



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

TVORBA ÚČELOVÉ MAPY METODOU RTK

CREATION OF THE THEMATIC MAP IN METHOD RTK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Michal Kováč

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ JEŽEK

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie, kartografie a geoinformatika
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Michal Kováč
Název	Tvorba účelové mapy metodou RTK
Vedoucí práce	Ing. Jiří Ježek
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

doc. Ing. Radovan Machotka, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením, ve znění pozdějších předpisů. Vyhláška č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením v platném znění. Zákon č. 344/1992 Sb., o katastru nemovitostí České republiky (katastrální zákon), ve znění pozdějších předpisů. Vyhláška č. 190/1996 Sb., kterou se provádí zákon č. 265/1992 Sb., o zápisech vlastnických a jiných věcných práv k nemovitostem a zákon č. 344/1992 Sb., o katastru nemovitostí České republiky (katastrální zákon) ve znění vyhlášky č. 179/1998 Sb.
2. Směrnice pro tvorbu účelové mapy.
3. Manuály k programům Microstation a Mgeo.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

1. Prozkoumejte možnosti technického řešení zaměření podrobných bodů metodou RTK.
2. Vyzkoušejte nejrůznější metody určení souřadnic s následným rozbořem přesnosti.
3. Vyzkoušejte metody kresby digitální mapy softwarovými prostředky přímo v terénu.
4. Jako další metodu použijte měření pomocí kódování.
5. Zaměřte za pomoci výše uvedených postupů účelovou mapu v lokalitě Brno-Vinohrady.

Požadované výstupy :

1. CD s daty
2. Listy účelové mapy

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Jiří Ježek

Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalárska práca sa zaoberá tvorbou účelovej mapy metódou RTK, nájdením vhodnej metódy pre meranie neprístupných bodov. Ide o zameranie lokality Brno – Vinohrady, v blízkom okolí Pálavského námestia. Výsledkom je účelová mapa vyhotovená v mierke 1 : 500 podľa smerníc pre tvorbu účelovej mapy.

Klíčová slova

technológia GNSS, metóda RTK, účelová mapa, podrobný bod, MGEO

Abstract

The bachelor thesis deals with the creation of the thematic map using the RTK method, finding an appropriate method for measuring inaccessible points. The locality of interest for geodetic surveying is Brno – Vinohrady, nearby Pálavské náměstie. The result of this thesis is the thematic map created in scale of map 1 : 500, according to the directions for creating thematic maps.

Keywords

GNSS technology, RTK method, thematic map, detailed point, MGEO

Bibliografická citace VŠKP

Michal Kováč *Tvorba účelové mapy metodou RTK*. Brno, 2017. 47 s., 26 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie.
Vedoucí práce Ing. Jiří Ježek

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25. 6. 2017

Michal Kováč
autor práce

OBSAH

Úvod	9
1 Lokalita	10
Teoretická časť	11
2 Mapa	11
3 Účelová mapa	12
3.1 Rozdelenie účelových máp	12
3.2 Obsah mapy	13
3.2.1 Polohopis	13
3.2.2 Výškopis	13
3.2.3 Popis.....	14
4 Podrobné Meranie	15
4.1 Predmety podrobného merania	15
5 GNSS	17
5.1 Zloženie systému GNSS	17
5.1.1 Kozmický podsystem.....	17
5.1.2 Riadiaci (kontrolný) podsystem.....	18
5.1.3 Užívateľský podsystem.....	19
5.2 Metódy určovania polohy	20
5.2.1 RTK	21
5.3 CZEPOS.....	22
5.4 Nepresnosti GNSS, problémy.....	23
Praktická časť	25
6 Prípravné práce	25
6.1 Metóda merania neprístupných bodov.....	25
6.1.1 Testované metódy	27
6.2 Kresba v teréne	29

6.3	Rekognoskácia terénu	29
6.4	Kódovanie	30
6.5	Použité prístroje	30
6.5.1	GNSS aparatúry	31
6.5.2	Laserová diaľkomer	32
6.5.3	Totálna stanica	33
6.5.4	Nivelačný prístroj	33
7	Meračské práce	34
7.1	Meranie podrobných bodov	34
7.2	Overenie výšok	36
8	Kancelárske práce	38
8.1	Spracovanie GNSS merania.....	38
8.2	Spracovanie merania totálnou stanicou	38
8.3	Testovanie presnosti	39
8.4	Grafické spracovanie	39
8.4.1	Tvorba mapy	40
8.5	Porovnanie	41
	Záver	42
	Zoznam použitých zdrojov	44
	Zoznam obrázkov a tabuliek	45
	Zoznam skratiek	46
	Zoznam príloh	47

ÚVOD

Témou tejto bakalárskej práce je tvorba účelovej mapy metódou RTK v zadanej lokalite Brno – Vinohrady, blízke okolie Pálavského námestia. Meranie bude realizované v súradnicovom systéme S-JTSK, vo výškovom systéme Bpv a pre 3. triedu presnosti. Po nameraní všetkých dát bude vypracovaná účelová mapa v mierke 1 : 500.

Ešte pred samotným zameraním mapy bude potrebné vyskúšať metódy merania neprístupných bodov pomocou technológie GNSS a následne vybrať vhodnú metódu. Vyskúšať metódy kresby digitálnej mapy softvérovými prostriedkami priamo v teréne a ako ďalšiu metódu použiť meranie pomocou kódovania. Ďalej bude treba vytvoriť dátový model obsahujúci objekty vytvorené podľa danej atribútovej tabuľky. Potom budú nasledovať meračské práce, kde bude záujmová lokalita zameraná metódou RTK a vybranou metódou merania neprístupných bodov, poprípade spolu s kódovaním. Po dokončení meračských prác a následnom spracovaní nameraných dát bude vyhotovená účelová mapa. Na záver bude výsledná mapa porovnaná s účelovou mapou vytvorenou spolužiačkou a spolužiakom, ktorý majú v ich téme bakalárskej práce zamerať rovnaké územie.

1 LOKALITA

Meraná lokalita leží na východe Brna v mestskej časti Brno-Vinohrady. Väčšina územia mestskej časti sa nachádza v katastrálnom území Židenice, malá časť územia na severozápade náleží katastrálnemu územiu Maloměřice. Svojou rozlohou patrí k najmenším mestským častiam. [1]

Zaujmovú oblasť tvorí v strede ulica Pálavské námestie, na severe ulica Bzenecká, na juhu územia ulica Valtická, na západe leží ulica Věstonická a ulica Révová.



Obr.1 Zaujmová lokalita [2]

Meraná oblasť Pálavského námestia je prevažne tvorená parkom, v ktorom sa nachádzajú chodníky, stromy, kríky, fontána, a parkoviskom. Západ územia je zväčša zalesnený a vedie tadiaľ nespevnený chodník. Ostatné časti lokality sú tvorené obytnými zónami, kde sú postavené výškové paneláky, garáže a ďalšie budovy. Taktiež sú tam aj zatravnené plochy, parkoviská a ihrisko.

TEORETICKÁ ČASŤ

2 MAPA

Mapa je zmenšený, generalizovaný konvenčný obraz Zeme, kozmu, kozmických telies alebo ich častí prevedený do roviny pomocou matematicky definovaných vzťahov (kartografickým zobrazením), ukazujúci v závislosti na danom účelu polohu, stav a vzťahy prírodných, sociálne-ekonomických a technických objektov a javov, ktoré sú vyjadrené vizuálne znakovým systémom. [3]

Mapy môžeme rozdeliť podľa nasledujúcich hľadísk:

- **podľa spôsobu vyhotovenia** (mapy pôvodné, odvodené a čiastočne odvodené)
- **podľa mierky** – z technicko-inžinierskeho hľadiska: *mapy veľkých mierok* (do mierky 1:5 000 vrátane), *mapy stredných mierok* (1:10 000 až 1: 200 000) a *mapy malých mierok* (1:200 000 a menšie)
- **podľa kartografických vlastností** (mapy konformné, ekvidistantné, ekvivalentné a vyrovnávacie)
- **podľa obsahu** (mapy polohopisné, výškopisné, mapy obsahujúce len výškopis)
- **podľa obsahu podľa ČSN 01 3410** (základné mapy a účelové mapy)
- **podľa výslednej formy** (mapy grafické (analogové), číselné a digitálne)
- **podľa počtu mapových listov** (mapový súbor, atlasy, mapové dielo a samostatné mapy) [3]

3 ÚČELOVÁ MAPA

V závislosti na obsahu výslednej mapy sa v kategórii veľkomierkového mapovania rozdeľujú mapové diela na katastrálne a účelové mapy. Účelová mapa tvorí spolu s tematickou mapou kategóriu máp s nadštandardným obsahom oproti katastrálnej mape. Účelová mapa je vyhotovená pre daný účel a je to vždy mapa veľkej mierky. Obsahuje okrem základných prvkov i ďalší obsah podľa účelu za akým vznikla. Ich využitie je pre rôzne účely: plánovacie, projektové, prevádzkové, evidenčné, dokumentačné a ďalšie. Účelové mapy neslúžia pre potreby štátnej správy a ich tvorba je takmer vždy financovaná súkromnými zadávateľmi.

Tieto mapy vznikajú priamym meraním, prepracovaním alebo aktualizáciou existujúcich máp. Polohopisným podkladom pre ich vyhotovenie býva často katastrálna mapa. [4]

Vyhotovujú sa väčšinou v mierke 1 : 500 alebo 1 : 250 pre detailnejšie zobrazenie. Súradnicový systém, v ktorom sú vytvorené je systém Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej (S-JTSK) a výškový systém je Baltský po vyrovnaní (Bpv). Požiadavky na presnosť musia väčšinou vyhovovať 3. triede presnosti.

3.1 Rozdelenie účelových máp

- účelové mapy základného významu
- mapy podzemných priestorov
- ostatné účelové mapy

Účelové mapy základného významu:

- technická mapa mesta (TMM)
- základná mapa závodu (ZMZ)
- základná mapa diaľnice (ZMD)
- základná mapa letiska (ZML)
- jednotná železničná mapa staníc a tratí (JŽMST)

Mapy podzemných priestorov:

- sú mapy jaskýň a podzemných chodieb s výnimkou dolov, tunelov a objektov metra

Ostatné účelové mapy:

- mapy slúžiace pre projektové účely

- mapy pre prevádzkové potreby organizácií
- mapy pro pozemkové úpravy
- mapy lesnícke a vodohospodárske
- geodetická časť dokumentácie skutočného prevedenia stavieb
- mapy sídlisk
- mapy slúžiace pre dokumentáciu pamiatkových objektov [4]

3.2 Obsah mapy

Účelové mapy obsahujú okrem prvkov základnej mapy ďalšie predmety šetrenia a merania stanovené pre daný účel. Súčasťou obsahu mapy je polohopis, výškopis a popis. Predmety polohopisu a výškopisu sa zameriavajú a zobrazujú ako ich pravouhlé priemety na referenčnú plochu použitého súradnicového systému. [5]

3.2.1 Polohopis

Polohopis je množina vyšetrených (vybraných) a zameraných objektov zobrazených väčšinou ako spojnice (postupnosť) významných podrobných bodov polohopisu, ktoré charakterizujú geometrické a polohové určenie objektu. [6]

Pred zameraním objektov, je potreba vykonať ich výber, ktorý závisí na danom účelu podrobného merania a zistiť potrebné údaje. Zamerané body sa zakresľujú ako spojnice významných podrobných bodov polohopisu v prípade analógového a digitálneho spracovania ako postupnosť významných podrobných bodov polohopisu. Tieto spojnice a postupnosti charakterizujú geometrické (určenie tvaru a rozmeru) a polohové (určenie polohy vo vzťahu s ostatnými objektmi) určenie objektu. [6]

