dálkoměru. Pro kontrolu přesnosti byli opětovně měřeny některé ze stabilizovaných bodů 4010-4019.

## 5.1 POUŽITÁ APARATURA

Pro podrobné měření byla používána dvoufrekvenční aparatura z řady *Leica GPS1200 Series*, model *GX1230 (GG)* s anténou *ATX1230 GG* s výrobním číslem 471631 (Obr. 5.01). Disponuje mechanismem pro rychlé zachycení družic, vysokou přesností měření, eliminací efektu Multipath, vysokou frekvencí určování polohy, nízkým zpožděním a RTK s dlouhým dosahem. Aparatura má vestavěný rádiový, GSM, GPRS a CDMA modem. Data jsou při měření ukládána na paměťovou kartu typu CompactFlash a dvě baterie aparatury umožňují měřit nepřetržitě až po dobu 17 hodin. [16] Přesnost měření udávána výrobcem je uvedena v Obr. 5.02.



Obr. 5.01 – Aparatura Leica GX1230 (GG) a ATX1230 GG

Přesnosti v složce:	Kinematika		Statika	
	horizontální	vertikální	horizontální	vertikální
<b>RTK technologie</b>	10mm + 1 ppm	20mm + 1 ppm	5mm + 0,5 ppm	10mm + 0,5 ppm
<b>Post-processing</b>	10mm + 1 ppm	20mm + 1 ppm	5mm + 0,5 ppm	10mm + 0,5 ppm
<b>Post-processing pro dlouhé observace</b>	-	-	3mm + 0,5 ppm	6mm + 0,5 ppm

\* Spolehlivost: 99,99% pro základny do 30km.

Obr. 5.02 – Tabulka přesností udávaných výrobcem

K měření vzdálenosti od změřeného přístupného bodu k nepřístupným bodům byl použit ruční dálkoměr *STABILA LE-50* s výrobním číslem 1000174874 (Obr.5.05). Dálkoměr byl připevněn držákem k tyči GPS aparatury tak, že jeho počátek byl rektifikován na osu tyče. Toto upevnění je možné vidět na Obr. 5.03 Parametry toho přístroje, jenž jsou přebrány z firemní dokumentace firmy *Stabila* [22] je vidět v Obr. 5.04. Při měření byl taky používán svinovací dvoumetr, byly jím měřeny podezdívky, květináče aj.



Obr. 5.03 – Upevnění ručního dálkoměru na aparaturu Leica

## Technické údaje

Dosah (pro delší vzdálenosti použijte cílový terčik)	0,05 m až 100 m 00,2 stopy až 328 stop
Přesnost měření do 30 m 2 $\sigma$ , standardní odchylka	typ.: $\pm 3$ mm*
Nejmenší zobrazená jednotka	1 mm
Laser třídy	II
Typ laseru	635 nm, < 1mW
O bodu laseru (ve vzdálenosti)	6 / 30 / 60 mm ( 10 / 50 / 100 m)
Automatické vypnutí	po 180 s
Osvětlení	
Kontinuální měření	
Výpočty (+/-)	
Paměť (zásobník)	
Životnost baterie, Typ AAA, 2x 1,5 V)	Až 10 000 měření
Odolnost IP	IP 54 odolný proti stékající vodě, odolný proti prachu
Rozměry a hmotnost	135x49x31 mm, 150 g
Rozmezí teplot:	-25 °C až 70 °C
Skladování	(-13°F až +158 °F)
Provoz	-10 °C až + 50 °C 14 °F až +122 °F)

\* k maximální odchylce dochází za nepříznivých podmínek, jako je jasné sluneční světlo, nebo při měření k povrchům se špatným odrazem a velmi hrubým povrchem. U vzdáleností nad 30 m - bez použití cílového terče - se může maximální odchylka zvětšit na maximální  $\pm 10$  mm.



Obr. 5.05 – Dálkoměr Stabila LE-50

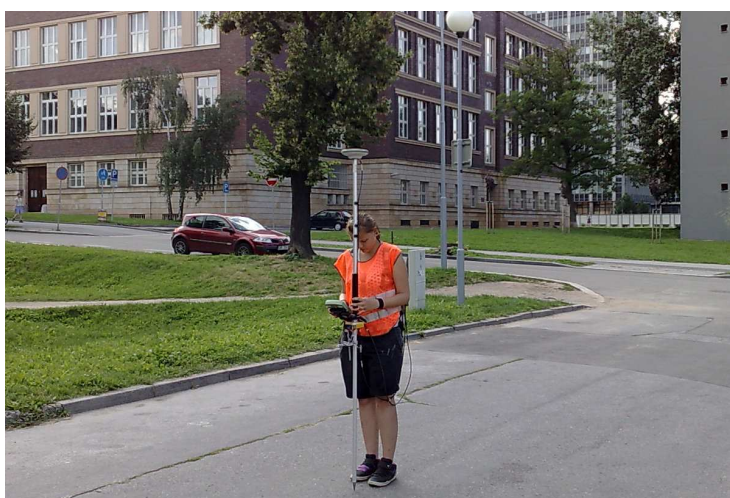
Obr. 5.04 – Technické údaje dálkoměru Stabila LE-50 udávané výrobcem

## 5.2 MĚŘENÍ PODROBNÝCH BODŮ

Před samotným měřením bylo potřeba v aparatuře vytvořit novou zakázku a zvolit její nastavení, jako SS, VS, údaje zobrazovány na displeji, typ antény a jiné. Délka observace na bodě závisí podle [23] na několika faktorech (na geometrii družic a na jejich změně během měření, na počtu pozorovaných družic, na délce základny,...), proto čas strávený na jednotlivých bodech nebyl stejný. Observace většinou probíhala v době kolem 10-15 sekund, respektive tak dlouho, dokud nebylo obdrženo více než 10 fixovaných řešení. Na místech, kde byl horší příjem signálu, byla rychlost získávání fixovaných řešení pomalejší, proto musela být doba observace delší. Při měření bylo přihlíženo k doporučeným postupům podle návodů [7], [8] a [9].

### 5.2.1 MĚŘENÍ PŘÍSTUPNÝCH BODŮ

Měření přístupných bodů metodou RTK v principu spočívá v centraci a horizontaci aparatury na zvoleném bodě, na započatí měření, jeho skončení po dostatečném čase a na uložení získaných souřadnic bodu. Před nebo po měření může být bodu ještě přidělen kód a nebo popis v závislosti na nastavení aparatury. Zaměřených přístupných bodů bylo kolem 1 300, což je přibližně 93% z celkového počtu podrobných bodů lokality. Na Obr. 5.06 je zobrazeno měření osy silnice u východní strany Björnsenova sadu.

