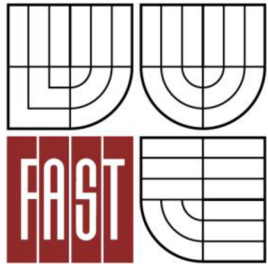




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV GEODÉZIE**

**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF GEODESY**

## **ZAMĚŘENÍ AREÁLU KOSTELA SV. ŠIMONA A JUDY V RADOSTICÍCH**

**SURVEYING AN AREA OF ST. SIMON AND JUDA'S CHURCH IN RADOSTICE**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**ELIŠKA NEVĚŘILOVÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. JAKUB FORAL**

BRNO 2014



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

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

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Eliška Nevěřilová
<b>Název</b>	Zaměření areálu kostela sv. Šimona a Judy v Radosticích
<b>Vedoucí bakalářské práce</b>	Ing. Jakub Foral
<b>Datum zadání bakalářské práce</b>	30. 11. 2013
<b>Datum odevzdání bakalářské práce</b>	30. 5. 2014
V Brně dne 30. 11. 2013	

.....  
doc. Ing. Josef Weigel, CSc.  
Vedoucí ústavu

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

## **Podklady a literatura**

1. ČSN 013410, ČSN 013411, ČSN 013428, ČSN 013429, ČSN 013432, ČSN 4463-2, ČSN 730415.
2. Metodický návod pro zřizování, určování a vyhledávání podrobného polohového bodového pole, Praha 1985, ČÚZK č.j. 2457/1983-21.
3. Michalčák, O. a kol.: Inženiarska geodezia I., Bratislava 1988.
4. Návod pro obnovu katastrálního operátu, ČÚZK č.j. 21/1997-23.
5. Švábenský, O. - Vitula, A.: Inženýrská geodézie I., Brno VUT 1990.
6. Švábenský, O. - Vitula, A.: Inženýrská geodézie II., Brno VUT 1991.
7. Směrnice pro zaměřování nemovitých kulturních památek, Praha 1976.
8. Blažek, R. – Skořepa, Z. : Geodézie 30 Výškopis. Praha: ČVUT, 1997. 93 s. ISBN 80-01-01598.
9. Nevošád, Z. – Vitásek, J. : Geodezie I. Brno: Cerm, 1999. 87 s. ISBN 80-214-1152-X.
10. Nevošád, Z. – Vitásek, J. : Geodezie III. Brno: Vutium, 2000. 140 s. ISBN 80-214-1774-9
11. Oficiální stránka Českého úřadu zeměměřického a katastrálního. Dostupná na [www.cuzk.cz](http://www.cuzk.cz).
12. Kašička, F. : Stavebně historický průzkum. Praha: ČVUT, 2002. 122 s. ISBN 80-01-02498-9.

## **Zásady pro vypracování**

1. Prostudování jednotlivých přístupů k řešení zadaného problému v literatuře a jejich rozbor pro teoretickou aplikaci v lokalitě.
2. Rekognoskace zájmového území a případně širšího okolí, opatření dostupných grafických a číselných podkladů.
3. Návrh teoretického postupu řešení bodového pole ve všech dostupných variantách a zhodnocení pro výběr nejvhodnější varianty.
4. Realizace nejvhodnější varianty měřické sítě.
5. Zaměření podrobných prvků ve stanoveném rozsahu a zpracování v grafickém systému MicroStation.
6. Souborné zhodnocení.
7. Požadované výstupy:
  - 7.1. Výkresová dokumentace území - lokalizace území v širších vztazích, dostupné body bodových polí a způsob jejich doplnění.
  - 7.2. Grafické výstupy návrhů měřické sítě v lokalitě.
  - 7.3. Kontrolní kresba polohopisu a výškopisu lokality - komplexně prostory interiéru.

## **Předeepsané přílohy**

.....  
Ing. Jakub Foral  
Vedoucí bakalářské práce

### **Abstrakt v češtině**

Cílem této bakalářské práce je zaměření kostela sv. Šimona a Judy v Radosticích a přilehlého okolí a následné zpracování pro potřeby Národního památkového ústavu. První část se zabývá měřickými pracemi a druhá část popisuje zpracování naměřených dat a vytvoření účelové mapy s vrstevnicemi, pohledy na budovu kostela ze všech čtyř stran a řezy budovou.

### **Abstrakt v angličtině**

The aim of this bachelor thesis is surveying an area of St. Simon and Juda's church in Radostice and nearby surroundings and after-processing for need of National Heritage Institute. The first part of the thesis is concerned in surveying and the second part of the thesis describes processing those data and creating a thematical map with contour lines, views on the building from all sides and sectional views.

### **Klíčová slova v češtině**

účelová mapa, výškopis, polohopis, vrstevnice, kostel sv. Šimona a Judy v Radosticích

### **Klíčová slova v angličtině**

thematical map, altimetry, planimetry, contour line, St Simon and Juda's church



### **Bibliografická citace VŠKP**

NEVĚŘILOVÁ, Eliška. *Zaměření areálu kostela sv. Šimona a Judy v Radosticích*. Brno, 2014. 36 s., 23 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jakub Foral

**Prohlášení:**

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

V Brně dne.....

.....

podpis

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jakubu Foralovi za cenné rady při měření i zpracovávání této bakalářské práce. Dále Ing. Ladislavu Bártovi Ph.D. za pomoc při tvorbě vrstevnic v programu Atlas DMT a také svému kolegovi Marku Galatovi za spolupráci při měření.

## Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	10
<b>2. Lokalita</b> .....	11
2.1. Kostel svatého Šimona a Judy .....	11
<b>3. Přípravné práce</b> .....	12
3.1. Rekognoskace v terénu .....	12
3.2. Rekognoskace bodového pole .....	13
3.3. Volba přístrojů .....	14
<b>4. Měřické práce</b> .....	16
4.1. Tvorba pomocné měřické sítě .....	16
4.1.2. Polygonový pořad .....	16
4.1.2. Měření metodou GNSS .....	17
4.1.3. Výškové zaměření pomocné měřické sítě .....	18
4.1.4. Zhuštění pomocné měřické sítě .....	19
4.2. Podrobné měření .....	20
4.2.1. Předmět podrobného zaměření .....	20
4.2.2. Vedení měřického náčrtu .....	20
4.2.3. Zaměření stavby kostela .....	21
<b>5. Zpracování</b> .....	22
5.1. Zpracování naměřených dat .....	22
5.1.1. Výpočet bodů určených metodou GNSS .....	22
5.1.2. Výpočet bodů pomocné měřické sítě .....	23
5.1.3. Technická nivelace .....	24
5.1.4. Výpočet podrobných bodů .....	25
5.2. Posouzení přesnosti bodů .....	25
5.2.1. Testování přesnosti souřadnic .....	26
5.2.2. Testování přesnosti výšek .....	28
5.3. Grafické zpracování .....	29
5.3.1. Tvorba účelové mapy .....	29
5.3.2. Tvorba vrstevnic v účelové mapě .....	29
5.3.3. Tvorba řezů a pohledů .....	31
<b>6. Závěr</b> .....	33

<b>7. Použitá literatura .....</b>	<b>34</b>
<b>8. Seznam použitých zkratk.....</b>	<b>35</b>
<b>9. Seznam obrázků a tabulek.....</b>	<b>36</b>
9.1. Seznam obrázků.....	36
9.2. Seznam tabulek.....	36
<b>10. Seznam příloh .....</b>	<b>37</b>

# 1. Úvod

Národní památkový ústav je instituce, která se zabývá kulturním dědictvím v naší republice. Mezi činnosti tohoto ústavu patří nejen správa, komplexní péče a vedení těchto památek v Ústředním seznamu kulturních památek, ale také dokumentace těchto památek a archeologických nálezů, prezentace památek mezi širokou veřejností a tím také popularizace památkové péče.

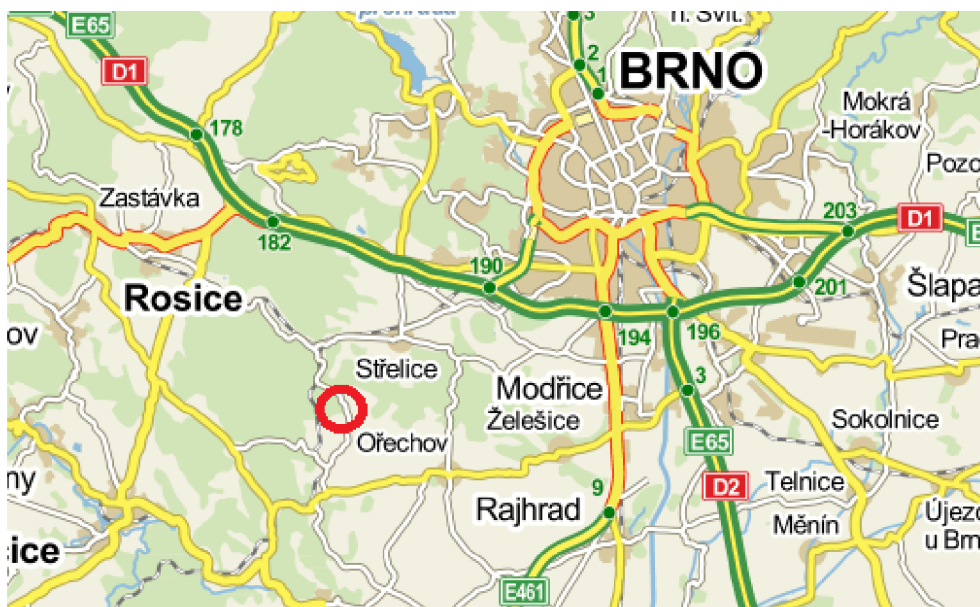
Tato bakalářská práce vzniká mimo jiné pro potřeby Národního památkového ústavu, čímž se v budoucnu může podílet na aktualizaci a doplnění informačních fondů a dokumentačních sbírek tohoto ústavu. Cílem práce je řádně zdokumentovat kostel sv. Šimona a Judy, který se nachází v obci Radostice v Jihomoravském kraji, a k němu přílehlou komunikaci.