3.2.2 Výškopis

Výškopis, ktorý určuje tretí rozmer mapy, sa väčšinou zisťuje súčasne s meraním polohopisným a tvorí tak s polohopisom rovnocennú zložku mapy. Pre vyhotovenie výškopisu je dôležité poznať polohu a výšku pomerne veľkého počtu vhodne zvolených bodov na teréne. Pomocou nich sa potom dá v mape znázorniť tvar a priebeh terénu rôznymi spôsobmi: kóta, šrafa, vrstevnica, tieňovanie, tónovanie, farebná stupnica kombinácia spôsobov. V súčasnosti sa u máp veľkých mierok používajú tieto spôsoby: kóta, vrstevnice a šrafy. Všetky tri metódy sa vhodne kombinujú, v zastavenom území (intravilánu) prevládajú výškové kóty, vo voľnom, nezastavenom území (extravilánu) sa najčastejšie používajú vrstevnice. Šrafy sa využívajú ako doplnkový spôsob v oboch prípadoch, pretože výrazne vytvárajú charakter terénu. [7]

Kótovanie slúži pre poskytnutie rýchlej a presnej informácii o výške terénu. Mapa je dopĺňovaná absolútnymi a relatívnymi výškami. Absolútna výška je vzdialenosť medzi skutočným horizontom bodu a príslušnou nulovou hladinovou plochou. Naopak relatívna výška alebo relatívne prevýšenie dvoch bodov, je zvislá vzdialenosť skutočných horizontov týchto dvoch bodov. Nazýva sa aj ako výškový rozdiel. Relatívne výšky sa používajú pri určení niektorých terénnych tvarov, napríklad terénnych stupňov, priekopou, násypov, výkopov. Tieto výšky nazývame kóty, ktoré umiestňujeme na významné body terénu. Pomocou kótovania avšak nezískame predstavu o reliéfu terénu. [4]

Vrstevnica je čiara spájajúca na mape body o určitých rovnakých a účelne zaokrúhlených výškach. Rozostup je vertikálna vzdialenosť vrstevníc, nazývaná interval. Pre každú mapu sa určuje základný interval vrstevníc. Pre mierku 1 : 500 a väčšie je stanovený interval základných vrstevníc $i = 1$ m. Pre mierky 1 : 10 000 a menšie $i = M / 5000$, kde M je mierkové číslo. Zdôraznené vrstevnice znázorňujeme v celom ich priebehu silnejšou čiarou a väčšinou sa pre nich volí päťnásobok základného intervalu. Dopĺňujúce vrstevnice sa vykresľujú vtedy, ak nie je možné základnými vrstevnicami výstižne znázorniť zmenu sklonu terénu, napríklad u vrcholov kup, sediel, na spočinku, a pod. A vtedy, ak je vzdialenosť medzi základnými vrstevnicami na mape väčšia ako 5 cm (plochý terén). Na mapách mierky 1 : 500 až 1 : 5 000 sa vrstevnice nekreslia cez stavby, skaly a strmé svahy. U strmých svahoch sa používajú mapové značky alebo šrafovanie. [4]

Technické šrafy používame v prípade, kedy nie je kvôli prudkému klesaniu alebo stúpaniu svahu zaistený minimálny rozostup vrstevníc. Šrafy vykresľujeme striedavými dlhšími a kratšími čiarami vo smeru spádu. Pre zistenie veľkosti uhla sklonu a celkového prevýšenia dopĺňame hornú hranu a dolnú hranu šraf výškovými kótami. Hrany sa kreslia, pokiaľ sa nekryjú s polohopisnou čiarou. Hnedou farbou sa znázorňujú hrany vytvorené prirodzene a čiernou farbou hrany umelo vytvorené. [4]

3.2.3 Popis

Popis slúži k doplnení mapy o ďalšie informácie. Je tvorený rámom mapového listu, ktorý sa umiesti tak, aby horný, dolný a ľavý okraj boli rovnako široké a aby na pravom okraji bolo miesto pre okrajové náčrty. Popis mapy vo vnútri mapového rámu obsahuje čísla bodov polohového bodového poľa, čísla hraničných znakov, miestne a pomiestne názvy, označenie parciel parcelným číslami, popr. údaje o výškach. Mimorámové údaje zahrňujú hlavne údaje o súradnicovom a výškovom systéme, označenie mapového listu, okrajové náčrty, označenie vzniku a tlače, mierku mapy, označenie susedných mapových listov, tiráž mapy a uvedenie technických noriem, podľa ktorých bola mapa vytvorená. Popis mapy musí byť vyhotovený tak, aby bol pre danú mierku dobre čitateľný. [9]

4 PODROBNÉ MERANIE

Podrobné meranie znamená zameranie polohopisu a výškopisu určitej časti zemského povrchu za účelom vytvorenia mapy. Zobrazením výsledkov merania vzniká zmenšený, generalizovaný obraz územia v rovine mapy. [10]

4.1 Predmety podrobného merania

Predmetmi merania sú všetky významné body prirodzených a umelých objektov pod zemským povrchom, na povrchu a nad zemským povrchom. Sú to hlavne trvalé zariadenia a predmety: [10]

- Najkratšia dĺžka spojnice podrobných bodov sa stanovuje pre ich zameranie a spracovanie v číselnej alebo digitálnej forme hodnotou 0,1 m (podľa ČSN 01 3410).
- Predná strana domov a budov vždy, ak nie je možné zamerať bočné alebo zadné steny, naznačí sa pokračovanie domu, budovy kolmicou dlhou 1-2 cm v mierke mapy k poslednej meranej stene.
- Domové priechody, podchodové a zhora neviditeľné časti budov.
- Vchody do objektov a vstupy na pozemky v skutočnom umiestnení (nikdy nie stredom).
- Zaznamenávajú sa aj popisné údaje zistené pri meraní ako sú čísla popisné, evidenčné či orientačné, účelový popis budov (garáž, obchodný dom, reštaurácia a pod.), popis ostatných predmetov, objektov, typov kultúr a povrchov (betón, kríky, rampa a pod.).
- Pre účely zamerania sa plotom rozumie vonkajšia hrana podmurovky (poznámená sa šírka podmurovky), ak je plot bez podmurovky tak priamo oplotenie.
- Pri meraní podrobných bodov na prvkoch polohopisu v tvare kruhového oblúka sa zamerajú tri body – na začiatku, v strede a na konci meraného oblúka. U kružnice sa zamerajú 3 tri body rovnomerne rozložené na obvode kružnice alebo len stred kružnice, pričom sa zmera a poznačí polomer danej kružnice.
- U prvkov polohopisu v tvare obecnej krivky na hranici parcely alebo ďalšieho prvku polohopisu sa obecná krivka znázorní úsečkami, ktorých dĺžka sa zvolí tak, aby sa žiadny bod na úsečke neodchýlil od skutočného priebehu hranice viac ako 0,1 m.
- Rozhranie vozovky, ktorým sa rozumie rozhranie medzi vozovkou a akoukoľvek

spevnenou alebo nespevnenou plochou. V tej istej triede prvkov ako vozovka sa kreslia aj podjazdy.

- Rozhranie chodníku, cesty, tzn. rozhranie medzi chodníkom a akoukoľvek spevnenou alebo nespevnenou plochou okrem vozovky. Tak isto ako chodníky a cesty a kreslia podchody.
- Ostatné rozhrania sú spevnené alebo nespevnené plochy, schody okrem vozovky a chodníku.
- Koryto vodného toku. Meria sa: najhlbšie miesto koryta, dno toku v jeho lomových hranách pozdĺžnych i priečnych, päta brehového svahu, horná brehová hrana, terénne zlomy brehu a okolitého terénu, hladina vody v dobe merania – je nutné uviesť v dokumentácii dátum, ku ktorému sa hladina vzťahuje.
- U všetkých líniových objektov, ktoré nemajú pravouhlý tvar sa kreslí ich skutočný tvar.
- Druhy pozemkov, nadzemné znaky inžinierskych sietí a ďalšie objekty špecifikované ako bodové symboly (bunky) v atribútovej tabuľke.
- Podružné rozvodné skrine inžinierskych sietí (PRIS) elektrické, komunikačné a hlavné uzávery plynu (HUP), ak sú v mierke mapy väčšie ako 1 x 2 mm, tak skutočných pôdorysom, inak stredom. Svietidlá verejného osvetlenia, rozhlasové reproduktory, konzoly, strešníky,...
- Terénna kostra: hrbetnice, údolnice, hrany terénnych stupňov, význačné body terénu,...
- Podrobné výškové body. [11]

Existujú rôzne metódy podrobného merania: geodetické metódy, fotogrametrické metódy, laserové skenovanie, mobilné mapovanie. U geodetických metód sa podrobné body zameriavajú najčastejšie polárnou metódou alebo technológiou GNSS. Ostatné geodetické metódy sa používajú k zameraniu podrobných bodov, ktoré nie je možné alebo účelné určiť polárnou metódou alebo technológiou GNSS. [11]

5 GNSS

V tejto bakalárskej práci bola hlavnou metódou merania podrobných bodov použitá technológia GNSS. GNSS označuje *Global Navigation Satellite System*, čo v preklade znamená globálny navigačný satelitný systém. Tento pojem je používaný po celom svete a patrí k najmladším spôsobom určovania polohy bodov na Zemi. Medzi bežné GNSS systémy patrí GPS, GLONASS, Galileo, Beidou a ostatné regionálne systémy.

Družicový navigačný systém globálneho určovania polohy pracuje na princípe jednosmerného dĺžkomera, kde meranou veličinou je doba šírenia signálu z družicovej antény k prijímacej anténe. Tento nameraný čas je prevádzaný pomocou rýchlosti šírenia signálu na vzdialenosť. Rádionavigačný systém je zviazaný družicami a umožňuje určiť polohu prijímača v trojrozmerných súradniciach a jeho rýchlosť v reálnom čase. [12]

Táto technológia merania polohy je oproti klasickým geodetickým metódam úsporná a efektívna, pretože nezáleží na vzájomnej viditeľnosti bodov, ktorá je dôležitá pre uhlové a dĺžkové meranie a nezávisí na dennej alebo nočnej dobe. Avšak nie je vhodná na meranie v blízkosti vysokých budov, v zalesnených územiach a pod. Technológiu GNSS môžeme použiť:

- pre budovanie **geodetických základoch**, pri údržbe a aktualizácii geodetických sietí
- v **inžinierskej geodézii** – vytyčovacie práce, budovanie špeciálnych inžinierskych sietí, meranie posunov a deformácií, hraničné práce
- pre **katastrálne vymeriavanie**
- pri **mapovaní** a vo **fotogrametrii** – hlavne určovanie súradníc vličovacích bodov, prípadne určovanie polohy fotogrammetrickej komory v okamihu expozície
- pre **geodynamické štúdie** [12]

5.1 Zloženie systému GNSS

Systém je zložený z troch podsystemov:

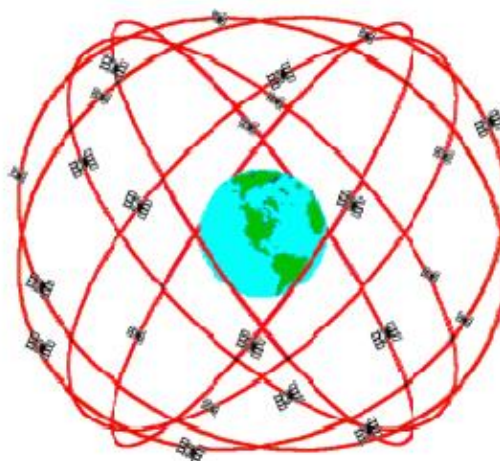
- kozmický podsystem
- riadiaci (kontrolný) podsystem
- užívateľský podsystem [12]

