



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE

INSTITUTE OF GEODESY

ZAMĚŘENÍ KOSTELA NANEBEVZETÍ PANNY MARIE V IVANČICÍCH

THE MAPPING SURVEY OF THE CHURCH IN IVANČICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Soňa Psíková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MICHAL KURUC, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646R003 Geodézie a kartografie (N)
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Soňa Psíková
Název	Zaměření kostela Nanebevzetí Panny Marie v Ivančicích
Vedoucí práce	Ing. Michal Kuruc, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

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

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Norma ČSN 01 3420 - Výkresy pozemních staveb - Kreslení výkresů stavební části.

Norma ČSN 01 3410 - Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy

Norma ČSN 01 3411 - Mapy velkých měřítek - Kreslení a značky

Veselý J. a kol.: Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči.

Metodika NPÚ. 2014.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V interiéru ivančického kostela a jeho přilehlém okolí navrhnete, vybudujete a zaměříte síť měřických stanovisek. Uskutečnete měření potřebná pro vyhotovení stavební výkresové dokumentace. Měření připojte do závazného souřadnicového a výškového systému. Zpracujte měření a vyhotovte výkresy půdorysů a řez stavební konstrukcí. Výkresy vyhotovte v měřítku 1 : 50.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP zpracujete a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

Ing. Michal Kuruc, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je tvorba stavební výkresové dokumentace kostela Nanebevzetí Panny Marie v Ivančicích. Úvodní část je věnována popisu lokality a měření. Následující část práce se zabývá výpočty naměřených dat a testováním dosažené přesnosti. Závěrečná část práce obsahuje popis tvorby grafických výstupů. Výsledná stavební dokumentace se skládá z výkresů půdorysů, svislých řezů a účelové mapy, které budou předány Národnímu památkovému ústavu.

KLÍČOVÁ SLOVA

kostel, Ivančice, měření, stavební dokumentace, účelová mapa

ABSTRACT

The aim of the diploma thesis is the creation building drawings of the Church in Ivančice. The first part is devoted to description of locality and measuring. The following part of the thesis deals with calculations of measured data and the accuracy testing those data. The final part of the thesis describes creation graphic outputs. The resulting building documentation consist of drawings of ground plans, vertical sections and thematical map, which will be submitted to the National Heritage Institute.

KEYWORDS

church, Ivančice, measuring, building documentation, thematical map

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Soňa Psíková *Zaměření kostela Nanebevzetí Panny Marie v Ivančicích*. Brno, 2018. 42 s., 51 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Michal Kuruc, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 21. 5. 2018

Bc. Soňa Psíková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Michalovi Kurucovi, Ph.D. za ochotu a cenné rady v průběhu měření a zpracování této diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala kolegyni Bc. Vendule Baladové za spolupráci při měření. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat celé rodině a přátelům za podporu při studiu.

Obsah

1	Úvod	9
2	Lokalita	10
2.1	Lokalizace objektu	10
2.2	Historie a popis objektu	11
3	Budování měřické sítě	13
3.1	Rekognoskace stávajícího bodového pole a objektu.....	13
3.2	Stabilizace pomocných měřických bodů.....	13
3.3	Výškové připojení pomocné měřické sítě.....	14
3.3.1	Geometrická nivelace.....	14
3.3.2	Trigonometrické určení výšky	16
3.4	Polohové připojení pomocné měřické sítě.....	16
3.4.1	Technologie GNSS	17
3.4.2	Polygonový pořad	19
3.4.3	Rajon	19
4	Podrobné měření	21
4.1	Exteriér.....	21
4.2	Interiér.....	22
5	Kontrolní měření	24
5.1	Zaměření jednoznačně identifikovatelných bodů	24
5.2	Kontrolní oměrné míry	24
6	Výpočetní práce	26
6.1	Nastavení korekcí, zpracování zápisníku.....	26
6.2	Stanovení střední chyby směru a délky	26
6.3	Vyrovnání sítě.....	27
6.4	Výpočet podrobných bodů.....	29
6.5	Testování přesnosti	29
6.5.1	Testování polohových souřadnic jednoznačně identifikovatelných bodů30	
6.5.2	Testování výšek	31
6.5.3	Testování relativní přesnosti kontrolními mírami.....	32
7	Grafické zpracování	33
7.1	Přehledné náčrty pomocné měřické sítě.....	33

7.2 Účelová mapa.....	34
7.3 Půdorysy	36
7.4 Svislé řezy	37
8 Závěr	38
9 Seznam použitých zdrojů	39
10 Seznam použitých zkratk.....	40
11 Seznam obrázků a tabulek	41
11.1 Seznam Obrázků	41
11.2 Seznam tabulek	41
12 Seznam příloh	42

1 Úvod

Cílem diplomové práce je vyhotovení stavební výkresové dokumentace kostela Nanebevzetí Panny Marie v Ivančicích pro Národní památkový ústav. Při rekognoskaci objektu a jeho okolí s vedoucím diplomové práce Ing. Michalem Kurucem, Ph.D., byl dohodnut rozsah měřických prací a jednotlivé výstupy. Těmito výstupy jsou účelová mapa přilehlého okolí objektu, výkresy půdorysů a řezy stavební konstrukcí.

Za tímto účelem bylo třeba vybudovat pomocnou měřickou síť v okolí stavebního objektu a následně v interiéru. Měřická síť byla připojena do závazných systémů na území ČR podle nařízení vlády č.430/2006 Sb., kterými jsou systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a výškový systém Baltský po vyrovnání (Bpv). Budování měřické sítě a následné podrobné měření probíhalo na přelomu srpna a září roku 2017.

Další etapou jsou výpočetní práce, pro které byl zvolen výpočetní program Groma verze 12.0. Výsledky této etapy jsou souřadnice pomocných měřických bodů získané metodou vyrovnání sítí, souřadnice podrobných bodů a přehledné tabulky testování přesnosti podrobných bodů.

Závěrečná kapitola je věnována popisu vyhotovení jednotlivých grafických příloh, pro které byl zvolen program Microstation PowerDraft V8i.

2 Lokalita

2.1 Lokalizace objektu

Kostel Nanebevzetí Panny Marie se nachází v Jihomoravském kraji ve městě Ivančice (viz. Obr. 3). Město je tvořeno sedmi místními částmi a je součástí okresu Brno - venkov. Ivančice jsou jedním z nejstarších měst na Moravě, první písemná zpráva je datována do roku 1221.

„Příhodná poloha v teplé kotlině jižní Moravy na soutoku tří řek – Jihlavy, Oslavy a Rokytné – a na důležité křižovatce historických obchodních cest vysvětluje dávné osídlení místa. Dokládají to nálezy z doby kamenné a bronzové.“ [Město Ivančice - O městě Ivančice]

V 16. století se zvláště biskup Jan Blahoslav postaral o kulturní rozmach města, a to vydáním několika humanitních děl jako jsou např. Musica, Gramatika česká, překlad Nového zákona apod. Ivančice se tehdy staly centrem moravské vzdělanosti. Mezi nejslavnější obyvatele města patří malíř Alfons Mucha.

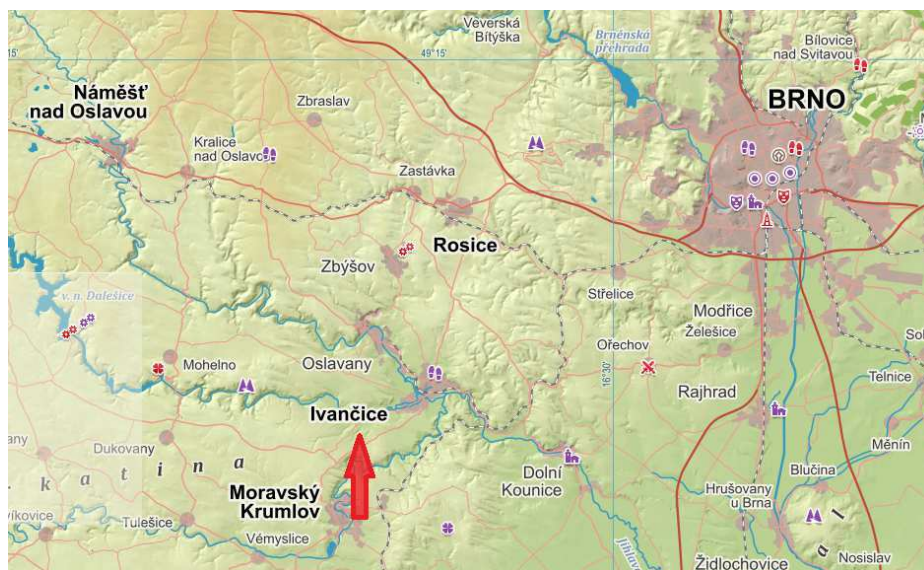
Přestože je uváděno, že první písemná zpráva o městě je z roku 1221, město za rok svého založení považuje rok 1212, který uvádí 300 let starý rukopis nazvaný „Kronika prastarého města Ivančic“. Samotný kostel je římskokatolický chrám chráněný jako kulturní památka ČR a nachází se v centru města na Palackého náměstí jak je vidět na Obr. 1. Na obrázku č. 2 můžete vidět historickou podobu znaku města Ivančice. [1]



Obr. 1 Letecký pohled na kostel Nanebevzetí Panny Marie v Ivančicích [zdroj podkladu: mapy.cz]



Obr. 2 Historická podoba znaku města Ivančice [2]



Obr. 3 Poloha města Ivančice v širším okolí [zdroj podkladu: mapy.cz]

2.2 Historie a popis objektu

Kostel Nanebevzetí Panny Marie stojí pravděpodobně na místě, kde stával původní dřevěný kostel sv. Václava. Původně na tomto místě stála osamocená strážní věž, ke které byl později přistaven kostel. Na obrázcích č. 4 a 5 je vyobrazena historická podoba chrámu. Současná podoba kostela je gotická a začala se budovat ve 13. století, její fotografie je vidět na obrázku č. 6. Objekt se skládá ze tří hlavních částí, kterými jsou hlavní loď, severní loď a jižní loď.

