



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV GEODÉZIE
INSTITUTE OF GEODESY

3D MODEL KOSTELA SV. PETRA Z ALKANTARY V KARVINĚ

3D MODEL OF CHURCH OF ST. PETER OF ALCANTARA IN KARVINÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

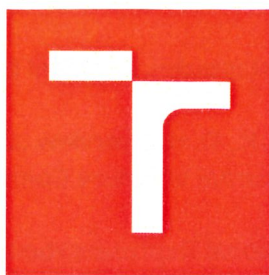
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Lukáš Giemza

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. DALIBOR BARTONĚK, CSc.

BRNO 2019



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. Lukáš Giemza
Název	3D model kostela sv. Petra z Alkantary v Karviné
Vedoucí práce	doc. Ing. Dalibor Bartoněk, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

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

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

PODKLADY A LITERATURA

1. Fišer, Z., Vondrák, J. a kol. Mapování. 2. vydání Brno, CERM s. r. o. 2006, ISBN 80-7204-472-9.
2. Tuan, A. N. G., Phuoc, T. V., K., D. H. Overview of Three-Dimensional GIS Data Models. International Journal of Future Computer and Communication. 2013, 3, s. 1013–1020.
3. Lattuada, R. Three-Dimensional Representations and Data Structures in GIS and AEC. In Large-scale 3D Data Integration. Boca Raton, United States: CRC Press, 2005. s. 57–86.
4. Firemní literatura k vhodnému software: ARC/INFO, Geomedia Intergraph, MicroStation, AutoCAD.
5. Další zdroje podle potřeby.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

1. Zaměřte geodeticky vybraný objekt - kostel sv. Petra z Alkantary v Karviné.
2. Po geodetickém zaměření objektu vytvořte 3D model ve zvoleném CAD systému (např. MicroStation, AutoCAD, ArcGIS nebo Geomedia apod.).

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

doc. Ing. Dalibor Bartoněk, CSc.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Předmětem této diplomové práce je geodetické zaměření a vyhotovení 3D modelu kostela sv. Petra z Alkantary v Karviné. Úvodem je pojednáno o historii kostela a jeho lokalizaci. Následuje popis sběru dat, výpočetních prací a grafického zpracování. Výsledkem této práce je drátový model vytvořen v programu MicroStation PowerDraft V8i a texturovaný 3D model v programu AutoCAD 2018.

KLÍČOVÁ SLOVA

3D model, Karviná, MicroStation, AutoCAD

ABSTRACT

The object of this diploma thesis is surveying and creation of 3D model of the church of st. Peter of Alcantara in Karviná. In the introduction this thesis is focused on history and localization of the church. In the next part is a description of data collection, computational work and graphic processing. The final results of the thesis are the wired model, which is created in MicroStation PowerDraft V8i, and the textured 3D model made in AutoCAD 2018.

KEYWORDS

3D model, Karviná, MicroStation, AutoCAD

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Lukáš Giemza *3D model kostela sv. Petra z Alkantary v Karviné*. Brno, 2019. 45 s., 12 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Dalibor Bartoněk, CSc.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *3D model kostela sv. Petra z Alkantary v Karviné* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 24. 5. 2019

Bc. Lukáš Giemza
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *3D model kostela sv. Petra z Alkantary v Karviné* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2019

Bc. Lukáš Giemza
autor práce

Poděkování:

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Daliboru Bartoňkovi, CSc. za metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování projektu. Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu při studiu.

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. LOKALIZACE ZÁJMOVÉHO OBJEKTU	11
3. HISTORIE A SOUČASNOST KOSTELA	13
4. PŘÍPRAVNÉ PRÁCE	15
4. 1. Výběr objektu	15
4. 2. Získání povolení ke vstupu	15
4. 3. Rekognoskace terénu a bodového pole.....	16
5. TERÉNNÍ PRÁCE	18
5. 1. Seznámení s použitým měřickým vybavením	18
5. 2. Budování pomocné měřické sítě.....	20
5. 3. Zaměření podrobných bodů	22
5. 4. Snímkování objektu dronem.....	23
6. VOLBA A POPIS POUŽITÝCH SOFTWAREŮ	24
6. 1. Groma v.8	24
6. 2. MicroStation PowerDraft V8i.....	24
6. 3. AutoCAD 2018	25
7. VÝPOČETNÍ PRÁCE.....	26
7. 1. Vyrovnání měřické sítě a výpočet souřadnic podrobných bodů.....	26
7. 2. Testování polohové přesnosti	27
7. 3. Testování výškové přesnosti.....	29
8. GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ.....	31
8. 1. Drátový model	31
8. 2. Vytváření povrchů	33
8. 3. Texturování 3D modelu	34
8. 4. Vizualizace 3D modelu.....	35
9. NÁVOD NA PŘIPOJENÍ MATERIÁLŮ	36
10. ZÁVĚR	38
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	39
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	42
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	43
SEZNAM TABULEK	44
SEZNAM PŘÍLOH.....	45