5.1.1 Kozmický podsystem

Kozmický podsystem je zložený z minimálneho počtu 24 družíc, avšak skutočný

počet družíc je premenlivý, pretože sú stále vypúšťané nové generácie družíc a staré sa rušia, až podľa ich aktuálneho technického stavu. Družice sú umiestnené na šiestich eliptických dráhach, takmer kruhových. S rovníkovou rovinou zvierajú uhol približne 55° , výška družíc od povrchu Zeme je 20 200 km a pohybujú sa rýchlosťou 11 300 km/h. Výber sklonu 55° k rovine rovníka je výsledkom výpočtov astromechaniky. Parametre dráh družíc sa časom postupne menia a veľkosť časových zmien týchto parametrov sú závislé na ich počiatkovej veľkosti. Je možné dokázať, že práve pre sklon dráh 55° je dlhodobá zmena času priechodu perigeom nulová. [13]

Funkcia družíc je generovať a vysielat' nosné frekvencie, kódy a navigačnú správu. K ich dôležitým súčastiam patrí slnečná batéria (o ploche $7,25 \text{ m}^2$), atómové hodiny a počítač. Družice sú stabilizované v troch osiach pomocou infračervených čidiel a gyroskopov, ktoré zaisťujú kolmé nastavenie plochy článkov k Slnku. Vďaka rovnomernému rozloženiu družíc a ich výške, je možné kedykoľvek z každého miesta na Zemi prijímať rádiové signály najmenej zo štyroch a spravidla z viacej družíc. Prekážky v blízkosti družicových prijímačov však môžu narušiť alebo obmedziť meranie polohy bodov. [14]



Obr. 2 Schéma družíc [13]

5.1.2 Riadiaci (kontrolný) podsystem

Riadiaci podsystem sa skladá z troch častí: hlavná riadiaca stanica, monitorovacie stanice a stanoviská pozemných antén. Na každej monitorovacie stanici je presný cesiový normál (atómové hodiny) a prijímač k neustálemu meraniu tzv. pseudovzdialenosti k viditeľným družiciam. Vytvárajú sieť pre určovanie palubných efemerid a pre modelovanie chodu družicových hodín. Monitorovacie stanice neustále prijímajú signály z družíc, uchovávajú ich a posielajú do hlavnej stanice. Tam sa zhromažďujú dáta z monitorovacích staníc, vypočítavajú sa parametre dráh jednotlivých družíc, sledujú

a synchronizujú ich palubné hodiny. Pozemní riadiace stanice majú prostriedky pre komunikáciu so satelitmi a posielajú im efemeridy a údaje o chodu ich hodín. Rozmiestnenie staníc umožňuje denne naviazať spojenie medzi každou družicou a pozemnou anténou. Toto rozmiestnenie vyhovuje požiadavkám pre navigačný systém, ktorý umožňuje okamžite určiť súradnice stanice. [13]

Riadiaci podsystem je zodpovedný aj za prevádzkové opatrenia, z ktorých najdôležitejšie je riadenie a údržba stávajúcich družíc, napríklad zmeny obežných dráh a polôh družíc, sťahovanie vyslúžilých družíc z obežnej dráhy, aj. Podieľa sa i na príprave vypustenia nových družíc. [13]

5.1.3 Užívateľský podsystem

Užívateľský podsystem tvoria družicové prijímače rôznych typov, ktoré prijímajú signály z družíc, dekodujú a spracovávajú ich. Existuje niekoľko typov: jednokanálové, viackanálové a hybridné. Jednokanálový prijímač je schopný zachytiť a spracovať signál len z jednej družice, preto sa po uložení informácie z jednej družice prepne na druhú, pričom čas potrebný pre celý proces je veľmi malý (cca 20 ms). Viackanálový prijímač má pre každú družicu vymedzený samostatný fyzický kanál a tým pádom môžu prijímať a spracovávať signály z viacerých družíc naraz. Hybridné prijímače obsahujú viacej kanálov, ale nedostačujúce množstvo, aby zaistili pre každú družicu samostatný kanál, čiže musia tiež prepínať medzi príjmom signálov z jednotlivých družíc. GNSS prijímač je tvorený anténou, rádiovfrekvenčnou jednotkou, mikroprocesorom, komunikačnou jednotkou, pamäťou a zdrojom napätia. [13]

Rozdelenie GNSS prijímačov

GNSS prijímače sa delia podľa použitia na:

- navigačné (vojenské i civilné)
- geodetické
- prijímače pre časovú synchronizáciu

Geodetické prijímače sa používajú na veľmi presné merania vo všetkých odvetviach geodézie. Používajú sa prijímače, ktoré pre určenie pseudovzdialenosti využívajú fázové meranie. [13]



Obr. 3 Geodetický GNSS prijímač [13]

Na navigačné prijímače sú kladené rôzne nároky, čo sa týka konštrukcie, funkcie a vlastností podľa predpokladaného využitia. Jedno z delenia navigačných prijímačov je podľa oblasti využitia:

- turistika
- cykloturistika
- motorizmus
- námorníctvo
- letectvo
- multifunkčné prístroje [13]

5.2 Metódy určovania polohy

Určovanie polohy bodu technológiou GNSS vykonávame dvoma základnými metódami. Prvou metódou je **absolútne určovanie polohy** (Point Positioning). Kde sa súradnice určujú v geocentrickom súradnicovom systéme WGS 84 v reálnom čase. Pre meranie je možné použiť iba jednu prijímaciu aparatúru a vzdialenosti *družica – prijímač* sú určované prostredníctvom pseudovzdialeností. Pomocou tejto metódy dosiahneme iba metrové, poprípade po zavedení korekcií submetrové presnosti, čo je pre geodetické účely nedostačujúce. Absolútne určovanie polohy sa využíva hlavne v navigácii. [13]

Druhou metódou je **relatívne určovanie polohy**, pri ktorej merajú súčasne najmenej dva prijímače a výsledkom je relatívna poloha týchto prijímačov (Relative Positioning). Poloha bodu je určovaná vzhľadom k referenčnému bodu, ktorého geocentrické súradnice sú známe. Dĺžku vektoru umožňuje určiť s milimetrovou presnosťou. V geodézii sa pre určovanie polohy body používajú fázové pozorovania a relatívny spôsob určovania polohy. [13]

Obidve metódy sa využívajú pre statické i kinematické určovanie polohy. Pri statickom meraní polohy je prijímač po dobu merania v klúde vzhľadom k zemskému povrchu. Naopak u kinematického určovania polohy je anténa v pohybe vzhľadom k zemskému povrchu. Kinematický spôsob môžeme použiť pre určovanie dráhy pohybujúceho sa telesa, na ktorom je umiestnený mobilný prijímač, tzv. kontinuálna metóda.

Metódy rozlišujeme v závislosti na účelu a presnosti nasledovne:

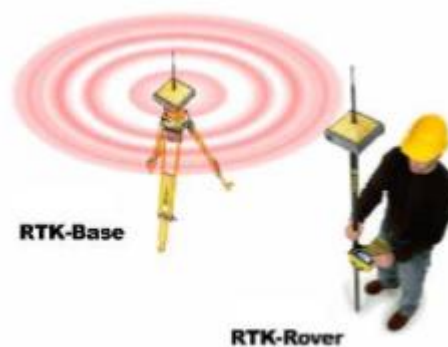
- statická ($m_p = 3 - 5 \text{ mm}$)
- rýchla statická ($m_p = 5 - 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$)
- stop and go ($m_p = 10 - 20 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$)
- kinematická ($m_p = 20 - 30 \text{ mm} + 3 \text{ ppm}$)
- RTK ($m_p = 30 - 50 \text{ mm}$)

Je nutné splniť tieto základné podmienky:

- súčasná observácia minimálne na dvoch bodoch
- dostatočne viditeľná veľká časť oblohy
- neprítomnosť predmetov spôsobujúcich multipath (viaccestné šírenie signálu) [13]

5.2.1 RTK

RTK (Real Time Kinematic) je najnovšou kinematickou metódou merania v reálnom čase. Využíva rádiové prenosy korekcií fázového merania od referenčného k pohybujúcemu sa prijímaču. RTK sa najčastejšie používa pri určovaní súradníc bodov podrobných bodových poliach a podrobných bodov, tak isto aj pri vytyčovaní. V tejto bakalárskej práci boli podrobné body merané touto metódou. [13]



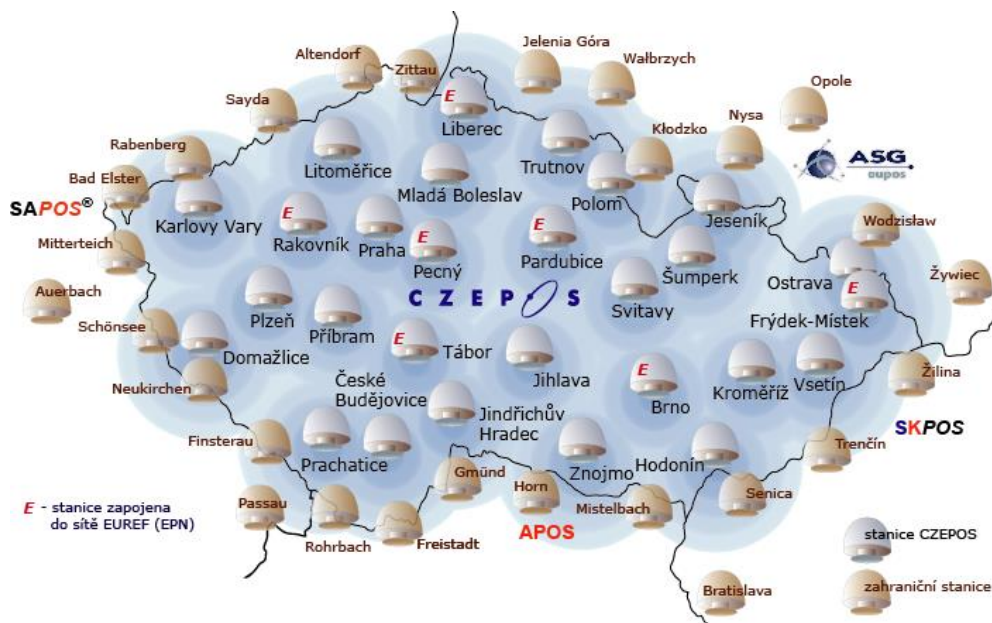
Obr. 4 RTK [13]

5.3 CZEPOS

Česká sieť permanentných staníc pre určovanie polohy je sieť pevných GNSS referenčných staníc. Ich budovanie v Českej republike organizuje, financuje, spravuje a prevádzkuje Zeměměřický úřad ako súčasť geodetických základov ČR. Používateľom poskytuje dáta obsahujúce korekcie pre presné určenie polohy na území ČR. CZEPOS obsahuje 27 permanentných staníc, ktoré sú rovnomerne rozmiestnené po celom území ČR vo vzdialenostiach približne 60 km. Každá stanica vykonáva neustále 24 hod. denne pozorovanie GNSS, ktoré pravidelne každú sekundu zaznamenáva. Stanice sú vybavené jednotlivými typmi prijímačov a antén, sú umiestnené na budovách katastrálnych úradov, resp. pracovísk. Ďalšou zložkou CZEPOS sú tzv. externé stanice, prevádzkované vedeckými a akademickými pracoviskami v rámci Výskumnej siete VESOG (Výskumná a experimentálna sieť pre observácie s GNSS).