„Severní loď je zasvěcena tajemství Radostného růžence. Hlavní loď je zasvěcena tajemství Slavného růžence. Jižní loď je zasvěcena tajemství Bolestného růžence.“ [Farnost Ivančice – Historie farního kostela]

V kostele se nachází několik oltářů. V severní lodi je např. oltář představující svatou rodinu, na rozhraní lodí jsou dva menší oltáře.

„Na prvním je obraz sv. Floriana, jednoho z patronů města, který stojí nad hořícími Ivančicemi. Má znázorňovat pomoc a také díky za záchranu města před požárem. Na druhém menším oltáři je obraz sv. Barbory, kterou její vlastní otec sťal mečem, protože se nechtěla vzdát křesťanské víry.“ [Farnost Ivančice – Historie farního kostela]

V okolí kostela byl také dříve hřbitov, který byl zrušen roku 1560 a nový hřbitov byl téhož roku založen za hradbami města a společně s ním byla vystavěna kaple sv. Trojice. Při požáru v roce 1763 byla zničena gotická klenba presbytáře. Ta byla následně nahrazena barokní klenbou a také byla vystavěna nová barokní kazatelna. V letech 1946 – 1950 probíhala velká rekonstrukce kostela, při které byla hlavní loď prosvětlena okny, a bylo třeba také upravit střechy bočních lodí. Při této rekonstrukci byly objeveny malé části původních gotických fresek nad hlavní lodí.

3 Budování měřické sítě

3.1 Rekognoskace stávajícího bodového pole a objektu

Rekognoskace objektu probíhala za účasti vedoucího práce Ing. Michala Kuruce, Ph.D. Na místě byl dohodnut rozsah prací. Vlastnímu měření předcházela druhá rekognoskace, při které byla pořízena fotodokumentace objektu, a také byly vyhledány body bodových polí.

Před pochůzkou v terénu byly na stránkách českého úřadu zeměměřického a katastrálního, v databázi bodových polí, vyhledány body polohového i výškového bodové pole, nacházející se v okolí Ivančického kostela.

V terénu bylo zjištěno, že bod nivelační sítě s označením Ocd-39.1, který se měl nacházet na budově požární zbrojnice, byl pravděpodobně při její rekonstrukci odstraněn. Pro výškové připojení budované sítě byl tedy využit další nejbližší bod umístěný na budově obchodu na Tesařově náměstí s označením Ocd-37.2 a bod s označením Ocd-38, který je umístěn přímo na věži kostela Nanebevzetí Panny Marie.

Z bodů polohové bodového pole byl vybrán trigonometrický bod č. 32 a jeho zajišťovací body, které ale v terénu nebyly nalezeny a samotný trigonometrický bod nemohl být použit pro měření z důvodu jeho umístění vůči ostatním měřickým stanoviskům. Dále byly vybrány body podrobného polohového bodového pole č. 930 a 931, které byly v terénu nalezeny, a při měření na ně bylo orientováno. Rozmístění bodů státního bodového pole je zobrazeno na následujícím obrázku (Obr. 7).



Obr. 7 Rozmístění využitých bodů státního bodového pole [7]

3.2 Stabilizace pomocných měřických bodů

Pro stabilizaci pomocných měřických bodů v okolí kostela byly použity měřické hřeby a nastřelovací hřeby. Body v interiéru byly stabilizovány stabilizačními terčíky lepenými na podlahu (Obr. 8).



Obr. 8 Ukázka stabilizace pomocných měřických bodů v interiéru

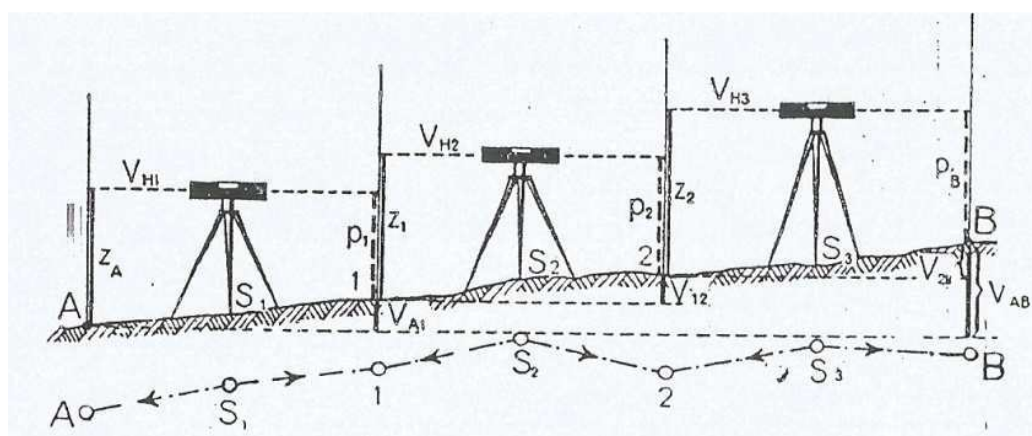
3.3 Výškové připojení pomocné měřické sítě

Závným výškovým systémem pro území České Republiky je systém Bpv. Pro výškové připojení lze v geodézii použít několik metod. Nejpoužívanějšími metodami jsou geometrická nivelace a trigonometrické určení výšky. V současné době lze také použít metodu GNSS, které má ale v určení výšky podstatně menší přesnost, než geometrická nivelace. Geometrická nivelace se dále dělí podle požadované výsledné přesnosti na technickou, přesnou, velmi přesnou a zvláště přesnou nivelaci.

Pro výškové připojení bylo při budování měřické sítě v okolí kostela použito metody technické nivelace a pro určení výšek stanovisek v interiéru kostela metody trigonometrické.

3.3.1 Geometrická nivelace

Existují dva základní typy geometrické nivelace, a to geometrická nivelace ze středu a vpřed. Používanější metoda je ze středu. Principem určení převýšení mezi dvěma body metodou geometrické nivelace ze středu je postavení nivelačního přístroje doprostřed, mezi spojnici těchto dvou bodů. (Obr. 9)



Obr. 9 Princip měření geometrické nivelace ze středu [8]

Vzdálenost se u technické nivelace odkrokuje, u přesnějších typů nivelace se vzdálenost odměří pásmem. Po urovnění nivelačního přístroje se přečte čtení na lati v bodě A (značí se jako čtení vzad „z“) a čtení na lati v bodě B (značí se jako

čtení vpřed „p“). Výsledné převýšení se potom vypočítá dle vzorce: $h = z - p$. V praxi obvykle není možné určit převýšení z jedné sestavy, ale z několika navazujících sestav. Převýšení je potom vypočteno analogicky dle vzorce: $h = \sum z - \sum p$.

Naměřené údaje se zapisují do „Zápisníku pro technickou a plošnou nivelaci“. Při použití geometrické nivelace ze středu, se stejně dlouhými záměrami vzad a vpřed, jsou vyloučeny postupem při měření chyba ze zakřivení horizontu a chyba ze sklonu záměrné přímky. Za další výhody této metody lze označit, že není třeba stabilizovat stanoviska ani představové body a není třeba měřit výšku přístroje.

Při budování pomocné měřické sítě v zadané lokalitě byla využita metoda technické nivelace ze středu. Pro měření byl vybrán nivelační přístroj Topcon AT – G7 (Obr. 10) (pro kontrolní nivelační pořad Topcon AT – G4). Touto metodou byl měřen nivelační pořad mezi body s označením Ocd-37.2 a Ocd-38. Bočními záměrami byly měřeny výšky bodů 4001 – 4005. Jedná se o body v okolí kostela, sloužící pro zaměření účelové mapy a připojení pomocných měřických bodů v interiéru kostela do výškového systému Bpv. Pro kontrolní určení jednoznačně identifikovatelných bodů byly určovány také kontrolně prostorové souřadnice měřické sítě, proto byl nivelační pořad měřen ještě jednou v opačném směru (Ocd-38 => Ocd-37.2). Kromě zmíněných pomocných měřických bodů byly měřeny výšky bodů 4021,4024,4025, které byly vybudovány v průběhu podrobného měření.

Naměřené údaje byly zapisovány do zápisníku pro technickou a plošnou nivelaci. Přesnost nivelačního pořadu se posuzuje podle dosaženého rozdílu převýšení naměřeného a vypočteného. Ta nesmí překročit hodnotu vypočtenou podle vzorce $20 \cdot \sqrt{R}$, kde R je délka nivelačního pořadu v kilometrech. [3] Tato podmínka byla splněna u obou nivelačních pořadů vedených při budování pomocné měřické sítě. Po ověření této podmínky byly nivelační zápisníky převedeny do elektronické formy a byl proveden výpočet výšek pomocných měřických bodů. Nivelační zápisníky v elektronické verzi jsou uvedeny v příloze 4.1, včetně naskenovaných originálů zápisníků.