1. ÚVOD

Cílem této diplomové práce bylo zaměření a následné vyhotovení 3D modelu barokního kostela svatého Petra z Alkantary v Karviné. Tento historický objekt je znám především svým nakloněním, která se blíží světoznámé věži v italské Pise. Díky této kuriozitě získal označení „šikmý kostel“ či „česká Pisa“. V současnosti patří římskokatolické církvi sloužící pro bohoslužby a koncertní akce. Kostel je zapsán a chráněn jako kulturní památka České republiky a je dominantou městské části Karviná - Doly.

3D model kostela byl vyhotoven na podkladě geodetického měření v terénu na podzim roku 2018. Pro zaměření byl zvolen přístroj totální stanice Topcon GPT-3102N a GNSS aparatura Leica Viva GS08plus. Následné měření bylo zpracováno ve výpočetním programu Groma v.8. Grafické zpracování proběhlo v programovém prostředí MicroStation PowerDraft V8i a AutoCAD 2018. Práce byla realizována v souřadnicovém systému Jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a výškovém systému Balt po vyrovnání (Bpv).

Diplomová práce je rozdělena do jednotlivých kapitol a podkapitol tak, aby srozumitelně popisovala postup při zpracování 3D modelu kostela.

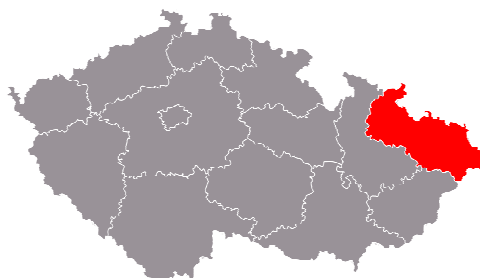


Obr. 1. 1 - Kostel sv. Petra z Alkantary v Karviné, pohled z dronu [autor]

2. LOKALIZACE ZÁJMOVÉHO OBJEKTU

Kostel sv. Petra z Alkantary se nachází v okrajové části města Karviná, která leží v Moravskoslezském kraji. S rozlohou 57,5 km² a téměř 53 tisíci obyvateli patří k nejuvýchodnějším městům České republiky a hraničí s Polskem.

Počátky Karviné (původně Karvinná) se datují k roku 1268. Největší rozvoj města nastal v druhé polovině 18. století, kdy se nálezem černého uhlí stala ekonomicky atraktivní pro Rakousko-Uherskou monarchii. *To, co způsobilo bouřlivý rozvoj a proměnu pastevecké obce v bohaté průmyslové město, přivedlo v krátké době i její zkázu. Poddolované město se začalo postupně propadat. Dnes ze všech kdysi početných staveb zůstalo jen několik, mezi nimi i kostel sv. Petra z Alkantary [1].* Moderní Karviná vznikla až roku 1949 sloučením sousedících oblastí (Fryštátu, Darkova, Ráje a Starého Města).