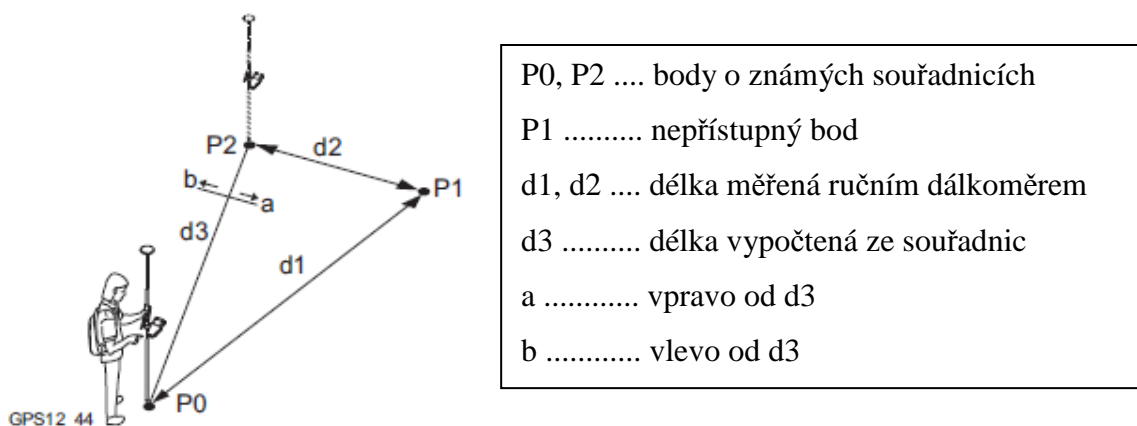


Obr. 5.06 – Měření osy silnice

### 5.2.2 MĚŘENÍ NEPŘÍSTUPNÝCH BODŮ

Mezi NB se řadí body, u kterých není možnost centrace aparatury přímo na bodě, např. rohy budov, sloupy veřejného osvětlení, stromy s průměrem kmene nad 15 cm atd. Jejich poloha musí být proto zjištěna jinou metodou – v tomto případě byla zvolena metoda protínání z délek. K určení polohy NB byl kromě aparatury *Leica* použit i ruční dálkoměr *Stabila*, kterým byla změřena délka od přístupného bodu o známých souřadnicích k určovanému NB. Tato hodnota byla spolu s označením NB zapsaná do poznámky v aparatuře. Poznámka měla tvar: **Označení NB \_ průměr \_ měřená vzdálenost**, např. *STROM1 40 3,432M*. Měřenou délkou byla délka vodorovná – její vodorovnost byla zabezpečena urovnáváním ručního dálkoměru pomocí libely připevněné k GPS aparatuře. Výpočetní metoda protínání z délek je nejednoznačná, protože zadání má dvě řešení

symetrická k základně. Z toho důvodu bylo při měření dodržováno pořadí „levé stanovisko – pravé stanovisko“ při pohledu směrem k určovanému bodu. Když toto pořadí nebylo dodrženo, bylo v poznámce označeno \*. Znárodnění metody je na Obr. 5.07. Celkově se v lokalitě nacházelo kolem sto NB, což činí cca 7% z celkového počtu podrobných bodů.



Obr. 5.07 – Metoda protínání z délek

## 6. ZPRACOVATELSKÉ PRÁCE

Zpracovatelské práce spočívaly v první řadě ve vytvoření správného výstupního formátu pro export dat z aparatury. Následujícím krokem byl výpočet souřadnic X, Y NB ve výpočetním programu *Groma* (verze 7.0). Poté byly souřadnice všech bodů importovány do softwaru *MicroStation 95* (verze 05.05.02.23) (*MS 95*) pomocí jeho nadstavby *MGEO* (verze 5.0.1). Dalším krokem bylo vložení souřadnic přístupných bodů do programu *Atlas DMT* (verze 4.60.3) a vytvoření digitálního modelu terénu (DMT). Z DMT byly interpolací zjištěny výšky nepřístupných bodů a tyto nově získané souřadnice NB byly spolu s DMT importovány zpět do programu *MS 95*. Po dokončení tvorby polohopisu i výškopisu byla kresba vložena do mapového rámu a bylo přidáno popisové pole, legenda a další náležitosti podle [3].

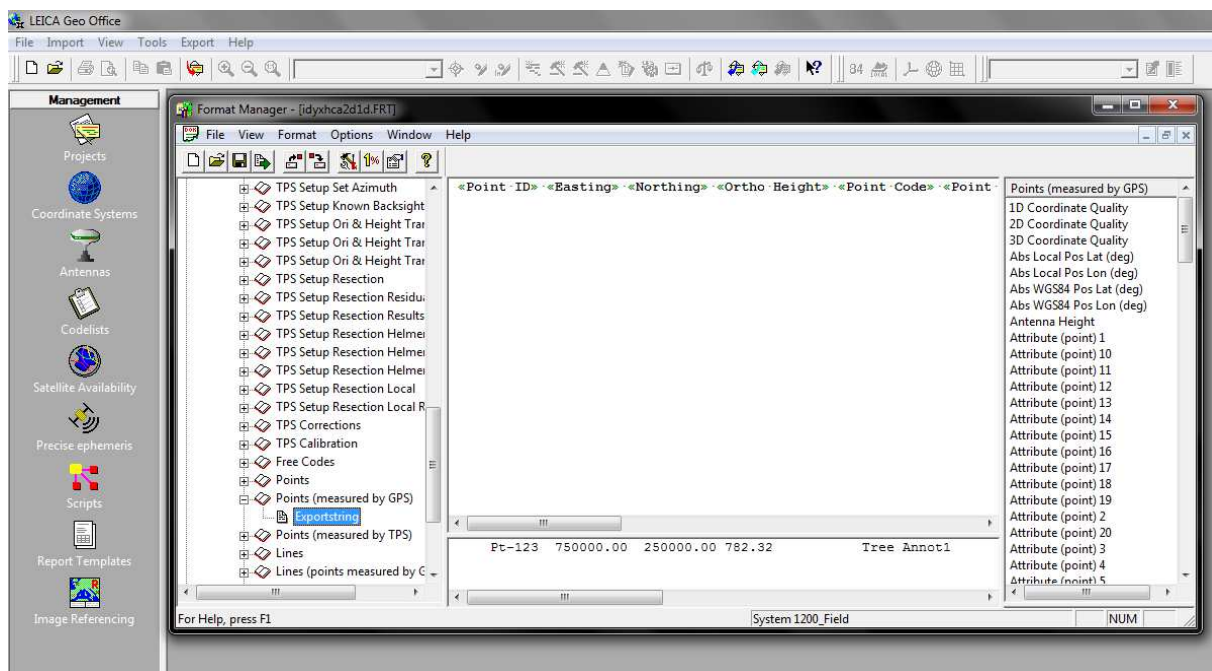
### 6.1 VÝSTUPNÍ FORMÁT DAT

Po dokončení měření byla z aparatury exportována veškerá surová, tzv. raw data do počítače, kde byl zvolen vyhovující formát výstupních dat. K tomuto byl opět použit software *LGO*, konkrétně jeho součást *Format Manager* (viz Obr. 6.00). V něm je možné nastavit jaké data, v jakém pořadí a tvaru mají být ze surových dat vybrány a uloženy. Tyto nastavení se ukládají do souboru s příponou *.fmt*, exportovaná data do souboru *.txt*. Tvar exportovaných dat byl zvolen následovně:

- **Point\_ID** (Číslo bodu)
- **Local\_Pos\_Cartesian\_Y** (Kartézská souřadnice Y v S-JTSK)
- **Local\_Pos\_Cartesian\_X** (Kartézská souřadnice X v S-JTSK)
- **Ortho\_Height** (Výška bodu ve VS Bpv)
- **Antenna\_Height** (Výška antény)
- **Point\_Code** (Kód bodu)
- **Point\_Annotation\_1** (Poznámka č.1)
- **Point\_Annotation\_2** (Poznámka č.2)
- **Point\_Annotation\_3** (Poznámka č.3)
- **Point\_Annotation\_4** (Poznámka č.4)

- 2D\_Coordinate\_Quality (2D kvalita)
- 1D\_Coordinate\_Quality (1D kvalita).

Vyexportovaná data z aparatury v tomto tvaru a ve formátu *.txt* jsou součástí Přílohy č. 3. Ukázka seznamu souřadnic ve formátu *.txt* je na Obr. 6.01.