Obr. 10 Nivelační přístroj Topcon AT-G7

využita pro všechna následující měření. Před každým měřením byly do přístroje také nastaveny hodnoty teploty a tlaku pro zavedení fyzikálních redukcí. Přesto, že řešená problematika nespadá mezi zeměměřické činnosti podle katastrální vyhlášky, ve výpočetních protokolech bylo použito číslování podrobných bodů stanovené zmíněnou katastrální vyhláškou. Pro pomocné měřické body bylo zvoleno číslo ZPMZ 1. Celé 15místné číslo je tedy tvořeno číslem katastrálního území, číslem ZPMZ a vlastním číslem bodu. (např. 655724000014001)



Obr. 12 Totální stanice Trimble 5503 DR

3.4.1 Technologie GNSS

Jedná se o metodu určování prostorové polohy bodů pomocí globálních navigačních systémů, která je v současné době jednou z nejpoužívanějších metod při budování měřických sítí, ale také je často využívána pro měření podrobných bodů či jejich vytyčování. Pro určování polohy jsou nejčastěji využívány dva systémy a to GPS (Americký) a GLONASS (Ruský). V současné době už lze také využít systém GALILEO (Evropský) nebo BeiDou (Čínský – dříve pojmenován jako Kompas). Všechny GNSS systémy mají tři základní složky, kterými jsou složky řídicí, kosmická a uživatelská. [10]

Globální navigační systémy nám umožňují určovat polohu i výšku s přesností v řádech centimetrů, a to pomocí umělých družic Země. Na přesnost výsledných prostorových souřadnic mají vliv systematické chyby např. troposféra, ionosféra, šum signálu, vícecestné šíření signálu (multipath) apod. Součtem všech vlivů se určí celková hodnota systematické chyby. Pro samotné určení prostorových souřadnic vybraných bodů měřické sítě existuje několik metod, kterými jsou

statická metoda, rychlá statická metoda, metoda Stop and Go, nejpoužívanější v současnosti je metoda RTK. [10]

Pro získání souřadnic s přesností na centimetry bylo třeba vybudovat pro území ČR sítě permanentních stanic. Na území ČR jsou provozovány tyto sítě permanentních stanic, které pokrývají celé území republiky: CZEPOS (provozovatel ČÚZK), Trimble VRS Now (provozovatel firma Trimble), TopNET (provozovatel firma GB-geodezie) a Georbit (provozovatel firma Geoobchod). Tyto stanice poskytují korekce, o které jsou opraveny měřené veličiny. Abychom výsledné prostorové souřadnice získaly v souřadnicovém systému S-JTSK a výškovém systému Bpv, je třeba použít schválenou zpřesněnou globální transformaci.

Při budování měřické sítě v Ivančicích byla použita metoda GNSS pro určení souřadnic polohy pomocných měřických bodů 4001 – 4005. Pro toto měření byl použit GNSS RTK přijímač Trimble R4-3 (Obr. 13). Při určování sítě pro kontrolní měření jednoznačně identifikovatelných bodů byly stejně jako při nivelaci dále zaměřeny pomocné body 4021,4024 a 4025, které byly vybudovány při podrobném měření. Protože měření exteriéru musí vyhovovat 3. třídě přesnosti, je nutné pomocné měřické body vybudovat s přesností stejnou nebo vyšší. Aby tyto požadavky byly splněny, bylo třeba dodržet požadavky na měření metodou GNSS stanovené vyhláškou č.31/1995 Sb. [3]. Vyhláška nám ukládá provést buď opakované měření bodu určeného touto metodou, nebo ověřit výsledky jinou geodetickou metodou. Z tohoto důvodu byly body určované metodou GNSS zaměřeny opakovaně a to s odstupem alespoň jedné hodiny, pro dosažení nezávislého postavení družic a tedy i nezávislého kontrolního měření. Dále nám vyhláška ukládá povinnost, aby parametry GDOP nebo PDOP byly menší než 7. Při určování bodů měřické sítě i při jejich kontrolním určení byly obě tyto podmínky splněny.

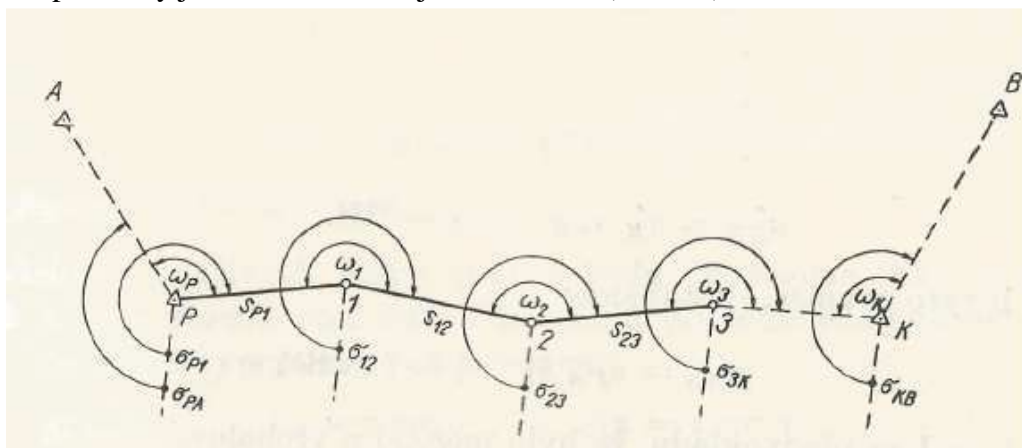


Obr. 13 Použitý GNSS přijímač Trimble R4-3

3.4.2 Polygonový pořad

Metoda polygonových pořadů je používána pro budování měřických sítí. Existuje několik typů polygonových pořadů. Mezi nejpoužívanější v praxi patří oboustranně připojený a orientovaný pořad, uzavřený pořad a polygonový pořad vetknutý. Při měření polygonových pořadů se používá technologie trojpodstavcové soupravy, pro dosažení vyšší přesnosti.

Pro připojení měřické sítě uvnitř kostela byla použita metoda sítí. Sít' se skládá z bodu měřených metodou polygonového pořadu oboustranně připojeného a orientovaného a dalších bodů určených metodou rajonu. U tohoto polygonového pořadu je potřeba znát souřadnice počátečního a koncového bodu a navíc také souřadnice orientačních bodů. Při měření jsou registrovány šikmé délky, vodorovné směry, výškové úhly, a protože je zároveň při měření polygonového pořadu přenášena trigonometricky výška je třeba také registrovat výšku přístroje a cíle. Princip metody je vidět na následujícím obrázku (Obr. 14).



Obr. 14 Princip měření a výpočtu oboustranně připojeného a orientovaného polygonového pořadu [9]

Touto metodou byl veden polygonový pořad z bodu č. 4001, kde bylo orientováno na bod 4005 a dále na body podrobného polohového bodového pole č. 930 a 931. Polygonový pořad byl ukončen na pomocném měřickém bodě č. 4002 s orientací na body 4003 a 4004. Vodorovné a výškové směry byly měřeny ve dvou polohách dalekohledu a délky byly měřeny obousměrně (tam i zpět). Tento polygonový pořad prochází přes kostel z náměstí do prostoru ulice za kostel. Celkem byly touto metodou určeny tři pomocné měřické body (4006 – 4008), které dále sloužili pro vytvoření sítě v prostorách interiéru kostela.

3.4.3 Rajon

Metoda rajonu je nejpoužívanější metodou pro budování pomocných měřických bodů. Je třeba znát souřadnice výchozího bodu a souřadnice bodů, na které je prováděna orientace. Orientační body musí být alespoň dva. Při měření je měřena vzdálenost a vodorovný směr, z nich jsou potom vypočteny souřadnice určovaného bodu. Vzdálenost určovaného bodu nesmí být delší než délka k nejvzdálenějšímu orientačnímu bodu, a zároveň nesmí překročit 1000m. Další

podmínkou při určování souřadnic rajonem je návaznost takto určovaných bodů. Jsou povoleny pouze tři na sebe navazující body, jejich vzdálenost může být maximálně 250m. [11]

Touto metodou byly určeny všechny další pomocné body měřické sítě. V interiéru bylo pro jejich určení použito hranolů na stativěch, tedy byly určovány v principu trojpodstavcovou soupravou, aby bylo dosaženo vyšší přesnosti.

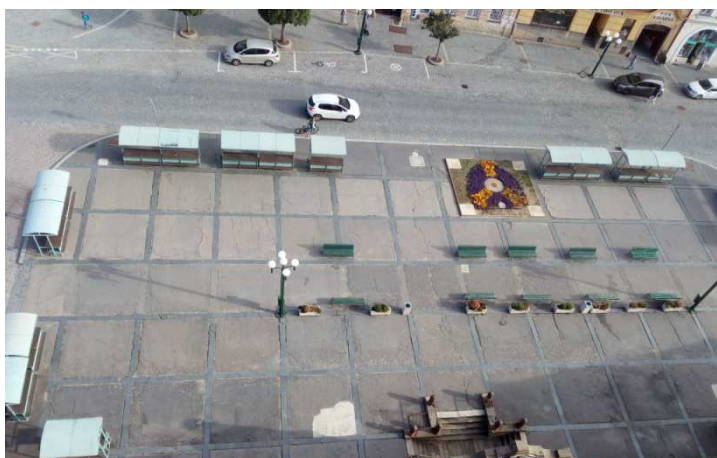
4 Podrobné měření

Při provádění podrobného měření nebyly vedeny měřické náčrtky, ale bylo použito kódování bodů. Náčrtky byly kresleny pouze v případě konstrukčních oměrných, nebo pro ortogonální metodu. Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole 3.4, pro číslování bodů bylo použito 15místné číslo podle současných platných předpisů. Pro rozlišení bodů nacházejících se v okolí kostela a bodů uvnitř, bylo použito dvou čísel ZPMZ. V rámci ZPMZ číslo 1 byly číslovány všechny pomocné měřické body, a také podrobné body měřené uvnitř kostela. Pro body sloužící pro tvorbu účelové mapy okolí kostela bylo zvoleno ZPMZ číslo 2.

4.1 Exteriér

Pro mapování okolí kostela byla použita tachymetrická metoda. Jedná se o nejpoužívanější metodu určování souřadnic podrobných bodů. Výšky jsou určovány na principu trigonometrické metody. Existují dvě základní podmínky. První podmínkou polární metody je orientace alespoň na dva známé body. Druhou důležitou podmínkou je, že vzdálenost na podrobný bod nesmí překročit 1,5 násobek vzdálenosti na nevdálenější orientační bod. U nepřístupných bodů lze použít doplňující míry, kterými jsou polární kolmice, nebo doměrek. Při měření jsou registrovány kromě vzdálenosti a vodorovného směru také výškový úhel a výšky cíle a přístroje.