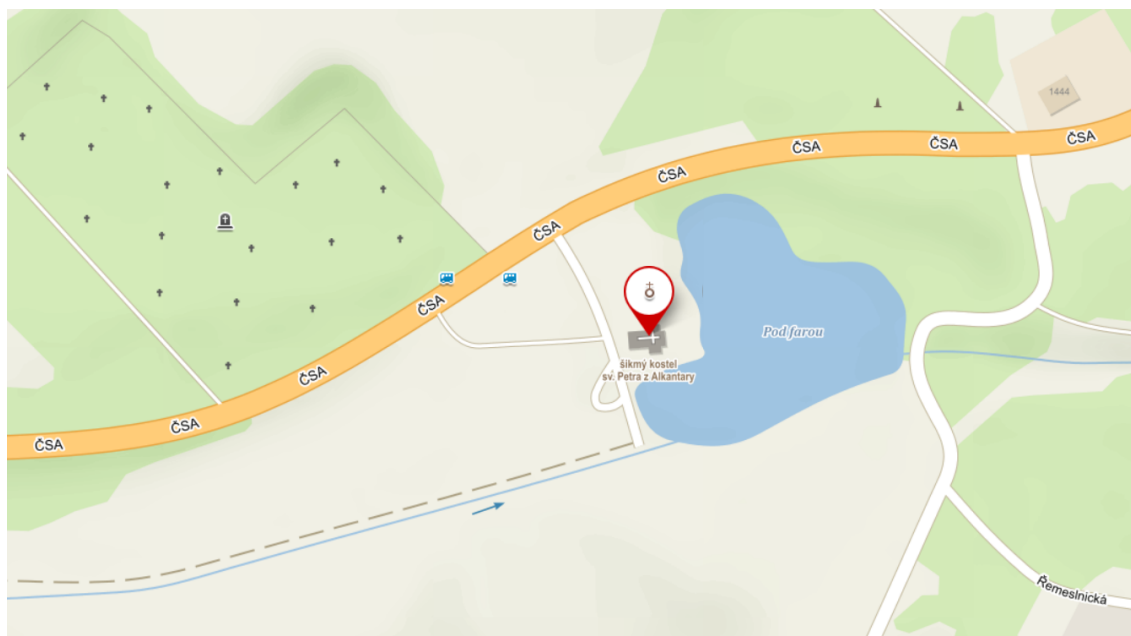


Obr. 2. 1 - Lokalizace Moravskoslezského kraje [2]



Obr. 2. 2 - Lokalizace Karviné v Moravskoslezském kraji [3]

Samotný kostel se nachází v okresní části Karviná - Doly u silnice I. třídy s označením 59, názvem ČSA. Jedná se o hlavní silniční tah z Karviné do Petřvaldu. Z kdysi zabydlené oblasti zůstal poblíž kostela pouze hřbitov Doly, ve kterém jsou jak české, tak i polské a německé náhrobky. Jedná se o katastrální území Karviná - Doly.



Obr. 2. 3 - Lokalizace kostela sv. Petra z Alkantary v Karviné [4]

3. HISTORIE A SOUČASNOST KOSTELA

Kostel sv. Petra z Alkantary byl postaven v barokním slohu v roce 1736 místním šlechticem Františkem Wilhelmem Larishem. V roce 1759 byl následně vysvěcen a až dodnes se v kostele každou neděli konají bohoslužby. Původně se nacházel na mírné vyvýšenině obklopen parkem, radnicí, železniční tratí, pivovarem, školou a dalšími budovami.



Obr. 3. 1 - Výřez z panoramatického snímku Karviné z roku 1915 [5]

Od roku 1859 se začala pod kostelem provádět těžba černého uhlí, která způsobila pokles budovy o 37 metrů. Po zahájení těžby černého uhlí bylo od roku 1854 pod kostelem vytěženo 27 slojí v celkové mocnosti 46,82 metrů [6]. Věž kostela byla prvotně snížena v roce 1894. Opětovné snížení proběhlo v roce 1957 do současné podoby. V 90. letech minulého století hrozilo kostelu zřícení, ke kterému díky generální opravě v letech 1994 - 1995 nedošlo. Kostel byl zajištěn, zrestaurován a nyní je stabilizován. Z původní zabydlené oblasti zůstal stát pouze kostel a hřbitov.

Dnes je kostel přirovnáván k věži v italské Pise, nejen že vlivem poddolování poklesl, ale také se vychýlil o téměř sedm stupňů na jih [7]. Barokní kostel je vyhledávanou historickou památkou, kterou denně navštíví desítky turistů. Je zapsán a chráněn jako kulturní památka České republiky a zároveň zapsán do České knihy rekordů a kuriozit jako nejšikmější kostel v Česku. V současnosti patří římskokatolické farnosti Karviná - Doly. Jsou v něm slouženy bohoslužby a konané koncertní akce.