Obr. 6.00 – Ukázka Format Manageru v programu LGO

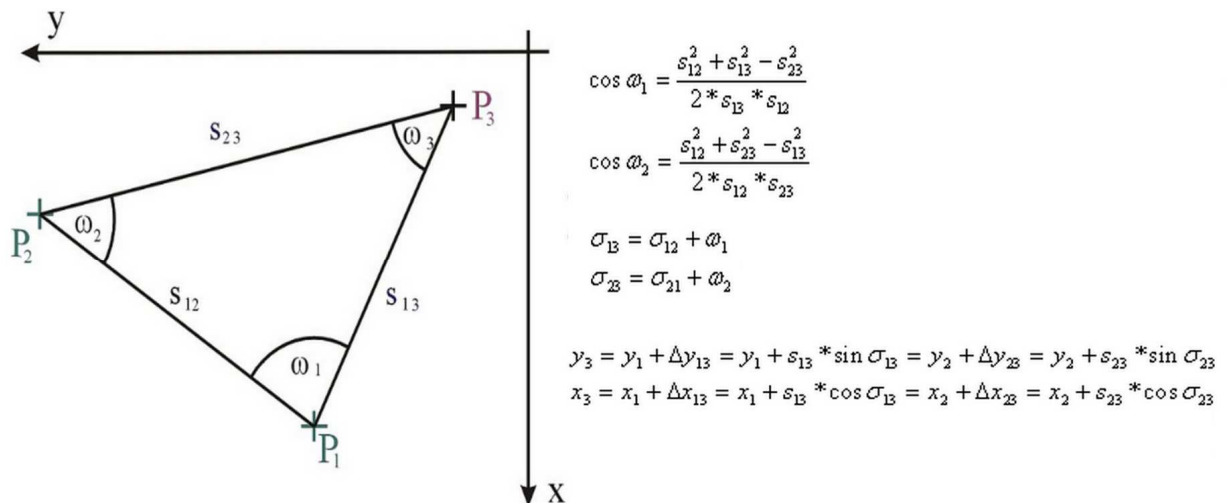
SEZNAM SOUŘADNIC GPS/RTK BODŮ  
 Název zakázky: TREN0308  
 Popis zakázky: -----  
 Autor:  
 Datum a čas: 03.08. 2010  
 Typ přístroje: GX1230 GG  
 Výr. č. přístroje: 471631

0001	599237.1603	1159160.5712	249.1825	2.00	XSIL	-----	-----	-----	-----	0.012	0.021	0,021
0004	599236.0729	1159160.1317	249.2679	2.00	TEREN	-----	-----	-----	-----	0.008	0.015	0,015
0007	599235.2374	1159159.6093	249.3691	2.00	XSIP	-----	-----	-----	-----	0.016	0,016	0,016
0008	599234.1849	1159160.2619	249.3708	2.00	SS	-----	-----	-----	-----	0.018	0,018	0,018
0009	599231.7174	1159158.3186	249.4257	2.00	XCHODL	-----	-----	-----	-----	0.027	0.028	0,028

Obr. 6.01 – Vzor vyexportovaných dat v textovém formátu

## 6.2 VÝPOČET SOUŘADNIC X, Y NEPŘÍSTUPNÝCH BODŮ

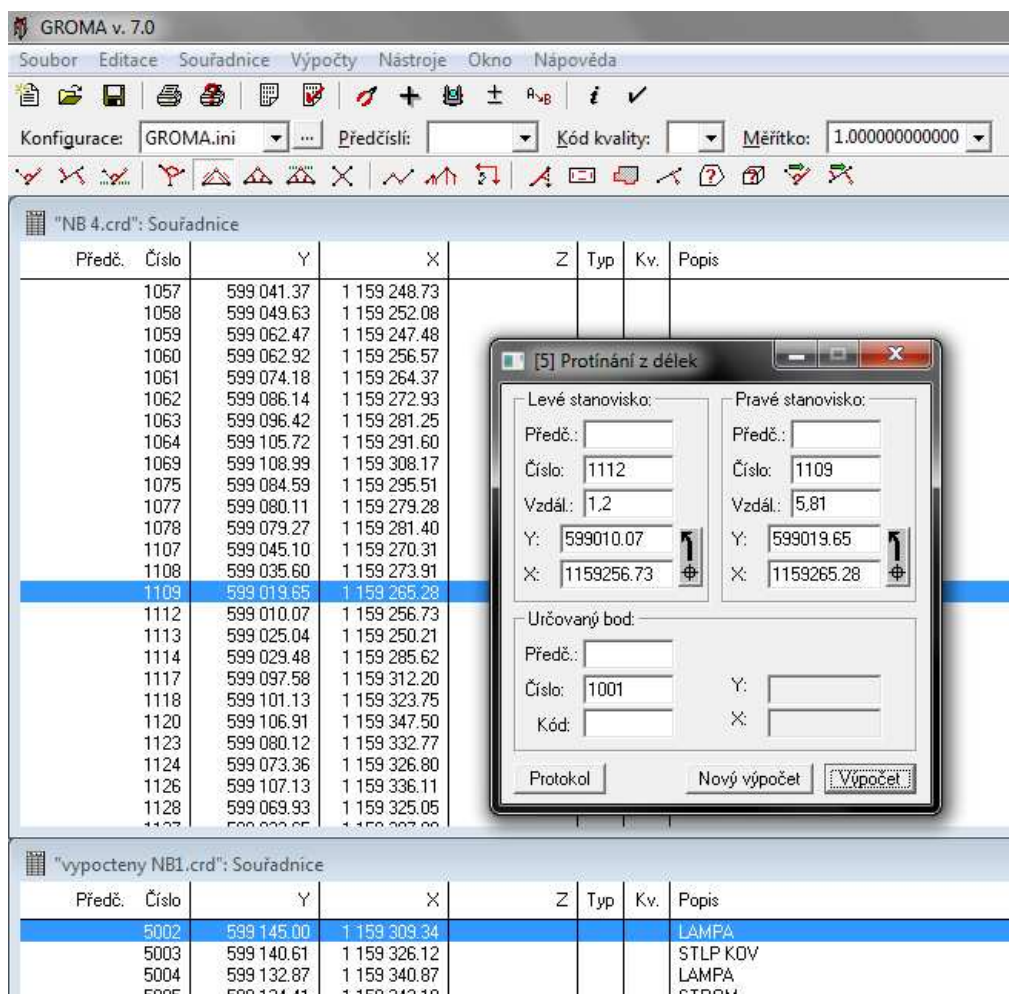
Souřadnice X a Y jednotlivých NB byly vypočteny pomocí funkce *Protínání z délek* v programu *Groma*. Princip metody a používané vzorce je možno vidět na Obr 6.02.



Obr. 6.02 – Princip metody protínání z délek

Body o známých souřadnicích potřebné pro výpočet polohy NB byly vybrány a uloženy do samostatného seznamu souřadnic. Následně byly vloženy do softwaru *Groma*, který vypočetl souřadnice X a Y a uložil je spolu s jejich kódy do protokolu a do textového souboru. Tyto data byly poté uloženy do nového seznamu souřadnic. Ukázkou výpočtu je možno vidět na Obr. 6.03. Více informací o této metodě a taky o programu *Groma* viz [21].





Obr. 6.03 – Ukázka výpočtu souřadnic NB programem Groma

### 6.3 TVORBA POLOHOPISU

Dalším krokem nutným pro tvorbu polohopisu bylo vytvoření tabulky obsahující atributy jednotlivých mapových znaků, resp. kódů, které byly použity při měření. Podle jejího vzoru byla poté vytvořena zjednodušená tabulka, která byla použita při importu bodů do softwaru *MS 95*. Následně byly body v prostředí tohoto programu, částečně automaticky a částečně ručně, spojeny.