Využitie CZEPOS:

- určenie pevného alebo pohybujúceho sa stanoviska v reálnom čase
- presná navigácia v doprave (určovanie polohy a sledovanie pohybu vlakových súprav, kamiónový transport, vozidiel taxislužby, apod.) či v záchranných systémoch
- presná lokalizácia predmetov v teréne a ich nasledovné začlenenie v geografických informačných systémoch (GIS)
- využitie v rôznych odboroch (stavebníctvo, energetika, hydrológia, poľnohospodárstvo)
- vysoké uplatnenie v zememeračstve a katastru nehnuteľností, zamieriavaniu alebo vytyčovaníu vlastníckych hraníc
- určovanie súradníc geodetických bodov, mapovanie
- výskum, geodynamika či GNSS meteorológia
- je zároveň súčasťou geodetických základov [13]



Obr. 5 Stanice CZEPOS [15]

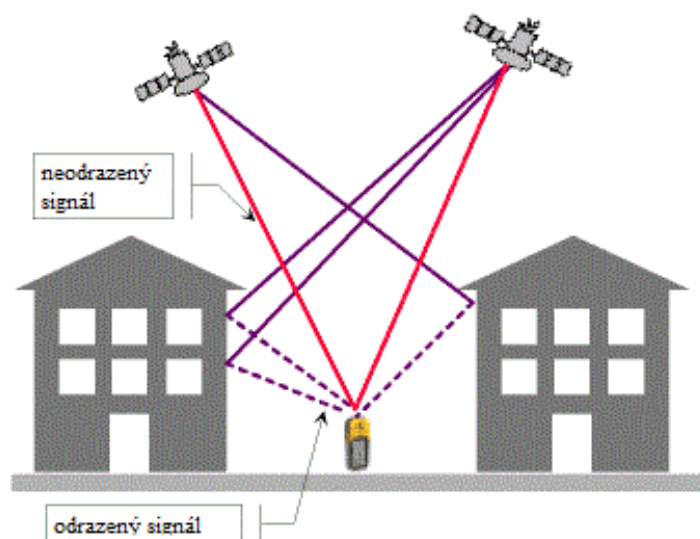
5.4 Nepresnosti GNSS, problémy

System GNSS je zaťažený množstvom rôznych chýb, ktoré zhoršujú presnosť určenia polohy. Tieto chyby sú spôsobené napríklad nevhodnou konšteláciou satelitov v danom momente, oneskorením signálu pri prechode atmosférou, ktorá nemá všade rovnaké vlastnosti.

Zdroje nepresností:

- **Satelitné hodiny** – jedna biliontina sekundy nepresnosti satelitných hodín spôsobí v nameranej dĺžke od prijímača k satelitu chybu 30 cm, preto sú satelity vybavené veľmi presnými atómovými hodinami. Avšak tieto hodiny nahromadia každé 3 hodiny chybu asi jednu biliontinu sekundy. Z tohto dôvodu sú monitorované pozemnými stanicami a zrovnávané s hlavným riadiacim hodinovým systémom.
- **Hodiny prijímača** – spôsobujú podobne ako satelitné hodiny chyby v meranej dĺžke. Chyby týchto hodín sa odstraňujú početne, kde vo výpočte vystupujú štyri neznáme. Tri pre polohu (X, Y, Z) a štvrtá je chyba hodín prijímača. Pre vyriešenie štyroch neznámych sú potrebné 4 rovnice, ktoré získame meraním vzdialeností na 4 družice. Čím viacej družíc je sledovaných, tým dosiahneme presnejšie výsledky.
- **Chyba dráhy družice** – dráhy družíc sú priebežne sledované z niekoľkých monitorovacích staníc rozmiestnených po celom svete. Ich predpovedi dráh sú posielané na satelity a odiaľ naspäť na Zem do GNSS prijímačov. Presnosť týchto predpovedí dráh je rádovo niekoľko metrov, čo môže spôsobiť chybu v určení polohy niekoľko metrov.

- **Atmosférické chyby** – pri výpočtu vzdialeností k družici sa meria čas, za ktorý signál z družice dorazí k prijímaču a potom je vynásobený rýchlosťou svetla. Tá sa však mení vplyvom atmosférických podmienok. Zavádza sa teda oprava z vplyvu atmosféry, pretože podobne ako u elektronických dĺžkomeroch je i tu elektromagnetické vlnenie zasiahnuté vplyvom tzv. refrakcie. Neprechádza po priamej spojnici *družica – prijímač*, ale v atmosfére sa rôzne ohýna a láme. Na GNSS signál má najväčší vplyv troposféra a ionosféra, preto sa hovorí o troposférickej, resp. ionosférickej refrakcií.
- **Útlm signálu** – signál je družicami vysielaný s dostatočným výkonom, ale za predpokladu strát v atmosfére je v konečnom dôsledku veľmi slabý. Dnešné prijímače tento signál za normálnych podmienok bez problémov detekujú. Ak je signál ešte tlmený, môže sa svojím výkonom dostať až pod úroveň citlivosti prijímačov. Signál je tlmený, ak mu v ceste stojí nejaká prekážka. Vtedy dochádza buď k odrazu, priechodu alebo úplnému pohlteniu signálu prekážkou. Napríklad sklo, plast alebo textil v menšej vrstve signál príliš netlmí, ale steny budov utlmí signál viac než dostatočne. Ďalej môže byť signál tlmený vegetáciou, nepriestupné sú napr. koruny stromov. Na počasiu je signál závislý len málo.
- **Multipath** – odrazené signály znižujú presnosť merania, najčastejšie sa tak deje v lese alebo v zastavanom území. Multipath je mnohocestný odraz GNSS signálu. Odrazený signál od okolitých budov a iných objektov je zdrojom silno kolísajúcich náhodných chýb, ktoré nie je možné ľahko odstrániť či redukovať. Problém je čiastočne eliminovaný krycím tanierom na anténe. Pre odstránenie multipath efektu sa využíva polarizácia signálu. Moderné antény dokážu tento vplyv podstatne redukovať. [13]



Obr. 6 Multipath [13]

PRAKTICKÁ ČASŤ

Praktická časť obsahuje všetky činnosti týkajúce sa vzniku účelovej mapy od prípravných prác ako rekognoskácia terénu, vyskúšanie metód merania neprístupných bodov, nasledovné meračské práce v zadanej lokalite, spracovanie merania, vytvorenie mapy až po konečné úpravy.

6 PRÍPRAVNÉ PRÁCE

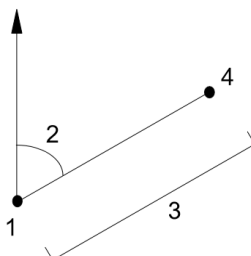
V tejto kapitole sú opísané jednotlivé práce pred samotným meraním mapy ako je rekognoskácia terénu, nájdenie metódy merania neprístupných bodov, napríklad rohy budov, použité prístroje, vytvorenie objektov a kódov v prostredí MGEO použitých pri podrobnom meraní.

6.1 Metóda merania neprístupných bodov

Jednou z úloh v tejto bakalárskej práci bolo vyskúšať a nájsť vhodnú metódu pre meranie neprístupných bodov - hlavne rohov budov, kdeže zadaná lokalita bola zväčša obytná zóna, tvorená výškovými panelákmi a inými budovami.

Trimble Survey Controller a GNSS prijímač použitý pri týchto testoch aj pri samotnom podrobnom meraní (viz 6.5 Použité prístroje) má softvér, ktorý umožňuje vypočítať súradnice bodu z kombinácie azimutov a/alebo dĺžok od zmeraných bodov. Pre výpočet bodu sme v hlavnom menu zvolili funkciu *Cogo* a ďalej *Výpočet bodu*, kde sa nachádza niekoľko metód:

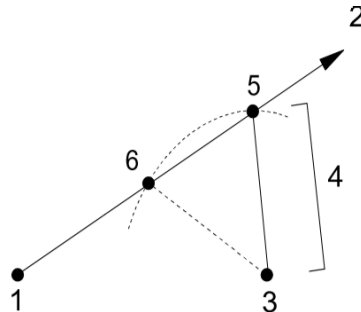
- **smer-dĺžka z bodu** – pre výpočet súradníc bodu pomocou tejto metódy je potrebné zadať názov/číslo počiatočného bodu (1), ktorý zmeriame alebo sme už zmerali, azimut (2) a horizontálnu vzdialenosť (3). Dáme vypočítať bod (4). [16]



Obr. 7 Smer-dĺžka z bodu [16]

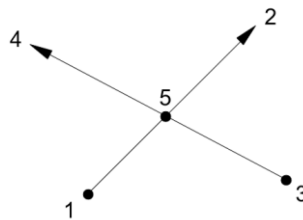
- **smer-dĺžka** – pri tejto metóde vypočítame súradnice bodu tak, že zadáme

názov/číslo prvého zmeraného bodu (1), z neho azimut (2), názov/číslo druhého zmeraného bodu (3) a horizontálnu vzdialenosť z tohto bodu (4). Často dostaneme dve riešenia pre tento výpočet (5 a 6). [16]



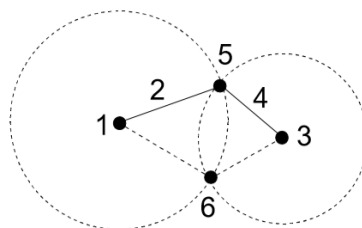
Obr. 8 Smer-dĺžka [16]

- **smer-smer** – u tejto metódy výpočtu súradníc bodu zadáme názov/číslo prvého zmeraného bodu (1), z neho azimut (2), názov/číslo druhého zmeraného bodu (3) a z neho takisto azimut (4). Vypočítame súradnice bodu (4). [16]



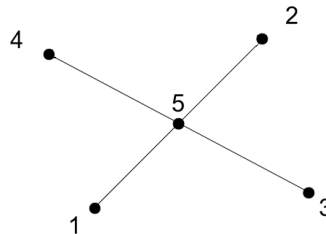
Obr. 9 Smer-smer [16]

- **pretínanie z dĺžok** – pri použití tejto metódy je potrebné, zadať názov/číslo prvého zmeraného bodu (1) a z neho horizontálnu dĺžku (2), názov/číslo druhého zmeraného bodu (3) a taktiež horizontálnu dĺžku (4). Pri výpočte dostaneme dve riešenie (5 a 6), treba si uvedomiť, kde sa neznámy bod nachádza. [16]



Obr. 10 Pretínanie z dĺžok [16]

- **priesečník 4 bodov** – pre výpočet súradníc bodu pomocou tejto metódy, zadáme názvy/čísla počiatočného bodu prvej úsečky (1) a koncového bodu (2), počiatočného bodu druhej úsečky (3) a koncového bodu (4). Dostaneme súradnice priesečníku týchto dvoch úsečiek (5). [16]

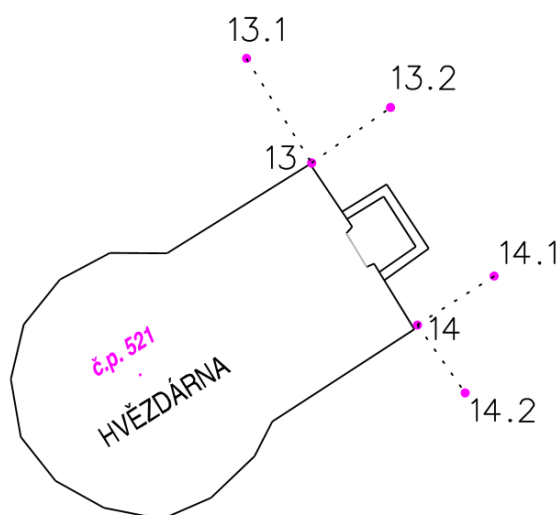


Obr. 11 Priesečník 4 bodov [16]

6.1.1 Testované metódy

Testovanie prebiehalo počas mesiacov: október a november. Z vyššie spomínaných metód výpočtu súradníc bodu boli vyskúšané dve metódy - *pretínanie z dĺžok* a *smer-dĺžka z bodu*, ktoré pripadali byť pre meranie podrobných bodov najrýchlejšie a najefektívnejšie.

