

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Ladislava ŠÁTKOVÁ

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM: GEODÉZIE A KARTOGRAFIE

STUDIJNÍ OBOR: GEODÉZIE, KARTOGRAFIE A GEOINFORMATIKA



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ SKUTEČNÉHO STAVU V OKOLÍ
ZÁKLADNÍ ŠKOLY V SADSKÉ
GEODETIC SURVEY OF THE ACTUAL STATE OF ELEMENTARY
SCHOOL AND ITS SURROUNDINGS IN SADSKÁ

Vedoucí práce: Ing. Lenka Línková, Ph.D.
Katedra speciální geodézie

2017

Ladislava ŠÁTKOVÁ



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Šátková Jméno: Ladislava Osobní číslo: 439255

Zadávací katedra: K154 - katedra speciální geodézie

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie, kartografie a geoinformatika

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Geodetické zaměření skutečného stavu v okolí základní školy v Sadské

Název bakalářské práce anglicky: Geodetic survey of the actual state of elementary school and its surroundings in Sadská

Pokyny pro vypracování:

Proveďte geodetické zaměření skutečného stavu v okolí základní školy v Sadské a vyhotovte geodetickou dokumentaci ve vhodném měřítku.

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Lenka Línková, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

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

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

22.2.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)



Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci vypracovala samostatně, pouze za přispění vedoucí mé bakalářské práce Ing. Lenky Línkové, Ph.D.

Veškeré podklady, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

Ladislava Šátková



Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce Ing. Lence Línkové, Ph.D. za poskytnutí cenných rad, trpělivost a vstřícnost v průběhu zpracování.

Stejně tak bych chtěla poděkovat firmě Geodetické služby Pečky za poskytnutá data a hlavně Elišce Kvízové za její rady a pomoc.

Nakonec děkuji své rodině za podporu a trpělivost, kterou mi věnovali nejen při psaní této práce, ale i po celou dobu studia.



Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce bylo podrobné polohopisné a výškopisné zaměření situace v okolí ZŠ Sadská v obci Sadská (k.ú. Sadská, okres Nymburk). Situace byla zaměřena pro studii stavebních úprav, jejímž cílem je omezení dopravy za účelem zvýšení bezpečnosti chodců v okolí ZŠ Sadská. V bakalářské práci jsou popsány přípravné práce, které spočívaly v rekognoskaci terénu. Dále jsou popsány samotné měřické a kancelářské práce, které zahrnují zpracování měřených dat od výpočtu až po grafické zpracování.

Klíčová slova

Měření polohopisu, prostorová polární metoda, totální stanice, GNSS (globální družicový systém), Groma v. 11, MisroStation95

Abstract

The objective of my bachelor thesis was detailed topographic and altimetric measurement of the situation in the surroundings of elementary school in Sadská (Cadastral territory Sadská, district Nymburk). The situation was measured for the study of construction adjustments which aim is to reduce traffic in order to raise safety of pedestrians crossing near elementary school in Sadská. The thesis describes terrain reconnaissance, further it is focused on necessary measuring and office work itself including processing of the collected data from calculations to graphical representation.

Key words

Planimetry measurement, spatial polar method, total station, GNSS (Global Navigation Satellite System), Groma v. 11, MisroStation95



Seznam použitých zkratk

| | |
|--------|--|
| S-JTSK | Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální |
| Bpv | Výškový systém Balt po vyrovnání |
| GNSS | Globální navigační družicový systém (Global Navigation Satellite System) |
| TopNET | Síť permanentních stanic GNSS České republiky |
| PDOP | parametr přesnosti polohy (position dilution of precision) |



Obsah

| | |
|---|----|
| 1. Úvod | 9 |
| 2. Popis lokality | 10 |
| 2.1 Město Sadská - historie | 10 |
| 2.2 Zájmové území | 12 |
| 3. Cíl, předmět a rozsah měření | 13 |
| 4. Přípravné práce | 14 |
| 4.1 Rekognoskace terénu | 14 |
| 4.2 Volba pomocných bodů | 14 |
| 5. Použité měřické přístroje a pomůcky | 16 |
| 5.1 Totální stanice NIKON NIVO 5M | 16 |
| 5.2 Přijímač GNSS South S-82T + kontroler South S10 | 18 |
| 6. Měřické práce | 19 |
| 6.1 Měřické metody | 19 |
| 6.1.1 Prostorová polární metoda | 19 |
| 6.1.2 metoda RTK (Real Time Kinematic) | 21 |
| 6.2 Měření pomocných bodů - stanovisek | 21 |
| 6.3 Měření podrobných bodů | 22 |
| 6.4 Tvorba náčrtu | 23 |
| 7. Výpočetní práce | 24 |
| 7.1 Použitý software – Groma v 11.1 | 24 |
| 7.2 Výpočty | 26 |
| 7.2.1 Editace naměřených hodnot | 26 |
| 7.2.2 Výpočty v Gromě | 26 |
| 8. Grafické práce | 28 |
| 8.1 Použitý software – MicroStation 95 | 28 |



| | |
|--|-----------|
| 8.2 Tvorba výkresu | 29 |
| 9. Závěr | 30 |
| Seznam použité literatury a zdroje | 31 |
| Seznam obrázků..... | 32 |
| Seznam tabulek..... | 33 |
| Seznam příloh..... | 34 |



1. Úvod

Bakalářská práce byla vypracována na základě měření provedených v rámci zakázky firmy Geodetické služby Pečky, kdy investorem byla obec Sadská. Úkolem bylo polohopisné a výškopisné zaměření situace v okolí ZŠ v Sadské. Skutečný stav byl zaměřen pro studii stavebních úprav, jejichž cílem je omezení dopravy za účelem zvýšení bezpečnosti chodců v okolí ZŠ Sadská. Zpracování skutečného stavu, které je zdokumentováno v této práci, tedy sloužilo jako podklad pro projektanty Ing. Josefa Stanka a Ing. Lukáše Rácza z firmy Lucida s.r.o. - projekce a inženýring, který studii vytvořili. Zakázka byla měřena v únoru roku 2016. Z důvodu rozšíření projektové dokumentace bylo v srpnu téhož roku třeba doměřit okrajové části území. První návrh studie byl vytvořen v říjnu roku 2016.

Struktura bakalářské práce je rozdělena do několika částí. První část popisuje danou lokalitu. Druhá pojednává o předmětu a rozsahu měření. Další část se týká přípravných prací, které předcházejí vlastnímu měření. Následuje část týkající se použitých přístrojů a pomůcek. Poslední části se věnují samotným pracím, počínaje vlastním měřením v terénu, následně jsou zpracována získaná data a v závěru jsou vygenerovány výsledky prostřednictvím specializovaných programů, které jsou k tomuto účelu určeny.



2. Popis lokality

2.1 Město Sadská - historie

Tento odstavec byl volně zpracován podle [1], [2], [3].

Město Sadská se nachází ve Středočeském kraji v okrese Nymburk, 37 km východně od Prahy (obr. 1). Leží v polabské nížině na Poděbradsku, poblíž Kerska. Kersko je chatová osada proslavená především Bohumilem Hrabalem.



Obrázek 1 Poloha obce Sadská [7]

Území bylo osídleno v období nejstaršího neolitu. Největší rozkvět nastal ve 12. století, kdy nechal český kníže Bořivoj II. vybudovat na kopci nad městem kostel sv. Apolináře s kapitulou, která ještě s několika dalšími zabezpečovala chod církevních institucí na území dnešních Čech a Moravy. Význam Sadské však začal upadat přeložením kapituly do Prahy (1362). Kostel byl původně románský, koncem 14. století byl přestavěn dle gotického slohu. V letech 1737-1739 byla provedena barokně gotická přestavba, přibyla kostelní loď a věž, čímž byl vytvořen půdorys kříže.