### 6.3.1 KÓDOVACÍ TABULKY

Při tvorbě tabulky atributů bodů, nebo-li tabulky kódů bylo přihlíženo k [4], [5]. Rozvrstvení hladin bylo vytvořeno s ohledem na [4] logicky podle tříd prvků jako „Body bodových polí a ostatní body“, „Výškopis“, „Stavební objekty“ atd. V každé třídě byly jednotlivým prvkům přiděleny další atributy (mapový znak, barva,...) v souladu s výše zmíněnými normami. Prvky byly také rozděleny do vrstev podle dalších vlastností. Kupříkladu ve třídě „Potrubní a elektrická vedení a jejich zařízení a objekty“ rozlišujeme dva rozličné prvky „šoupě plynové“ a „šoupě vodovodní“ – každý z nich se nachází v jiné vrstvě a odlišují se i barvou. Takto byla vytvořena celá tabulka ve formátu *.xls*, obsahující atributy pro jednotlivé mapové znaky, které se nacházeli v měřené lokalitě a byly uloženy do aparatury prostřednictvím kódů. Některé znaky (např. lavička, odpadkový koš, květináč,...) se však ve výše zmíněných normách nenacházely, proto jim byly přiděleny nové znaky s novými atributy. Dva kódy – „TEREN“ a „PARK“ – nebyly v kódové tabulce obsaženy. Důvodem bylo, že těmto kódům nemusel být přiřazen žádný speciální znak, kód zde sloužil pouze jako poznámka měřiče. K výběru atributů prvků byly použity knihovny buněk *geo1000.cel*, *ramy.cel* a knihovna čar *ugeo\_vp.rsc*. Tato tabulka je součástí Přílohy č. 4 a její ukázkou lze vidět na Obr. 6.04.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
1	SK	TŘÍDA PRVKŮ	VR	BA	TL	ST	US	MĚŘÍTKO	KNIHOVNA	BUŇKA	MĚŘÍTKO	FONT	VÝŠKA	ŠÍŘKA
2		<b>1. Body bodových polí a ostatní body</b>												
3	01	Značka bodu	1	0	1	0			geo1000.cel	9.12	0,5			
4	01	Číslo bodu	2	0	0	0						3 - ENGINEERING	1.50	1.50
5	01	Výšková kóta bodu	3	70	0	0						3 - ENGINEERING	1.50	1.50
6	01	Text kódu bodu	4	0	0	0						3 - ENGINEERING	0.95	0.95
7	01	Značka NB	5	0	1	0			geo1000.cel	9.12	0,5			
8	01	Stabilizované body trenažeru	6	3	0	0			geo1000.cel	1.07	0,5			
9														
10		<b>2. Hranice</b>												
11	02	Podezdívka plotu	7	0	0	0								
12	02	Plot drátěný, kovový	7	0	0	0	2.123	0.5	ugeo_vp.rsc		0,5			
13														
14		<b>3. Druhy pozemků a způsob užívání</b>												
15	03	Park	8	0	0	0			geo1000.cel	3.14	0,5			
16	03	Strom nerozlišený	9	18	0	0			geo1000.cel	3.13	0,5			

Obr. 6.04 – Ukázkou tabulky ve formátu *.xls*

Z tabulky ve formátu *.xls* byla poté vytvořena nová, jednodušší tabulka ve formátu *.dat*. Tato nová tabulka musela být vytvořena z důvodu importu kódů do kreslicího programu *MS 95*. Tabulka ve formátu *.dat* obsahovala dva typy kódů – kódy bodových a kódy liniových prvků, dále obsahovala jejich název, vrstvu, do které budou zaměřené body

vykresleny a jejich další atributy (barvu, grafický znak, tloušťku čáry,...). Tato tabulka je součástí *Přílohy č. 5* a její ukázka je zobrazena na Obr. 6.05.

```

;Kod  Znacka  Vrstva  Barva  Tloustka  Styl
HYDRANT  6.13  18  12  0  0
SOUV     6.14  18  12  0  0
SOUP     6.14  19  4  0  0
SS       6.09  17  70  0  0
SK       6.20  17  70  0  0

SIL L    13  0  0  0
SIP L    13  0  0  0
CHODL L  14  0  0  0
CHODP L  14  0  0  0

```

Obr. 6.05 – Ukázka tabulky ve formátu .dat

### 6.3.2 TVORBA KRESBY

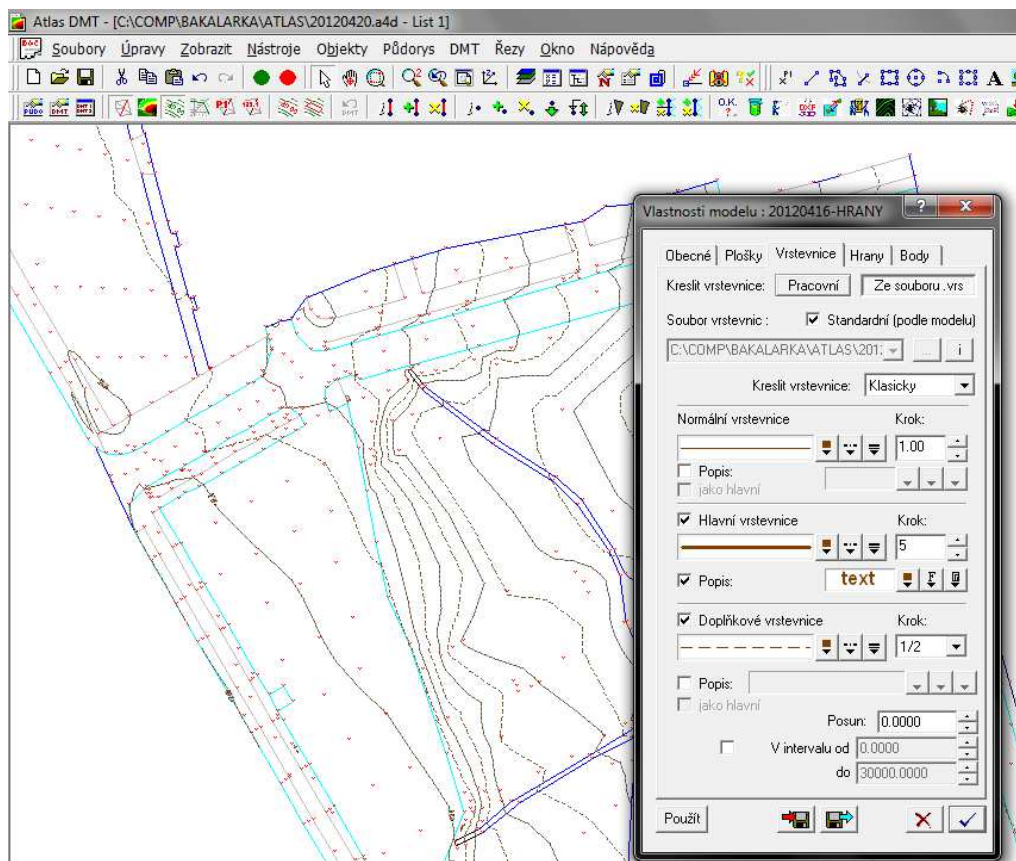
Po sestavení kódovacích tabulek byly seznamy souřadnic ve formátu *.txt* upraveny do tvaru potřebného k importu do programu *MS 95*, tj. do tvaru: **Číslo bodu \_ Souřadnice Y v S-JTSK \_ Souřadnice X v S-JTSK\_ Výška v Bpv \_ Kód** a nahrány pomocí softwaru *MGEO* a kódovací tabulky *.dat*. Body byly importovány s přesností na dvě desetinná místa z důvodu centimetrové přesnosti měřické metody. Díky použití kódů software automaticky bodovým prvkům přidělil předem určený mapový znak podle kódové tabulky. Liniové prvky kresby program pospojoval na základě kódů a čísel bodů podle principu: jestli máme tři po sobě zaměřené body s čísly 1, 2 a 3 a všechny mají stejný kód, program je automaticky spojí v jednu čáru začínající na bodě 1 a končící na bodě 3. Následně byly i zbylé body ručně spojeny na základě pomocného *.dgn* výkresu v programu *MS 95*, jakéhosi alternativního měřického náčrtu. Tento náčrt byl vytvořen po prvním dni měření a doplňován po každém dalším měření nově změřenými body. Z kresby byly poté smazány duplicitní a jiné přebytečné body. V rámci měření podrobných bodů se povedlo zaměřit pouze dva body obvodového pláště PrF MU (body 5104 a 5105), proto byl jeho zbytek převzat z Digitální katastrální mapy (DKM) Veveří [6]. S touto DKM byla také porovnána vizuální správnost kresby a později i přesnost měření, viz kapitola 7.1.2 *Vnější přesnost*.

## 6.4 TVORBA VÝŠKOPISU

Výškopisný obsah mapy byl tvořen v programu *Atlas DMT*, do kterého byl vložen seznam souřadnic ve formátu *.txt* obsahující všechny body zájmové lokality. Z již vytvořené kresby polohopisu trenažeru ve formátu *.dgn* byl v programu *MS 95* vytvořen výkres ve formátu *.dxf*, obsahující pouze hrany lokality. Tento soubor byl vložen do programu *Atlas DMT* čímž byl, spolu s již importovaným seznamem souřadnic, vytvořen základ pro tvorbu DMT. Následně byly hrany ve výkresu rozděleny podle [1] na:

- lomové – modelují se pomocí nich příkopy, okraje vozovek, ostré terénní zlomy
- povinné – používá se pro zvýraznění oblých hřebenů nebo údol
- přímé – hodí se pro modelování základových jam a jiných umělých tvarů, kde je třeba docílit rovných ploch.