Mapování bylo provedeno v 3.tř přesnosti s podrobností pro měřítko 1:500, tzn. podrobné body, by měli být vzdáleny 2-3cm na mapě (10-15m ve skutečnosti). Vzhledem k tomu, že se jedná o prostor nacházející se v centru města (Obr. 15), tvořili polohopisné prvky především rozhraní komunikací a chodníků, rozhraní druhu povrchu, rozhraní budov včetně vstupů, stromy, povrchové znaky inženýrských sítí, obvod kostela a ostatní prvky polohopisu (např. dopravní značky, místní tabule, veřejné osvětlení apod.). Pro zaměření nepřístupných vstupů, či rohů budov byla použita ortogonální metoda případně konstrukční oměrné míry. Celkem bylo v okolí kostela změřeno přibližně 1200 podrobných bodů.



Obr. 15 Pohled na Palackého náměstí z kostelní věže.

4.2 Interiér

Pro mapování vnitřní části kostela Nanebevzetí Panny Marie byla také použita metoda prostorové polární metody. V tomto případě však byly na orientačních bodech rozmístěny hranoly na stativech, aby bylo dosaženo vyšší přesnosti při měření podrobných bodů. Podrobné body byly měřeny pomocí bezhranolového dálkoměru. Díky použití laserové stopy bylo možné měřit i body, na které by nebylo možné za zacílit pomocí dalekohledu.

Předmětem měření interiéru byly prvky, které se zobrazují ve stavebních výkresech. Tyto prvky tvoří převážně půdorysné obvody zdiva, klenby, schodiště, dveře, okna apod. Jak je vidět na obrázcích č. 16 a 17, v kostele se nachází několik druhů kleneb. Jedná se o klenby valené, křížové a jednu klášterní klenbu.

Valené klenby jsou základními klenbami, které také slouží pro odvození dalších kleneb. Tvar valené klenby může být půlkruhový nebo segmentový, podle toho lze tyto klenby dále rozdělit na rovnou, kuželovou a stoupající. Klášterní klenba je gotickým prvkem, vzniká průnikem dvou kleneb valených. V protnutí kleneb se nachází tupá žebra, stýkající se v jednom bodě. Křížová klenba vzniká průnikem dvou nebo více kleneb valených o stejné výšce a stoupá směrem do středu. Žebra křížových kleneb bývají často zesílená a vystupují. [12] Celkově bylo uvnitř změřeno přibližně 2500 podrobných bodů.



Obr. 16 Boží hrob.



Obr. 17 Gotické klenby s vystouplými žebry nad hlavní lodí.

5 Kontrolní měření

Ověřování dosažené přesnosti při měření bylo prováděno dvěma metodami. Pro kontrolu zaměření okolí kostela bylo použito zaměření jednoznačně identifikovatelných bodů. V interiéru byla zvolena ověřovací metoda kontrolních oměrných měř.

5.1 Zaměření jednoznačně identifikovatelných bodů

V zájmovém území byly vybrány jednoznačně identifikovatelné polohopisné prvky, jejichž souřadnice a výšky byly určeny kontrolním měřením. Aby se jednalo o nezávislé určení je třeba buď vytvořit novou měřickou síť, nebo provést nové určení prostorových souřadnic již vybudované měřické sítě. V této práci byla zvolena druhá metoda, tedy nové určení stávající měřické sítě. Jak již bylo zmíněno v kapitolách 3.3.1 a 3.4.1, nadmořské výšky bodů byly určeny nivelačním pořadem technické nivelace, a souřadnice pomocných měřických bodů byly určeny opět dvojitým měřením metodou GNSS a to včetně bodů, které byly v průběhu měření vytvořeny metodou rajonu.

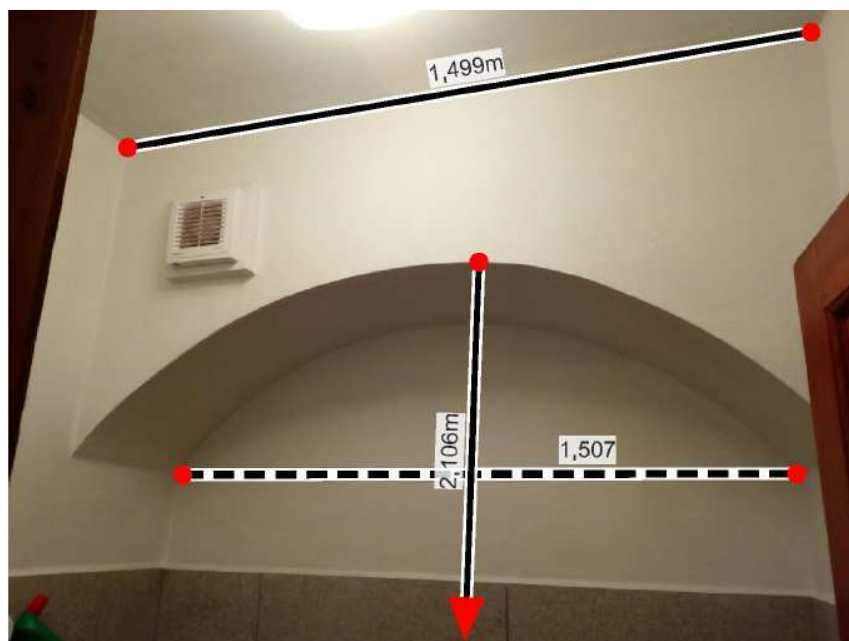
Z takto nezávislé určené měřické sítě bylo změřeno 110 jednoznačně identifikovatelných bodů. Podle normy ČSN 01 3410 odstavce 36. je rozsah reprezentativního výběru stanoven počtem nejméně 100 bodů pro ověřování přesnosti souřadnic a výšek. [13] Toto kritérium bylo splněno.

5.2 Kontrolní oměrné míry

Metoda kontrolních oměrných měř a křížových měř byla použita pro testování dosažené přesnosti měření uvnitř kostela. Norma ČSN 01 3410 stanoví opět kritérium počtu spojníc bodů na nejméně 100. V interiéru bylo vybráno celkem 100 dvojic bodů, mezi kterými byly měřeny délky. Kritéria výše uvedené normy byly tedy splněny. Délky spojníc vybraných bodů byly měřeny pomocí laserového dálkoměru Leica Disto D1 (Obr. 18). Výhodou tohoto laserového dálkoměru je možnost propojení s mobilním telefonem přes bluetooth s aplikací DISTO sketch. Po propojení je možné pořídít fotografie místa a přímo do nich vkládat naměřené vzdálenosti, nebo pouze vykreslit tvar objektu a opět do něj vkládat vzdálenosti. Lze tedy jednoduše vytvářet pomocné náčrtky do fotografií (Obr. 19). Tyto náčrty byly používány také pro měření míst, která byla nepřístupná při měření polární metodou.



Obr. 18 Laserový dálkoměr
Leica



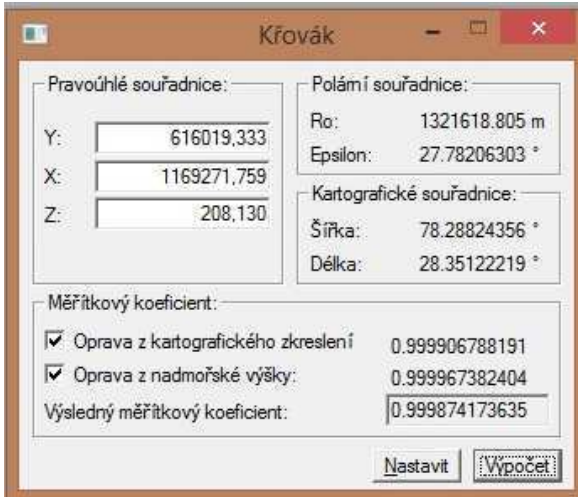
Obr. 19 Ukázka náčrtu vytvořeného aplikací DISTO Sketch.

6 Výpočetní práce

Veškerá naměřená data byla ukládána do paměti totální stanice, a následně byla stažena do počítače. Pro výpočetní práce byl využit program GROMA v. 12.0, kromě výpočtu nivelačního zápisníku a testování přesnosti, které byly provedeny v prostředí programu MS Excel. Souřadnice bodů určených metodou GNSS byly získány bezprostředně po měření díky použití globálního transformačního klíče. Následně byl proveden export souřadnic a protokolu o měření, kde byla provedena kontrola veškerých požadovaných parametrů měření technologií GNSS.

6.1 Nastavení korekcí, zpracování zápisníku

Před provedením výpočetních prací bylo třeba provést nastavení matematických korekcí (Obr. 20). Ty nebyly zaváděny při měření ani při stahování dat, proto bylo třeba je zavést při importu zápisníků. Matematickými korekcemi je myšlena oprava z kartografického zobrazení a oprava z nadmořské výšky. Jedná se o opravy měřených délek. Výsledný měřítkový koeficient byl vypočten funkcí „Křovák“ z dosud známých průměrných souřadnic a výšek bodů měřické sítě.



The screenshot shows a window titled "Křovák" with the following fields and values:

Pravoúhlé souřadnice:		Polární souřadnice:	
Y:	616019,333	Ro:	1321618.805 m
X:	1169271,759	Epsilon:	27.78206303 °
Z:	208,130	Kartografické souřadnice:	
		Šířka:	78.28824356 °
		Délka:	28.35122219 °

Měřítkový koeficient:	
<input checked="" type="checkbox"/> Oprava z kartografického zobrazení	0.999906788191
<input checked="" type="checkbox"/> Oprava z nadmořské výšky:	0.999967382404
Výsledný měřítkový koeficient:	0.999874173635

Buttons:

Obr. 20 Nastavení matematických korekcí.