Pretínanie z dĺžok. Testovanie bolo uskutočnené na Kraví Hore, kde sa merali touto metódou rohy na hvezdárni, ktorých súradnice boli prevzaté z účelovej mapy, meranej a vytvorenej na predmete Mapovanie I (GE10, garant predmetu Ing. Petr Kalvoda, Ph.D). Body v mape boli merané polárnou metódou, totálnou stanicou Pentax. Ako som už napísal pri tomto spôsobe výpočtu súradníc bodu sa zmerajú 2 pomocné body a z nich horizontálna vzdialenosť k určovanému bodu, kde sa následne na panely od GNSS prijímača vyberie či určovaný bod leží vpravo alebo vľavo. Dĺžky boli určené laserovým diaľkomerom, ktorý mal libelu pre lepšie určenie horizontálnej vzdialenosti (viz 6.5 Použité prístroje). Meranie je znázornenie na Obr. 12. Avšak väčšinou dochádza ku strate výšky vypočítaných bodov, pretože software v panely priraduje automaticky výšku z prvého pomocného bodu a tá je veľa krát dost' rozdielna.



Obr. 12 Testovanie metódy pretínanie z dĺžok

Ďalšie rohy boli merané na budove Hvezdáreň a planetárium Brno. Body 1.1, 1.2, 2.1, 2.2, atď. sú pomocné body. V nasledovnej tabuľke sú súradnice určených bodov a odchýlky od prevzatých bodov. Odchýlky boli porovnávané pre 3. triedu presnosti, kde kritická hodnota základnej smerodatnej súradnicovej odchýlky $u_{xy} = 0,14$ m (podľa ČSN 01 3410).

číslo bodu	pretínanie z dĺžok		prevzaté body		ΔY	ΔX	Δp	$ \Delta p \leq 1,7 * u_{xy}$
	Y	X	Y	X				
1	599803,30	1159476,06	599803,32	1159476,07	-0,02	-0,01	0,02	splňuje
2	599807,68	1159478,81	599807,73	1159478,78	-0,05	0,03	0,06	splňuje
3	599814,12	1159468,47	599814,13	1159468,46	-0,01	0,01	0,01	splňuje
4	599830,35	1159478,58	599830,34	1159478,60	0,01	-0,02	0,02	splňuje
5	599823,89	1159488,94	599823,90	1159488,98	-0,01	-0,04	0,04	splňuje
6	599828,45	1159491,70	599828,40	1159491,74	0,05	-0,04	0,06	splňuje
7	599817,54	1159508,87	599817,55	1159508,91	-0,01	-0,04	0,04	splňuje
8	599813,11	1159506,12	599813,14	1159506,14	-0,03	-0,02	0,04	splňuje
9	599830,33	1159478,57	599830,34	1159478,60	-0,01	-0,03	0,03	splňuje
10	599814,12	1159468,47	599814,13	1159468,46	-0,01	0,01	0,01	splňuje
11	599807,58	1159478,77	599807,73	1159478,78	-0,15	-0,01	0,15	splňuje
12	599803,30	1159476,06	599803,32	1159476,07	-0,02	-0,01	0,02	splňuje
13	599822,56	1159526,32	599822,60	1159526,34	-0,04	-0,02	0,04	splňuje
14	599819,76	1159530,61	599819,76	1159530,72	0,00	-0,11	0,11	splňuje

Tabuľka 1 Porovnanie súradníc

Smer-dĺžka z bodu. Pri tejto metóde bol použitý laserový diaľkometer Leica Disto X310, ktorý má funkciu na meranie azimutov – vypožičaný od pána Ing. Radima Kratochvíla, Ph.D. Tento spôsob výpočtu súradníc bodu pripadal byť rýchly a efektívny, pretože stačil len jeden pomocný bod, z ktorého sa zmeral azimut a dĺžka k určovanému bodu. Avšak tento diaľkometer meria azimuty s presnosťou na desatiny stupňa a pán Ing. Radim Kratochvíl, Ph.D. upozorňoval, že pri určovaní azimutov nie je vhodné merať

v oblastiach, kde sa vyskytujú električky a trolejbusy. Z dôvodu magnetického poľa čo vytvárajú, preto to používa pri meraní v jaskyniach, kde nie je ničím diaľkomer rušený. Testovanie prebiehalo v oblasti pod Listovými kolejami pri križovatke ulíc Klatovská a Šumavská. Tam boli merané rohy bytového domu, ktoré boli tak isto prevzaté z merania polohopisu na predmete Mapovanie II (GE11, garant predmetu Ing. Petr Kalvoda, Ph.D). Súradnice bodov boli porovnané a polohové odchýlky vychádzali niečo cez 1 meter. Čiže táto metóda bola vylúčená a neprístupné body, hlavne rohy budov boli merané metódou pretínania z dĺžok.

6.2 Kresba v teréne

Vedľajším bodom bolo vyskúšať metódy kresby digitálnej mapy softvérovými prostriedkami priamo v teréne. Pri tejto práci i pri meraní účelovej mapy zadanej lokality bol použitý Prijímač GNSS-RTK Trimble R4-3 a k nemu príslušná kontrolná jednotka Trimble Slate, dostupné na vypožičanie v školskom sklade. Softvér v kontroléri má funkciu *Mapa*, kde sú zobrazené zmerané body, poprípade body z pripojeného súboru so súradnicami. Rôzne symboly identifikujú rôzne typy bodov. Ďalej zobrazuje aktuálnu polohu GNSS antény ako vertikálny/horizontálny krížik. Má to aj funkciu približovania, oddiaľovania, posúvania a zobrazenie celého rozsahu. Po preskúmaní a vyskúšaní sa došlo k záveru, že pri použití type softvéru v danom panely nie je možná kresba priamo v teréne.

6.3 Rekognoskácia terénu

Po preposlaní danej lokality od spolužiakov – Natália Ondová a Erik Blaško, ktorý mali rovnaké územie na meranie účelovej mapy, prebehla rekognoskácia terénu približne v strede novembra 2016. Pri rekognoskácii sme mali s kolegom Tiborom Szabóom zloženú a spustenú GNSS aparaturu, aby sme zistili ako to bude pri samotnom meraní so signálom a korekciami. Bohužiaľ sme mali zrovna jednu z troch aparátúr, čo sú v školskom sklade, ktorá sa ani po hodine nezinicializovala, to znamená, že nedostávala korekcie a nemerala s geodetickou presnosťou. Tie ostatné dve sa zinicializovali behom chvíle, čo nám bolo záhadou, keďže sú to rovnaké typy GNSS prijímačov.

Pri rekognoskácii terénu boli bližšie preskúmané prvky polohopisu, budovy a ďalšie objekty, predmety merania nachádzajúcich sa na záujmovej lokalite. Pozitívom obdobia jesene sú opadané listy zo stromov, ktorých sa na danom území nachádza pomerne veľa, z dôvodu pohlcovania signálu z družíc korunami stromov. Nebola zisťovaná možnosť polohového a výškového pripojenia, pretože metódou merania účelovej mapy v tejto bakalárskej práci bola metóda RTK, pri ktorej sme získavali súradnice meraných bodov

v súradnicovom systéme S-JTSK a výškovom systéme Bpv.

6.4 Kódovanie

Ako ďalšia metóda bolo meranie pomocou kódovania, ktorá bola použitá pri meraní podrobných bodov. Správnym nakódovaním uľahčila prácu pri tvorbe mapy a nebolo treba v teréne kresliť meračské náčrty. Táto metóda nebola extra testovaná, pretože nie je až tak, čo testovať, skôr sa naučiť ako správne kódovať a najlepšie si zapamätať kódy pre jednotlivé objekty. Tohoto som dosiahol pri práci počas roka v geodetickej firme, čoho som následne využil pri meraní. Používal som kódové označenie pre určité objekty už naučené z praxe a k nim pridal a vymyslel kódy pre ďalšie predmety.

V prostredí MGEO bola pri zakladaní projektu použitá predloha poskytnutá z firmy GEO75 s.r.o., avšak bolo nutné v nej upraviť objekty podľa atribútovej tabuľky (príloha č. 08.2) prevzatej od vedúceho bakalárskej práce Ing. Jiřího Ježeka. Dátový model bol následne doplnený o všetky objekty, ktoré boli vyznačené v tabuľke atribútov (príloha č. 08.1). Aby bolo možné použiť takto prispôbenú predlohu pre prípadne ďalšie meranie účelovej mapy, bez nejakých veľkých úprav. Rozdiel medzi atribútovými tabuľkami bol v tom, že v atribútoch z prílohy č. 08.2 boli vyznačené zmeny oproti druhej tabuľke atribútov, týkajúce sa zmien farieb u vyznačených prvkoch. Skôr než bol vytváraný dátový model boli do programu MGEO vložené dátové súbory - knižnice buniek, zakladací výkres a druhy čiary, tiež prevzaté od vedúceho bakalárskej práce.

Ešte pred úpravou objektov som si preštudoval manuál k programu MGEO, kde som zistil napr. ako sa vytvárajú objekty a kódy, priradujú jednotlivé kódy k objektom, že pri kódovaní líniových objektov je začiatok línie preddefinovaný ako „#“ (napr. #LE znamená začiatok lesa a ďalšie body s kódom LE bude spájať). Toto nastavenie „#“ sa mi nepodarilo zmeniť na naučené „Q“, čo nebol veľký problém pomocou textového editoru v zozname súradníc hromadne zmeniť. V module programu MGEO sú prednastavené riadiace kódy pomocou, ktorých je kódovanie určené na vytváranie kresby s možnosťou uzatvorenia objektov, dopočítavania vrcholov, konštrukcie kolmíc, oblúkov a umiestňovanie popisov. Z toho boli používané riadiace kódy pre kolmicu (kód je K) a oblúk (O). Rovnako ako u začiatku línie sa pred kód pripísal znak „#“.

6.5 Použité prístroje

Pri meraní účelovej mapy boli použité prístroje a pomôcky vypožičané od školy a to: GNSS aparátúra, ďalej laserový diaľkomer, nivelačný prístroj s príslušenstvom a dvojmeter. Ďalšie prístroje a pomôcky boli požičané od firmy GEO75 s.r.o. so sídlom v Brne: totálna stanica s príslušenstvom, GNSS aparátúra.

6.5.1 GNSS aparatúry

Aparatúra Trimble R4-3

Táto aparatúra bola vypožičaná od školy a bola hlavným prístrojom pri meraní podrobných bodov, kde boli body merané v režime CZEPOS_RTK. Skladá sa z prijímača *Trimble R4-3*, kontrolnej jednotky *Trimble Slate* a výtyčka s konštantnou výškou 2 metre, čo bola niekedy nevýhoda.

Popis:

- 220 kanálov s podporou GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU
- kompaktný prijímač (integrovanej GNSS prijímač, anténa, rádio modem a vymeniteľná Li-Ion batéria)
- konštrukcia do každého počasia a terénu, vode a nárazu odolná
- extrémne rýchle a spoľahlivé meranie, R-Track technológia
- bluetooth komunikácia medzi prijímačom a kontrolnou jednotkou
- vyspelá anténa technológia (viacbodový vstup, submilimetrová stabilita fázového centra i vo výške)
- interná pamäť v prijímači (pre postprocesné meranie je možné ukladať dáta priamo do prijímača)



Obr. 13 Trimble R4-3

Presnosť metódy RTK v polohe je $8\text{mm} + 1\text{ ppm RMS}$ a vo výške $15\text{ mm} + 1\text{ ppm RMS}$.