Poté bylo obalovou hranou vymezeno území, ve kterém se má výškopis generovat. Následně byly vypočteny a vykresleny vrstevnice normální, hlavní a doplňkové v intervalu  $\frac{1}{2}$  (viz Obr. 6.06). Vrstevnicím byly upraveny atributy (typ, barva čáry,...), do hlavních vrstevnic byla vložena kóta. Vrstevnice byly exportovány do samostatného souboru *.dxf*, který slouží k importu DMT do *MS95*. Více o tvorbě DMT je možné nalézt v [1].

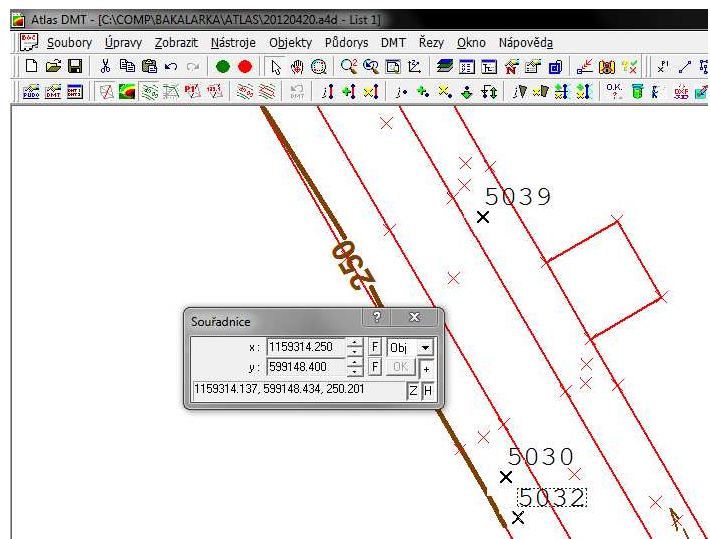


Obr. 6.06 – Ukázka softwaru Atlas DMT

Po spojení s polohopisu s výškopisem byla mapa finálně upravena. Vrstevnice byly v MS 95 ručně upraveny pomocí funkcí *Konstrukce kruhového zaoblení* a *Umístit proudovou křivku*. Do mapy byl vložen mapový rám se směrovou družicí, popisové pole a další náležitosti podle [4] a [5]. Na základě prvků mapy byla také vytvořena legenda.

## 6.5 VÝPOČET SOUŘADNICE H NEPŘÍSTUPNÝCH BODŮ

Posledním krokem tvorby mapy byla interpolace výšek NB z DMT. K tomuto byl také použit program *Atlas DMT*, konkrétně jeho funkce *Souřadnice*. Do softwaru byl vložen seznam souřadnic NB, obsahující pouze souřadnice X a Y. Pomocí výše vzpomínané funkce byly ručně zjištěny souřadnice H a byly vloženy do nového seznamu souřadnic (*Příloha č. 6*). Ukázkou interpolace je vidět na Obr. 6.07. Poté byly i údaje o těchto výškách vloženy do MS95 pomocí nadstavby *MGEO*.



Obr. 6.07 – Ukázka interpolace výšek z DMT

## 7. ZHODNOCENÍ

### 7.1 DOSAŽENÉ PŘESNOSTI

Tato kapitola se zabývá rozbory přesnosti po měření, používají se výpočetní vztahy ze [3] a [24]. Zkoumá dva typy přesnosti, vnitřní (přesnost vícekrát zaměřených podrobných bodů) a vnější (návaznost na S-JTSK a Bpv).

- **Vnitřní přesnost měření**

Vnitřní přesnost zaměření podrobných bodů byla počítaná ze sedmi vícekrát zaměřených bodů. Jednalo se o tři podrobné body a čtyři stabilizované body trenažeru. Jejich souřadnice jsou uvedeny v *Příloze č. 7*. K výpočtům se použily níže uvedené vzorce podle [24].

$$m_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{x} - x_i)^2}{N-1}, \quad m_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (\bar{y} - y_i)^2}{N-1} \quad m_{x,y} = \sqrt{\frac{1}{2}(m_x^2 + m_y^2)}.$$

K výpočtům byl použit koeficient  $k=1$ . Hodnota střední souřadnicové chyby nepřekročila hodnotu  $m_{x,y} = 0,02 \text{ m}$ .

Výpočet výběrové střední výškové chyby byl proveden na stejných sedmi bodech. K výpočtu byly použity vztahy podle [3].

$$\Delta H = H_m - H_k \quad s_H = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta H_i^2}.$$

K výpočtům byl použit koeficient  $k=1$ . Aby byla přesnost vyhovující, muselo platit  $|\Delta H| \leq 2u_H \sqrt{k}$ , pro tři podrobné body nacházející se na nezpevněném povrchu muselo zároveň platit i  $s_H \leq 3w_N \cdot u_H$  a pro čtyři stabilizované body trenažeru muselo platit zároveň i  $s_H \leq w_N \cdot u_H$ . Do vzorců byl dosazen koeficient  $w_N=1,1$ . Všechny tyto podmínky byly dodrženy, hodnota výběrové střední výškové chyby pro body na nezpevněném povrchu nabyla hodnotu  $s_H = 0,03 \text{ m}$ , pro body na zpevněném povrchu hodnotu  $s_H = 0,02 \text{ m}$ .

- **Vnější přesnost měření**

Tato přesnost byla počítaná z identických bodů získaných z měření a z DKM Veveří. Výběrový soubor by měl podle [3] obsahovat přinejmenším 100 dvojic bodů, které jsou jednoznačně identifikovatelné a jsou rozmístěny po celém území. Bohužel takovýto vysoký počet vhodných bodů se v lokalitě nenacházel, neboť ji z velké části tvoří nezapevněná plocha Björnsonovho sadu. Přesnost byla proto počítaná pouze z 32 dvojic bodů uvedených v *Příloze č. 7*. Body zaměřené v rámci bakalářské práce jsou číslovány trojcifernými čísly, body převzaté z DKM Veveří jsou číslovány od 9001-9032.

$$\Delta x = x_m - x_k, \quad \Delta y = y_m - y_k \quad s_x = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta x_i^2}, \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta y_i^2}$$

$$s_{xy} = \sqrt{\frac{1}{2} (s_x^2 + s_y^2)}.$$

K výpočtům byl použit koeficient  $k=1$ . Výběrová střední chyba v souřadnici X nabyla hodnoty  $s_x = 0,02 \text{ m}$  a výběrová střední chyba v souřadnici Y měla hodnotu  $s_y = 0,09 \text{ m}$ . Hodnota výběrové střední souřadnicové chyby byla  $s_{xy} = 0,07 \text{ m}$ , čímž bylo vyhověno podmínce  $s_{xy} \leq w_{2N} \cdot u_{xy}$  (koeficient  $w_{2N}=1,1$ ).

Vnější přesnost ve výšce se počítala ze stejných vzorců jako přesnost vnitřní. K výpočtům byly použity souřadnice bodů trenažeru opakovaně zaměřené v rámci měření terénu a souřadnice stejných bodů převzaté z [10]. Seznam těchto souřadnic je možné najít v *Příloze č. 7*. K výpočtům byl použit koeficient  $k=1$  a hodnota výběrové střední výškové chyby byla určena jako  $s_H = 0,10 \text{ m}$ .

## 7.2 VHODNOST POUŽITÉ METODY

Použitá metoda RTK se ukázala být jen částečně vhodnou pro měření v hustě zastavěném nebo zalesněném terénu. Jak ukazuje Obr. 7.01, nezměřitelná byla zejména místa kolem budovy PrF MU a v oblastech Björnsonova sadu místa s hustším výskytem



stromů. V těchto místech aparatura *Leica* ztrácela signál z družic a přesnost měření se pohybovala v řádech metrů. V místech vzdálených od jižní strany budovy PrF MU přibližně 5 a méně metrů nebylo měření téměř vůbec možné, což znamenalo, že nebylo možné změřit nejbližší okolí budovy. U západní strany budovy bylo přesné měření možné až ve vzdálenosti kolem 20 metrů od budovy, tudíž nebylo vůbec možné změřit příjezdovou cestu a okolí před PrF MU. Tyto oblasti je možné vidět na Obr. 7.00.