Další etapou před samotnými výpočty bylo zpracování zápisníků. Protože bylo měření na orientační body prováděno ve dvou polohách dalekohledu, bylo třeba provést zpracování dvou poloh a opravit indexovou chybu. Dále bylo nutné provést redukci převýšení na spojnici stabilizačních značek a zpracovat opakovaná měření. Pro použití nástroje vyrovnání sítě bylo také třeba provést zpracování obousměrně měřených délek a převýšení a spojit stanoviska, na kterých bylo měřeno vícekrát. Cílem bylo, aby ve výsledném zápisníku použitým pro vyrovnání sítě bylo každé stanovisko pouze jedenkrát.

6.2 Stanovení střední chyby směru a délky

Před vyrovnáním sítě bylo třeba provést rozbor přesnosti a zjistit s jakou střední chybou byly měřeny směry a vzdálenosti. Použitý přístroj Trimble 5503 RD

udává přesnost měření vzdálenosti $m_s^{TR} = (2 + 2ppm \cdot D)[mm]$, kde D je vzdálenost v kilometrech, a střední chybu směru měřeného v jedné skupině $m_r^{TR} = 10^{cc}$. Pro stanovení již zmíněných středních chyb měření bylo třeba do výsledné střední chyby délky a směru započítat vliv centrace přístroje i cíle. Pro centraci totální stanice a odrazného hranolu umístěného na stativu byla uvažovaná chyba centrace 1mm. Při měření hranolem na výtyčce byla uvažovaná chyba centrace 10mm. Pro výpočet apriorních přesností byly použity následující vzorce.

$$m_s = \sqrt{(m_s^{TR})^2 + (m_c)^2} \dots \text{střední chyba délky včetně vlivu centrace}$$

$$m_\phi^c = \frac{\sqrt{(m_c^{\text{přístroj}})^2 + (m_c^{\text{cíl}})^2}}{s} * \rho \dots \text{vliv centrace na střední chybu směru měřeného v jedné poloze dalekohledu}$$

Na základě těchto hodnot byly vypočteny jednotlivé střední chyby délek a směrů pro všechny orientační body. Z těchto hodnot byly vypočteny aritmetické průměry použité pro následné vyrovnání měřické sítě (Tab. 1).

Tab. 1 Výsledné hodnoty zjištěné rozбором přesnosti měřených údajů

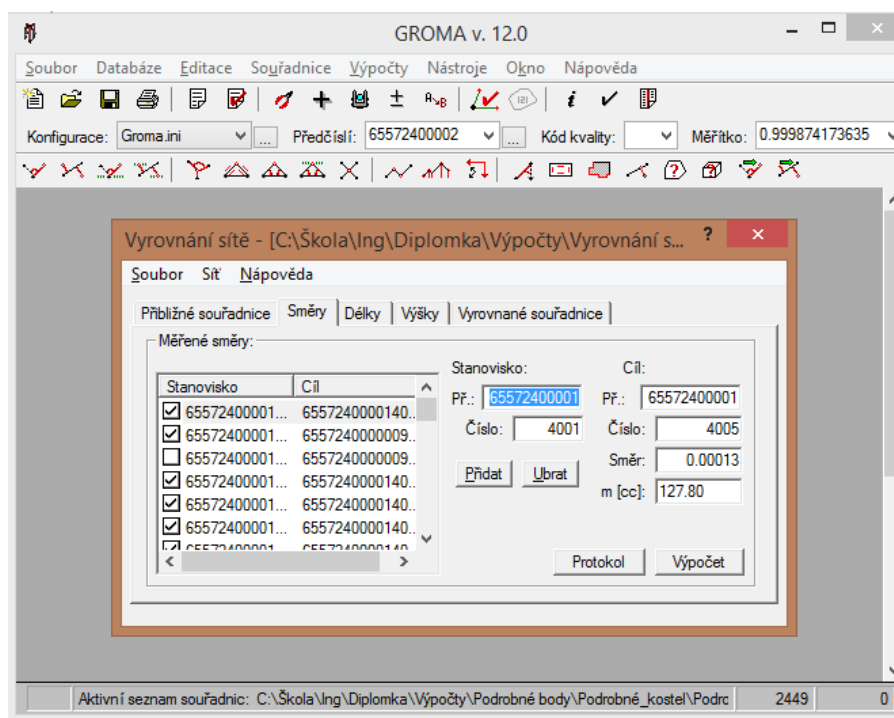
PRŮMĚRNÉ HODNOTY	vnitřní část sítě	vnější část sítě	Ø
$m_r^{\text{celková}}$ [cc]	67,0	188,5	127,8
$m_s^{\text{celková}}$ [mm]	2,3	10,2	

6.3 Vyrovnání sítě

Při měření bylo nasbíráno dostatek nadbytečných veličin, proto bylo možné provést polohové i výškové vyrovnání sítě (Obr. 21). Pro určení přibližných souřadnic a výšek vstupujících do vyrovnání bylo použito výpočtů v programu Groma. A to konkrétně výpočet oboustranně připojeného a orientovaného polygonového pořadu a následně výpočet všech rajonů. Bodům určeným metodou GNSS byly zadány výšky určené technickou nivelací. Při nastavení parametrů měřické sítě byly použity výsledky předchozího rozboru přesnosti. Pro vzdálenosti byly použity dvě rozdílné střední chyby, z nichž jedna byla určena délkám měřeným uvnitř kostela a druhá délkám měřeným venku. Jako střední chyby měřeného směru bylo použito aritmetického průměru směrů měřených uvnitř a venku, jehož hodnota činí 127,8^{cc}. Třetím parametrem je střední jednotková chyba pro výškové vyrovnání. Protože výšky přístroje i cíle byly měřeny dvoumetrem a výšky byly určovány trigonometrickou metodou, byla tato hodnota stanovena na 15mm.

Výšky určené technickou nivelací byly stanoveny jako pevné, tedy nebyly během výškového vyrovnání dále měněny. Pevná poloha byla přisouzena bodům státního bodového pole a dále pomocným měřickým bodům č. 4001 a 4005, jejichž souřadnice byly určeny technologií GNSS. Dalším pomocným měřickým bodům, určeným technologií GNSS, byla vzhledem k méně příznivým podmínkám při

jejich měření, určena poloha Helmertovou transformací. Ostatní body měřické sítě byly určované. Nakonec byl do nástroje vyrovnání sítě načten zpracovaný zápisník obsahující všechna měření.



Obr. 21 Groma V 12.0 – nástroj vyrovnání sítě

V průběhu vyrovnání sítě bylo potřeba vyloučit některé směry a vzdálenosti, na kterých byly zavedeny příliš velké opravy vzhledem k jejich vlastní velikosti, aby nepříznivě neovlivnili homogenitu celé sítě. Tyto veličiny byly vyloučeny pouze při vyrovnání sítě, při dalších výpočtech byly dále používány, pokud nevykazovali hrubou chybu. Důležitým ukazatelem správného vyrovnání sítě byl kromě oprav měřených veličin poměr základní střední chyby apriorní a základní střední chyby aposteriorní. Tento poměr by se měl pohybovat v rozmezí určeném výpočetním programem na základě nastavených parametrů pro statistické testování. V této práci bylo rozmezí stanoveno jako 0,82 – 1,18, výsledný poměr základních středních chyb byl 1,10. Lze tedy vyrovnání z toho pohledu považovat za vyhovující. Na základě vyrovnání sítě byly také stanoveny střední chyby souřadnic X, Y, H a také výsledné střední chyby souřadnic určovaných bodů (m_x, m_y, m_h), které nebyly stanoveny jako body pevné. Přehled těchto souřadnicových a výškových chyb je uveden v následující tabulce. Protokol o vyrovnání sítě s kompletními výsledky je uveden v příloze č. 4.2.

Tab. 2 Přehled dosažených charakteristik přesnosti po vyrovnání sítě

ČB	m_v [mm]	m_x [mm]	m_{xy} [mm]	m_h [mm]
4002	8,03	3,45	6,18	-
4003	12,81	8,06	10,70	-
4004	11,47	5,88	9,12	-

4006	3,04	2,41	2,74	1,56
4007	4,63	2,69	3,78	1,55
4008	6,25	2,77	4,83	1,72
4009	5,62	3,55	4,70	1,84
4010	7,59	2,95	5,76	1,88
4011	7,75	3,90	6,13	1,99
4012	7,15	4,83	6,10	2,02
4013	5,17	3,75	4,52	1,83
4014	5,75	3,99	4,95	2,10
4015	5,04	3,82	4,47	2,11
4016	5,55	4,94	5,25	1,95
4017	4,85	6,15	5,54	2,07
4018	3,70	3,77	3,74	1,93
4019	4,68	4,53	4,60	2,27
4020	4,60	5,43	5,03	2,16
4021	7,32	8,91	8,15	1,89
4022	2,25	2,99	2,65	1,85
4023	3,38	3,43	3,40	1,89
4024	7,67	11,05	9,51	2,74
4025	9,90	8,25	9,11	1,97

6.4 Výpočet podrobných bodů

Z vyrovnaní měřické sítě byly tedy získány souřadnice a výšky všech pomocných měřických bodů. Z těchto bodů dále byly vypočteny souřadnice všech podrobných bodů, a to pomocí nástroje polární metoda dávkou. Pro tento výpočet byly nastaveny tolerance pro maximální opravu orientace ($0,0800^s$), maximální oprava délky na orientaci a maximální oprava převýšení na orientaci. Všechny tyto tolerance byly při výpočtu dodrženy. Ze všech výpočetních prací také byly ukládány protokoly, které jsou uvedeny v příloze č. 4.2.