Trimble Slate je kontrolér vybavený kapacitným dotykovým displejom a je určený pre ovládanie GNSS prijímačov Trimble R4. Výhodou je nekompromisná odolnosť, vysoký výkon a ovládanie ako u smartfónov spojený s poľným systémom Trimble Access, čo robí GNSS meranie rýchlejšie, pohodlnejšie a prehľadnejšie. Ďalším veľkým plusom je vodotesnosť, prachotesnosť a odolnosť voči pádom z výšky 1,22 m na betón. Má veľa ďalších dobrých funkcií, ktoré tu nie je treba rozoberať.



Obr. 14 Trimble Slate [17]

Aparatúra GNSS Trimble R6-4

Aparatúra vypožičaná od firmy GEO75 s.r.o., bola použitá pre vybudovanie pomocných meračských bodov. Skladá sa podobne ako prvá aparatúra z prijímača GNSS *Trimble R6-4*, z kontrolnej jednotky *Trimble TSC3* a výtyčka s nastaviteľnou výškou do 2,45 m. Má veľmi podobné parametre ako vyššie uvedená aparatúra a presnosť metódy RTK je rovnaká.

6.5.2 Laserová diaľkomer

Použitý laserový diaľkomer bol *Disto Leica TM Plus*. Tento diaľkomer bol použitý hlavne na meranie dĺžok pri určovaní neprístupných bodov metódou pretínanie z dĺžok. Jeho dosah je 0,20 – 200 m, ale od cca 70 m s použitím odrazového terča. Presnosť diaľkomeru je $\pm 1,5$ mm. Ďalšie vlastnosti: zabudovaná libela, kontinuálne meranie, robustný kryt odolný voči nárazom, prachu a postriekaniu vodou, osvetlenie displeja, atď. *Disto Leica TM Plus* má aj technológiu Bluetooth – bezdrôtový prenos registrovaných hodnôt, avšak sa nepodarilo pripojiť k panelu *Trimble Slate*.



Obr. 15 Disto Leica TM Plus

6.5.3 Totálna stanica

Totálna stanica, ktorú sme použili v núdzovom prípade pri meraní podrobných bodov bola *Trimble S3 Series* spolu s kontrolnou jednotkou *Trimble TSC3*. Ide o robotický prístroj, ktorý obsahuje spoľahlivý servo pohon pomocou elektromagnetickej technológie, inteligentný batériový systém a s technológiou Trimble DR (Direct Reflex) umožňuje bezhranové meranie na takmer akýkoľvek typ povrchu.

Parametre:

presnosť uhlu		6 ^{cc}
presnosť dĺžky	hranol	2 mm + 2 ppm
	bezhranol	3 mm + 2 ppm
dosah diaľkomeru		5 000 m
najkratšia vzdialenosť na ostrenie		1,5 m
zväčšenie ďalekohľadu		30x
prevádzková teplota		-20°C až + 50°C

Tabuľka 2 Parametre totálnej stanice

6.5.4 Nivelačný prístroj

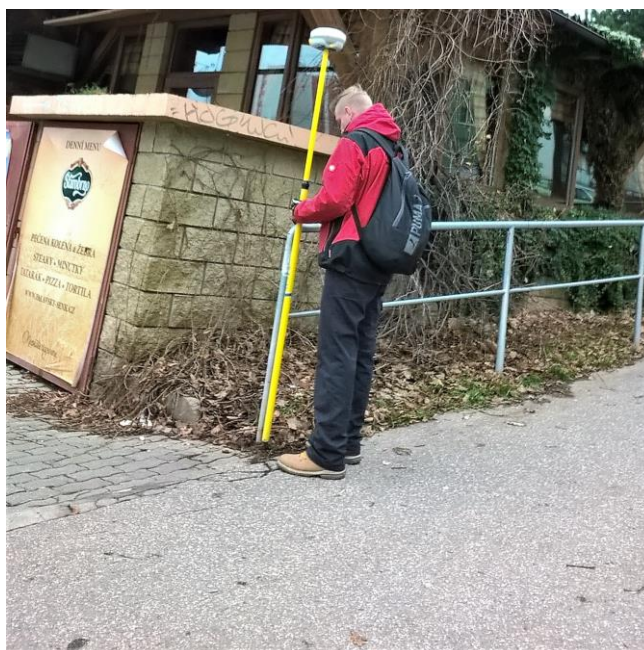
Použitý prístroj na overenie výšky niektorých pomocných bodov určených technológiou GNSS bol nivelačný prístroj Sokia C41 s príslušenstvom – nivelačná lať, nivelačný statív a nivelačná podložka.



Obr. 16 Nivelačné pomôcky

7 MERAČSKÉ PRÁCE

Meračské práce sa uskutočňovali počas víkendov v mesiacoch november a december 2016. Chýbajúca časť územia bola domeraná až v dňoch 26.2. a 4.3. 2017. Nevýhodou tohto obdobia bola zima a niekedy aj dážď, avšak na druhú stranu veľkou výhodou bolo opadané lístie. Práce v teréne prebiehali spolu s mojím spolužiakom Tiborom Szabóom, ktorý má rovnakú tému bakalárskej práce a máme spoločnú záujmovú lokalitu. Po rekognoscácii terénu a ďalších prípravných prác započalo meranie podrobných bodov technológiou GNSS. Až posledný deň bolo merané totálnou stanicou, z dôvodu strát signálu a korekcií GNSS prijímača v problémových častiach lokality, medzi panelákmi a pri najvyššom bytovom dome (12 poschodovom).



Obr. 17 Podrobné meranie

7.1 Meranie podrobných bodov

Podrobné meranie bolo realizované väčšou časťou technológiou GNSS. Body boli merané metódou RTK (aparátúrou GNSS vyššie uvedenou), režimom *rýchly bod*. Rohy budov a podobné body boli určené pomocou laserového diaľkomeru, metódou pretínania z dĺžok, ktorá je opísaná v podkapitole 6.1 *Metóda merania neprístupných bodov* a v oddiele 6.1.1 *Testované metódy*. Vo funkcii *Cogo – výpočet bodu* boli zmerané funkciou *Fast Fix* pomocné body a z nich vzdialenosti k určovanému napr. rohu budovy. Tieto body boli automaticky číslované a uložené ako Temp0000, Temp0001, atď. a po výpočte sa z nich stali prebytočné body, ktoré boli pred načítaním zoznamu súradníc do programu *MGEO* vymazané, ale nachádzajú sa v protokole (príloha č. 03.1 *Protokol GNSS*

určenia podrobných bodov). Bohužiaľ niektoré body, hlavne vnútorné rohy budov nebolo možné a účelné - vstupy do objektov, určiť týmto spôsobom. Preto bola použitá metóda konštrukčných odmerných. Pár bodov bolo vykonštruovaných zo smerov, pretože napríklad pri ceste alebo na parkovisku zavádzalo auto (znázornené na obrázku).



Obr. 18 Zavádzajúce auto

Objekty ako lampy verejného osvetlenia, stĺpy, dopravné značky, niektoré stromy a ďalšie boli zmerané dvoma bodmi, z ktorých bol výsledný bod určený aritmetickým priemerom. Jeden lomový bod plotu na západnom konci záujmového územia bol tiež vykonštruovaný z dvoch smerov. Kvôli zalesnenej ploche bol problém, ako aj pre signál GNSS prijímača, tak aj pre totálnu stanicu z hľadiska viditeľnosti, zmerať plot. Body na plote boli zmerané aparátúrou GNSS na miestach, kde sa dalo dostať a kde sa s problémami chytil signál spolu s korekciami. Ide o body 611115000070001, 2 a 3, ktoré boli zmerané s nízkou presnosťou (v polohe 6-9 cm a o výške 7-16 cm), preto sa môže považovať v týchto miestach priebeh plotu za orientačný.

Najväčšie komplikácie nastali v posledných dňoch podrobného merania v juhovýchodnom rohu zadanej lokality. Pri, medzi bytovými domami (čísla popisné na jednom paneláku 7, 9, 11, 13 a na druhom 6, 7, 8, 9) a pri bytovom dome (s popisnými číslami 1, 3 a 5). V týchto oblastiach vypadávali neustále korekcie a nebola možná inicializácia, preto sme sa rozhodli domerať chýbajúcu časť totálnou stanicou - polárnou metódou.

Pred začatím merania podrobných bodov polárnou metódou bola vybudovaná pomocná meračská sieť. Pomocné body 611115000004001 – 4009 boli určené technológiou GNSS. Merané boli cez 10 sekúnd a dva krát s časovým odstupom približne 6,5 – 7 hodín. Výsledné súradnice sa získali aritmetickými priemermi, ktoré vypočítal software v kontrolnej jednotke pri exporte protokolu (príloha č. 03.2 *Protokol GNSS určenia pomocných bodov*). Body boli stabilizované nastreľovacími klincami v asfaltovom chodníku alebo v obrubníku. Okrem bodu 4005 ten bol stabilizovaný železným roxorom.

Podrobné meranie totálnou stanicou sa uskutočnilo zo stanovísk 4002, 4004, 4005, 4006 a 4010, ktoré bolo určené ako voľné stanovisko, ale bolo tiež stabilizované, pretože pôvodne malo byť určené technológiou GNSS. Na každom z nich bolo orientované minimálne na 2 ďalšie pomocné body a ešte pred meraním bolo nutné zadať do prístroja dôležité informácie ako teplota a tlak pre zavedenie fyzikálnych korekcií, nastavenie konštanty hranola. Pre výškové určenie bolo potrebné zmerať výšku prístroja a pri každej zmene nahlasovať výšku cieľa. Pri bezhranolovom meraní sa nastavovala nulová výška cieľa. Totálna stanica automaticky registrovala zmerané údaje – šikmú dĺžku, horizontálny uhol a zenitový uhol. Väčšina bodov bola meraná na odrazový hranol, ale u neprístupných bodov napr. niektoré rohy budov bol použitý bezhranolový režim. Na niektorých bodoch, ktoré neboli zo stanoviska priamo viditeľné sa použila polárna kolmica a často sa využívalo odsadenie horizontálneho uhla pri meraní dopravných značiek, lúčov verejného osvetlenia, stromov, atď. Pri tejto príležitosti boli zmerané aj identické body – rohy budov určené technológiou GNSS.

Celkovo bolo metódou RTK určených cez 3300 bodov a polárnou metódou bolo zmeraných 520 bodov. Podrobné body boli volené vo vzdialenosti 2 – 3 cm v mierke mapy, čo v skutočnosti odpovedá 10 – 15 m pri mierke 1 : 500. Ak to vyžadoval priebeh terénu a polohopisných prvkov, boli tieto vzdialenosti skrátené. Avšak z dôvodu nedostupnosti nebolo možné zamerať body a vznikli miesta, kde sú tieto vzdialenosti dlhšie, napr. lesná plocha na západe záujmovej lokality. Každý deň merania bol zakladaný v kontrolnej jednotke *Nový job* a tým sme si skomplikovali číslovanie bodov. Pretože prvé 3 dni boli body číslované za sebou a potom každý ďalší deň začínalo číslovanie od začiatku. Čo má za dôsledok rozdielnych čísiel meračského náčrtu v číslovaní bodov.

Meranie podrobných bodov bolo vykonané pomocou kódovania a preto nebolo potrebné robiť v teréne meračské náčrty. Do kódov boli zaznamenávané aj dôležité miery ako napr. pri meraní plota s podmurovkou, kde sa zmerala vonkajšia hrana podmurovky a jej šírka sa zapísala do kódu. Tak isto aj u rôznych múrikoch, operných stien, atď., boli ich šírky poznamenané do kódov, ak nebola možná zmerať šírka múru dvomi bodmi. U budovách boli tiež nejaké miery zapisované do kódov.