Obr. 7.00 – Problematické okolí budovy PrF MU

V parkové části lokality byla problematickou zejména severní oblast. Zde, ani po několikanásobném opakování měření, nebylo možné zaměřit téměř žádné podrobné body. Pravděpodobným důvodem této situace bylo, že tuto část lokality blokují nejen koruny stromů ale i budova PrF MU. Tato část se totiž nachází ještě o přibližně tři metry níž než PrF MU. V ostatních oblastech lokality bylo měření relativně bezproblémové. Parková oblast byla sice v létě kvůli košatým korunám stromů nezměřitelná, avšak v zimním období již měření mohlo proběhnout (kromě výše zmíněných míst). Celkové nezměřitelné plochy bylo v lokalitě odhadem kolem 10%.



Obr. 7.01 – Nezměřitelné oblasti trenažeru

Použití ručního dálkoměru připevněného k GPS aparatuře bylo jednoduché, při celém měření byl postačující pouze jeden měřič. Samotný způsob určování polohy NB byl v lokalitě jako tato celkem náročný. Označování jednotlivých objektů (STROM1, STROM2,...) bylo dost nepřehledné a pamatování si jejich popisů nebylo jednoduché. Možným způsobem řešení této situace by bylo počítání souřadnic NB přímo při měření s využitím funkcí aparatury *Leica*. I při tomto způsobu měření by nebyla nepřehlednost celkem eliminovaná a samotné měření by se zkomplikovalo, protože aparatura je schopna vypočítat pouze jeden NB ze dvou hned po sobě změřených bodech. Tato metoda je vhodná pokud se v zájmové lokalitě nachází pouze malé množství NB, nikoliv desítky či stovky.

Časová náročnost metody RTK nebyla vysoká, ke zaměření přibližně 1 300 podrobných bodů bylo potřeba 50 hodin, z čehož vyplývá, že přibližná doba měření jednoho bodu byla 2 minuty. Tento údaj je ovšem hodně zkreslený, samotné měření na jednom bodě zabralo v krajním případě 30 vteřin, velkou část uvedených 50 hodin zabíral hlavně přesun po lokalitě.

Měření metodou RTK dosahuje centimetrovou přesnost, která byla i při tomto měření dodržena. Návaznost na SS S-JTSK a VS Bpv byla potvrzena dosaženými odchylkami měření, které taky prokázali měření ve 3. třídě přesnosti.

## 8. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo polohopisné a výškopisné zaměření prostoru výukového trenažeru pro geodetická měření Fakulty stavební Vysokého Učení Technického v Brně. Při měření byly využívány družice systému NAVSTAR GPS a zvolenou měřickou metodou byla metoda Real Time Kinematics. V rámci práce byly zaměřovány stabilizované body trenažeru, podrobné přístupné body lokality a také bylo řešeno určování poloh a výšek podrobných nepřístupných bodů. Samotné měření bylo rozloženo do osmi dnů a celkově bylo zaměřeno přes 1 300 podrobných bodů. Posléze byla metodou protínání z délek vypočtena poloha dalších 87 nepřístupných bodů. Právě kvůli tomuto vysokému počtu nepřístupných bodů se tento způsob měření ukázal jako poměrně komplikovaný. V lokalitě se nacházelo velké množství od sebe těžko rozeznatelných nepřístupných bodů a pamatování si jejich popisů bylo náročné. Další komplikací byly překážky v lokalitě (budova Právnické fakulty Masarykovy univerzity, koruny stromů), kvůli kterým nebylo v určitých místech měření vůbec umožněno. Zaměřeno mohlo být pouze přibližně 90% území. Celkově se metoda Real Time Kinematics ukázala být rychlou metodou vyžadující pouze jednoho měřiče, avšak není zcela vhodná do hustě zalesněného území nebo na měření v těsné blízkosti budov a jiných vysokých objektů.

Po zaměření zájmové oblasti byly data zpracovány pomocí softwarů *Leica Geo Office* a *Groma*. Pomocí těchto programů byly zaměřené body exportovány z aparatury a byly vypočteny souřadnice X, Y nepřístupných bodů. Výhodou zvolené měřické metody bylo, že nebylo nutné provádět žádné jiné výpočty. Souřadnice podrobných bodů byly následně vloženy do kreslicího softwaru *MicroStation 95* přes *MGEO*. Zde byla kresba na základě použitých kódů při měření zčásti automaticky pospojována a bodům byly přiřazeny atributy podle kódovací tabulky. V softwaru *Atlas DMT* byl vytvořen digitální model terénu, ze kterého byly ručně vyinterpolovány výšky nepřístupných bodů. Výslední technická mapa trenažeru v měřítku 1:500 obsahuje také doplňkový obsah – povrchové znaky inženýrských sítí a stabilizované body trenažeru. Na základě normy ČSN 01 3411 [4] byly do mapy vloženy popisové údaje. Mapa výukového trenažeru byla zaměřena a vyhotovena ve 3. třídě přesnosti, což dokazují výsledky provedených výpočtů přesnosti. Výslední polohová střední chyba nabyla hodnotu  $s_{xy} = 0,07 \text{ m}$  a výšková střední chyba hodnotu  $s_H = 0,10 \text{ m}$ .

## 9. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ATLAS spol. s r.o. *Příručka uživatele*. Praha, 2006. 29 s.
- [2] BAREŠ, J. Správa souboru digitálních map Prahy. In: *41. geodetické informační dny v Brně, sborník přednášek*. Brno: ECON Publishing, s.r.o., 2005. s. 50-53. ISBN: 80-86433-33-1.
- [3] ČSN 01 3410. *Mapy velkých měřítek: Základní a účelové mapy*. Praha: Vydavatelství norem, 1990. 20 s.
- [4] ČSN 01 3411. *Mapy velkých měřítek: Kreslení a značky*. Praha: Vydavatelství norem, 1990. 108 s.
- [5] ČSN 01 3419. *Výkresy ve stavebnictví: Vytyčovací výkresy staveb*. Praha: Vydavatelství norem, 1988. 36 s.
- [6] Český úřad zeměměřický a katastrální. *Katastrální mapa ČR 1:1000: Digitální katastrální mapa k.ú. Veverří*. Praha: 2013.
- [7] Český ústav geodetický a kartografický. *Metodický návod pro podrobné měření výškopisu map velkých měřítek*. 1. vydání. Praha, 1983. 35 s., 7 s. příl.
- [8] Český ústav geodetický a kartografický. *Metodický návod pro tvorbu technické mapy města*. 1. vydání. Praha, 1983. 24 s., 2 s. příl.
- [9] Český ústav geodetický a kartografický. *Technologický postup pro podrobné měření při THM geodetickými metodami a jeho grafické zpracování*. Praha, 1971. 71 s., 5 s. příl.
- [10] EHL, M. Vybudování výukového trenažeru bodového pole metodou GPS. Brno, 2009. 35 s., 13 s. příl. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Jiří Bureš, Ph.D.
- [11] GEFOS, a.s. *Globální transformace z ETRF89 do S-JTSK v LEICA technologiích*. Praha, 2006. 14 s.
- [12] JÁGEROVÁ, V.; GLOSOVÁ, D. *Digitální technická mapa města Brna*. Statutární město Brno. Praha, 2008.
- [13] JANDA, K. *Informace o službách a produktech* [online]. [citováno 1. března 2012]. Dostupné z [http://czepos.cuzk.cz/\\_servicesProducts.aspx](http://czepos.cuzk.cz/_servicesProducts.aspx)