V centru města se nachází základní škola (1902), radnice (1843), barokní zvonice (1691) a Mariánský sloup (1748). Na kraji města u silnice na Prahu se nachází kaple Bolestné Panny Marie.



K rozvoji města přispělo také zřízení lázní. Nejprve dal v roce 1721 farář Schreiter postavit u studánky léčivé vody kapličku a lázeňské stavení s kabinami. Železité lázně byly v provozu až do roku 1834, kdy zde byl postaven cukrovar a po čase zanikly úplně. V roce 1882 vzniklo „Družstvo lázeňské k zřízení lázní železitéch borích sadských“. Lázně byly otevřeny v témže roce. Při vrtání studně byl objeven pramen alkalicko-muratické kyselky. Lázně byly modernizovány, byly postaveny lázeňské vilky a hotel. Léčila se zde chudokrevnost, srdeční a nervové nemoci, revmatismus a nemoci žaludku či střev. Lázně zanikly za druhé světové války.

V Sadské se také nachází Městské muzeum, které bylo založeno v roce 1910. Dnes patří pod pobočku Polabského muzea v Poděbradech a ve svých expozicích představuje historii Sadské a přibližuje místní významné rodáky.

Severně od obce se nachází umělé jezero s chatovou oblastí, které vzniklo při těžbě písku v letech 1972-1992. V létě zde nacházejí útočiště obyvatelé jak Sadské, tak okolních obcí.

Město Sadská má v současné době okolo tří tisíc obyvatel a městem se stala v roce 1784. Dnes je Sadská známá především díky rekreačnímu potenciálu. Procházky v borových lesích, rovinaté cyklotrasy a krásné koupání v místní pískovně činí z města příjemné místo pro klidnou dovolenou a chvíle odpočinku.



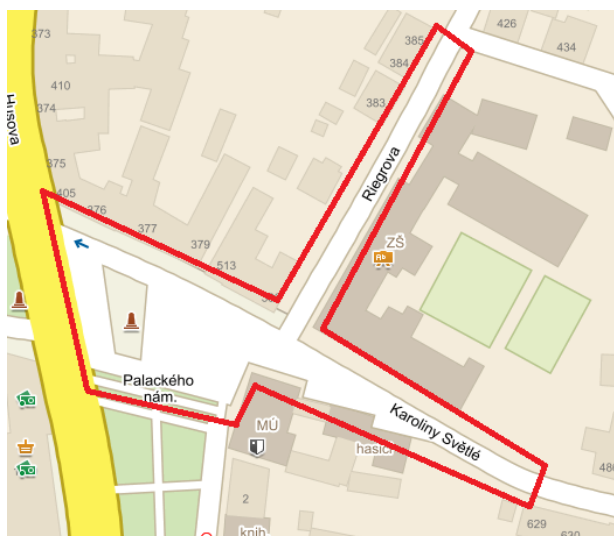
Obrázek 2 Celkový pohled na Sadskou [3]



2.2 Zájmové území

Zájmovým územím (obr. 3) měření je okolí místní základní školy, tzn. Palackého náměstí (obr. 4) a přilehlé ulice Riegrova a Karoliny Světlé.

V rohu Palackého náměstí vytváří důstojnou dominantu budova základní školy. Škola byla postavena na začátku 20. století [2] a v současné době je komplex tvořen starší budovou a novou přístavbou s tělocvičnou. Školu navštěvuje 477 žáků v devíti ročnících.



Obrázek 3 Mapa zadané lokality [8]

Na náměstí se nachází také radnice města, která se pyšní dvěma zajímavostmi, věžičkou a hodinami. Budova byla postavena v letech 1842-1843 a v jejím štítu je umístěn kolorovaný znak města. V současné době je starostou p. Milan Dokoupil.

Uprostřed Palackého náměstí se nachází morový Mariánský sloup (obr. 5). Ten byl vztyčen roku 1748. Na sloupu je umístěna socha Panny Marie s Ježíškem v náručí a u paty sloupu stojí sochy sv. Václava, sv. Floriana, sv. Apolináře a sv. Gottharda [2].

V přilehlé ulici Riegrova, která je dlouhá 110 m, se kromě budovy ZŠ nachází i rodinné domy. V zaměřovaném úseku ulice Karoliny Světlé, který je zhruba 85 m dlouhý, se nachází budova ZŠ a budova místní hasičské zbrojnice.



Obrázek 4 Letecký pohled na náměstí [3]



Obrázek 5 Morový Mariánský sloup [3]



3. Cíl, předmět a rozsah měření

Na základě objednávky obce Sadská bylo vykonáno polohopisné a výškopisné měření zájmového území v katastrálním území Sadská. Účelem je vytvoření studie stavebních úprav, jejímž cílem je omezení dopravy pro zajištění zvýšené bezpečnosti chodců v okolí ZŠ Sadská. Rozsah zaměření byl dán dvěma ulicemi (Riegrova a Karoliny Světlé) a přilehlým Palackým náměstím. Výsledek měření a studie by v budoucnu měl sloužit pro terénní úpravy tohoto území.

Předmětem měření byly budovy, vstupy, oplocení, komunikace, chodníky, lampy veřejného osvětlení, telefonní přípojky, povrchové znaky (poklopy šachet, kanalizační vpusti, hydranty, vodovodní šoupata), dopravní značky, stromy a zpevněné plochy (parkoviště, a další).

Výstupem práce je část digitální ve formátech *.dgn, dále pak seznam souřadnic a výšek bodů měřické sítě a podrobných bodů.



Obrázek 6 Pohled na ulici Karoliny Světlé



4. Přípravné práce

Před měřením je důležité si promyslet postup prací a vybrat vhodné metody měření. V tomto případě šlo o jednoduše přístupné území, kde byl měřen polohopis a výškopis. Proto bylo zvoleno měření podrobných bodů tachymetricky, pomocí totální stanice NIKON NIVO 5M. Pomocné body, které sloužily jako stanoviska, byly měřeny GNSS přijímačem SOUTH S-82T, metodou RTK. Vzhledem k velkému množství prvků pro zaměření, nebyla žádná mapa vhodná jako podklad, náčrt byl tedy kreslen celý ručně.

4.1 Rekognoskace terénu

Rekognoskace terénu spočívá ve zjišťování skutečností v lokalitě, kde se mají konat geodetické práce [4] a je nutné ji provádět před zahájením každého měření. Výsledkem rekognoskace je seznámení se s lokalitou a volba vhodných pomocných bodů.