Pro výpočet prostorových souřadnic jednoznačně identifikovatelných bodů byly využity souřadnice a výšky z nezávislého určení měřické sítě. Pro tuto kontrolní síť nebylo provedeno vyrovnaní, a souřadnice tedy vycházely přímo z GNSS měření a výšky z technické nivelace.

Souřadnice bodů jsou vedeny v souřadnicovém systému S- JTSK, výšky v systému Bpv. Prostorové souřadnice podrobných bodů nacházejících se v interiéru kostela byly určovány s přesností na milimetry, zatímco podrobné body v okolí kostela sloužící pro tvorbu účelové mapy byly uloženy s přesností na centimetry. Jednotlivé seznamy souřadnic jsou uloženy v příloze č. 4.3.

6.5 Testování přesnosti

Testování přesnosti bylo provedeno podle normy ČSN 01 3410. Souřadnice a výšky jednoznačně identifikovatelných bodů byly testovány podle charakteristik přesnosti pro 3. třídu přesnosti. Testování oměrných měř měřených v interiéru splňuje 2. třídu přesnosti. Souhrn výpočtů pro testování přesnosti je uveden v příloze č. 4.4.

6.5.1 Testování polohových souřadnic jednoznačně identifikovatelných bodů

Pro 3. třídu přesnosti je stanovena kritická hodnota základní střední souřadnicové chyby $u_{x,y} = 0,14$ m. Z dvojích souřadnic téhož bodů bylo třeba vypočítat absolutní hodnoty souřadnicových rozdílů Δy a Δx . Tyto rozdíly byly určeny porovnáním seznamů souřadnic. A to konkrétně seznamem souřadnic podrobných bodů a seznamem jednoznačně identifikovatelných bodů. Z těchto souřadnicových rozdílů byla dále vypočtena polohová odchylka. Přesnost je dále testována podle výběrové směrodatné souřadnicové odchylky ($s_{x,y}$). Pro její výpočet je třeba také znát jednotlivé směrodatné odchylky s_x a s_y . Z výše uvedených vypočtených hodnot byla dále ověřována kritéria stanovená českou státní normou ČSN 01 3410 pro polohovou odchylku a pro směrodatnou souřadnicovou odchylku. Pro výpočty a testování přesnosti byly použity následující vzorce.

$\Delta x = x_m - x_k; \Delta y = y_m - y_k \dots$ kde index m = měření a index k = kontrolní určení

$\Delta p = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2} \dots$ polohová odchylka

$s_x = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{j=1}^N \Delta x_j^2}$; $s_y = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{j=1}^N \Delta y_j^2} \dots$ směrodatné odchylky jednotlivých souřadnic, koeficient $k = 2$ protože kontrolní určení bylo provedeno měřením se stejnou přesností jako první určení. Koeficient N je počet testovaných bodů.

$s_{x,y} = \sqrt{0,5 \cdot (s_x^2 + s_y^2)} \dots$ výběrová směrodatná souřadnicová odchylka

$|\Delta p| \leq 1,7 \cdot u_{x,y} \dots$ kritérium pro absolutní hodnotu polohové odchylky

$s_{x,y} \leq \omega_{2N} \cdot u_{x,y} \dots$ kritérium pro výběrovou směrodatnou odchylku, kde koeficient ω_{2N} je volen pro hladinu významnosti $\alpha = 5\%$ a je roven hodnotě 1,1, protože výběrový soubor je v rozsahu 100 – 300 bodů.

Tab. 3 Ukázka přehledné tabulky testování polohových souřadnic jednoznačně identifikovatelných bodů

Katastrální území Ivančice (655724)
Číslo náčrtu 2

Č.B.	Δy [m]	Δx [m]	Δp [m]	$\Delta p \leq 1,7 \cdot u_{x,y}$ [m]
38	0,02	0,03	0,04	Vyhovuje
87	0,00	-0,04	0,04	Vyhovuje
89	-0,02	-0,01	0,02	Vyhovuje
97	-0,03	0,02	0,04	Vyhovuje

Celkem bylo provedeno testování na vybraných 110 jednoznačně identifikovatelných bodech. Všechny vybrané body vyhovovaly testovaným kritériím.

6.5.2 Testování výšek

Testování přesnosti nadmořských výšek bylo provedeno na stejném výběrovém souboru jako testování polohových souřadnic. Na začátku bylo třeba vypočítat rozdíly výšek (ΔH) naměřených při prvním měření a při kontrolním měření. Tyto výškové rozdíly byly následně testovány podle dvou kritérií. První z kritérií souvisí s výběrovou střední výškovou chybou s_H . Tato chyba je testovaná v závislosti na poloze bodu. Tedy zda se jedná o bod na zpevněném nebo nezpevněném povrchu. Druhé kritérium souvisí s kritickou hodnotou základní střední výškové chyby (u_H). Ta je pro třetí třídu přesnosti stanovena na hodnotu 0,12m.

Použité vzorce dle ČSN 01 3410:

$\Delta H = H_m - H_k$... výškový rozdíl

$s_H = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{j=1}^N \Delta H_j^2}$... výběrová střední výšková chyba, hodnoty koeficientů k a N jsou stejné jako při polohovém testování

$|\Delta H| \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$... kritérium testující absolutní hodnotu výškových rozdílů

$s_H \leq \omega_N \cdot u_H$... kritérium testující výběrovou střední výškovou chybu pro body nacházející se na zpevněném povrchu.

Vzhledem k tomu, že všechny body výběrového souboru se nacházeli na zpevněném povrchu a bylo provedeno kontrolní měření, nebyla uvedena ostatní kritéria týkající se nezpevněného povrchu a výšek zjišťovaných z vrstevnic. Všechny vybrané body tato kritéria splnily.

Tab. 4 Ukázka přehledné tabulky testování výšek jednoznačně identifikovatelných bodů

Katastrální území Ivančice (655724)

Číslo náčrtu 2

Č.B.	H_m [m]	H_k [m]	$ \Delta H $ [m]	$ \Delta H \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$ [m]
38	208,63	208,62	0,01	Vyhovuje
87	208,77	208,74	0,03	Vyhovuje
89	208,70	208,70	0,00	Vyhovuje
97	208,74	208,75	-0,01	Vyhovuje

6.5.3 Testování relativní přesnosti kontrolními mírami

Testování interiéru bylo prováděno pro 2. třídu přesnosti, tedy kritická hodnota základní střední souřadnicové chyby $u_{x,y} = 0,08\text{m}$. Pro ověření dosažené přesnosti měření uvnitř kostela byly použity kontrolní míry. Tyto kontrolní oměrné míry byly měřeny laserovým dálkoměrem mezi body, již určenými v souřadnicích polární metodou. Kromě měř obvodových byly měřeny křížové míry. Testování pak tedy probíhalo porovnáním délky vypočtené ze souřadnic a délky přímo změřené, ze kterých byl vypočítán rozdíl. Ten byl následně testován dle dvou různých kritérií podle ČSN 01 3410. Použité vzorce:

$$\Delta d = d_m - d_k \dots \text{rozdíl délek}$$

$u_d = 1,5 \cdot \frac{d+12}{d+20} \cdot u_{x,y}$... kritická hodnota základní střední chyby délky, je vypočtena z jednotlivých délek a kritické hodnoty základní střední souřadnicové chyby

$|\Delta d| \leq 2 \cdot u_d \cdot k$... první z testovaných kritérií, hodnota koeficientu k je rovna 1,0, protože se jedná o délku vypočtenou ze souřadnic.

$|\Delta d| \leq u_d \cdot k$... druhé testované kritérium, které musí splňovat alespoň 60% testovaných délek.

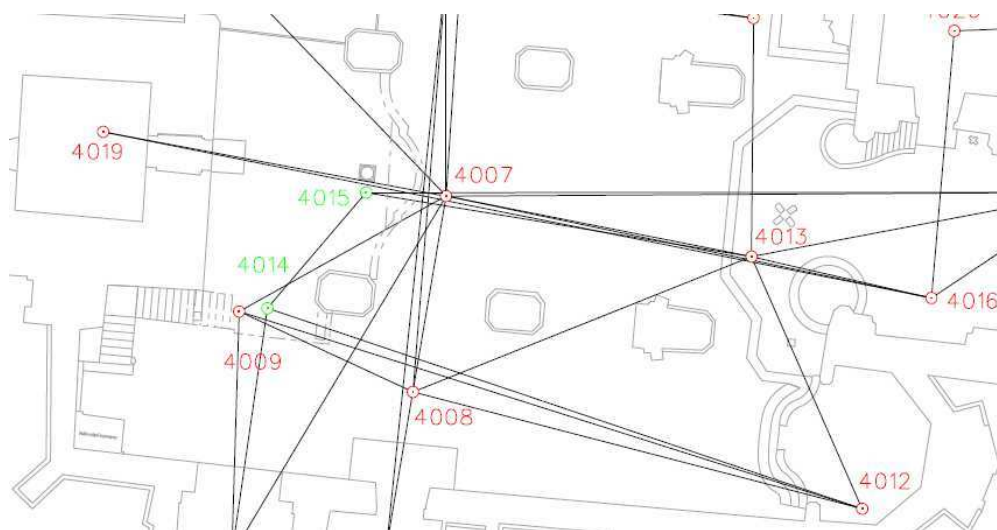
Celkem bylo testováno 100 kontrolních měř, z nichž všechny vyhovovaly oběma stanoveným kritériím.