Budova kostela je stěžejní objekt této práce, a bude jí tedy věnovaná největší pozornost. Tato budova bude zaměřena tak, aby bylo možné z naměřených dat vytvořit vhodné výstupy, které mohou být Národním památkovým ústavem použity pro různé typy údržby nebo oprav tohoto kostela. Především budou vytvořeny řezy budovou, svislé i podélné, ve významných místech stavby. Dalším výstupem budou pohledy na kostel ze všech stran.

Mimo zaměření a zpracování dokumentace kostela bude výškopisně a polohopisně zaměřená přílehlá část komunikace. Výsledkem tohoto zaměření bude účelová mapa doplněná vrstevnicemi.

## 2. Lokalita

Kostel sv. Šimona a Judy se nachází v obci Radostice v Jihomoravském kraji. Leží přibližně 13 km jihozápadně od města Brna. Obec se rozkládá v Bobravské vrchovině na okraji přírodního parku Bobrava [1].



Obr. 2.1 Lokalizace obce [2]

Tento kostel se nachází v jižní části obce, na malé vyvýšenině s výhledem na okolní terén. Je obehnan přibližně dva metry vysokou zídou. Na jižní stranu se zvedá svah a na severní stranu se rozbíhá údolí přírodního parku.

### 2.1. Kostel svatého Šimona a Judy

Kostel byl podle místní kroniky založen v roce 1313 vладыky Petrem a Mikulášem z Radostic. Stavba byla pozměněna při přestavbách v roce 1772 a po roce 1850. Samotný interiér kostela byl pouze doplněn kovovým kůrem a na něj vedoucím točitým kovovým schodištěm, jinak zůstal zachován beze změny [1].

Podle tradice by měla část, kde je v kostele oltář, být situovaná na východ. V tomto případě oltář směřuje na jihovýchod.

Hlavní loď sestává ze dvou částí. První, navazující na portál (vstupní dveře) je větší, je vybavena kůrem a dřevěnými lavicemi. Druhá část je menší, navazující zúženým prostorem na první část. Ve druhé části je zhruba uprostřed schod, na kterém je postaven dřevěný oltář zdobený sochami. V obou částech kostelní lodi jsou dvě oválná okna.



*Obr. 2.2 Kostel sv. Šimona a Judy (foto autor)*

### **3. Přípravné práce**

#### **3.1. Rekognoskace v terénu**

Stěžejním objektem pro tuto bakalářskou práci byla budova kostela. Bylo nutné stanovit hranice zájmové oblasti. Do měřené lokality musí být zahrnuta budova kostela, přilehlé terénní nerovnosti a nejbližší část komunikace pro vystihnutí poměrů v dané lokalitě. Hranice měřené lokality byla stanovena po konzultaci s vedoucím práce Ing. Jakubem Forelem.



*Obr. 3.1 Zaměřovaná oblast [2]*



### 3.2. Rekognoskace bodového pole

Před započítím měřických prací bylo nutné rekognoskovat bodové pole v dané oblasti, ze kterého by bylo možné vycházet při vytváření pomocné měřické sítě. Tyto body jsou nutné pro připojení pomocné měřické sítě do souřadnicového systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a do výškového systému Balt po vyrovnání (Bpv). Geodetické základy v České republice spravuje Zeměměřický úřad a geodetické údaje o bodech lze získat z oficiálních internetových stránek Českého úřadu zeměměřického a katastrálního [3].



Obr. 3.2 Bodové pole v dané lokalitě [4]

Bodové pole sestává z bodů polohového bodového pole, výškového bodového pole a tíhového bodového pole. Pro tento účel mapování byly využity pouze body polohového a výškového bodového pole. Dle geodetických údajů byly body zjištěny v terénu.

V měřené lokalitě se nacházely dva body podrobného polohového bodového pole. Byl to podrobný bod číslo 504 a číslo 505. Bod číslo 504 byl stabilizován středem makovice na kostele svatého Šimona a Judy a bod číslo 505 rohem budovy. Oba dva body byly dle svých geodetických údajů nalezeny [4].

Tab. 3.1 Výsledek rekognoskace polohového bodového pole

číslo bodu	Y	X	stabilizace	dostupnost bodu
504	608 329,12	1 166 697,09	střed makovice kostela	nalezen
505	608 351,90	1 166 754,33	roh budovy	nalezen

Z bodů výškového bodového pole se přímo na čelní zdi kostela nacházel bod číslo Od2-26, a v blízkosti další dva body výškového pole, bod číslo Od2-25 a Od2-27.1. Pro měření byly využity dva body výškového bodového pole, bod č. Od2-26 a č. Od2-25.

Tab. 3.2 Výsledek rekognoskace výškového bodového pole

číslo bodu	výška [m]	stabilizace	dostupnost bodu
Od2-25	287,201	čepová značka	nalezen
Od2-26	294,31	čepová značka	nalezen
Od2-27.1	304,782	čepová značka	nalezen

### 3.3 Volba přístrojů

Pro tvorbu pomocné měřické sítě a měření podrobných bodů byla využita totální stanice Topcon GPT 3003N, sériové číslo 4D0512 a tentýž model sériového čísla 4D0505. Jedná se o totální stanici, která je schopna měřit i v bezhranolovém módu, tedy měřit délky bez zacílení na odrazný hranol Topcon.

Střední chyba délkového měření je  $m_s = \pm (3\text{mm} + 2\text{ppm} \times D)$ , kde  $D$  je měřená vzdálenost v mm. V hranolovém módu je udáván dle výrobce dosah dálkoměru 3 000 m. V bezhranolovém módu je udáván dosah pulsního laserového paprsku do 350 m se střední chybou  $\pm 5$  mm. Střední chyba směru měřeného v jedné skupině je  $m_r = 10^{\text{cc}}$  a v jedné poloze je střední chyba směru  $m_r = 14^{\text{cc}}$  [5].



Obr. 3.3 Přístroj TOPCON GPT 3003N

Pro určení výšek technickou nivelací byl použit nivelační přístroj Topcon At-G7, sériové číslo KS 5293. Pro tento přístroj výrobce udává střední kilometrovou chybu obousměrné nivelace  $\pm 2,5$  mm [6].



*Obr. 3.4 Nivelační přístroj TOPCON AT-G7*

Pro měření metodou GNSS byly zvoleny přístroje WILD CR223, GL 9501-AN002 s anténou SR399. Jedná se o dvoufrekvenční přístroj, který podporuje měření pouze statickou metodou.