4.2 Volba pomocných bodů

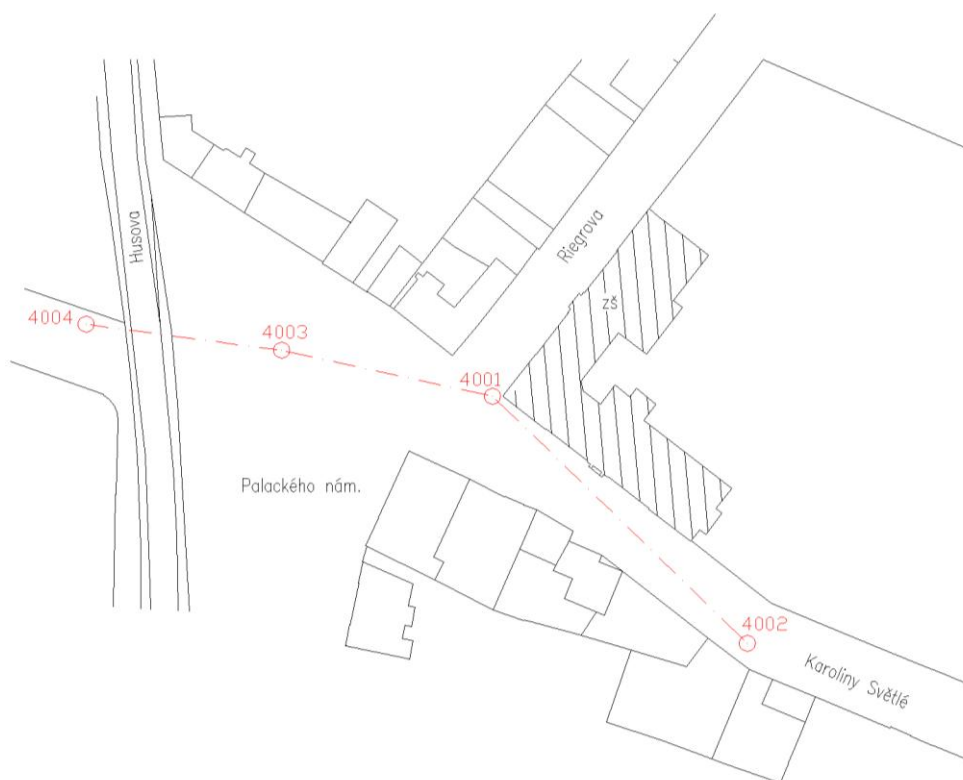
Při volbě měřické sítě se je nutné zohlednit různé faktory. Stanoviska musí být volena tak, aby z nich bylo možné zaměřit co nejvíce podrobných bodů. V jejich blízkosti nesmí být žádné překážky, které by znesnadňovaly zaměření podrobných bodů (např. stromy, lampy veřejného osvětlení apod.). Stanoviska jsou volena zejména na místech vhodných pro určení polohy metodou GNSS. V tomto případě byla při prvním měření zvolena čtyři stanoviska s označením 4001 až 4004 (obr. 8). Při doměřování byla stanoviska označena čísly 5001 až 5007 (obr. 9), kde $4003 = 5007$ (*pro další výpočty je používáno jen číslo 4003*). Všechny tyto body byly stabilizovány nastřelovacími hřeby (obr. 7).

Měřická síť byla připojena do souřadnicového systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a výškového systému Balt po vyrovnání (Bpv) pomocí technologie GNSS.

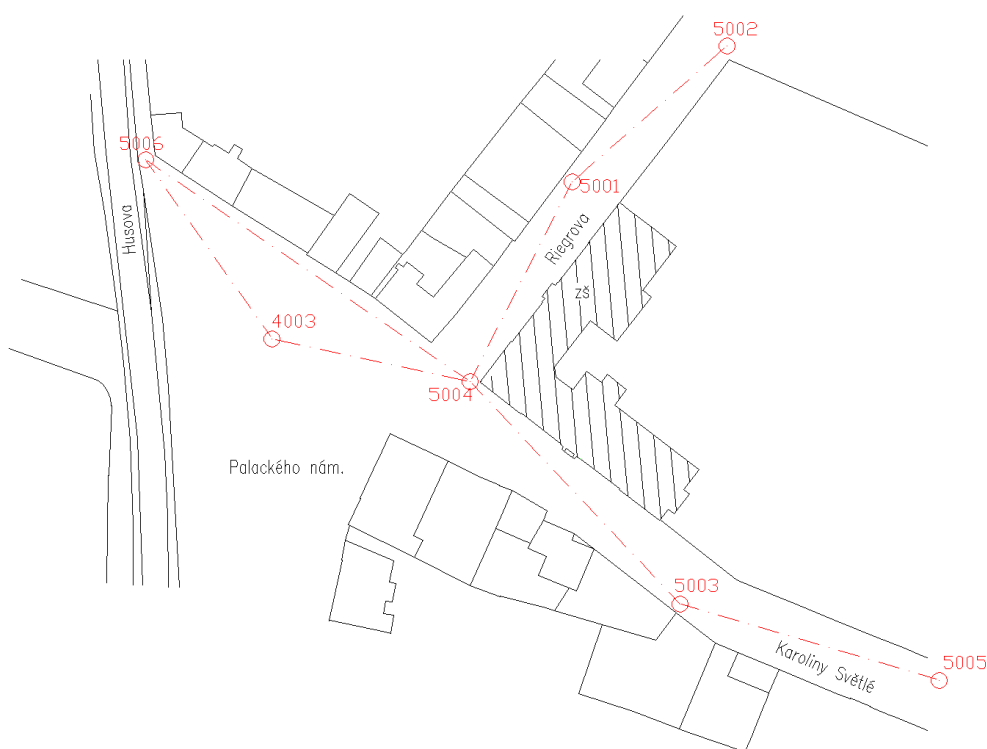
Rekognoskace terénu a volba pomocných bodů proběhla vždy v den měření podrobných bodů totální stanicí.



Obrázek 7 Stabilizace bodu



Obrázek 8 Schéma stanovišek



Obrázek 9 Schéma stanovišek



5. Použité měřické přístroje a pomůcky

5.1 Totální stanice NIKON NIVO 5M

Jedná se o malou a lehkou totální stanici (obr. 10). Je vybavená interní pamětí až na 32 zakázek a 10 000 záznamů, quasi-alfanumerickou klávesnicí s 25 tlačítky a v jedné poloze grafickým podsvíceným LCD displejem (128 x 64 pixelů), nekonečnými ustanovkami a dvěma nezávislými vstupy pro Li-Ion baterie (tím je umožněna doba provozu až 31 hodin). Bez použití odrazného hranolu umožňuje měřit až do vzdálenosti 300 m, s použitím odrazného hranolu až do vzdálenosti 5 km. Dále je vybavena automatickým dvojosým kompenzátozem a odnímatelnou trojnožkou. Pomocí softwaru GLoad jsou naměřená data importována do PC [5].

Tabulka 1 Technické parametry totální stanice NIKON NIVO 5M [5]

| Dalekohled | | |
|--|-----------------------------------|-----------------|
| obraz | vzpřímený | |
| zvětšení | 30 x | |
| rozišovací schopnost | 2 ^{cc} | |
| průměr objektivu | 45 mm (EDM 50 mm) | |
| laser pointer | koaxiální (souosý) červené světlo | |
| Zorné pole | | |
| Minimální zaostření | 1,5 m | |
| Měření vzdáleností | | |
| Světelný zdroj | laserová třída 1 | |
| Měření úhlů | | |
| Minimální čtení | 2 ^{cc} | |
| Přesnost | 15 ^{cc} | |
| Měřický dosah | | |
| | bez hranolu | 1,5 m až 300 m |
| normální podmínky (viditelnost 40 km) | štítek | 1,5 m až 300 m |
| | hranol | 1,5 m až 5000 m |
| Přesnost | | |
| hranol | +/- (3+2 ppm x D) mm | |
| štítek | +/- (3+2 ppm x D) mm | |
| bez hranolu | +/- (3+2 ppm x D) mm | |

| Nejmenší zobrazená hodnota | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------|
| | normální režim | 10 mm |
| | přesný režim | 1 mm |
| Doba měření | | |
| na hranol | přesný režim | 1,5 vteřiny |
| | normální režim | 0,8 vteřiny |
| bezhranolové měření | přesný režim | 1,8 vteřiny |
| | normální režim | 1,0 vteřiny |
| Ostatní parametry | | |
| | citlivost krabicové libely | 10'/2 mm |
| | optická centrace | zvětšení 3x |
| | pracovní teplota | -20°C až +50°C |

Pro měření vzdáleností byl použit odrazný hranol Nikon se součtovou konstantou +30 mm.