Obr. 3. 2 - Dobová fotografie tratě kolem kostela sv. Petra z Alkantary [8]

4. PŘÍPRAVNÉ PRÁCE

V této kapitole je chronologicky seřazen postup přípravných prací týkajících se zaměření objektu pro 3D modelování. Přípravné práce jsou seřazeny do následujících podkapitol:

- výběr objektu
- získání povolení ke vstupu na pozemky a do objektu
- rekognoskace terénu a bodového pole

4. 1. Výběr objektu

Po konzultaci s vedoucím diplomové práce a výběru tématu bylo zapotřebí vybrat měřený objekt, na kterém bude možné věrohodně znázornit dosažené znalosti v oboru geodézie a kartografie týkajících se zaměření a následné zpracování 3D modelu. Objekt byl zvolen dle následujících požadavků:

- lokalita
- historická hodnota objektu
- velikost objektu
- tvarová rozmanitost objektu
- terénní dostupnost

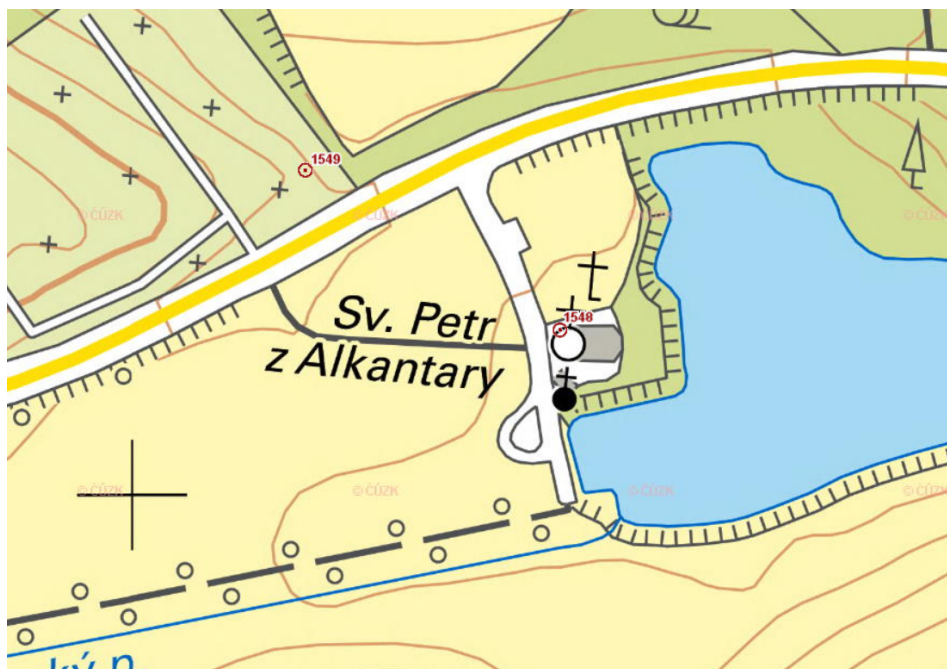
Díky splnění všech podmínek a díky osobní sympatii byl zvolen kostel sv. Petra z Alkantary v Karviné.

4. 2. Získání povolení ke vstupu

Pro získání povolení ke vstupu do objektu byl pomocí emailové adresy kontaktován technický asistent římskokatolické farnosti Karviná pan Tomáš Hejda. V následné odpovědi stálo, že je dovoleno provést zaměření vnitřních prostor kostela, ale pouze ve vybraných dnech, kdy se v kostele konají koncertní zkoušky. Tato možnost ovšem ihned první den při měření zcela vypadla z variant, jelikož prostory kostela byly zaplněné lidmi a hudební aparaturou. Pro řešení tohoto problému byl posléze kontaktován místní kostelník, kterým byl udělen přístup k zaměření interiéru kostela.

4. 3. Rekognoskace terénu a bodového pole

Rekognoskace bodového pole proběhla před měřickými pracemi za účelem zjištění obtížnosti připojení. Údaje o bodovém poli nacházejícím se poblíž kostela byly získány z Českého úřadu zeměměřičského a katastrálního prostřednictvím internetových stránek <https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=503>. Body bodového pole byly posléze vyhledány v terénu a zhodnoceny vzhledem k využitelnosti měření. V blízkosti kostela se nachází dva body polohového bodového pole, a to bod s číslem 1548 a 1549. Tyto body se podle údajů z místopisu nachází na rohu zítky betonového plotu hřbitova a na rohu kostela. V terénu byl nalezen pouze bod s číslem 1548. Bylo rozhodnuto, že pomocná měřická síť se bude skládat pouze z bodů určených družicovou metodou GNSS. Jelikož se kostel nachází v poddolované oblasti, nejsou poblíž žádné body výškového bodového pole. Nejbližší výškové body Ge7-4.2.1 a Ge7-4.3.2 se nachází více než tři kilometry od vybraného území. Vzhledem ke vzdálenosti bylo rozhodnuto, že výšková složka bodů měřické sítě bude převzata z GNSS měření. Všechny body bodového pole se nachází v katastrálním území Karviná - Doly.