7.2 Overenie výšok

Keďže z vyššie uvedených komplikácií pri podrobnom meraní sme boli nútený merať aj totálnou stanicou a body pomocnej meračskej siete boli určené technológiou GNSS, bolo vykonané overenie výšok technickou niveláciou. Nivelácia bola realizovaná v spolupráci s druhou „skupinou“, tvorená spolužiačkou Natáliou Ondovou a spolužiakom Erikom Blaškom. Niveláčnicí ťah viedol zo zhušťovacieho bodu číslo 228 (TL 4421), tam a naspäť. Overené boli pomocné body 4001 – 4004 a 4009. Celý niveláčnicí ťah mal približne

1920 m. Pretože väčšina bodov bola zmeraná metódou RTK, technická nivelácia slúžila iba na overenie a pre výpočet výšok podrobných bodov určených polárnou metódou boli využité výšky získané GNSS meraním. V nasledujúcej tabuľke sú rozdiely medzi výškami pomocných bodov, určených technickou niveláciou a technológiou GNSS.

číslo bodu	Z (GNSS)	Z' (nivelácia)	ΔH
61111500004001	293,61	293,65	0,04
61111500004002	295,65	295,80	0,15
61111500004003	296,63	296,68	0,05
61111500004004	296,37	296,44	0,07
61111500004009	293,73	293,80	0,07

Tabuľka 3 Rozdiely výšok

8 KANCELÁRSKE PRÁCE

Po skončení všetkých prác v teréne nasledovalo spracovanie nameraných dát. Snahou bolo uskutočniť toto spracovanie v čo najbližšej možnej dobe po dokončení merania. Kancelárske práce sa týkali hlavne spracovania GNSS merania, ktoré bolo hlavnou technológiou pri meraní účelovej mapy. Keďže okolnosti nás donútili merať aj totálnou stanicou, bolo samozrejme nutné aj spracovanie tohto merania. Ďalej nasledovalo testovanie presnosti, tvorba mapy a na koniec porovnanie mapy s mapou mojej spolužiačky, už aj vyššie spomenutej (Natálie Ondovej).

8.1 Spracovanie GNSS merania

Ešte pred spracovaním merania bolo potrebné stiahnuť namerané dáta. Stiahnutie dát sa vykonávalo vždy po skončení merania. Pomocou USB flash disku pripojeného do kontrolnej jednotky sa stiahli exportované súbory. Spracovanie GNSS merania nebolo veľmi náročné ani časovo, pretože softvér v kontroléri umožňuje export nameraných dát do rôznych formátov a vytvára protokoly priamo v teréne. Využili sme export ako *kompletný protokol*, kde je na začiatku hlavička s údajmi - firma, názov zákazky, dátum, prístroj, atď., súradnice použitých a meraných bodov spolu s informáciami o presnostiach. Tieto protokoly z každého dňa merania boli spojené do jedného súboru (príloha č. 03.1 Protokol GNSS určenia podrobných bodov).

Ďalej bol využitý export dát do súboru vo formáte *.txt*, kde bolo iba číslo bodu, súradnice a kódy. Keďže súradnice sú v systéme S-JTSK a výšky v Bpv, je hneď možné z tohto súboru načítať body do programu (v našom prípade použitý program Microstation s nadstavbou MGEO), bez nejakých úprav. Tak isto boli všetky tieto súbory z každého dňa spojené do jedného súboru so súradnicami bodov. Avšak bolo ešte potreba vymazať body s číslami Temp0000, Temp0001, atď. a spraviť priemery súradníc u bodov s kódom *SPOJ*, napr. bola meraná lampa dvoma bodmi (kód pre lampu je OS), prvý bod má kód *OS* a druhý bod, ktorý nasleduje hneď za ním má kód *OS SPOJ*, čo znamená, že súradnice týchto dvoch bodov sa majú spriemerovať, aby sme dostali určenú lampu. Vznik týchto bodov je opísaný v podkapitole 7.2 *Meranie podrobných bodov*. Na koniec boli body vo výslednom zozname súradníc a v protokole GNSS merania doplnené o celé čísla bodov.

8.2 Spracovanie merania totálnou stanicou

Prvým krokom bolo stiahnutie nameraných dát podobne ako pri GNSS meraní ešte v teréne. V kontrolnej jednotke GNSS prijímača bol vytvorený protokol z merania pomocných meračských bodov, ktorý obsahuje aj spriemerované pomocné body (protokol

v prílohe č. 03.2). Po dokončení merania totálnou stanicou bol v panely exportovaný a následne stiahnutý súbor zápisníku vo formáte *.sdr*, typický pre Trimble S3.

Spracovanie merania pokračovalo výpočtom podrobných bodov meraných polárnou metódou. Výpočty boli realizované v programe Groma v.11, kde boli najskôr vykonané nastavenia programu. Pre formát zápisníku bol nastavený typ záznamníka *Sokkia*, ďalej bol prepísaný počet desatinných miest u súradníc na 2. Cez nástroj *Křovák* boli nastavené opravy z kartografického zobrazenia a nadmorskej výšky, kde bol vypočítaný mierkový koeficient. Potom nasledoval import zápisníku a načítanie zoznamu súradníc pomocných bodov. Pre výpočet podrobných bodov bola použitá výpočtová funkcia *Polárna metóda dávkou*. Výsledkom je protokol o výpočte podrobných bodov (príloha č. 03.3) a zoznam súradníc. Na záver bol zápisník, protokol a zoznam súradníc doplnený o celé čísla bodov. Zoznam súradníc podrobných bodov meraných polárnou metódou bol spojený spolu so zoznamom súradníc určených GNSS meraním a vznikol výsledný zoznam súradníc podrobných bodov (príloha č. 04.2).

8.3 Testovanie presnosti

Pretože výsledná mapa bola na záver porovnávaná s účelovou mapou vytvorenou spolužiačkou (Natáliou Ondovou), bolo testovanie presnosti vykonané iba na niekoľkých bodoch. Išlo hlavne o podrobné body merané na budovách, aby sa otestovalo GNSS meranie, keďže pri budovách bolo časté kolísanie presností a výpadky korekcií. Pri polohovej presnosti boli testované body určené GNSS meraním a kontrolne zmerané totálnou stanicou - označené kódom *ID*. A pri relatívnej presnosti boli kontrolne zamerané dĺžky priamych spojnic podrobných bodov a ich porovnanie s dĺžkami vypočítanými zo súradníc, tak isto na budovách. Testovanie bolo uskutočnené pre 3. triedu presnosti, kde kritická hodnota základnej smerodatnej súradnicovej odchýlky je 0,14 m. Pre obidve testovania boli vytvorené tabuľky v programe *Excel 2016*, do ktorých sa vložili potrebné informácie (súradnice bodov, dĺžky,...) a podľa vzorcov uvedených v norme *ČSN 01 3410. Mapy velkých měřítok. Základní a účelové mapy*. bol „naprogramovaný“ výpočet. Testovaniu vyhoveli všetky identické body a dĺžky.

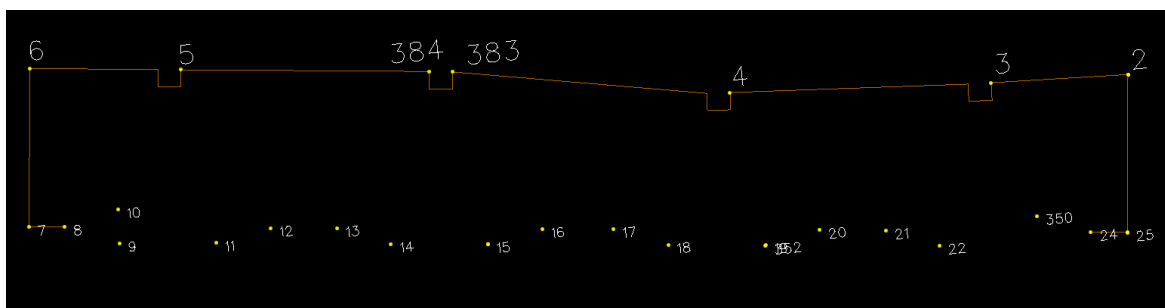
8.4 Grafické spracovanie

Po spracovaní všetkých nameraných dát nasledovalo grafické spracovanie, kde okrem samotnej mapy boli vyhotovené ďalšie prílohy ako prehľadný náčrt pomocnej meračskej siete (príloha č. 06.1) a miestopisy pomocných meračských bodov (príloha č. 07.1). Všetky tieto prílohy boli vytvorené v programe *Microstation PowerDraft V8i* s nadstavbou *MGEO*.

8.4.1 Tvorba mapy

Účelová mapa je v mierke 1 : 500, v súradnicovom systéme S-JTSK a výškovom systéme Bpv. Pre kresbu mapy sa v programe MGEO založil nový projekt, v ktorom bol vytvorený dátový model ešte v etape prípravných prác, opísaný v podkapitole 6.4 *Kódovanie*.

Ako prvý krok bolo načítanie bodov zo zoznamu súradníc podrobných bodov, kde pri vstupe bodov boli spracovávané kódy, čím nám vznikla hrubá kresba. Podľa kódov boli automaticky pospájané líniové prvky a bodovým prvkov priradené príslušné bunky. Avšak malé chyby pri zadávaní kódov počas merania spôsobili, že niektoré líniové objekty boli zle spojené. Napríklad boli spojené 2 body, nachádzajúce sa na rozdielnych koncoch mapy, čo bolo spôsobené tým, že pri kódovaní sa zabudol zadať znak pre začiatok línie (#). Takéto chyby boli jednoducho odstránené. Pri kresbe som si všimol, že na bytovom dome (čísla popisné 6, 7, 8, 9) boli uletené 2 body (č. 3 a 4), znázornené na obrázku. Pravdepodobne to bolo spôsobené pri meraní pomocných bodov v metóde pretínanie z dĺžok, ktorých súradnice mohli byť určené s nízkou presnosťou, z dôvodu zatienia GNSS signálu budovou. Preto boli spojené body č. 2 a 383.



Obr. 18 Budova

Po opravení chýb spôsobených kódovaním a dokreslení kresby líniových prvkov bola kresba doplnená technickými šrafami, vrstevnicami. Ďalej boli do mapy doplnené popisy objektov, povrchov, názvy ulíc, popisné čísla, krížiky pravouhlej súradnicovej siete, krížiky pre rohy mapových listov a okrajový náčrtok zobrazujúci mapové listy. Potom bola vložená popisná tabuľka, smerová ružica orientovaná k severu a legenda obsahujúca použité čiary líniových prvkov, mapové značky a skratky povrchov, objektov. Nasledovne boli pre prehľadnosť upravené výškové kóty. Niektoré boli posunuté, pootočené, väčšine výškových kót boli zredukované prvé dve číslice alebo boli presunuté do vrstvy 14 – *Nadbytečné výšky*.

Na koniec bola vykonaná atribútová kontrola kresby a topologická kontrola pre duplicity, presahy a nedoťahy. Po konzultácii s vedúcim bakalárskej práce bola zmenená farba pre hranicu súvislého porastu (napr. les) z farby číslo 27 (odtieň červenej) na farbu 11 (odtieň zelenej) a taktiež farba bodu polohopisu z farby číslo 4 (odtieň žltej) na 0

(biela). Pre objekt samostatný krík sme vybrali bunku *KER* z knižnice buniek *mimocsn.cel*. Pri tlačení výslednej mapy bola u budovách pozmenená hrúbka čiar o jeden stupeň hrubšiu.

8.5 Porovnanie

Poslednou činnosťou bolo porovnať výslednú mapu s prevzatou mapou od spolužiačky Natálie Ondovej, ktorá mala rovnakú záujmovú lokalitu, ale meranú totálnou stanicou, kde väčšina bodov je určených polárnou metódou. Porovnanie bolo najskôr uskutočnené len referenčne pripojením prevzatej mapy, kde sme mohli vidieť ako sa naše mapy od seba líšia.