Obrázek 10 Totální stanice Nikon NIVO 5M [5]



5.2 Přijímač GNSS South S-82T + kontroler South S10

GNSS přijímač od firmy South se skládá z kontroleru a antény, jejíž součástí je interní modem o velikosti 3.5 G a integrovaný Bluetooth. Ten umožňuje komunikaci přijímače a kontroleru.

220 kanálový GNSS přijímač S-82T je schopen sledovat GPS i GLONASS satelity a je již připraven na připojení k satelitům Galileo. Přijímač je vybaven operačním systémem Windows Mobile 6. Je jednoduchý na ovládání, např. při spuštění funkce „Spustit Bluetooth jako minule“ je ihned spuštěno předešlé měření nebo vytyčování, čímž je ušetřen čas i práce. Měření bodů je též jednoduché, provádí se pomocí tlačítka ENTER. Přijímač umožňuje body kódovat nebo spojovat čarami. Pro přehlednost je možné pořizovat i fotografie s vlastními popisy [6]. Software pro převod naměřených ETRS89 nebo WGS-84 souřadnic s elipsoidickou výškou do S-JTSK, se nazývá TRANSFORM MAX.

Tabulka 2 Technické parametry GNSS přijímače South S-82T [6]

| METODY | |
|-----------------------------------|-----------------|
| Statická + rychlá statická | |
| poloha | přesnost |
| horizontální | 3 mm + 0,5 ppm |
| vertikální | 5 mm + 0,5 ppm |
| Real Time Kinematic (RTK) | |
| poloha | přesnost |
| horizontální | 8 mm + 1 ppm |
| vertikální | 15 mm + 1 ppm |
| ostatní parametry | |
| inicializace | < 8 s |
| spolehlivost inicializace | > 99,9% |



Obrázek 11 GNSS South S82-T + S10 [6]

Kontroler South S10 je vybaven ovládacím softwarem Carlson SurvCE. Jedná se o dobře ovladatelný software v českém jazyce, který již přímo pracuje s S-JTSK se schváleným globálním klíčem [6].

Výdrž baterie v režimu RTK je cca 6 – 10 hodin.



6. Měřické práce

Tato část obsahuje kromě rekognoskace veškeré terénní činnosti. Popsány jsou zde i teorie použitých měřických metod.

6.1 Měřické metody

6.1.1 Prostorová polární metoda

Polární metoda je způsob podrobného měření, při kterém je z daných bodů (stanovisek) určena poloha podrobných bodů polárními souřadnicemi. To je vodorovný úhel (mezi orientačním směrem a určovaným bodem) a délka (od stanoviska k určovanému bodu). [4] V současné době je používána prostorová polární metoda, při níž je určena i výška bodů. U polární metody je možné se setkat s pojmy polární doměrek a polární kolmice. Polární doměrek je měřen v případě, že je vnitřní roh budovy nepřístupný a je nutné zaměřit délku. Polární kolmice je určena pokud na určovaný bod není ze stanoviska vidět. Při měření je možné hovořit o dvou případech, postavení na známém stanovisku (pevné stanovisko) a postavení na neznámém stanovisku (volné stanovisko).

Poloha a výška jednotlivých bodů je získána měřením vodorovného úhlu, zenitového úhlu a šikmé vzdálenosti. Vodorovné souřadnice X a Y ve zvoleném souřadnicovém systému jsou vypočítány pomocí rajónu. Výšková souřadnice Z pak pomocí trigonometrie.

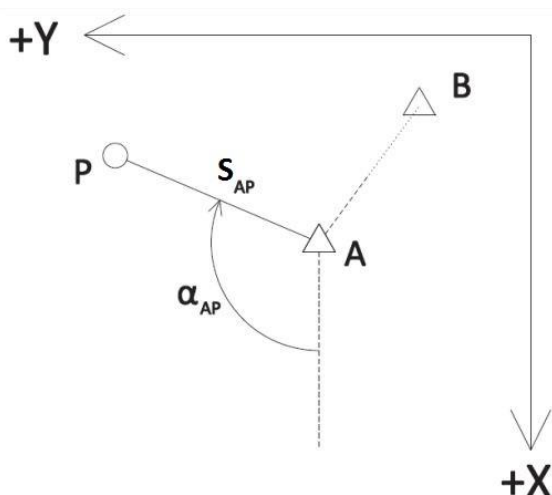
Rajón je orientovaná a délkově zaměřená spojnice daného a určovaného bodu. (obr. 12) [4]. K výpočtu souřadnic určovaných bodů je potřeba znát souřadnice daného bodu (stanoviska) a souřadnice orientačního bodu. Pokud je orientací víc, je nutno provést orientaci směru a vypočítat tak orientační posun. Měřenými hodnotami je vodorovný směr, zenitový úhel a šikmá délka na určované body. Pro výpočet je nejprve potřeba přepočítat šikmou vzdálenost na vodorovnou pomocí vzorce:

$$S_{AP} = \check{S}_{AP} * \sin Z$$

Polohové souřadnice Y, X určovaného bodu jsou vypočítány podle vzorce:

$$Y_P = Y_A + S_{AP} * \sin \alpha_{AP}$$

$$X_P = X_A + S_{AP} * \cos \alpha_{AP}$$



Kde: S_{AP} -vodorovná vzdálenost
 \check{S}_{AP} -šikmá vzdálenost
 Z -zenitový úhel
 α_{AP} -směrník na určovaný bod [9]

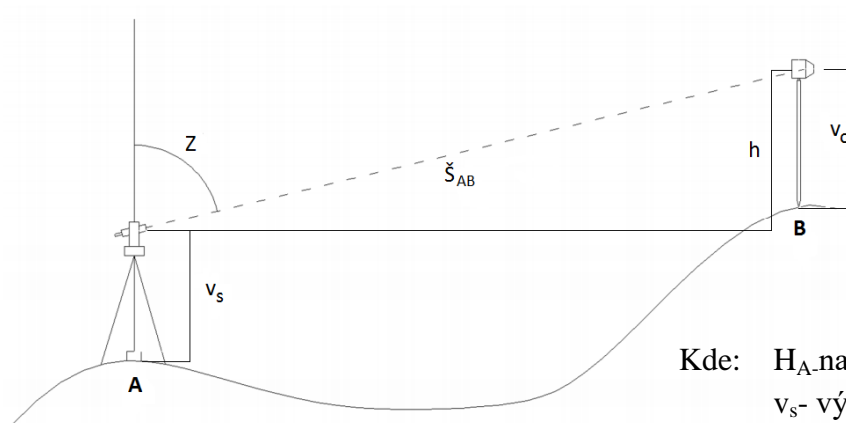
Obrázek 12 Princip rajonu [9]

Trigonometrické určování výšek (obr. 13) je založeno na principu měření zenitových úhlů a šikmých délek. Nadmořská výška určovaného bodu je vypočítána z nadmořské výšky známého bodu, výšky přístroje, výšky cíle a převýšení k bodu podle vzorce:

$$H_B = H_A + v_s + h - v_c$$

Převýšení je vypočítáno:

$$h = \check{S}_{AB} * \cos Z$$



Kde: H_A -nadmořská výška stanoviška
 v_s - výška přístroje
 v_c -výška cíle
 h -převýšení

Obrázek 13 Princip trigonometrie [9]

Pokud je určována nadmořská výška bodu, jehož vzdálenost od známého bodu není větší než 300 m, je možné ve výpočtu zanedbat opravu z refrakce a zakřivení Země.