- [14] KOSTELECKÝ, J.; CIMBÁLNIK, M. Převod souřadnic mezi ETRS-89 a S-JTSK pomocí globálního transformačního klíče. *Geodetický a kartografický obzor*, 2007, roč. 53/95, č. 12, str. 277-282.
- [15] LÁSKA, Z.; TEŠNAR, M.; SLABÝ, J.; SUKUP, J. *Globální navigační satelitní systémy a jejich využití v praxi: Učební texty k semináři*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav automatizace a měřicí techniky, 2010. 72 s.
- [16] *Leica GPS1200 Series: High Performance GNSS System*. Heerbrugg, Leica Geosystems AG, 2007. 12 s.
- [17] *Leica GPS1200: System Field Manual*. Heerbrugg, Leica Geosystems AG, 2008. 220 s.
- [18] Publikace dat ISKN [online]. upraveno 01. května 2013, [citováno 01. května 2013]. Dostupné z <http://sgi.nahlizenidokn.cuzk.cz/marushka>.
- [19] RAPANT, P. *Družicové polohové systémy*. 1. vydání. Ostrava: VŠB – Technická Univerzita Ostrava, 2002. 200 s. ISBN 80-248-0124-8.
- [20] SEDLÁČEK, S; KONEČNÝ, Z. Problematika tvorby a údržby digitálních map. In: *39. geodetické informační dny v Brně, sborník přednášek*. Brno: ECON Publishing, s.r.o., 2003. s. 50-53. ISBN: 80-86433-27-7.
- [21] SEHNAL, J. *GROMA v. 7.0: I. Uživatelská příručka*. Česká Republika, 2002.
- [22] *STABILA LE-50 Laserový dálkoměr: Technický popis a návod k použití*. [Praha?], 2009. 7 s.
- [23] ŠVÁBENSKÝ, O.; FIXEL, J.; WEIGEL, J. *Základy GPS a jeho praktické aplikace*. Brno: CERM, s.r.o. Brno, 1995. 123 s. ISBN 80-214-0620-8.
- [24] ŠVÁBENSKÝ, O.; VITULA, A; BUREŠ, J. *Inženýrská geodézie I: Základy inženýrské geodézie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie, 2007. 92 s.

## 10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Bpv.....	Balt po vyrovnání
CZEPOS.....	Síť permanentních stanic GNSS České republiky
DKM.....	Digitální katastrální mapa
DMT.....	Digitální model terénu
DTM.....	Digitální technická mapa
DTMB.....	Digitální technická mapa města Brna
FAST VUT.....	Fakulta stavební Vysokého Učení Technického v Brně
GPOD.....	Geometrický rozptyl přesnosti
GNSS.....	Globální navigační družicové systémy
JDMP.....	Jednotná digitální mapa Prahy
LGO.....	Leica Geo Office
MS 95.....	MicroStation 95
NB.....	Nepřístupný bod
PrF MU.....	Právnická fakulta Masarykovy univerzity
RTK.....	Real Time Kinematics
S-JTSK.....	Jednotná trigonometrická síť katastrální
SDMP.....	Soubor digitálních map Prahy
SS.....	Souřadnicový systém
VS.....	Výškový systém
VÚGTK.....	Výzkumní ústav geodetický, topografický a kartografický

## 11. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Plánování měření .....	vložena samostatně
Příloha č. 2 – Přehled bodů zaměřených v jednotlivé dny .....	vložena samostatně
Příloha č. 3 – Seznam souřadnic podrobných přístupných bodů .....	vložena samostatně
Příloha č. 4 – Tabulka atributů ve formátu .xls .....	vložena samostatně
Příloha č. 5 – Tabulka atributů ve formátu .dat .....	58
Příloha č. 6 – Seznam souřadnic nepřístupných bodů .....	59
Příloha č. 7 – Seznam souřadnic bodů k výpočtům přesnosti .....	60
Příloha č. 8 – Technická mapa trenažeru .....	vložena samostatně

## 12. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.00 – Přehled permanentních stanic sítě CZEPOS platný k dubnu 2012 .....	17
Obr. 4.00 – Umístění lokality v obci.....	20
Obr. 4.01 – Zájmová lokalita .....	21
Obr. 4.02 – Ortofoto lokality .....	21
Obr. 4.03 – Parková část lokality .....	22
Obr. 4.04 – Pomník B. Björnsena .....	22
Obr. 4.05 – Ukázka místa se špatným příjmem družicového signálu .....	23
Obr. 4.06 – Trávnatá plocha před PrF MU .....	23
Obr. 4.07 – Pohled na parkoviště od trávnaté plochy před PrF MU .....	24
Obr. 4.08 – Body trenažeru podle [10] .....	25
Obr. 4.09 – Schéma převodu souřadnic z ETRS-89 do S-JTSK a Bpv podle [15] .....	26
Obr. 4.10 – Zavedený transformační klíč v aparatuře .....	27
Obr. 4.11 – Ukázka kódu „Path“ v aparatuře .....	28
Obr. 4.12 – Kódovací tabulka ve formátu .txt .....	28
Obr. 4.13 – Rozdělení lokality na pět částí .....	29
Obr. 4.14 – Přehled vkládaných údajů do software LGO .....	30
Obr. 4.15 – Přehled efektivní doby měření v jednotlivé dny .....	31
Obr. 4.16 – Poměr efektivní doby měření ku celkové době měření .....	31
Obr. 5.00 – Přehled dnů .....	32
Obr. 5.01 – Aparatura Leica GX1230 (GG) a ATX1230 GG .....	33
Obr. 5.02 – Tabulka přesností udávaných výrobcem .....	34
Obr. 5.03 – Upevnění ručního dálkoměru na aparaturu Leica .....	34
Obr. 5.05 – Dálkoměr Stabila LE-50 .....	35
Obr. 5.04 – Technické údaje dálkoměru Stabila LE-50 udávané výrobcem .....	35
Obr. 5.06 – Měření osy silnice .....	36
Obr. 5.07 – Metoda protínání z délek .....	37
Obr. 6.00 – Ukázka Format Manageru v programu LGO .....	39
Obr. 6.01 – Vzor vyexportovaných dat v textovém formátu .....	39
Obr. 6.02 – Princip metody protínání z délek .....	40
Obr. 6.03 – Ukázka výpočtu souřadnic NB programem Groma .....	41



Obr. 6.04 – Ukázka tabulky ve formátu .xls .....	42
Obr. 6.05 – Ukázka tabulky ve formátu .dat .....	43
Obr. 6.06 – Ukázka softwaru Atlas DMT .....	45
Obr. 6.07 – Ukázka interpolace výšek z DMT .....	46
Obr. 7.00 – Problematické okolí budovy PrF MU .....	49
Obr. 7.01 – Nezměřitelné oblasti trenažeru .....	50

## 13. PŘÍLOHY

### 13.1 Příloha č. 1-4

Vložena samostatně.

### 13.2 Příloha č. 5

;Kód	Znak	Vrstva	Barva	Tloušťka	Styl
HYDRANT	6.13	18	12	0	0
SOUV	6.14	18	12	0	0
SS	6.09	17	70	0	0
SK	6.20	17	70	0	0
KANAL	6.30	17	70	0	0
LAMPA	6.560	16	0	0	0
STROM	3.13	9	0	0	0
ZNACKA	5.270	15	0	0	0
STOZAR	4.11	26	0	0	0
STLP_KOV	6.01	16	0	0	0
STLPIK_KO	4.11	26	0	0	0
PEN	9.12	33	0	0	0
SILNICE	L	13	0	0	0
SIL	L	13	0	0	0
SIP	L	13	0	0	0
CHODL	L	14	0	0	0
CHODP	L	14	0	0	0
CHOD	L	14	0	0	0
OS	L	13	104	0	0.11
OBRUB	L	14	0	0	0
STRKP	L	14	0	0	0
STRKL	L	14	0	0	0
BETON	L	14	0	0	0
KER	L	32	0	0	0
PLOT	L	7	0	0	0
SKAT_TECHNL		16	5	0	0
KVET	L	32	0	0	0
POMNIK	L	12	0	0	0
LAVIC	L	27	0	0	0
MREZA	L	31	0	0	0
PRELIE	L	30	0	0	0
STRK	L	29	0	0	0
SCHO	L	11	0	0	0
KOV	L	59	0	0	0
REKL	L	12	0	0	0
SMET	L	28	0	0	0