Následne boli vyhotovené excelovské tabuľky, kde bolo porovnanie zrealizované podobne ako u testovania presnosti. Vznikli tri tabuľky, v ktorých sa porovnávali body určené technológiou GNSS s bodmi z prevzatej mapy. Prvá tabuľka bola vyhotovená pre polohové porovnanie bodov na budovách, meraných v našom prípade metódou pretínanie z dĺžok, kde pomocné body boli merané metódou RTK. Porovnaných bodov bolo 88 a z toho 2 nespĺňajú podmienku $|\Delta p| \leq 0,24$ m (príloha č. 10.1). V druhej tabuľke boli porovnané výšky bodoch na budovách, kde výškové rozdiely boli testované pre podmienku $|\Delta H| \leq 2 * u_H * \sqrt{k}$. Kritická hodnota základnej smerodatnej výškovej odchýlky pre 3. triedu presnosti je $u_H = 0,12$ m podľa ČSN 01 3410 *Mapy veľkých měřitek. Základní a účelové mapy*. Bolo porovnaných 48 výšok a všetky výškové rozdiely spĺňali podmienku (príloha č. 10.2).

Posledná tabuľka bola vytvorená pre porovnanie bodov na teréne, meraných metódou RTK. Vybrané boli jednoznačne identifikovateľné body, napr. vpusť, kanalizačná šachta, rohy parkoviska, významné lomové body na chodníkoch, ciest, atď. V tejto tabuľke bolo zrealizované polohové aj výškové porovnanie, kde boli polohové odchýlky a výškové rozdiely porovnávané rovnakými podmienkami ako v predchádzajúcich tabuľkách. Bolo porovnaných 83 bodov, rozmiestnených po celej mape na spevnenom povrchu a všetky body vyhovovali podmienkam (príloha č. 10.3).

ZÁVER

Cieľom tejto bakalárskej práce bola tvorba účelovej mapy metódou RTK, v mierke 1:500 v zadanej lokalite Brno – Vinohrady. Pred samotným meraním mapy bolo potrebné nájsť metódu merania neprístupných bodov pomocou technológie GNSS. Pomocou softvéru v kontrolnej jednotke GNSS prijímača, ktorý umožňoval výpočet bodu, boli testované metódy: smer-dĺžka a pretínanie z dĺžok. Pri metóde *smer-dĺžka* bol zmeraný pomocný bod metódou RTK a z neho bol prostredníctvom laserového diaľkomeru Leica Disto X310 zmeraný azimut a dĺžka. Azimuty však meral na desatiny stupňa a pri ich meraní neprospievalo laserovému diaľkomeru prostredie, kadiaľ jazdia trolejbusy a električky, čo malo za dôsledok až cca 1 meter a viac v rozdieloch súradníc na testovaných bodoch. Pri druhej metóde - *pretínanie z dĺžok*, sa merali 2 pomocné body a z nich vzdialenosti pomocou laserového diaľkomeru. Rozdiely súradníc boli len niekoľko centimetrov. Pre kladné výsledky tejto metódy bola vybraná pre meranie neprístupných bodov.

Potom bola skúšaná metóda kresby digitálnej mapy softvérovými prostriedkami priamo v teréne. Avšak pomocou GNSS aparatúry, ktorá bola vypožičaná od školy a s ktorou sa merala samotná mapa, to nebolo možné. Ďalšia metóda bolo meranie pomocnou kódov, ktorá nebola nejako zvlášť testovaná, pretože v práci vo firme GEO75 s.r.o využívame túto metódu a bola následne použitá pri meraní. Pre túto metódu bol vytvorený dátový model podľa vzoru prevzatého z firmy, ktorý bol upravený podľa daných atribútových tabuliek a doplnení o ďalšie objekty, ktorým bol priradený kód.

Po rekognoskácii terénu nasledovalo meranie podrobných bodov, ktoré bolo vykonávané metódou RTK, metódou pretínania z dĺžok pre neprístupné body spolu s kódovaním čo výrazne uľahčilo spracovanie mapy a nebolo nutné robiť meračské náčrty v teréne. Zadaná lokalita bola celkom veľká a nebola moc vhodná pre meranie technológiou GNSS, hlavne z dôvodu vysokých budov, kde sa medzi niektorými budovami a ich v blízkosti strácal signál a korekcie, čo malo za dôsledok nízkej presnosti. Výhodou obdobia kedy prebiehalo meranie, boli opadané listy zo stromov a tým nebránili až tak GNSS signálu. Tieto problémy výrazne zväčšili dobu merania zadanej lokality. Jediná časť kde nebol problém so signálom a častou stratou korekcií bol park na Pálavskom námestí a malé okolie.

Našou najväčšou snahou s kolegom Tiborom Szabóm bolo zamerať celú zadanú lokalitu touto metódou. Bohužiaľ to sa nám nepodarilo a chýbajúcu časť územia sme museli domerať totálnou stanicou. Najskôr boli vybudované pomocné meračské body, z ktorých nasledovalo podrobné meranie totálnou stanicou. Potom boli technickou niveláciou overené výšky niektorých pomocných meračských bodov.

Výhodou merania metódou RTK bolo po odmyslení najväčších problémov (častá

strata korekcií), rýchlosť a jednoduchosť merania podrobných bodov možné jedným človekom, bez budovania pomocnej meračskej siete, stavania prístroja na stanoviskách a atď. Ďalšou výhodou bol export nameraných bodov do rôznych formátov a protokolov, čo uľahčilo nasledovné spracovanie dát. Na druhú stranu nevýhodou boli vysoké budovy, čo výrazne znížilo efektívnosť merania. Ďalšou nevýhodou bolo pri meraní neprístupných bodov metódou pretínania z dĺžok, že výška určovaného bodu je priradovaná automaticky softvérom v panely z prvého pomocného bodu. Z tohto dôvodu nie sú na každom určovanom bode na budovách výšky, pretože boli rozdielne výšky pomocného bodu a určovaného. Nevýhodou bola slabá viditeľnosť laseru laserového diaľkomeru pre meranie dĺžok pri metóde pretínania z dĺžok.

Po dokončení meračských prác nasledovalo spracovanie dát z GNSS merania a z merania totálnou stanicou, grafické spracovanie, pri ktorom bola vytvorená účelová mapa v programe Microstation s nadstavbou MGEO. Na záver bola výsledná mapa porovnaná s mapou prevzatou od spolužiačky Natálie Ondovej, ktorá merala rovnaké územie, ale celé totálnou stanicou.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] Brno-Vinohrady. Wikipédia [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Brno-Vinohrady>
- [2] Mapy Google. *Google* [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z:
<https://www.google.cz/maps/@49.2056861,16.6569196,844m/data=!3m1!1e3?hl=sk>
- [3] GE10 – Mapování I, přednáška 1, Ing. Petr Kalvoda, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie
- [4] FIŠER, Z., VONDRÁK, J.: *Mapování I*. VUT, CERM s. r. o. Brno 2005
- [5] ČSN 01 3410. *Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy*. Praha, 2014
- [6] Přednáškové texty z Geodézie [online]. [cit. 2017-05-05]. Dostupné z:
<http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/index.html>
- [7] Základy terénního mapování [online]. [cit. 2017-05-05]. Dostupné z:
<http://climb.sweb.cz/uni/tka/files/teren.htm>
- [8] GE10 – Mapování I, přednáška 2, Ing. Petr Kalvoda, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie
- [9] ČSN 01 3411: *Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky*. Praha: Vydavatelství norem, 1990.
- [10] Přednáškové texty z Geodézie [online]. [cit. 2017-05-06]. Dostupné z:
<http://svf.uniza.sk/kgd/skripta/g1/kap09.pdf>
- [11] KALVODA, Petr. *Pokyn pro tvorbu účelové mapy*. Poslední aktualizace 2015. Brno, 2011
- [12] ŠVÁBENSKÝ, O., FIXEL, J., WEIGEL, J. *Základy GPS a jeho praktické aplikace*. Fakulta stavební VUT v Brně: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 1995.
- [13] ČÁBELKA, Miroslav. *Úvod do GPS*. Praha, 2008
- [14] NEVOŠÁD, Z., VITÁSEK, J., BUREŠ, J. *GEODÉZIE IV*. Fakulta stavební VUT v Brně: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2002.
- [15] Popis sítě. *CZEPOS* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z:
http://czeapos.cuzk.cz/_index.aspx
- [16] Trimble Access: *General Survey Help*. Trimble, 2017.
- [17] *Google obrázky* [online]. 2017 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z:
https://www.google.cz/search?q=Trimble+Slate&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj7_6Ta5vTAhWnKJoKHZ6PDzUQ_AUIBigB&biw=1366&bih=638#imgrc=hc9oDnvPftHp3M:

ZOZNAM OBRÁZKOV A TABULIEK

- Obr. 1 Zaujmová lokalita
- Obr. 2 Schéma družíc
- Obr. 3 Geodetický GNSS prijímač
- Obr. 4 RTK
- Obr. 5 Stanice CZEPOS
- Obr. 6 Multipath
- Obr. 7 Smer-dĺžka z bodu
- Obr. 8 Smer-dĺžka
- Obr. 9 Smer-smer
- Obr. 10 Pretínanie z dĺžok
- Obr. 11 Priesečník 4 bodov
- Obr. 12 Testovanie metódy pretínanie z dĺžok
- Obr. 13 Trimble R4-3
- Obr. 14 Trimble Slate
- Obr. 15 Disto Leica TM Plus
- Obr. 16 Niveláčny pomôcky
- Obr. 17 Podrobné meranie
- Obr. 18 Zavádzajúce auto
- Obr. 19 Budova

Tabuľka 1 Porovnanie súradníc

Tabuľka 2 Parametre totálnej stanice

Tabuľka 3 Rozdiely výšok

ZOZNAM SKRATIEK

S-JTSK	Súradnicový systém Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej
Bpv	Balt po vyrovnání
GNSS	Global Navigation Satellite System (Globálny navigačný satelitný systém)
GPS	Global Positioning System (Globálny polohový systém)
WGS 84	World Geodetic System 1984 (Svetová geodetický systém 1984)
RTK	Real Time Kinematic
CZEPOS	Česká sieť permanentných staníc pre určovanie polohy
ČR	Česká republika
VESOG	Výskumná a experimentálna sieť pre observácie s GNSS)
ČSN	Česká státní norma

ZOZNAM PRÍLOH

01 Technická správa (digitálne, papierovo)

02 Zápisníky:

- 02.1 Zápisník – polárna metóda (digitálne)
- 02.2 Zápisník – nivelácia (digitálne, papierovo)

03 Protokoly:

- 03.1 Protokol GNSS určenia podrobných bodov (digitálne)
- 03.2 Protokol GNSS určenia pomocných bodov (digitálne)
- 03.3 Protokol o výpočte polárnej metódy (digitálne)

04 Zoznamy súradníc:

- 04.1 Zoznam súradníc pomocných bodov (digitálne)
- 04.2 Zoznam súradníc podrobných bodov (digitálne)

05 Testovanie presnosti:

- 05.1 Testovanie polohovej presnosti (digitálne, papierovo)
- 05.2 Testovanie relatívnej presnosti (digitálne, papierovo)

06 Prehľadné náčrty:

- 06.1 Prehľadný náčrt pomocnej meračskej siete (digitálne, papierovo)

07 Geodetické údaje:

- 07.1 Miestopisy pomocných meračských bodov (digitálne, papierovo)

08 Atribútové tabuľky:

- 08.1 Smernice – označení prvků do projektu (digitálne)
- 08.2 Smernice – upravená pro BP 2013 (digitálne, časť papierovo)

09 Účelová mapa (digitálne, papierovo)

10 Porovnanie mapy:

- 10.1 Polohové porovnanie na budovách (digitálne, papierovo)
- 10.2 Výškové porovnanie na budovách (digitálne, papierovo)
- 10.3 Porovnanie bodov na teréne (digitálne, papierovo)