*Obr. 3.5 Přístroj WILD CR223 a anténa SR399*

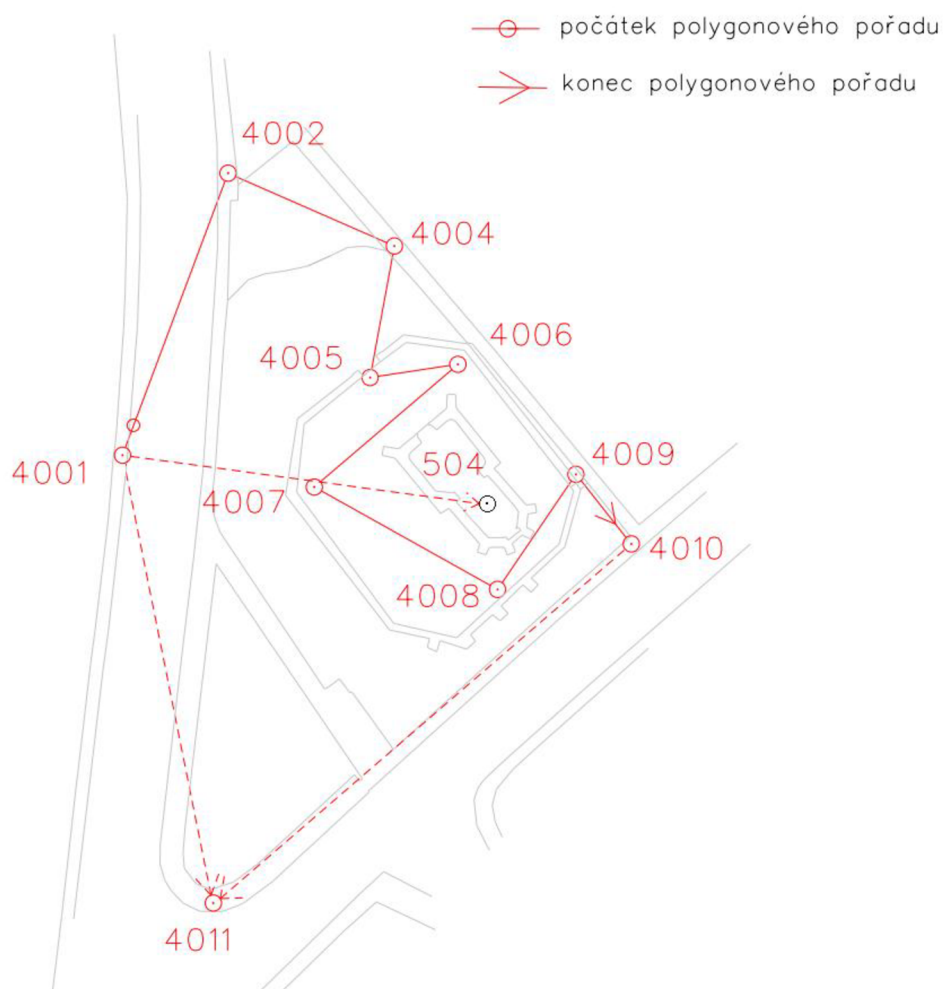
## 4. Měřické práce

### 4.1 Tvorba pomocné měřické sítě

#### 4.1.2 Polygonový pořad

Nejprve byl vybudován polygonový pořad, oboustranně připojený a oboustranně orientovaný, který byl rozmístěn kolem budovy kostela ze všech stran. Tento pořad vedl také těsně kolem kostela za ochrannou zídkou, protože kvůli její výšce by nebylo možno zaměřit půdorys stavby z bodů vně této zdi. Také bylo nutné vytvořit pomocnou měřickou síť tak, aby z ní mohla být rozšířená síť i dovnitř kostela.

Pro měření byla použita trojpodstavcová soustava (sestavá ze tří stativů), totální stanice Topcon GPT 3003N a dva odrazné hranoly Topcon. Směry byly měřeny v obou polohách dalekohledu a délky byly měřeny obousměrně.



Obr. 4.1 Schéma polygonového pořadu

Polygonový pořad vycházel z bodu č. 4001 a koncovým bodem byl bod č. 4010. Jako orientace na bodě č. 4001 byl použit podrobný bod č. 504 a bod pomocné měřické sítě č. 4011 (jeho souřadnice byly později určeny metodou GNSS). Bod č. 505 nebyl pro tvorbu a celkově pro měření využit, protože v měřené oblasti nebylo místo, odkud by byl výhled na tento bod, mimo bod pomocné měřické sítě č. 4014. Na koncovém bodě polygonového pořadu sloužil jako orientace bod č. 4011. Jedná se tedy o polygonový pořad vetknutý oboustranně orientovaný.

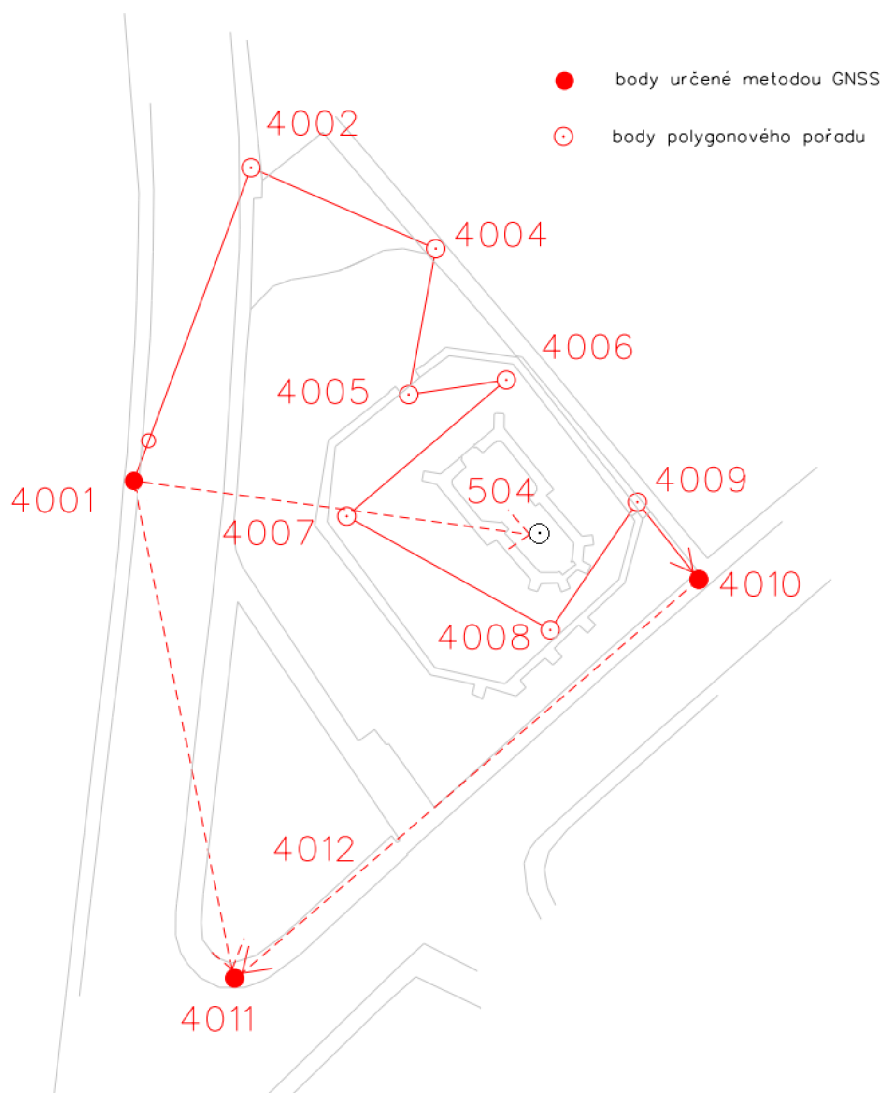
Body byly stabilizovány měřickými hřeby nebo dřevěnými kolíky, zatlučenými až na úroveň terénu, aby nebylo možno je vytáhnout, nebo aby nebyly poškozeny při úpravě tamního povrchu (například při sekání trávy v okolí kostela).

#### 4.1.2 Měření metodou GNSS

Metoda GNSS byla použita z důvodu malého množství bodů polohového bodového pole. Byly zvoleny tři body polygonového pořadu, u kterých byly touto metodou určeny souřadnice.

Body byly voleny s ohledem na okolní terén tak, aby nebyl výhled zakryt budovami nebo stromy. Celá vesnice se nachází v údolí, a bylo tedy důležité body správně zvolit, aby byl zajištěn ničím nerušený příjem signálu z družic.

Na každém bodě (4001, 4011, 4010) byla souprava pečlivě zcentrovaná a zhorizontovaná. Anténa musela být při měření natočena směrem na sever a výhled nesměl být ničím zakryt. Doba observace na každém bodě se pohybovala od 30 do 45 minut. Frekvence záznamu epoch byla 5 sekund a elevační maska  $10^\circ$ . Měření bylo opakované s minimálním časovým odstupem jedné hodiny, aby bylo zaručeno jiné postavení družic, a měření tak byla nezávislá. Všechny body byly změřeny v ten samý den, takže při postupném měření byla takto podmínka zaručena. Na každém bodě tedy proběhla dvě nezávislá zaměření.



Obr. 4.2 Vyznačení bodů určených metodou GNSS v polygonovém pořadu

#### 4.1.3 Výškové zaměření pomocné měřické sítě

Výšky bodů pomocné měřické sítě byly určeny technickou nivelací. Při technické nivelaci se používá nivelační přístroj, většinou 4 metrové zasouvací nivelační latě, a nivelační podložky.

Pro měření byly využity dva body výškového bodového pole. Bod č. Od2-26 a bod č. Od2-25. Výška bodu č. Od2-26, který byl stabilizován čepem na podezdívce kostela, byla ověřena nivelačním pořadem na bod č. Od2-25, který byl stabilizován taktéž čepovou značkou ve vzdálenosti přibližně 300 metrů od kostela.

Po ověření byly vedeny dva nivelační pořady pro určení výšek bodů pomocné měřické sítě. Jeden vedl vně zidky kostela a druhý na vnitřní straně této zidky. Oba dva pořady