Obr. 4. 1 - Rozmístění bodů polohového bodového pole [9]

Číslo bodu	Katastrální území	Stabilizace	Y [m]	X [m]	H [m]	Stav
1548	Karviná - Doly (664103)	roh kostela	455801,03	1102923,65	-	nalezen, nepoužit
1549	Karviná - Doly (664103)	roh plotu	455919,44	1102849,36	-	nenalezen, nepoužit

Tab. 4. 1 - Tabulka zobrazující údaje o bodovém poli

Rekognoskace terénu proběhla zároveň s rekognoskací bodového pole. Byla vybrána ideální místa v terénu pro vytvoření měřické sítě a zaměření všech lomových bodů objektu. Kostel je umístěn na rovinné travnaté louce, vedle které je rybník. Obklopuje ho zámkový chodník a ze západní strany vede asfaltová silnice.

5. TERÉNNÍ PRÁCE

Před zahájením terénních prací bylo zapotřebí zvolit metodu, kterou bude následně kostel zaměřen. V možnosti přicházely:

- laserové skenování
- klasická geodetická metoda
- pozemní fotogrametrie kombinována s klasickou geodetickou metodou

Laserové skenování je metoda při níž laserový skener sbírá v kruhových profilech velké množství bodů. Jedná se o poměrně novou technologii, která rychle našla uplatnění ve tvorbě 3D modelů. Nevýhodou metody je nutnost vlastnit nebo mít k dispozici výkonný hardware sloužící k redukci mračka bodů. Klasickou geodetickou metodou je myšlena metoda digitální tachymetrie. Jedná se o nejpoužívanější metodu v geodezii, kdy se za pomoci přístroje měří prostorová délka a horizontální a vertikální úhel. Výhodou této metody oproti laserového skenování je pořizování menšího počtu bodů. Pozemní fotogrametrie funguje na principu pořízení sérií digitálních snímků objektu. Uplatňuje se u tvorby specifických 3D modelů, u kterých je zapotřebí provést kvalitní vizualizaci. U této metody je nevýhodou nutnost kombinace s klasickou geodetickou metodou a nutnost vlastnit speciální software, kterým se snímky navzájem transformují. Po svážení všech výhod a nevýhod byla zvolena klasická geodetická metoda. Přesnost měření byla realizována v 3. třídě přesnosti dle normy *ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy [10]*. Měření bylo realizováno na podzim roku 2018.

5. 1. Seznámení s použitým měřickým vybavením

Pro zaměření 3D modelu kostela byla vybrána měřická vybavení, která splňují podmínky přesnosti dané v *ČSN 01 3410 Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy [10]* pro 3. třídu přesnosti. Pro volbu přístrojů byla rozhodující i jejich dostupnost. Přístroje i pomůcky pro měření byly vypůjčeny z firmy GIS - STAVINVEX a. s. Terénní práce započaly vybudováním pomocné měřické sítě pomocí družicové metody v reálném čase (RTK GNSS). K tomu byla použita měřická aparatura Leica Viva GS08plus (v. č. 1857150).



Obr. 5. 1 - GPS aparatura Leica Viva GS08plus [11]

Rozměr	18,6 cm x 7,1 cm
Hmotnost	2,7 kg
Výdrž baterie	7 hodin
Polohová přesnost RTK*	10 mm + 1 ppm
Výšková přesnost RTK*	20 mm + 1 ppm
Čas inicializace*	zpravidla 6 s
* Přesnost měření, spolehlivost a čas pro inicializaci jsou závislé na různých faktorech včetně počtu satelitů, doby pozorování a stavu atmosférických podmínek. Uvedené údaje předpokládají normální a příznivé podmínky.	

Tab. 5. 1 - Základní technické parametry GPS aparatury Leica Viva GS08plus [12]

Pro vyrovnání měřické sítě a geodetické zaměření podrobných bodů objektu byla zvolena bezhranolová totální stanice Topcon GPT-3102N (v. č. 8T0289), která disponuje možností měření délek bez nutnosti cílení na odrazný hranol. Kalibrační listy totální stanice jsou obsahem příloh diplomové práce.