6.1.2 Metoda RTK (Real Time Kinematic)

Metoda GNSS poskytuje výsledky měření v reálném čase. V základní konfiguraci se měřící sestava skládá z přijímače umístěného po dobu měření na bodě o známých souřadnicích, tzv. „base“, a z přijímače, který se pohybuje po určovaných nebo vytyčovaných bodech, tzv. „rover“. Mezi base a rover musí být permanentní datové spojení realizované např. radiomodemy nebo trvalým připojením k internetu prostřednictvím GSM.

Base může být nahrazen sítí referenčních stanic. Měření pak probíhá pouze s jedním přijímačem, který je trvale připojen k internetu a poskytovateli korekcí. V České republice jsou v provozu tři sítě referenčních stanic a to CZEPOS (ČUZK), Trimble VRS NOW (Geotronics spol. s.r.o., Trimble), TopNET (Geodis Brno, Topcon). Výhodou je tedy koupě pouze jednoho geodetického přijímače, který musí být vybaven softwarem pro výpočet ambiguit v reálném čase. V současné době je toto řešení nejpoužívanější.

Nevýhodou je cena přijímače, které je jednoznačně vyšší, než cena přijímače pro postprocessingové měření.

Přesnost metody GNSS se udává v bezrozměrném parametru, udávající vliv geometrie prostorového uspořádání družic GNSS a přijímače, tzv. PDOP. Čím je tato hodnota nižší, tím je měření přesnější [4].

6.2 Měření pomocných bodů - stanovisek

Dne 5. 2. 2016 byla v terénu měřena stanoviska 4001 - 4004. Měření proběhlo pomocí GNSS metodou RTK a bylo připojeno na referenční stanici NVR3 sítě TopNET. Observace na všech bodech probíhala zhruba 20 sekund. Každé stanovisko bylo touto metodou měřené dvakrát s cca 6,5 hodinovým odstupem. Minimální PDOP byl v tomto případě 1,3 a maximální 2,0.

Stanoviska z doměřování podrobných bodů byla měřena 29. 8. 2016 stejnou metodou i s připojením na stejnou referenční stanici. Observace probíhala také 2 x po dobu cca. 20 vteřin s odstupem 1,5 hodiny. Zde byl minimální PDOP 1,4 a maximální 3,1. Byly změřeny pouze body 5001, 5002 a 5004 – 5006. Bod 5003 nebylo v tento den možné změřit, protože byl nepřístupný přes zaparkované auto. Souřadnice tohoto stanoviska byly vypočítány rajonem z bodu 5004.



Tabulka 3 Souřadnice stanovišek

| BOD | Y [m] | X [m] | H [m] |
|-----------------|-----------|------------|--------|
| 4001 | 702015,72 | 1043009,05 | 188,01 |
| 4002 | 701955,86 | 1043062,74 | 187,76 |
| 4003 | 702062,41 | 1043000,17 | 188,15 |
| 4004 | 702104,20 | 1042990,01 | 188,34 |
| <i>DOMĚŘENÍ</i> | | | |
| 5001 | 701987,01 | 1042959,57 | 187,64 |
| 5002 | 701952,58 | 1042925,04 | 187,25 |
| 5003 | 701960,26 | 1043059,70 | 187,75 |
| 5004 | 702015,59 | 1043008,06 | 188,03 |
| 5005 | 701906,37 | 1043078,23 | 187,50 |
| 5006 | 702091,60 | 1042952,16 | 188,18 |

6.3 Měření podrobných bodů

4. 2. 2016 proběhlo podrobné měření, které trvalo přibližně od 9 do 16 hodin. Měření postupně probíhalo na stanoviškách 4001 – 4003. Po přípravě totální stanice na stanovišku, kde byla pečlivě zcentrována a horizontována, byla v paměti založena nová zakázka. K tomuto účelu slouží funkce *menu/zakázky/nová*. Číslo zakázky bylo *12-2016*. Funkcí *stanovisko/rychlé* bylo nastaveno stanovisko a zadány jeho příslušné parametry, jako je číslo a výška přístroje nad bodem, která byla naměřena dvou metrem k rysce u dalekohledu totální stanice. Teplota byla vložena do totální stanice ve stupních (°C) a atmosférický tlak v hektopascalech (hPa). Teplota a tlak jsou veličiny potřebné pro výpočet fyzikální redukce, přičemž totální stanice pak automaticky opravuje všechny naměřené šikmé délky o tyto hodnoty. Nakonec byla v módu měření nastavena konstanta odrazného hranolu a přesnost měření – délky na dvě desetinná místa (centimetry), úhly na čtyři desetinná místa (vteřiny).

Po přípravě totální stanice bylo přistoupeno k měření orientací. Ty byly měřeny před podrobnými body ve dvou polohách dalekohledu na všechny ostatní viditelné pomocné body.

Na každém pomocném bodě následovalo po měření orientací podrobné měření. K tomu byla použita prostorová polární metoda. Podrobné body byly měřeny v jedné



poloze dalekohledu. Měřena byla šikmá délka, vodorovný a svislý úhel. Postupně byly měřeny všechny prvky, které jsou předmětem měření (viz kapitola 3). Některé podrobné body byly pro kontrolu měřeny ze dvou stanovisek.

28. 8. 2016 proběhlo doměření zadané lokality (zakázka č. 139-2016), které probíhalo stejně jako v prvním případě.

Tabulka 4 Informace o podrobném měření

| Stanovisko | Orientace | Podrobné body |
|-----------------|-----------|---------------|
| 4001 | 4003 | 1 - 136 |
| | 4002 | |
| 4002 | 4001 | 137 - 168 |
| 4003 | 4001 | 169 - 316 |
| | 4004 | |
| <i>DOMĚŘENÍ</i> | | |
| 5001 | 5002 | 1 - 35 |
| 5002 | 5001 | 36 - 72 |
| 5003 | 5004 | 73 - 124 |
| | 5005 | |
| 5004 | 5001 | --- |
| | 5003 | |
| | 5006 | |
| | 5007 | |
| 5006 | 5007/4003 | 125 - 143 |
| 5007 | 5004 | --- |
| | 5006 | |

6.4 Tvorba náčrtu

Měřický náčrt je grafické vyjádření výsledků podrobného měření, které je podkladem pro zobrazování [4].

Náčrt byl ručně tvořen během měření v terénu. Všechny viditelné prvky polohopisu jako silnice, chodníky, rozhraní budov a pozemků, veškerá zeleň, lampy veřejného osvětlení, dopravní značky a ostatní prvky, které byly cílem zaměření, byly do náčrtu zakresleny.