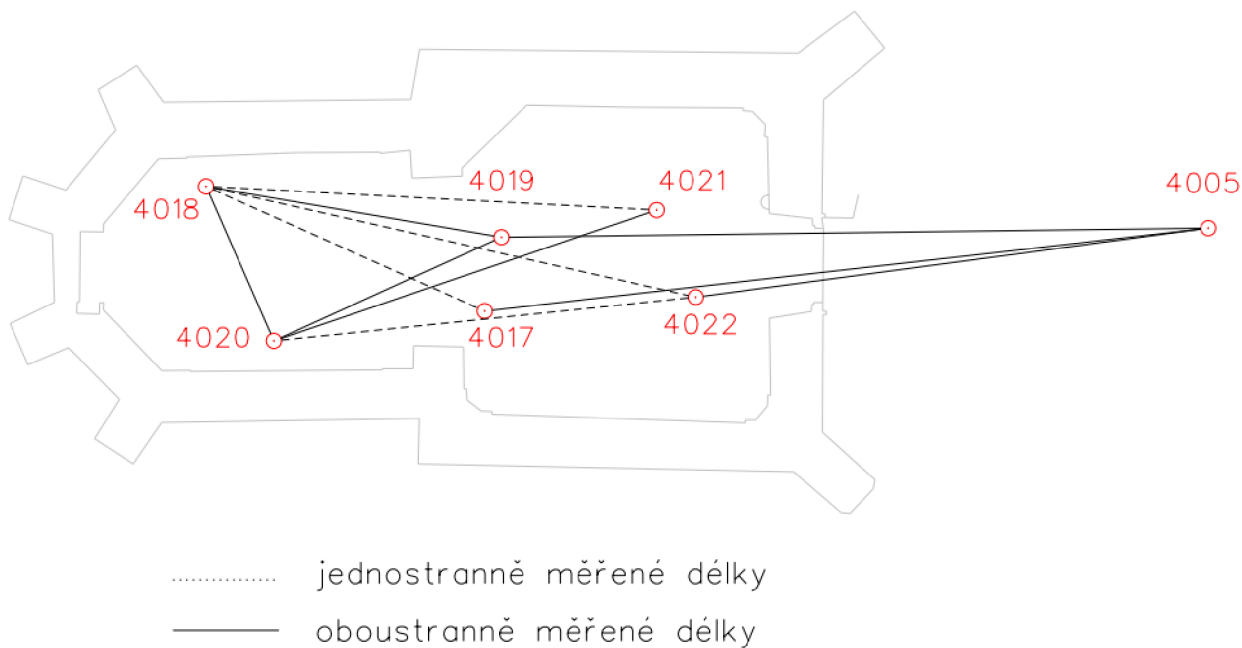


začínaly i končily na bodě č. Od2-26. Každá výška bodu byla určena dvakrát boční záměrou a výsledná výška byla vypočtena aritmetickým průměrem z těchto dvou hodnot.

#### 4.1.4 Zhuštění pomocné měřické sítě

Pomocná měřická síť byla rovnoměrně rozmístěna kolem kostela, a bylo nutné ji zhustit rajony, aby byla celá lokalita snadněji změřitelná. Byla také vytvořena volná stanoviska. Byly tedy vybudovány rajony, které byly určeny z bodů pomocné měřické sítě. Délky na rajony byly měřeny obousměrně.

Dále byla vybudovaná síť uvnitř kostela. Sestávala z dvojnásobných i trojnásobných rajonů (volných polygonových pořadů) a všechny body byly mezi sebou proměřeny. Kvůli malé šířce a relativně velké výšce interiéru stavby, bylo nutné vybudovat rajon na kůru (bod č. 4021), pro zaměření kleneb a dalších prvků, které nemohly být zaměřeny z bodů pomocné měřické sítě, které byly stabilizovány na podlaze.



*Obr. 4.3 Pomocná měřická síť uvnitř kostela*

## 4.2 Podrobné měření

Po zbudování polygonového pořadu a dostatečného zahuštění pomocné měřické sítě rajony se přistoupilo k podrobnému zaměření. Mapování probíhalo dle normy ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy [8].

Mapovalo se metodou tachymetrie, což je metoda, kterou se určuje výška i poloha bodu současně. Poloha a výška bodů se získá měřením polárních souřadnic (vodorovný úhel, svislý úhel, šikmá vzdálenost bodu od stanoviska) [7].

### 4.2.1 Předmět podrobného zaměření

Předmětem zaměření pro tvorbu účelové mapy byly budovy průnikem zdiva s terénem (zaměřují se detaily větší než 0,1m), vchody do objektů a na pozemky, rozhraní vozovky s jakoukoli zpevněnou či nezpevněnou plochou, rozhraní chodníku (rozhraní mezi chodníkem a jakoukoli nezpevněnou plochou), ostatní rozhraní, povrchové znaky inženýrských sítí (vodovodní a plynová šoupata, kanalizační šachty, vpustě), trasy nadzemních inženýrských sítí (vedení nízkého napětí a sdělovací vedení), ploty, dopravní značky, zídky, svítidla veřejného osvětlení, rozhlasové reproduktory, konzoly, stromy a další objekty [10].

Pro vystihnutí průběhu terénu v nezastavěné části byly měřeny význačné body terénu a hrany terénních stupňů. V plochách monotónního spádu byly podrobné body měřeny tak, aby tvořily čtvercovou síť o straně 2-3 cm v měřítku mapy.

### 4.2.2 Vedení měřického náčrtu

Při podrobném měření byl veden měřický náčrt. Do měřického náčrtu se kreslí červenou barvou měřická síť (tj. body pomocné měřické sítě a jejich čísla, body bodových polí a jejich čísla, střídavou čarou strany polygonových pořadů, čárkovaně rajony, orientace k severu). Dále se zakreslují modrou barvou body určené plošnou nivelací a jejich čísla. Hnědou barvou se značí podrobné body a jejich čísla, průběh čar terénní kostry a hrany terénních stupňů. Černě se do náčrtu píše oměrné míry, měřené rozměry předmětů, polohopisná kresba, čísla popisná, evidenční či orientační, účelový popis domů, nadzemní znaky a průběh inženýrských sítí odpovídajícím znakem a další předměty jsou značeny odpovídajícím znakem, nebo popisem.

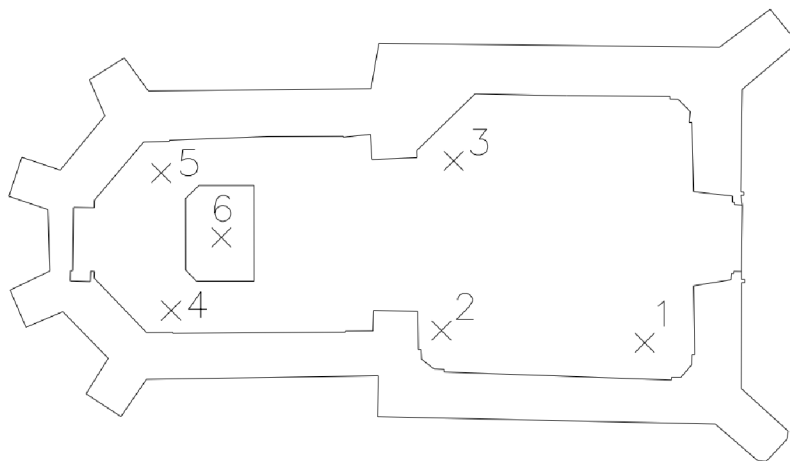


#### 4.2.3 Zaměření stavby kostela

Kostel byl pro tvorbu účelové mapy zaměřen průnikem zdiva s terénem a také byly zaměřeny povrchové znaky inženýrských sítí (na budově byla konzola pro sdělovací vedení).

Dále byl zaměřen interiér kostela. Tedy půdorys stavby, kůr s točitým schodištěm, oltář na vyvýšeném schůdku. U klenb byla měřena výška paty klenby a její poloha, a dále celková výška klenby. Byla zaměřena okna třemi nebo čtyřmi body a jejich hloubka zasazení do zdiva. Byly zaměřeny okrasné římsy a kamenné stoly (ty byly součástí zdiva).

Nadmořská výška podlahy kostela a výška schůdku pod oltářem byla určena technickou nivelací z bodu výškové sítě číslo Od2-26. Tímto byla ověřena i přibližná vodorovnost podlahy v kostele.



Obr. 4.4 Určení nadmořské výšky podlahy kostela

Tab. 4.1 Nadmořské výšky bodů na podlaze kostela

bod číslo	výška [m]
1	293,76
2	293,75
3	293,74
4	293,75
5	293,75
6	293,91

Pro tvorbu pohledů bylo nutné kostel zaměřit i zvenku nejen průnikem zdiva s terénem, ale také průběh zdiva nad terénem. Byly vybrány snadno identifikovatelné body na budově, tedy okrasné římsy, konce střechy, stříšky od podpěrných zdí. Také byla zaměřena zvonice a kříž na jejím vrcholu. Vše bylo měřeno v bezhranolovém módu.

Další zaměření bylo provedeno ve výšce 1,10 m nad podlahou kostela pro vytvoření řezu v této výšce. Výška byla stanovena uvnitř budovy a vně byla vyznačena rozdílem

od omítnuté části. Zaměření se týkalo hlavně vnější části, kde se tvar opěrných zdí lišil od tvaru půdorysu. Zaměření pro tvorbu toho řezu bylo bez určení výšek výsledných bodů, protože jejich výška byla stejná.

## 5. Zpracování

Po zaměření následovalo zpracování naměřených dat. Tedy výpočet bodů naměřených metodou GNSS, výpočet polygonového pořadu a výpočet podrobných bodů.

V další fázi byla vytvořena účelová mapa s vrstevnicemi, pohledy a řezy budovy.

### 5.1. Zpracování naměřených dat

#### 5.1.1. Výpočet bodů určených metodou GNSS

Touto metodou byly určeny tři body polygonového pořadu. Naměřené hodnoty byly staženy z měřicí soupravy a zpracovány v programu LeicaGeooffice. Pro zpracování bylo nutné mít data z permanentní stanice CZEPOS v Brně, bodu TUBO. Tento bod byl využit jako referenční bod.

Každé nezávislé zaměření bylo zpracováno samostatně. Všech šest měření bylo úspěšných, nebylo tedy nutné opakovat měření nebo ověřit bod terestrickou metodou. Tímto způsobem byly vypočteny dvojí souřadnice tří bodů v souřadnicovém systému ETRS-89, které pak byly globální transformací převedeny do souřadnicového systému S-JTSK.