7 Grafické zpracování

Poslední etapou zpracování bylo vyhotovení grafických příloh, kterými jsou přehledné náčrty měřické sítě, účelová mapa přilehlého okolí kostela, výkresy půdorysů a svislé řezy. Všechny grafické přílohy byly vyhotovovány v programu Microstation PowerDraft V8i. Tvorba účelové mapy se řídí normami ČSN 01 3410 a ČSN 01 3411 [14]. Přehledné náčrty byly vyhotoveny podle návodu pro obnovu katastrálního operátu [15]. Stavební výkresy byly vyhotovovány podle normy ČSN 01 3420 [16] a také podle metodického návodu NPÚ [17]. Protože objednatel prací byl právě NPÚ byl v některých rozdílnostech upřednostněn metodický návod NPÚ. Pro kresbu stavebních výkresů byly použity atributy používané Národním památkovým ústavem. Tato atributová tabulka je uvedena v příloze 4.8.

7.1 Přehledné náčrty pomocné měřické sítě

Pro zobrazení rozložení bodů měřické sítě byly vyhotoveny dva přehledné náčrty. První z těchto náčrtů zobrazuje pomocné měřické body vnější části sítě, zatímco druhý obsahuje body uvnitř budovy kostela. Obsahem přehledných náčrtů jsou pomocné měřické body, body státního bodového pole, na něž bylo při měření orientováno, zobrazení měřených směrů a délek mezi jednotlivými body a polohopisný podklad. Jako podklad pro náčrt vnější části sítě byla použita polohopisná část účelové mapy v šedé barvě. Pro část sítě uvnitř kostela bylo jako podkladu použito zjednodušeného půdorysu 1 nadzemního podlaží. Pomocné měřické body, které se nacházeli v 2 nadzemním podlaží byly odlišeny barevně (viz. Obr. 22). Oba náčrty byly dále doplněny o náležitosti podle návodu pro obnovu katastrálního operátu.



Obr. 22 Ukázka přehledného náčrtu vnitřní části pomocné měřické sítě

7.2 Účelová mapa

Účelová mapa byla vyhotovována za účelem znázornění vnějšího průběhu obvodového zdiva, které bylo zaměřeno s potřebnou podrobností. Pro okolní situaci je podrobnost mapování dána měřítkem 1:500 dostatečná. V průběhu podrobného měření tedy bylo předpokládáno, že výsledná účelová mapa bude vyhotovena v měřítku 1:500. Při následném zpracování se však ukázalo, že by nebylo možné zobrazit všechny naměřené skutečnosti a mapa by v některých místech mohla být nepřehledná. Proto na základě domluvy s vedoucím diplomové práce bylo rozhodnuto, že bude pro vyhotovení mapy použito měřítko 1:250, ale podrobnost měření bude ponechána pro měřítko 1:500.

Účelová mapa byla zpracována v programu Microstation Powerdraft V8i s použitím geodetické nástavby MGEO. Vzhledem k tomu, že při měření nebyly vedeny měřické náčrty, ale bylo použito kódování (viz Obr. 23), byla pro vykreslení polohopisné kresby použita funkce „Vstup bodů a kódované kresby“. Na základě stanovených kódů jednotlivých druhů polohopisných i výškopisných prvků bylo tedy možné vykreslit automaticky přibližně 90% výsledné mapy. Do seznamu souřadnic bylo též možné přiřadit řídicí kódy zajišťující např. uzavření objektu, kresbu oblouku, vložení rovnoběžné linie apod. Seznam kódů je uveden v příloze č. 4.10.

655724000020783	616012.92	1169278.31	208.24	S#U
655724000020784	616012.69	1169277.11	208.27	#S
655724000020785	616012.57	1169276.44	208.28	S
655724000020786	616011.89	1169276.55	208.27	S
655724000020787	616012.01	1169277.24	208.27	S#U
655724000020788	616012.97	1169277.35	208.23	#E
655724000020789	616013.10	1169278.03	208.19	E
655724000020790	616012.26	1169278.16	208.19	E
655724000020791	616012.14	1169277.49	208.23	E#U
655724000020792	616012.73	1169277.72	208.34	8.11
655724000020793	616011.74	1169279.61	208.19	5.270
655724000020794	616011.05	1169276.40	208.23	6.560
655724000020795	616008.34	1169278.28	208.17	6.14

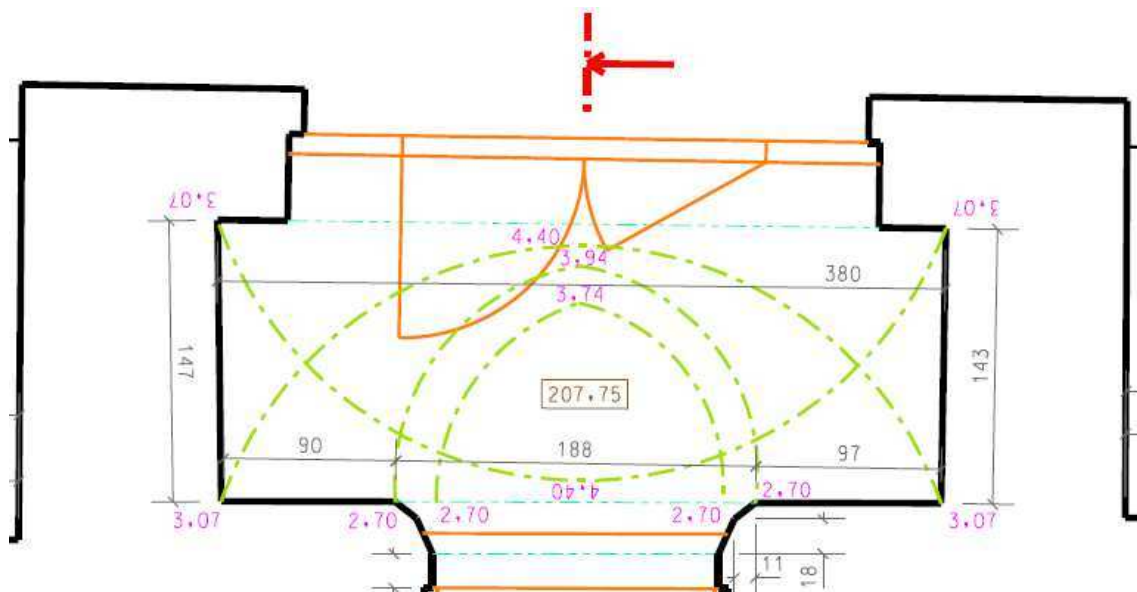
Obr. 23 Ukázka seznamu souřadnic podrobných bodů s použitím kódování

Dále byly do mapy doplněny popisy druhu povrchu a dokresleny prvky, které nebylo možné vytvořit pomocí kódování, případně byly provedeny opravy kresby v částech, které byly spojeny chybně při automatickém vykreslení. Výškopis byl vyjádřen pouze výškovými kótami, protože se jedná o rovinaté území tvořené převážně zpevněným povrchem. Nakonec byly do výkresu doplněny další mapové údaje, jako jsou legenda, křížky souřadnicové sítě S-JTSK, směrová růžice, popisová tabulka a okrajový náčrtek mapových listů měřítko 1:250. Výsledná mapa byla vyhotovena ve dvou verzích. První obsahuje pouze prvky účelové mapy, zatímco druhá verze je doplněna o podklad katastrální mapy ve světle růžové barvě. V katastrálním území „Ivančice“ je aktuální stav katastrální mapy DKM, která je platná od 4. 12. 2017. Ukázky části obou verzí účelové mapy jsou zobrazeny na následujících obrázcích (Obr. 24 a 25).

7.3 Půdorysy

Metodický návod NPÚ doporučuje u výrazně výškově členěných budov, jako jsou kostely, vyhotovit více půdorysných řezů. Vzhledem k tomuto doporučení byly vyhotoveny celkem tři půdorysy v měřítku 1:50. Půdorysný řez prvního nadzemního podlaží byl veden ve výšce 1,2 m nad podlahou kostela. Druhý řez byl řezem zalomeným, byl veden ve výšce 3,4 m, ve vstupních předsíních kostela ve výšce 2,5 m, v prostorách wc ve výšce 1,5 m a v zadní části hlavní lodi byl veden ve výšce 3,8 m nad podlahou. Hlavní loď kostela je oproti severní a jižní lodi podstatně vyvýšena, proto půdorys třetího nadzemního podlaží je veden ve výšce 8,5 m a zobrazuje pouze střed kostela, tedy právě hlavní loď.

Po vykreslení zděných konstrukcí, kterými prochází pomyslná řezová čára, byla kresba doplněna o skutečné průměty kleneb a jejich sklopené průměty. V druhu čáry pro zákres skutečného a sklopeného průmětu se rozchází norma s metodickým návodem NPÚ. Zatímco ČSN 01 3420 pro skutečné průměty kleneb používá čerchovanou čáru s jednou tečkou a pro sklopené průměty čerchovanou čáru se dvěma tečkami, metodický návod je používá v opačném pořadí. V tomto případě byl upřednostněn metodický návod NPÚ. Výkresy byly dále doplněny o další náležitosti dle výše uvedené normy, kterými jsou délkové a výškové kóty, názvy místností, specifikace dveří a oken, zákres průběhu svislých řezů apod. Délkové kóty jsou uvedeny v centimetrech, absolutní výšky podlah a relativní výškové kóty jsou uváděny v metrech s přesností na centimetry. Výkresy historických budov obsahují někdy také zákres rozměru dlaždice. Na závěr byly výkresy půdorysu doplněny o legendu místností a specifikace rozměrů oken a dveří. Ukázka části půdorysného řezu 2NP je vidět na následujícím obrázku (Obr. 26).



Obr. 26 Ukázka výkresu půdorysu 2NP

7.4 Svislé řezy

Poslední grafickou přílohou jsou svislé řezy stavební konstrukcí. Tvorba se opět řídí normou ČSN 01 3420. Byly vyhotoveny dva svislé řezy, podélný a příčný, v měřítku 1:50. Oba řezy byly zalomeny tak, aby procházeli středy křížových kleneb. Směry řezových rovin jsou vyznačeny ve všech půdorysných řezech. Střešní konstrukce nebyly součástí zaměření, proto nejsou v řezech zobrazeny, pouze je zakreslen směr pokračování stavebních konstrukcí. Na závěr byly výkresy doplněny o absolutní výškové kóty. V některých místech byly tyto kóty doplněny klasickými svislými délkovými kótami.