7. Výpočetní práce

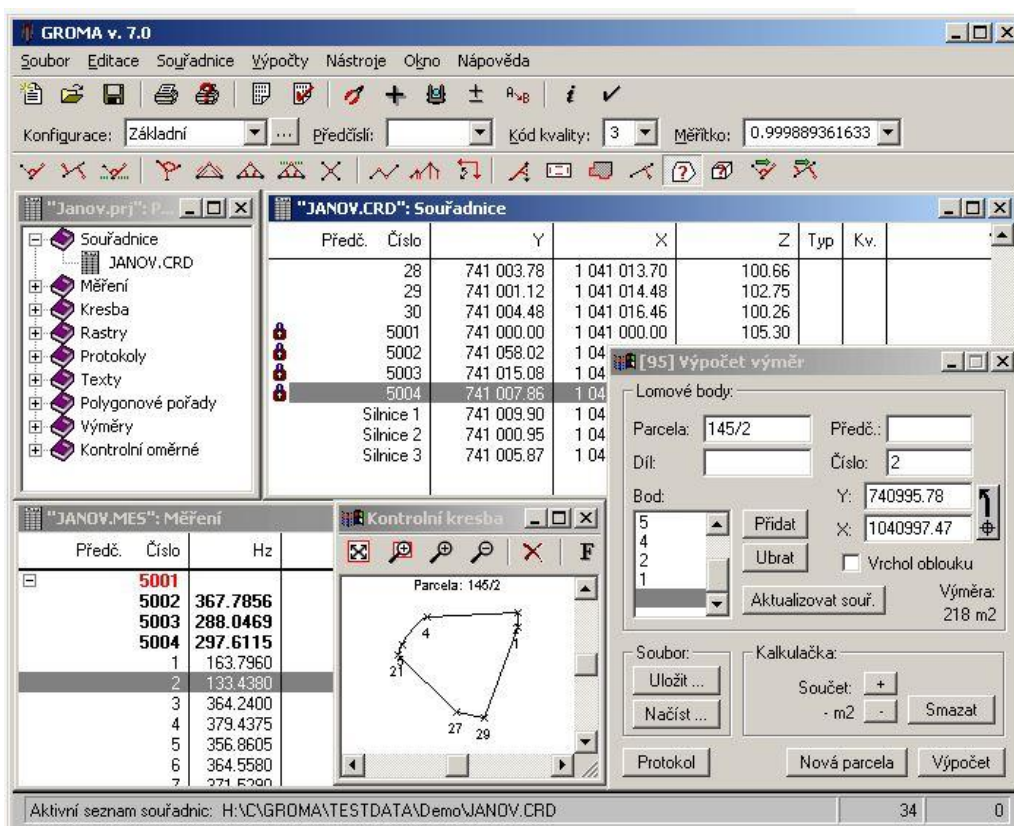
Po terénních pracích následuje zpracování v kanceláři. Nejprve výpočetní, pak grafické. Tyto práce jsou ve většině případů časově náročnější než práce v terénu. Řešeny jsou postupy zpracování měřených dat, a to od výpočtů až po následné vykreslení.

Veškeré výpočty byly během zpracování ukládány do protokolu o výpočtu, který je součástí příloh (příloha 5).

7.1 Použitý software – Groma v 11.1

Groma je geodetický software firmy Geoline s.r.o. pracující v prostředí Microsoft Windows. Program je určen ke komplexnímu zpracování geodetických dat. Zpracovává vše od údajů přenesených z totální stanice až po výsledné seznamy souřadnic, výpočetní protokoly, či kontrolní kresbu.

V programu Groma lze řešit všechny základní geodetické úlohy. Software obsahuje i jednoduchou grafiku a je schopen zpracovávat data ve formátech všech běžných záznamníků. Jak dávkově, tak i jednotlivými výpočty.



Obrázek 14 Vzhled obrazovky programu Groma [10]



Program byl použit v prostředí 64 bitů Microsoft Windows. Výhodou je, že je možné pracovat s více soubory najednou, tedy že je možné mít otevřeno několik seznamů souřadnic současně. Body lze přetahovat myší z jednoho seznamu do druhého a volit, který soubor má být právě aktivní. Tento aktivní soubor je cílový pro ukládání vypočtených bodů. V seznamu souřadnic je možno označovat položky jednotlivě, nebo podle různých výběrových kritérií. S nimi je možno pracovat v dalších operacích (různé výpočty, hromadné změny, kopírování, atd.). Kromě seznamu souřadnic může být v prostředí i seznam měření. Měření lze přímo importovat z formátů běžných záznamníků. Měření lze libovolně editovat, přidávat nebo mazat.

Všechny výpočetní úlohy probíhají v přehledných dialogových oknech, těch může být otevřeno více najednou. Měřená data i souřadnice lze do dialogových oken přetahovat myší, což ulehčuje práci a odstraňuje zdroje chyb.

Groma umožňuje kompletní zpracování zápisníku (měření v obou polohách, opakované měření, redukci směrů, obousměrně měřené délky). Měření lze i opravit o vliv refrakce a zakřivení či o vliv indexové chyby. V programu je možné dávkově spočítat celý seznam naměřených hodnot nebo jeho část. Při výpočtu je zadán pouze vstupní a výstupní soubor, program poté sám spočítá souřadnice všech zaměřených bodů.

Seznamy souřadnic lze exportovat a importovat do množství různých formátů, například do nejčastěji používaného textového souboru. Body v seznamech souřadnic je možné kódovat až dvaceti znaky, popř. lze přímo připojit či vytvořit vlastní kódovací tabulky.

Při všech výpočtech automaticky vznikají textové protokoly o výpočtu. Protokoly je možné editovat, tisknout nebo jakkoli dále zpracovávat textovým editorem. Automaticky jsou zde zapisovány výsledky tolerance či testování odchylek geometrických parametrů dle platných předpisů pro práci v katastru nemovitostí.

K seznamu souřadnic lze otevřít okno s grafikou, v němž jsou tyto body, popř. jejich vybraná část, zobrazeny. Zde je možné body spojovat čarami, grafické elementy lze ukládat do 64 různých vrstev, které je možné libovolně zapínat a vypínat. Grafiku je možné uložit ve standardním formátu *dxf*, ten je kompatibilní s většinou grafických softwarů, např. Microstation a AutoCAD.

V závislosti na zvolené klávesové zkratce umožňuje Groma přímou komunikaci se systémem Microstation a PowerDraft. Myší lze přímo přetahovat body ze seznamu



souřadnic do výkresu, odečítat souřadnice a ukazovat body pro výpočetní funkce ve výkresu.

Program umožňuje digitalizaci naskenované mapy ve formátu .bmp. V dialogovém okně s obrazem mapy lze označit pomocí myši body, jejichž souřadnice jsou vypočítány programem a ukládány do seznamu souřadnic.

Pro jednodušší práci každého uživatele lze parametry programu nastavit podle vlastních potřeb. Je možné například volit: počet desetinných míst pro výpis všech údajů, pořadí souřadnic na obrazovce i ve všech výpisech, práci v šedesátinné i setinné úhlové míře, redukci souřadnic, měřítkový koeficient, atd.

System lze podle individuálních potřeb doplňovat různými moduly pro řešení specifických úloh. V současné době jsou k dispozici tyto moduly: kontrolní kresba k výpočtům, výpočet zkreslení v Křovákově zobrazení, vyrovnání rovinné sítě metodou MNČ, výpočet bodů na trase komunikace. Dále moduly pro přenosy dat mezi programem Groma a stroji GEODIMETR či TOPCON [10].

7.2 Výpočty

V této části je popsána práce s naměřenými hodnotami od jejich editace až po převod výsledných souřadnic do formátu *.dgn.

7.2.1 Editace naměřených hodnot

Veškeré v terénu naměřené hodnoty jsou ukládány do interní paměti totální stanice. Přenos dat byl proveden pomocí datového kabelu propojeného s PC. Tím jsou získána data textového tvaru ve formátu *.sdt a *.zip. Data, kromě měřených hodnot, lze editovat. Podle poznámek z průběhu měření bylo nutné u vybraných bodů přepsat výšku cíle, která nebyla v totální stanici omylem změněna.