*Tab. 5.1 Souřadnice bodů určených metodou GNSS*

bod číslo	první určení		druhé určení		výsledné souřadnice	
	Y	X	Y	X	Y	X
4001	608 362,70	1 166 692,52	608 362,72	1 166 692,55	608 362,71	1 166 692,54
4010	608 315,84	1 166 700,73	608 315,83	1 166 700,73	608 315,84	1 166 700,73
4011	608 354,39	1 166 733,88	608 354,40	1 166 733,88	608 354,40	1 166 733,88

Z dvojích souřadnic pak byly aritmetickým průměrem určeny výsledné souřadnice těchto tří bodů. Tyto souřadnice pak byly použity pro výpočet polygonového pořadu a bodů pomocné měřické sítě.

### 5.1.2. Výpočet bodů pomocné měřické sítě

Nejprve byla stažena naměřená data z totální stanice Topcon pomocí geodetického softwaru Geoman (od firmy Geodis Brno, spol. s.r.o.). Vznikl tak zápisník naměřených dat, bez zavedení korekcí. Matematické korekce byly zavedeny až při výpočtu v programu Groma. Matematické korekce dosáhly hodnoty 0,9998626876 (-13.7 mm/100m). Fyzikální korekce byly zavedeny již při měření v přístroji (korekce dle teploty a tlaku).

Souřadnice bodů pomocné měřické sítě, tedy body polygonového pořadu, rajony a volná stanoviska, byly vypočteny v softwaru Groma v.8. S ohledem na měření polygonového pořadu ve dvou polohách dalekohledu musela být nejprve tato měření zpracována. Pomocí funkce *Zpracování zápisníku – zpracování měření ve dvou polohách* byla tato měření opravena. Poté mohl být vypočten polygonový pořad. Tento polygonový pořad byl oboustranně připojený (vetknutý) a oboustranně orientovaný.

Mezní polohová odchylka uzávěru polygonového pořadu je vypočítána podle vzorce:

$$m_p = 0,012\sqrt{d} + 0,10 \text{ [m]}, \quad (5.1)$$

kde  $d$  je délka polygonového pořadu v metrech. Mezní úhlová odchylka uzávěru polygonového pořadu je vypočítána podle vzorce:

$$m_u = 0,02(n+2)^{1/2} \text{ [gon]}, \quad (5.2)$$

kde  $n$  je počet vrcholových úhlů polygonového pořadu včetně bodů připojovacích [11].

Tab. 5.2 Výsledky polygonového pořadu

Typ pořadu	Vetknutý, oboustranně orientovaný	
	dosažená	mezní
Délka pořadu	122,78 m	
Úhlová odchylka	-0,0221 <sup>g</sup>	0,0663 <sup>g</sup>
Odchylka $m_y/m_x$	0,01 m / -0,03 m	
Polohová odchylka	0,03 m	0,23 m
Největší/nejmenší délka v pořadu	27,73 m / 8,19 m	400,00 m
Poměr největší/nejmenší délka	1:3,39	
Max. poměr sousedních délek	1:2,12	1:3,00
Největší rozdíl 2x měřené délky	0,001 m	
Nejmenší vrcholový úhel	35,4824 <sup>g</sup>	

Po vypočtení bodů polygonového pořadu bylo přistoupeno k výpočtu rajonů a volných stanovisek. Byly tak určeny souřadnice všech bodů pomocné měřické sítě. Součástí příloh je přehledný náčrt pomocné měřické sítě.

### 5.1.3. Technická nivelace

Pro určení nadmořské výšky bodů pomocné měřické sítě bylo využito metody technické nivelace. Body ČSNS Od2-26 a Od2-25 byly ověřeny nivelačním pořadem. Dosažená odchylka při ověřování výšky byla 0,006 m (tj. rozdíl mezi měřeným převýšením a daným převýšením) a mezní odchylka byla vypočítaná dle vzorce:

$$\Delta h_{max} = 40 \cdot \sqrt{R}, \quad (5.3)$$

kde R je délka pořadu v kilometrech. Délka ověřovacího pořadu byla 0,3 km, a  $\Delta h_{max} = 22$  mm. Mezní odchylka byla tedy dodržena [10].

*Tab. 5.3 Posouzení přesnosti nivelačních pořadů*

nivelační oddíl	určené body	dosažená odchylka		mezní odchylka	R [km]
<b>Od2-26 - Od2-26</b>	4002, 4001, 5001, 4011, 4014, 4012, 4013, 4010	1 mm	<	22 mm	0,3
<b>Od2-26 - Od2-26</b>	4006, 4007, 4005, 4008, 4009	- 2 mm	<	12 mm	0,1

Dále byly určeny technickou nivelací výšky bodů pomocné měřické sítě. Zápisník byl veden i počítán přímo v terénu a výsledná výška byla určena jako průměr z dvou měření.

*Tab. 5.4 Nadmořské výšky bodů pomocné měřické sítě určené technickou nivelací*

bod číslo	výška [m]
<b>4001</b>	262,67
<b>4002</b>	291,76
<b>4005</b>	293,76
<b>4006</b>	293,74
<b>4007</b>	295,02
<b>4008</b>	293,76
<b>4009</b>	291,88
<b>4010</b>	291,28
<b>4011</b>	294,56
<b>4012</b>	293,60
<b>4014</b>	296,21
<b>4023</b>	291,84
<b>4024</b>	292,04

#### 5.1.4. Výpočet podrobných bodů

Souřadnice podrobných bodů byly vypočteny v softwaru Groma v.10. Pro výpočet byly užity všechny již dříve určené souřadnice bodů pomocné měřické sítě. Většina bodů pomocné měřické sítě měla nadmořskou výšku určenou technickou nivelací. Nadmořské výšky bodů, které nebyly určeny technickou nivelací, byly určeny trigonometricky.

Byly vypočteny nadmořské výšky ve výškovém systému Bpv a souřadnice bodů v souřadnicovém systému S-JTSK.

## 5.2. Posouzení přesnosti bodů

Po výpočtu souřadnic a výšek podrobných bodů se kontroluje dosažená přesnost měření. Přesnost se kontroluje nezávislým zaměřením daného bodu z jiného stanoviska. Testuje se zvláště dosažená přesnost polohová a výšková. Tyto podrobné body pro ověření přesnosti se vybírají dle kritérií, že:

- jsou jednoznačně identifikovatelné (ČSN 73 0401)
- tvoří reprezentativní výběr (ČSN 01 0215)
- jsou rovnoměrně rozmístěny po celém území
- nezahrnují body, umístěné v bezprostřední blízkosti bodů bodového pole, které byly použity při tvorbě mapy.

Přesnost výsledků tvorby a údržby mapy se stanoví pomocí charakteristik přesnosti a kritérií přesnosti. Charakteristikou přesnosti určení souřadnic  $x$ ,  $y$  podrobných bodů je základní střední souřadnicová chyba  $m_{x,y}$ . Souřadnice podrobných bodů v území, kde je vytvářena mapa v jedné třídě přesnosti musí být určeny tak, aby  $m_{x,y}$  nepřekročila kritérium  $u_{x,y}$ .

Charakteristikou přesnosti určení výšek  $H$  podrobných bodů je základní střední výšková chyba  $m_h$ . Výšky podrobných bodů v jedné třídě přesnosti musí být určeny tak, aby  $m_h$  nepřekročila kritérium  $u_h$ , a u bodů na nezpevněném povrchu nepřekročila kritérium  $3 \times u_h$ . Vrstevnice musí být sestrojeny a zobrazeny tak, aby z nich bylo možno určit výšky bodů terénního reliéfu tak, aby charakteristika  $m_h$  těchto bodů nepřekročila kritérium  $u_v$  (pro 3. třídu přesnosti dosahuje  $u_v = 0,50 \text{ m}$ ) [11].

### 5.2.1. Testování přesnosti souřadnic

Dosažení přesnosti určení souřadnic podrobných bodů se ověřuje:

- kontrolním zaměřením délek přímých spojnic podrobných bodů výběru a jejich porovnání s délkami vypočtenými ze souřadnic.
- nezávislým kontrolním zaměřením a výpočtem souřadnic výběru podrobných bodů, a jejich porovnání s výslednými souřadnicemi.

V rámci této bakalářské práce byly využity oba způsoby testování přesnosti souřadnic.

Ad a)

Při testování přesnosti souřadnic s využitím kontrolního zaměření délek spojnic podrobných bodů se určí rozdíl délek:

$$\Delta d = d_m - d_k, \quad (5.4)$$

kde  $d_k$  je délka spojnice určená z přímého kontrolního měření a  $d_m$  je délka spojnice

- vypočtená z výsledných původních souřadnic bodů, nebo
- určená z hodnot odměřených na mapě.

Při testování byly využity délky vypočtené z výsledných souřadnic bodů určených aritmetickým průměrem z prvního a kontrolního určení.

Aby byly výsledky relevantní, musí být  $d_k$  určena s přesností danou základní střední chybou  $m_d$  nepřesahující kritérium  $0,3 \times u_d$  pro délku vypočtenou s výsledných souřadnic a  $0,5 \times u_d$  pro délkou určenou z mapy. Hodnota  $u_d$  se vypočítá dle vztahu:

$$u_d = 1,5 \cdot \left(\frac{d+12}{d+20}\right) \cdot u_{x,y}, \quad (5.5)$$

kde  $d$  je větší z porovnávaných délek. Pro body 3. třídy přesnosti dosahuje  $u_{x,y}$  hodnoty  $u_{x,y} = 0,14$  m [8].