### 13.3 Příloha č. 6

ČB	Y [m]	X [m]	H [m]	ČB	Y [m]	X [m]	H [m]
5001	599072.67	1159355.55	248.24	5045	599225.51	1159178.82	249.39
5002	599087.12	1159365.26	249.40	5046	599228.29	1159159.75	249.34
5003	599080.69	1159372.73	249.37	5047	599223.89	1159152.94	249.36
5004	599079.81	1159380.08	249.24	5048	599182.17	1159152.42	249.05
5005	599062.73	1159358.97	248.42	5049	599190.79	1159139.58	249.24
5006	599089.69	1159378.09	250.09	5050	599199.88	1159141.55	249.60
5007	599035.81	1159352.80	247.18	5051	599217.82	1159192.54	249.48
5008	598987.85	1159340.24	244.80	5052	599227.39	1159175.16	249.38
5009	598996.02	1159340.05	245.22	5053	599130.19	1159237.24	248.75
5010	599058.28	1159383.68	248.72	5054	599120.57	1159224.67	248.23
5011	599042.45	1159388.29	248.49	5055	599127.29	1159226.51	248.54
5012	599034.25	1159386.18	248.17	5056	599042.78	1159229.95	243.66
5013	599007.82	1159376.74	246.34	5057	599062.21	1159234.88	243.96
5014	598988.17	1159358.83	245.33	5058	599040.16	1159255.70	244.32
5015	599071.72	1159409.23	249.83	5059	599056.30	1159264.44	245.11
5016	599059.73	1159403.59	249.33	5060	599069.22	1159261.85	244.91
5017	599051.24	1159397.14	248.90	5061	599081.07	1159270.34	245.60
5018	598994.95	1159379.70	246.06	5062	599098.38	1159288.84	246.68
5019	599148.91	1159312.49	250.31	5063	599090.92	1159280.83	246.32
5020	599136.53	1159333.93	250.27	5064	599098.31	1159292.45	246.75
5021	599148.40	1159314.25	250.21	5065	599106.66	1159303.45	248.08
5022	599132.87	1159340.87	250.13	5066	599088.42	1159286.83	246.54
5023	599125.04	1159342.86	250.31	5067	599089.87	1159291.95	246.75
5024	599119.92	1159362.99	250.29	5068	599059.06	1159255.66	244.39
5025	599118.31	1159363.99	250.39	5069	599057.70	1159252.73	244.22
5026	599103.90	1159390.85	250.21	5070	599033.83	1159260.69	244.58
5027	599086.38	1159420.46	250.13	5071	599029.90	1159270.18	244.97
5028	599149.91	1159301.15	250.25	5072	599032.43	1159267.82	244.99
5029	599087.78	1159417.53	250.16	5073	599029.23	1159281.23	245.35
5030	599163.92	1159287.56	250.16	5074	599105.53	1159307.76	248.34
5031	599172.00	1159272.84	250.29	5075	599015.39	1159254.96	243.98
5032	599169.91	1159266.13	250.29	5076	599020.92	1159259.37	243.73
5033	599166.63	1159257.33	249.99	5077	599097.37	1159318.14	247.66
5034	599166.38	1159257.19	249.98	5078	599094.98	1159345.86	248.42
5035	599163.63	1159254.30	249.75	5079	599097.12	1159342.45	248.39
5036	599143.26	1159242.89	249.09	5080	599092.52	1159332.03	247.94
5037	599187.55	1159244.28	249.98	5081	599080.52	1159326.79	247.47
5038	599187.97	1159242.38	250.03	5082	599080.15	1159323.86	247.38
5039	599197.73	1159226.09	249.82	5083	599066.93	1159322.50	246.68
5040	599200.21	1159222.38	249.76	5084	599020.15	1159293.13	245.14
5041	599202.73	1159218.16	249.72	5085	599003.70	1159286.88	244.33
5042	599205.13	1159213.71	249.70	5086	599138.19	1159211.35	248.91
5043	599209.64	1159203.92	249.68	5087	599125.25	1159207.66	248.51
5044	599216.30	1159194.44	249.52				

### 13.4 Příloha č. 7

1.) Souřadnice bodů pro výpočet vnitřní přesnosti:

ČB	Y [m]	X [m]	H [m]
0140	599175.64	1159268.85	249.96
0244	599175.63	1159268.84	249.97
0533	599173.85	1159183.10	249.28
0534	599173.86	1159183.09	249.27
0838	599014.24	1159349.65	246.15
0839	599014.14	1159349.60	246.13
4010	599160.17	1159233.30	249.59
4010	599160.17	1159233.30	249.58
4010	599160.17	1159233.30	249.59
4010	599160.17	1159233.30	249.59

ČB	Y [m]	X [m]	H [m]
4011	599177.41	1159171.50	249.14
4011	599177.40	1159171.53	249.17
4011	599177.40	1159171.53	249.17
4011	599177.41	1159171.52	249.17
4012	599162.40	1159234.59	249.64
4012	599162.40	1159234.59	249.64
4013	599183.04	1159161.03	249.09
4013	599183.05	1159161.01	249.08
4013	599183.04	1159161.03	249.09
4013	599183.04	1159161.03	249.09

2.) Souřadnice bodů pro výpočet vnější polohové přesnosti:

ČB	Y [m]	X [m]
0006	599232.58	1159156.75
9002	599232.35	1159156.62
0107	599162.35	1159235.35
9003	599162.60	1159235.47
0108	599159.83	1159233.90
9004	599160.07	1159233.99
0129	599180.40	1159245.98
9005	599180.41	1159245.80
0127	599175.92	1159251.29
9006	599176.07	1159251.36
0131	599179.77	1159251.66
9007	599179.68	1159251.67
0123	599185.63	1159248.75
9008	599185.57	1159248.82
0194	599148.77	1159235.51
9009	599148.66	1159235.42
0327	599131.44	1159340.38
9010	599131.37	1159340.44
0328	599133.34	1159341.47
9011	599133.26	1159341.56
0329	599131.22	1159345.17
9012	599131.12	1159345.23
0330	599129.31	1159344.06

ČB	Y [m]	X [m]
9013	599129.21	1159344.14
0323	599127.17	1159337.57
9014	599127.12	1159337.58
0337	599124.90	1159341.39
9015	599124.76	1159341.47
0338	599126.67	1159342.45
9016	599126.57	1159342.53
0413	599081.59	1159415.66
9017	599081.59	1159415.59
0755	598966.98	1159380.45
9018	598966.99	1159380.37
0757	598974.52	1159383.17
9019	598974.53	1159383.00
0931	598974.06	1159386.87
9020	598974.02	1159386.96
0543	599016.93	1159208.42
9021	599016.97	1159208.40
0540	599015.11	1159207.92
9022	599015.12	1159207.89
0638	599055.04	1159201.12
9023	599054.87	1159201.03
0604	599082.52	1159208.87

9024	599082.78	1159208.66	9029	599081.81	1159425.49
0612	599078.74	1159207.82	0628	599060.57	1159202.72
9025	599078.92	1159207.79	9030	599060.72	1159202.69
0584	599121.18	1159208.80	0929	598968.91	1159380.84
9026	599121.16	1159208.95	9031	598968.91	1159381.04
0218	599135.07	1159229.93	0932	598975.32	1159388.38
9027	599135.10	1159229.75	9032	598975.08	1159388.45
0320	599105.65	1159328.02	0148	599170.47	1159263.55
9028	599105.74	1159327.83	9033	599170.28	1159263.46
0440	599081.98	1159425.33			

3.) Souřadnice bodů pro výpočet vnější výškové přesnosti:

ČB	H [m]
4010	249.59
4010	249.59
4010	249.59
4010	249.59
4011	249.14
4011	249.17
4011	249.17
4011	249.17
4012	249.64
4012	249.64
4013	249.09
4013	249.08
4013	249.09
4013	249.09
4014	249.89
4015	249.36
4017	249.40
4019	249.35

### 13.5 Příloha č. 8

Vložena samostatně.