Data naměřená pomocí GNSS byla, podobně jako u totální stanice, uložena do interní paměti a pomocí datového kabelu propojeného s PC přenesena do programu TRANSFORM MAX. V tomto programu byl vytvořen *protokol určení bodů technologií GNSS* (příloha 1) a *technická zpráva* (příloha 2).

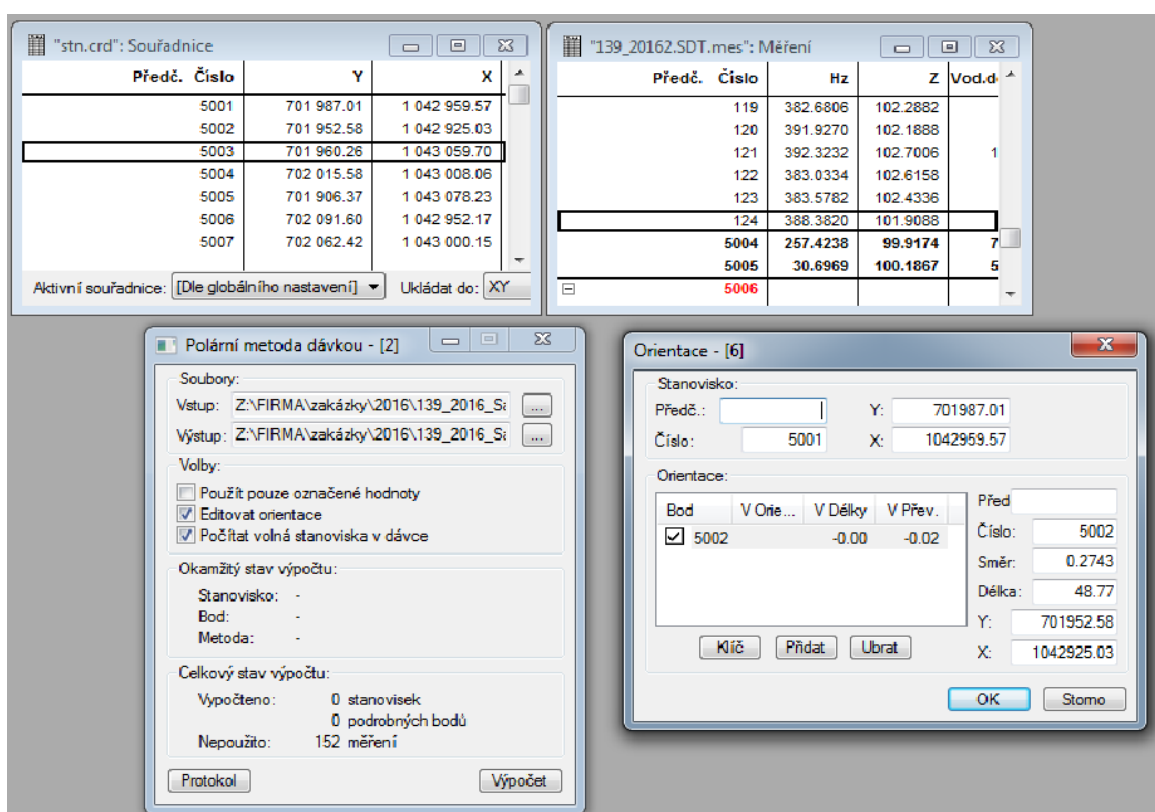
7.2.2 Výpočty v programu Groma

V programu Groma byl nejdříve vytvořen nový soubor se seznamem souřadnic (*.crd). Do tohoto souboru byly nahrány souřadnice pomocných bodů. Poté byl načten zápisník měření (*.mes). Pomocí funkce *Měření/Zpracování zápisníku* bylo v tomto



souboru zpracováno měření v obou polohách dalekohledu (orientace), zenitové úhly byly opraveny o indexovou chybu a šikmé délky redukovány na vodorovné.

Z takto připraveného měření byly spočteny souřadnice podrobných bodů. Výpočet byl proveden pomocí funkce *Výpočty/Polární metoda dávkou*. Vstupem byl soubor s měřeními a výstupem soubor se souřadnicemi. Protokol z tohoto výpočtu je součástí příloh (příloha 5).



Obrázek 15 Výpočet polární metody dávkou

Při výpočtu doměřované lokality byla pro kontrolu zvolena ze stanoviska 5001 orientace na známý podrobný bod (roh budovy) z měření zakázky č. 12-2016.

Jelikož při doměřování nebylo pomocí GNSS změřeno stanovisko 5003, bylo tedy spočteno rajonem v programu Groma pomocí funkce *Výpočty/Polární metoda*, kde jako stanovisko byl zvolen bod 5004 s orientací na body 5001, 5006 a 5007.

Z výpočtů byl získán seznam souřadnic a výšek stanovisek a podrobných bodů v S-JTSK.



8. Grafické práce

Po výpočetních kancelářských pracích následují práce grafické.

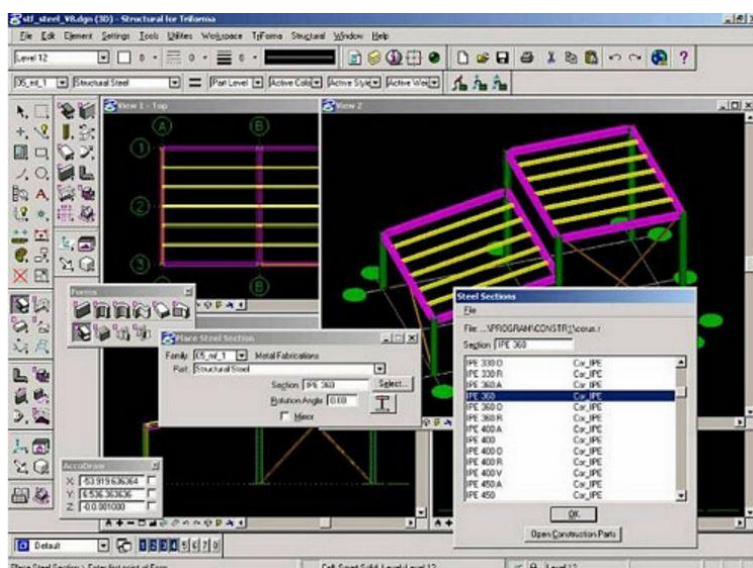
8.1 Použitý software – MicroStation 95

Grafický software MicroStation 95 je produktem společnosti Bentley. Její využití leží především v architektuře, stavebním inženýrství, dopravě, kartografii, při výrobě výrobních zařízení, státní správě a samosprávě a inženýrských a telekomunikačních sítích. Hodnota dat, která jsou vytvořena, se může řádově zvýšit podle rozsahu a komplexnosti řešení, v rámci kterého se MicroStation používá.

V programu MicroStation 95 je možné vytvářet 3D modely objektů a budov. Modely a jejich části jsou elektronickou simulací reálných objektů a obsahují všechny informace o jejich parametrech. Údaje i celé části modelů se přizpůsobují jednotlivým fázím cyklu tvorby projektu (návrh, projektování, výstavba, provoz), což zjednodušuje vedení projektu a zefektivňuje provoz objektu.

MicroStation 95 je schopen spolupráce s jinými programy. To znamená, že je možné uložit výkresy v takovém formátu, který bude pochopitelný i pro jiný grafický program. Využívá svůj vlastní formát dat zvaný DGN. Tento formát neobsahuje žádná omezení přesnosti, počtu vrstev či velikosti výkresu nebo buněk.