Přesnost podrobných bodů je pokládána za vyhovující tehdy, platí-li současně:

$$- |\Delta d| \leq 2u_d k \text{ [m]} \text{ (tento vztah musí platit pro všechny testované délky)} \text{ a} \quad (5.6)$$

$$- |\Delta d| \leq u_d k \text{ [m]} \text{ (musí platit alespoň pro 60 \% testovaných délek),} \quad (5.7)$$

kde koeficient  $k$  má pro případ přímo měřených délek hodnotu  $k = 1$ .

Tab. 5.5 Testování přesnosti souřadnic metodou kontrolních oměrných

podmínka	splnění kritéria
$ \Delta d  \leq k \cdot u_d$	vyhovuje pro 98% délek
$ \Delta d  \leq 2 \cdot k \cdot u_d$	vyhovuje pro všechny délky

Ad b)

Při testování přesnosti určení souřadnic  $x,y$  podrobných bodů jsou pro každý bod vypočteny souřadnicové rozdíly podle vzorců:

$$\Delta x = x_m - x_k \quad \text{a} \quad \Delta y = y_m - y_k, \quad (5.8)$$

kde  $x_m$  a  $y_m$  jsou výsledné souřadnice podrobného bodu a  $x_k$  a  $y_k$  jsou souřadnice tohoto bodu z kontrolního určení.

Dosažení stanovené přesnosti se testuje pomocí výběrové střední souřadnicové chyby  $s_{x,y}$ , která se vypočte dle vzorce:

$$s_{x,y} = \sqrt{0,5 \cdot (s_x^2 + s_y^2)}, \quad (5.9)$$

kde  $s_x$  a  $s_y$  jsou střední výběrové chyby souřadnic a určí se ve výběru o rozsahu  $N$  bodů podle vztahů:

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta x_i^2}, \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta y_i^2}. \quad (5.10)$$

Protože mají obě určení bodů stejnou přesnost, má koeficient  $k$  hodnotu  $k=2$ .

Přesnost určení souřadnic se pokládá za vyhovující, když:

1. polohová odchylka  $\Delta p$  vypočtená dle vztahu:

$$\Delta p = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \text{ vyhovují kritériu } |\Delta p| \leq 1,7 \cdot u_{x,y}, \quad (5.11; 5.12)$$

2. je přijata statistická hypotéza, že výběr přísluší stanovené třídě přesnosti, tj. výběrová střední souřadnicová chyba  $s_{x,y}$  vyhovuje kritériu:

$$s_{x,y} \leq \omega_{2N} \cdot u_{x,y}, \quad (5.13)$$

kde  $u_{x,y}$  má hodnotu dle 3. třídy přesnosti, nabývá tedy hodnoty  $u_{x,y} = 0,14m$ , hodnotu  $s_{x,y}$  získáme ze vztahu 5.9 a hodnota koeficientu  $\omega_{2N}$  při volbě hladiny významnosti  $\alpha=5\%$  a při počtu bodů  $N = 27$  má hodnotu  $\omega_{2N} = 1,15$  [8].

Tab. 5.6 Testování přesnosti souřadnic

podmínka	dosažené hodnoty	splnění kritéria
$ \Delta p  \leq 1,7 \cdot u_{x,y}$	$1,7 \cdot u_{x,y} = 0,24 \text{ m}$ $\Delta p_{\max} = 0,09 \text{ m}$	vyhovuje pro všechny $\Delta p$
$s_{x,y} \leq \omega_{2N} \cdot u_{x,y}$	$\omega_{2N} \cdot u_{x,y} = 0,16 \text{ m}$ $s_{x,y} = 0,02 \text{ m}$	vyhovuje

### 5.2.2. Testování přesnosti výšek

Dosažení přesnosti výsledků výškopisu se ověřuje nezávislým kontrolním měřením a určením výšek výběru podrobných bodů. K testování přesnosti výšek  $H$  podrobných bodů se vypočtou pro každý bod výběru výškové rozdíly:

$$|\Delta H| = H_m - H_k, \quad (5.14)$$

kde  $H_m$  je výška podrobného bodu a  $H_k$  je výška téhož bodu určená z kontrolního určení.

Dosažení stanovené přesnosti se testuje pomocí výběrové střední výškové chyby  $s_H$ :

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^N \Delta H_i^2}. \quad (5.15)$$

Obě určení mají stejnou přesnost, hodnota koeficientu  $k$  nabývá hodnoty  $k = 2$ . Přesnost určení výšek se pokládá za vyhovující když:

1. výškové odchylky  $\Delta H$  vypočtené ze vztahu 5.14 vyhovují kritériu:

$$|\Delta H| \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}, \quad (5.16)$$

2. je přijata statistická hypotéza, že výběr přísluší stanovené třídě přesnosti, tj. výběrová střední výšková chyba  $s_H$  vyhovuje kritériu pro zpevněný povrch, že

$$s_H \leq \omega_N \cdot u_H, \quad (5.17)$$

kde  $u_H$  pro 3. třídu přesnosti nabývá hodnoty  $u_H = 0,12 \text{ m}$ , hodnota  $s_H$  je určena dle vztahu 5.15 a hodnota koeficientu  $\omega_N$  při volbě hladiny významnosti  $\alpha = 5\%$  se stanoví dle množství bodů  $N = 23$ , a v tomto případě dosahuje hodnoty  $\omega_N = 1,20$  [8].

Tab. 5.7 Testování přesnosti výšek

podmínka	dosažené hodnoty	splnění kritéria
$ \Delta H  \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$	$2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k} = 0,34 \text{ m}$ $ \Delta H_{\max}  = 0,10 \text{ m}$	vyhovuje pro všechny $ \Delta H $
$s_H \leq \omega_N \cdot u_H$	$\omega_N \cdot u_H = 0,14 \text{ m}$ $s_H = 0,03 \text{ m}$	vyhovuje



### 5.3. Grafické zpracování

Všechny naměřené hodnoty je nutné zpracovat do výsledné podoby tak, aby měly grafickou podobu. Tyto naměřené hodnoty budou zpracovány v grafických programech tak, aby vznikla účelová mapa s vrstevnicemi, pohledy na budovu kostela a řezy touto stavbou. Účelová mapa nebude plně vypracována dle normy ČSN 01 3411. Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky. S ohledem na to, že tato mapa je vytvářena primárně pro potřeby Národního památkového ústavu, je nutné použít jiné přehledné značení (pro případ černobílého tisku či kopírování).

#### 5.3.1. Tvorba účelové mapy

Pro vytvoření mapy byl použit software MicroStation, kam byly načteny souřadnice bodů pomocí nástavby MGEO. Nejprve muselo být stanoveno měřítko budoucí účelové mapy, v tomto případě tedy 1:250, a na základně měřítka byly určeny velikosti písma pro čísla bodů a jejich výškové kóty.

Body byly naimportovány do výkresu, přičemž byly rozlišeny body na terénu, jejichž výšky byly zaokrouhleny na decimetry, a nadmořské výšky podrobných bodů na pevném podkladě (např. rohy budov, komunikace, chodníky) byly ponechány s přesností na centimetry. Poté byly body spojovány danými liniemi, nebo doplňovány určitou mapovou značkou, která daný bod reprezentovala. Celá účelová mapa byla tvořena ve vrstvách a každý typ linie nebo bodu měl dané atributy (barvu, tloušťku, typ, vrstvu).

Body byly spojovány dle náčrtů, které byly vedeny při měření. Mapové značky byly do výkresu vloženy pomocí knihovny buněk, ve které byly předem definované typy značek.

Byla tedy vytvořena kresba, která obsahovala polohopis znázorněný liniemi a mapovými značkami, popis (názvy ulic, čísla popisná a popisy objektů, které nelze vyčíst z grafického značení) a výškopis, který byl zatím reprezentován pouze nadmořskými výškami bodů a technickými šrafami v místech výraznějších hran. Technické šrafy byly vytvořeny opět pomocí nástavby MGEO. S pomocí této nástavby byly také vytvořeny křížky souřadnicové sítě a vyznačení rámu výkresu v kladu Základní mapy velkého měřítka v měřítku 1:250. S ohledem na členitý terén kolem kostela bylo nutné vytvořit ve výkresu vrstevnice pro navození plastického dojmu.

#### 5.3.2. Tvorba vrstevnic v účelové mapě

Tvorba vrstevnic je založená na znalosti polohy a výšky bodů, ze kterých mají být vrstevnice konstruovány. Konstrukce vrstevnic je založená na metodě interpolace. Při znalosti polohy a výšky bodů je možné vrstevnice vytvořit. Interpolaci je možné provést

několika způsoby, početními nebo grafickými metodami, nebo je možné použít různé počítačové softwary. Posledním uvedeným způsobem byly vrstevnice tvořeny i pro tuto bakalářskou práci.

Pro tvorbu vrstevnic v této práci byl použit software Atlas DMT. Tento program slouží pro zpracování výškopisných dat. Má mnoho možností uplatnění, od tvorby dvourozměrné mapy po tvorbu výškopisu v různých provedeních (znázornění výškopisu vrstevnicemi nebo hypsometrickou metodou) [12].

Do grafického prostředí byl načten textový soubor obsahující souřadnice a nadmořské výšky podrobných bodů, a také výkres účelové mapy ve formátu \*.dxf. Program na základě souboru se souřadnicemi bodů program vygeneroval hrubý model terénu, který musel být upraven.