8 Závěr

Cílem diplomové práce bylo vyhotovení stavební výkresové dokumentace pro Národní památkový ústav. Před samotným vyhotovením výkresů byla vybudována pomocná měřická síť, která byla připojena do závazného souřadnicového a výškového systému pro ČR. Podrobné měření bylo provedeno tachymetrickou metodou na přelomu srpna a září roku 2017. Body měřené uvnitř budovy byly měřeny pomocí bezhranolového dálkoměru. Na závěr měření byla kontrolně přeměřena pomocná měřická síť v exteriéru a z ní byly zaměřeny jednoznačně identifikovatelné body pro testování dosažené přesnosti. Uvnitř kostela byly vybrány dvojice bodů, mezi kterými byla měřena vzdálenost.

Po provedení měřických prací byla provedena výpočetní část práce. Ta se skládala z několika částí. Nejprve byla data stažena a následně byly opraveny o matematické korekce. Další důležitou částí bylo určení souřadnic a výšek pomocných měřických bodů metodou vyrovnání sítí. Na základě takto vyrovnaných souřadnic byly vypočteny souřadnice všech podrobných bodů. Poslední částí výpočtů bylo testování dosažené přesnosti dle normy ČSN 01 3410. Body měřené v okolí objektu byly testovány pro 3. třídu přesnosti a body měřené uvnitř kostela byly testovány pro 2. třídu přesnosti. Všechny vybrané body pro testování přesnosti vyhovovali kritériím stanoveným výše uvedenou normou.

Poslední etapou bylo grafické zpracování. První grafickou přílohou byly přehledné náčrty měřické sítě, které byly vyhotoveny podle návodu pro OKO. Účelová mapa vznikla v prostředí programu MGEO. Nejprve byly vytvořeny kategorie atributů a poté proběhlo automatické vykreslení prvků mapy, které byly v seznamu souřadnic kódovány. Účelová mapa byla dále doplněna o vrstvu zobrazující podklad katastrální mapy a další náležitosti dle ČSN 01 3410. Výkresy půdorysů a řezů stavební konstrukcí byly vyhotoveny podle normy ČSN 01 3420 a metodického návodu NPÚ. Protože objednatel byl NPÚ byl v některých rozporných definicích upřednostněn metodický návod NPÚ.

Výsledné přílohy budou v elektronické i tištěné podobě předány Národnímu památkovému ústavu a mohou sloužit pro případnou rekonstrukci kostela Nanebevzetí Panny Marie v Ivančicích.

9 Seznam použitých zdrojů

- [1] *Město Ivančice* [online]. [cit. 30.1.2018]. Dostupné z: <http://mesto.ivancice.cz>
- [2] *Město Ivančice* [online]. [cit. 30. 1. 2018]. Dostupné z: <http://mesto.ivancice.cz/about/znak-mesta-a-jeho-popis/>
- [3] Vyhláška č. 31/1995 Sb., kterou se provádí zákon č. 200/1994 Sb., o zeměměřictví a o změně a doplnění některých zákonů souvisejících s jeho zavedením. Nakladatelství Sagit 2017.
- [4] Římsko katolická farnost Ivančice, *Historie farního kostela* [online]. [cit. 30. 1. 2018]. Dostupné z: <https://www.farnostivancice.cz/historie-farniho-kostela/>
- [5] Fotohistorie, *Jihomoravský kraj – Ivančice* [online]. [cit. 30. 1. 2018]. Dostupné z: http://www.fotohistorie.cz/Jihomoravsky/Brno-venkov/Ivancice/Ivancice_-_namesti/Default.aspx
- [6] ŽŠ TGM Ivančice, *Poznáváme svoje město* [online]. [cit. 30. 1. 2018]. Dostupné z: http://www.zstgmivancice.cz/zaci/3-3_a_ivancice/index.html
- [7] Geoportál, *Geoprohlížeč ČÚZK* [online]. [cit. 30. 1. 2018]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- [8] MAŠÍN Z. a kolektiv, *Geodézie 1. KARTOGRAFIE PRAHA*, 1978.
- [9] POKORA M. a kolektiv, *Geodézie pro posluchače stavebního inženýrství. PRAHA*, Nakladatelství technické literatury, 1967.
- [10] ŠVÁBENSKÝ O., WEIGEL J., MACHOTKA R.: *Seminář GPS – M01 Metodika GPS měření a vyhodnocení. BRNO VUT, Fakulta stavební 2007.*
- [11] KALVODA P.: *Mapování I. Přednáška 04_GE10_Mapování.pd.. BRNO VUT, Fakulta stavební.*
- [12] ELUC (Elektronická učebnice), *Konstrukční varianty kleneb* [online]. [cit. 31. 3. 2018]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/2199>
- [13] ČSN 01 3410. *Mapy velkých měřítek – Základní a účelové mapy.*
- [14] ČSN 01 3411. *Mapy velkých měřítek – Kreslení a značky.*
- [15] Český úřad zeměměřický a katastrální. *Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod.* Praha 2015.
- [16] ČSN 01 3420. *Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části.*
- [17] VESELÝ, J. a kol.: *Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči.* Metodika NPÚ. 2014.

10 Seznam použitých zkratk

S – JTSK	System jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	výškový systém Baltický po vyrovnání
GNSS	Globální navigační satelitní systém
ZPMZ	Záznam podrobného měření změn
GPS	Globální polohový systém (Americký)
GLONASS	Ruský globální navigační satelitní systém
CZEPOS	Česká síť permanentních stanic pro určování polohy
RTK	Real time kinematic (kinematická metoda v reálném čase)
GDOP/PDOP	Geometric Dilution of Precision/ Position Dilution of Precision
ČSN	Česká státní norma
NPÚ	Národní památkový ústav
DKM	Digitální katastrální mapa
NP	Nadzemní podlaží
OKO	Obnova katastrálního operátu

11 Seznam obrázků a tabulek

11.1 Seznam Obrázků

Obr. 1 Letecký pohled na kostel Nanebevzetí Panny Marie v Ivančicích [zdroj podkladu: mapy.cz]	10
Obr. 2 Historická podoba znaku města Ivančice [2]	10
Obr. 3 Poloha města Ivančice v širším okolí [zdroj podkladu: mapy.cz]	11
Obr. 4 Historická fotografie z roku 1908 [5]	12
Obr. 5 Historická podoba kostela (perokresba) [6]	12
Obr. 6 Pohled na kostel Nanebevzetí Panny Marie v Ivančicích ze severozápadní strany (2018)	12
Obr. 7 Rozmístění využitých bodů státního bodového pole [7]	13
Obr. 8 Ukázka stabilizace pomocných měřických bodů v interiéru	14
Obr. 9 Princip měření geometrické nivelace ze středu [8]	14
Obr. 10 Niveláčnický přístroj Topcon AT-G7	15
Obr. 11 Princip měření a výpočtu trigonometrického určení výšky [9]	16
Obr. 12 Totální stanice Trimble 5503 DR	17
Obr. 13 Použitý GNSS přijímač Trimble R4-3	18
Obr. 14 Princip měření a výpočtu oboustranně připojeného a orientovaného polygonového pořadu [9]	19
Obr. 15 Pohled na Palackého náměstí z kostelní věže	21
Obr. 16 Boží hrob	22
Obr. 17 Gotické klenby s vystouplými žebry nad hlavní lodí	23
Obr. 18 Laserový dálkoměr Leica	24
Obr. 19 Ukázka náčrtu vytvořeného aplikací DISTO Sketch	25
Obr. 20 Nastavení matematických korekcí	26
Obr. 21 Groma V 12.0 – nástroj vyrovnání sítě	28
Obr. 22 Ukázka přehledného náčrtu vnitřní části pomocné měřické sítě	33
Obr. 23 Ukázka seznamu souřadnic podrobných bodů s použitím kódování	34
Obr. 24 Ukázka účelové mapy bez podkladu DKM	35
Obr. 25 Ukázka účelové mapy na podkladu digitální katastrální mapy	35
Obr. 26 Ukázka výkresu půdorysu 2NP	36

11.2 Seznam tabulek

Tab. 1 Výsledné hodnoty zjištěné rozborem přesnosti měřených údajů	27
Tab. 2 Přehled dosažených charakteristik přesnosti po vyrovnání sítě	28
Tab. 3 Ukázka přehledné tabulky testování polohových souřadnic jednoznačně identifikovatelných bodů	30
Tab. 4 Ukázka přehledné tabulky testování výšek jednoznačně identifikovatelných bodů	31

12 Seznam příloh

1. Přehledné náčrty pomocné měřické sítě
 - 1.1. Přehledný náčrt pomocné měřické sítě vnější část
 - 1.2. Přehledný náčrt pomocné měřické sítě vnitřní část
2. Účelové mapy
 - 2.1. Účelová mapa
 - 2.2. Účelová mapa na podkladě katastrální mapy
3. Stavební výkresy
 - 3.1. Půdorys 1NP
 - 3.2. Půdorys 2NP
 - 3.3. Půdorys 3NP
 - 3.4. Svislý řez A - A'
 - 3.5. Svislý řez B - B'
4. DVD s přílohami
 - 4.1. Zápisníky
 - 4.2. Výpočetní protokoly
 - 4.3. Seznamy souřadnice
 - 4.4. Testování přesnosti
 - 4.5. Přehledné náčrty bodového pole
 - 4.6. Účelová mapa
 - 4.7. Stavební výkresy
 - 4.8. ÚM tabulka tributů
 - 4.9. Zaměřování památek tabulka atributů
 - 4.10. Seznam kódů