Uživatelské prostředí vychází ze standardu MS Office 97. Pracovní plocha obsahuje barevné ikony funkcí v paletách nástrojů. Lze otevřít celkem 8 různých pohledů na tentýž výkres, které se zobrazují ve standardních oknech. To je výhodné hlavně, když je potřeba pracovat s několika detaily, jejichž vzájemná vzdálenost je mnohonásobně větší než jejich rozměr. Základní manipulace s okny, jako je minimalizace, změna rozměrů apod. je stejná jako v jiných aplikacích systému Windows.



Obrázek 16 Grafické prostředí MicroStation 95 [11]



Je-li do výkresu umístěn nový prvek, stane se tento prvek součástí modelu. Existují dva typy modelů – výkresy tvořené jednotlivými prvky a archy používané pro připojení referencí při vytváření finálního výkresu. Soubor může obsahovat více modelů, které mohou být jak 2D tak 3D.

Výhodou MicroStation 95 je funkce historie výkresu. Ta je využita zejména při práci na dlouhodobých projektech, kdy je třeba zpětně sledovat jednotlivé kroky, nebo se vrátit k předešlé verzi projektové dokumentace.

Kresba je složena z jednotlivých grafických prvků tvořených datovými body. Každý datový bod, který je v modelu umístěn, má zaznamenánu polohu vůči pracovní ploše prostřednictvím souřadnic X a Y.

Program nabízí velké množství specifických funkcí. Mezi ně patří kreslení čar, oblouků, kružnic, křivek, obdélníků, textů atd. S prvky lze provádět operace výběru a editace. Jedná se hlavně o změnu vzhledu, přesun, kopírování, otáčení atd.

Geodeti si pro svou práci nejčastěji připojují různé knihovny buněk, ve kterých jsou předem definovány styly čar či bodové značky [11].

8.2 Tvorba výkresu

Výkres byl zpracován v programu MicroStation 95. Prvním krokem je import a zobrazení vypočtených bodů do základacího výkresu, který byl dodán projektantem. Pro usnadnění práce byly připojeny knihovny buněk s předdefinovanými styly čar a bodovými značkami (soubory s koncovkami: *.stg*, *.cel*).

Následovala tvorba vlastní kresby, která byla tvořena pomocí měřických náčrtů. Jednotlivým bodům byly na základě náčrtů přiřazovány příslušné značky a linie. Objekty byly automaticky podle připojených tabulek umísťovány do vrstev. Veškeré uzavřené plochy byly doplněny o popisy.

Poté byly do výkresu umístěny křížky hektometrické sítě (10 x 10 m), dále pak legenda, severka a popisové pole. Nakonec byl výkres vytištěn do formátu *.pdf* v měřítku 1:650 (příloha 8).



9. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření mapy okolí ZŠ v Sadské, která sloužila jako podklad pro připravovanou studii o bezpečnosti žáků ZŠ. Toto obnášelo zaměření lokality, zpracování měřených dat a tvorbu výkresu dané lokality.

V oblasti bylo provedeno podrobné měření pomocí totální stanice Nikon NIVO 5M. Pomocné body byly zaměřeny pomocí přijímače GNSS South S-82T. Protokoly z měření GNSS i totální stanicí jsou součástí příloh.

Pro zpracování měřených dat byl použit program Groma v. 11, podrobné body byly spočteny pomocí polární metody dávkou. Zápisník měření a protokoly o výpočtech jsou též součástí příloh.

Grafické zpracování proběhlo v programu Microstation 95. Byly zakresleny všechny viditelné prvky polohopisu. Výkres byl zpracován v měřítku 1:650 na formát papíru A3 a jeho originál je v přílohách.



Seznam použité literatury a zdroje

- [1] Sadská. *Wikipedie* [online]. [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/>
- [2] Do let minulých zvu Vás - Sadská (Multi-cache) in Stredocesky kraj, Czech Republic created by Mack_VK. [online]. Copyright © 2000 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: https://www.geocaching.com/geocache/GC1XF4W_do-let-minulych-zvu-vas-sadska?guid=8692366d-877b-478d-94a2-9a83d6f50fc3
- [3] Město Sadská - Oficiální stránky města Sadská. *Město Sadská - Oficiální stránky města Sadská* [online]. Copyright © 2017 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://www.mesto-sadska.cz/>
- [4] Slovník VÚGTK. *VÚGTK, v.v.i.* [online]. Copyright © 2005 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <https://www.vugtk.cz/slovník/index.php>
- [5] Totální stanice NIKON NIVO 5.M. *Geoobchod.cz* [online]. Copyright © 2012 geoobchod, s.r.o. [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://geoobchod.cz/nikon-totalni-stanice-nikon-nivo-5m-C-317-D-1652.html>
- [6] GNSS přijímač SOUTH S-82T + S10 + SurvCE. *Geoobchod.cz* [online]. Copyright © 2012 geoobchod, s.r.o. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://geoobchod.cz/south-surveying-gnss-south-s-82t--s10-se-survce-zaruka-36-mesicu-C-352-D-2031.html>
- [7] ITC. *Object moved* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/#ipsQueue>
- [8] *Mapy.cz*. *Mapy.cz* [online]. Praha: seznam.cz, 1998 [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.9874394&y=50.1362293&z=18&l=0>
- [9] ČADA, Václav. Přednáškové texty z Geodézie [online]. Plzeň [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/gen1/html/index.html>
- [10] *Oficiální web* systému Groma [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://www.groma.cz/>
- [11] Oficiální webová stránka softwaru MicroStation. *GISoft* [online]. [cit. 2017-05-23]. Dostupné z: <http://www.gisoft.cz/MicroStation/MicroStation>



Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obrázek 1 Poloha obce Sadská [7] | 10 |
| Obrázek 2 Celkový pohled na Sadskou [3] | 11 |
| Obrázek 3 Mapa zadané lokality [8]..... | 12 |
| Obrázek 4 Letecký pohled na náměstí [3] | 12 |
| Obrázek 5 Morový Mariánský sloup [3] | 12 |
| Obrázek 6 Pohled na ulici Karoliny Světlé | 13 |
| Obrázek 7 Stabilizace bodu | 14 |
| Obrázek 8 Schéma stanovisek | 15 |
| Obrázek 9 Schéma stanovisek | 15 |
| Obrázek 10 Totální stanice Nikon NIVO 5M [5]..... | 17 |
| Obrázek 11 GNSS South S82-T + S10 [6]..... | 18 |
| Obrázek 13 Princip trigonometrie [9]..... | 20 |
| Obrázek 12 Princip rajonu [9] | 20 |
| Obrázek 14 Vzhled obrazovky programu Groma [10]..... | 24 |
| Obrázek 15 Výpočet polární metody dávkou | 27 |
| Obrázek 16 Grafické prostředí MicroStation 95 [11]..... | 28 |



Seznam tabulek

| | |
|---|----|
| Tabulka 1 Technické parametry totální stanice NIKON NIVO 5M [5] | 16 |
| Tabulka 2 Technické parametry GNSS přijímače South S-82t [5] | 18 |
| Tabulka 3 Souřadnice stanovišek | 22 |
| Tabulka 4 Informace o podrobném měření | 23 |



Seznam příloh

| | |
|--|----|
| Příloha 1: Protokoly o určení bodů technologií GNSS | 35 |
| Příloha 2: Technická zpráva určování bodů S-JTSK metodou GNSS..... | 38 |
| Příloha 3: Zápisník měření totální stanicí | 47 |
| Příloha 4: Protokoly o výpočtu souřadnic podrobných bodů | 56 |
| Příloha 5: Naskenované měřické náčrty | 68 |
| Příloha 6: Výkres v měřítku 1:650 | 76 |
| Příloha 7: Výkres ve formátu *.dgn (CD) | |