Při tvorbě vrstevnic je nutné brát ohled na polohopis. V terénu se vyskytují místa, zlomy, kde se vrstevnice lámou, ovlivňují tak celý její průběh, a program není sám schopen tato místa identifikovat. Proto se volí druhy hran, na jejichž základě je model generován. Byly využity typy hran:

- *povinné hrany* – tyto hrany nevytvářejí ostré zlomy, používají se pro tvorbu prvků terénní kostry (hřbetnice, údolnice)
- *lomové* – na těchto hranách se terén ostře láme v kolmém směru, podél této hrany je terén vyhlazen, značí se jimi okraje vozovek, terénní stupně aj.
- *přímé* – terén se v nich láme v podélném i v příčném směru, značí většinou rovné umělé objekty a plochy (stěny budov)
- *obalové* – tyto hrany ohraničují okrajové oblasti modelu, mimo tyto hrany není model generován
- *ostrovní* – ohraničují se jimi místa, kde nebudou vrstevnice vykreslovány (budovy, zídky)

Dle členitosti terénu je nutné nastavit druhy vykreslovaných vrstevnic. Vždy se kreslí základní vrstevnice a zdůrazněné vrstevnice (každá pátá se nakreslí jako zesílená vrstevnice). Doplňkové vrstevnice se kreslí ve velmi plochém území, kde je terén těžko znázornitelný vrstevnicemi základními [13].

Vrstevnice byly vykresleny v celém území, mimo zastavěné plochy (zídky, budovy). Byly také vykresleny doplňkové vrstevnice v plošším území. Při tvorbě vrstevnic bylo dbáno na to, aby pro interpolaci byly využity správné body (např. body měřené na vrcholu zídky nemohly být použité při interpolaci vrstevnic jdoucích po terénu). Vrstevnice byly vyhotoveny přes komunikace, přičemž byl vrstevnicemi vystihnout průběh dané komunikace (její sklonění

v zatačce). Dále bylo nutné při tvorbě vrstevnic vzít v úvahu výšku obrubníku lemujícího komunikaci. Větší výška obrubníku způsobovala odskok vrstevnic, a tedy její neplynulý průběh.

Výstupem z toho programu byl výkres ve formátu \*.dxf, který byl referenčně připojen k výkresu účelové mapy, a vrstevnice z něj byly překopírovány do původního výkresu. Ve výkresu bylo nutné vrstevnice ještě upravit. V některých oblastech s komplikovanějším průběhem vrstevnic přes komunikaci a obrubník bylo nutné zvolit metodu ruční interpolace.

Po dohodě s vedoucím práce Ing. Forelem bylo rozhodnuto, že účelová mapa bude dodána ve dvou verzích. Účelová mapa doplněná vrstevnicemi, která je součástí tisknutých příloh, byla vyhotovena trojbarevně. Hnědě v ní jsou znázorněny výškové kóty podrobných bodů a bodů pomocné měřické sítě, značky podrobných bodů a vrstevnice. Silové a sdělovací vedení je znázorněno modrou barvou. Všechny ostatní prvky a náležitosti účelové mapy jsou znázorněny černou barvou. Součástí digitálních příloh je mimo tento výkres i výkres originální, ve kterém jsou prvky polohopisu znázorněny více barvami, a polohopis je tedy přehlednější.

Způsob této úpravy byl zvolen z důvodu další možné reprodukce tisknuté formy. Při barevném kopírování by se snižovala kvalita barev, a při černobílém kopírování by se některé prvky mohly stát hůře čitelnými, čímž by se výrazně snížila hodnota účelové mapy.

### 5.3.3. Tvorba řezů a pohledů

Budova kostela je relativně jednoduchá, z vnější strany její členitost tvoří několik opěrných zdí a okrasné římsy. V interiéru je budova zdobená taktéž římsami, výklenky a klenbami. Aby vynikla členitost v horizontálním směru, byly vytvořeny dva řezy stavbou. Pro představu průběhu kleneb a umístění kůru v interiéru bylo vytvořeno několik řezů vedených budovou svislým směrem. Všechny tyto výstupy byly tvořeny v programu MicroStation.

Pro představu členění interiéru byly tvořeny svislé řezy. Nejdříve byl vytvořen podélný řez celou budovou. Tento řez byl veden středem stavby od vstupních dveří k výklenku za oltářem. Obsahoval také řez vnějším zdivem. V tomto řezu vyniká průběh a výška kleneb, výška kůru a také výška schůdku umístěného v zadní části s oltářem. Tento podélný řez je konstruován s pohledem na část po pravé straně při vstupu do kostela. Pro tvorbu tohoto řezu byly využity také hodnoty změřené ručním laserovým dálkoměrem. Jednalo se především o výšky kleneb, kdy bylo určeno místo, nad nímž je střed klenby, a byla změřena výška klenby.

Další zkonstruované řezy byly svislé příčné řezy kolmé na podélný řez. První příčný řez procházel středem oken v přední části kostela. Okna v této části jsou umístěna symetricky. Vrcholem tohoto řezu byla klenba, která byla v této přední části vyšší než v zadní části kostela s oltářem. V tomto řezu vyniká především točité schodiště vedoucí na kůr. Druhý příčný řez vedl osou oken v zadní části kostela. Vynikla tak klenba v této části, a také to, že zadní část je užší a klenba v této části je nižší než v přední části.

Vodorovně vedené řezy byly zkonstruovány dva. První řez byl veden ve výšce 1,10 m nad podlahou kostela, tedy v nadmořské výšce 294,85 m. Body pro vytvoření tohoto řezu byly měřeny zvlášť v předem určené výšce vně i uvnitř budovy. V tomto řezu byly vyznačeny klenby a okrasné římsy nad úrovní toho řezu. Druhý vodorovný řez byl veden v úrovni poloviny oken, tedy v nadmořské výšce 297,78 m. Okna v obou částech byla přibližně ve stejných výškách. Nejdůležitějšími objekty tohoto řezu byla čtyři okna, a průběh klenby nad oltářem. Tato klenba sestávala ze čtyř zvlášť lomených částí, a bylo tedy nutné vystihnout její průběh správně.

Pro představu vnější členitosti stavby byly vytvořeny pohledy na budovu kostela. Budova měla čtyři strany a pro každou stranu byl zkonstruován jeden pohled. Byly zaměřeny body významných a snadno identifikovatelných hran stavby (rohy budovy, podpěrných zdí, rohy říms, vrchol střechy, části zvonice). Tyto body byly naimportovány do programu MicroStation. Byla zvolena strana budovy (s jednou hlavní stěnou) a z jejího půdorysu byly ortogonálně vynášeny výšky zaměřených bodů. Takto bylo pro každý pohled vyneseno dostatečné množství bodů, aby bylo možné na ně natransformovat fotografie dané stěny, nebo její části. Transformace byla zvolena afinní. Hrany, které nebyly zaměřeny, byly z fotografií zvektorizovány. Vznikly tedy čtyři pohledy na budovu v měřítku 1:75.

## 6. Závěr

Tato práce byla vyhotovena pro potřeby Národního památkového ústavu. Mapovaným objektem byl kostel sv. Šimona a Judy v Radosticích a také přilehlá komunikace.

Nejprve proběhla rekognoskace daného areálu a bodového pole v této oblasti. Po rekognoskaci bodového pole bylo rozhodnuto o zhuštění stávajícího bodového pole stanovisky určenými metodou GNSS. Tyto body byly dále využity při tvorbě pomocné měřické sítě, která sestávala z vetknutého oboustranně orientovaného polygonového pořadu, rajonů a volných stanovisek. Nadmořské výšky stanovisek byly určeny technickou nivelací.

Podrobné zaměření komunikace a přilehlého okolí sestávalo z polohopisného a výškopisného zaměření. Byly zaměřeny výšky kleneb, okrasné římsy, točité schodiště a kůr, vnější opěrné zdi a významné hrany vnějších zdí kostela pro vytvoření pohledů.

Souřadnice bodů pomocné měřické sítě určované metodou GNSS byly vypočteny v softwaru LeicaGeooffice a souřadnice a nadmořské výšky zbývajících bodů pomocné měřické sítě a podrobných bodů byly vypočteny v programu Groma. Přesnost souřadnic a výšek byla testována dle normy ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy. Jednalo se o testování přesnosti souřadnic a výšek z kontrolního nezávislého určení a také testování přesnosti souřadnic pomocí kontrolních oměrných. Při testování byly dodrženy všechny stanovené odchylky.

Následovalo grafické zpracování těchto hodnot. Nejprve byla vytvořena účelová mapa okolí a komunikací v programu MicroStation v měřítku 1:250, která byla pomocí softwaru Atlas DMT doplněná vrstevnicemi. V některých místech bylo nutné zvolit ruční interpolaci. Účelová mapa je do bakalářské práce dodána ve dvou verzích. Tisková verze je tříbarevná a digitální je vícebarevná.

Dále byl zkonstruován podélný svislý řez vedený středem kostela, svislý příčný řez vedený osou oken v přední části a svislý příčný řez vedený osou oken v zadní části kostela. Řezy byly vyhotoveny v měřítku 1:50. Na základně zaměřených bodů vně kostela byly vytvořeny čtyři pohledy na budovu kostela (v měřítku 1:75), každý z nich znázorňuje jednu stranu budovy. Vodorovný řez byl umístěn ve výšce 1,10 m nad podlahou kostela, tedy v nadmořské výšce 294,85m. Druhý vodorovný řez byl veden středem oken, v nadmořské výšce 297,78 m. Oba dva vodorovné řezy byly vyhotoveny v měřítku 1:60.

Všechny grafické výstupy této bakalářské práce mohou být předány Národnímu památkovému ústavu, který je může po kontrole v budoucnu využít pro opravy a udržování této památky.

## 7. Použitá literatura

- [1] Radostice. *Obec Radostice* [online]. [cit. 2013-29-10].  
Dostupné z: <http://www.radostice.cz/>
- [2] Mapy Seznam. *Seznam* [online]. [cit. 2013-30-10].  
Dostupné z: <http://www.mapy.cz/>
- [3] ČÚZK: Český úřad zeměměřický a katastrální. [online]. [cit.2013-12-14].  
Dostupné z: <http://www.cuzk.cz/>
- [4] DATAZ: Databáze bodových polí. [online]. [cit. 2013-12-14].  
Dostupné z: <http://www.dataz.cuzk.cz/>
- [5] TOPCON. [online]. [cit. 2014-28-4]. Dostupné z: <http://www.topcon.com.sg/>
- [6] Nivelační přístroje. [online]. [cit. 2014-4-30].  
Dostupné z: <http://www.nivelacni-pristroje.cz/>
- [7] VONDRÁK, J. Geodézie II. Modul 01. Geodetická cvičení II. VUT v Brně 2004.
- [8] ČSN 01 3410. *Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy*. Vydavatelství norem Praha, 1990
- [9] ČSN 01 3411. *Mapy velkých měřítek. Kreslení a značky*. Vydavatelství norem Praha, 1989
- [10] NEVODÁD, Z. – VITÁSEK, J. *Geodézie III*. Brno: Vutium. 2000. ISBN 80-214-1774-9
- [11] KALVODA. P. *Návod pro tvorbu účelové mapy*. VUT v Brně 2013
- [12] Atlas: Software – Atlas DMT. ATLAS – spol. s. r. o. [online]. [cit. 2014-5-17].  
Dostupné z: <http://www.atlasltd.cz/>
- [13] FIŠER. Z. – VODNRÁK. J. Mapování I. Průvodce 01. Průvodce předmětem mapování I. VUT v Brně 2005.
- [14] Národní památkový ústav. [online]. [cit. 2014-5-17]. Dostupné z: <http://www.npu.cz/>

## 8. Seznam použitých zkratek

<b>S-JTSK</b>	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
<b>Bpv</b>	výškový systém Balt po vyrovnání
<b>GNSS</b>	Global Navigation Satellite Systems
<b><math>m_r</math></b>	střední chyba měřeného směru
<b><math>m_s</math></b>	střední chyba délky
<b><math>m_p</math></b>	mezní polohová odchylka uzávěru polygonového pořadu
<b><math>m_u</math></b>	mezní úhlová odchylka uzávěru polygonového pořadu
<b><math>\Delta h_{max}</math></b>	mezní odchylka rozdílu mezi změřeným a daným převýšením
<b><math>m_{x,y}</math></b>	základní střední souřadnicová chyba
<b><math>u_{x,y}</math></b>	mezní souřadnicová chyba
<b><math>m_h</math></b>	základní střední výšková chyba
<b><math>u_h</math></b>	mezní výšková chyba
<b><math>\Delta d</math></b>	rozdíl mezi délkou spojnice vypočtenou ze souřadnic a délkou určenou z přímého kontrolního měření
<b><math>d_m</math></b>	délka spojnice vypočtená z výsledných původních souřadnic bodů
<b><math>d_k</math></b>	délka spojnice určená z přímého kontrolního měření
<b><math>u_d</math></b>	mezní chyba délky
<b><math>\Delta x</math></b>	rozdíl v souřadnici x mezi původním a kontrolním určením bodu
<b><math>\Delta y</math></b>	rozdíl v souřadnici y mezi původním a kontrolním určením bodu
<b><math>x_m, y_m</math></b>	výsledné souřadnice podrobného bodu
<b><math>x_k, y_k</math></b>	souřadnice podrobného bodu z kontrolního určení
<b><math>s_{x,y}</math></b>	výběrové střední souřadnicové chyby
<b><math>s_x, s_y</math></b>	střední výběrové chyby souřadnic x a y
<b>N</b>	počet bodů ve výběru
<b><math>\Delta p</math></b>	polohová odchylka
<b><math>\omega_{2N}, \omega_N</math></b>	koeficienty použité při testování přesnosti souřadnic
<b><math>\alpha</math></b>	hladina významnosti při testování statistické hypotézy
<b><math>\Delta H</math></b>	výšková odchylka
<b><math>H_m</math></b>	výška podrobného bodu
<b><math>H_k</math></b>	výška podrobného bodu určená z kontrolního měření
<b><math>s_H</math></b>	výběrová střední výšková chyba
<b>ETRS-89</b>	Evropský terestrický referenční systém 1989
<b>ČSNS</b>	Česká státní nivelační síť
<b>CZEPOS</b>	Síť permanentních stanic GNSS České Republiky

## 9. Seznam obrázků a tabulek

### 9.1. Seznam obrázků

Obr. 2.1 Lokalizace obce [2] .....	11
Obr. 2.2 Kostel sv. Šimona a Judy (foto autor) .....	12
Obr. 3.1 Zaměřovaná oblast [2] .....	12
Obr. 3.2 Bodové pole v dané lokalitě [4] .....	13
Obr. 3.3 Přístroj TOPCON GPT 3003N .....	14
Obr. 3.4 Nivelační přístroj TOPCON AT-G7 .....	15
Obr. 3.5 Přístroj WILD CR223 a anténa SR399 .....	15
Obr. 4.1 Schéma polygonového pořadu.....	16
Obr. 4.2 Vyznačení bodů určených metodou GNSS v polygonovém pořadu.....	18
Obr. 4.3 Pomocná měřická síť uvnitř kostela .....	19
Obr. 4.4 Určení nadmořské výšky podlahy kostela .....	21

### 9.2. Seznam tabulek

Tab. 3.1 Výsledek rekognoskace polohového bodového pole .....	14
Tab. 3.2 Výsledek rekognoskace výškového bodového pole.....	14
Tab. 4.1 Nadmořské výšky bodů na podlaze kostela.....	21
Tab. 5.1 Souřadnice bodů určených metodou GNSS .....	22
Tab. 5.2 Výsledky polygonového pořadu .....	23
Tab. 5.3 Posouzení přesnosti nivelačních pořadů.....	24
Tab. 5.4 Nadmořské výšky bodů pomocné měřické sítě určené technickou nivelací .....	24
Tab. 5.5 Testování přesnosti souřadnic metodou kontrolních oměrných .....	26
Tab. 5.6 Testování přesnosti souřadnic.....	27
Tab. 5.7 Testování přesnosti výšek.....	28



## 10. Seznam příloh

1. Zapisníky
  - 1.1 Zapisníky měření (analogová + digit. příloha)
  - 1.2 Zapisníky měření GNSS (analogová + digit. příloha)
  - 1.3 Zapisník měření technické nivelace (digit. příloha)
2. Protokoly o výpočtu
  - 2.1 Protokol výpočtu GNSS (analogová + digit. příloha)
  - 2.2 Protokol výpočtu polygonového pořadu (analogová + digit. příloha)
  - 2.3 Protokol výpočtu bodů pomocné měřické sítě (digit. příloha)
  - 2.4 Protokol výpočtu podrobných bodů (digit. příloha)
3. Seznamy souřadnic
  - 3.1 Body bodového pole (digit. příloha)
  - 3.2 Body pomocné měřické sítě (analogová + digit. příloha)
  - 3.3 Podrobné body (digit. příloha)
4. Testování přesnosti.
  - 4.1 Testování přesnosti souřadnic pomocí kontrolních oměrných (digit. příloha)
  - 4.2 Testování přesnosti souřadnic z dvojího nezávislého určení (digit. příloha)
  - 4.3 Testování přesnosti výšek (digit. příloha)
5. Geodetické údaje
  - 5.1 Body bodového pole (analogová + digit. příloha)
  - 5.2 Niveláčnické údaje (analogová + digit. příloha)
  - 5.3 Body pomocné měřické sítě (digit. příloha)
6. Adjustované měřické náčrty (analogová + digit. příloha)
7. Klad měřických náčrtů (digit. příloha)
8. Přehledný náčrt bodového pole (analogová + digit. příloha)
9. Tabulka atributů (digit. příloha)
10. Účelová mapa (analogová + digit. příloha)
11. Řezy
  - 11.1 Podélný řez A-A' (analogová + digit. příloha)
  - 11.2 Příčný řez B-B' (analogová + digit. příloha)
  - 11.3 Příčný řez C-C' (analogová + digit. příloha)
  - 11.4 Vodorovný řez D-D' (analogová + digit. příloha)
  - 11.5 Vodorovný řez E-E' (analogová + digit. příloha)
12. Pohledy
  - 12.1 Pohled 1 (čelní pohled) (analogová + digit. příloha)
  - 12.2 Pohled 2 (JV boční pohled) (analogová + digit. příloha)
  - 12.3 Pohled 3 (SZ boční pohled) (analogová + digit. příloha)
  - 12.4 Pohled 4 (zadní pohled) (analogová + digit. příloha)