Obr. 5. 2 - Totální stanice Topcon GPT-3102N [13]

Zvětšení	30x
Zorné pole	1°30'
Rozlišovací schopnost	2,8"
Minimální zaostření	1,3 m
Hmotnost	5,3 kg
Přesnost hranolového módu	±(2mm+2ppm)
Přesnost bezhranolového módu	±(3mm+2ppm)
Dosah bezhranolového módu	350 m
Minimální čtení	0,2 mgon
Směrová přesnost	0,6 mgon

Tab. 5. 2 - Základní technické parametry totální stanice Topcon GPT 3102N [13]

Výškové zaměření sítě bylo provedeno metodou technické nivelace přístrojem Topcon AT-G4 (v. č. AR4300).



Zvětšení dalekohledu	26x
Zorné pole	1°30'
Hmotnost	1,6 kg
Minimální délka zaostření	0,5 m
Citlivost krabicové libely	15' / 2 mm

Obr. 5. 3 - Niveláčnický přístroj Topcon AT-G4 [14] Tab. 5. 3 - Technické parametry přístroje Topcon AT-G4 [15]

Při měření byly rovněž použity geodetické pomůcky jako stativ, pásmo, odrazný hranol, nivelační latě, podložky a další.

5. 2. Budování pomocné měřické sítě

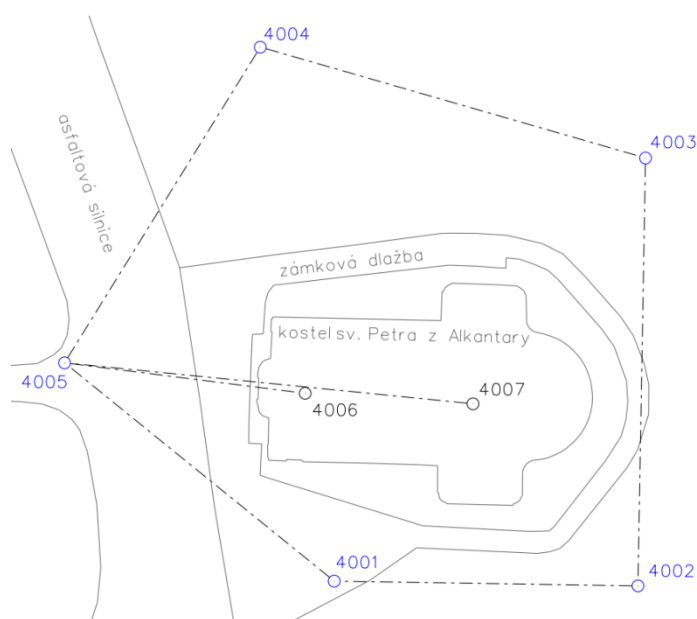
K budování pomocné měřické sítě se přikročilo po rekognoskaci terénu. Cílem bylo vybudovat síť tak, aby s ní bylo možné provést dostatečné množství měření pro vyrovnání. To bylo zajištěno tím, že z každého bodu měřické sítě bylo možno cílit na další dva sousedící body. Tím se zvýšil počet nadbytečných měření pro vyrovnání sítě. Taktéž bylo nutné zvolit bod, kterým se zajistí připojení do objektu.

Body měřické sítě byly stabilizované měřickými hřeby a kolíky. Uvnitř objektu byly body dočasně stabilizované papírovými terčiky. Měření na těchto bodech probíhalo ihned po připojení.

Bod	Stabilizace
4001	Měřický hřeb
4002	Dřevěný kolík
4003	Dřevěný kolík
4004	Dřevěný kolík
4005	Měřický hřeb
4006	Papírový terč
4007	Papírový terč

Tab. 5. 4 - Způsob stabilizace měřických bodů

Po stabilizaci měřických stanovisek vně objektu následovalo jejich zaměření pomocí kinematické metody v reálném čase (RTK). Každý bod byl změřen dvakrát s alespoň hodinovou prodlevou. Do vyrovnání přecházely průměrné hodnoty těchto dvou měření. *Kinematická metoda v reálném čase je založena na společném zpracování fázových měření referenční stanice a roveru. Nutné je kontinuální rádiové spojení obou přijímačů, aby mohla být data z referenční stanice plynule předávána na rover a tam pomocí speciálního softwaru vyhodnocena s minimálním zpožděním několika sekund, tehdy prakticky v reálném čase [16].* Body měřické sítě uvnitř objektu byly určeny rajónem. Jedná se o metodu při níž pomocí délky, směrníku a souřadnic počátečního bodu určujeme souřadnice bodu koncového.

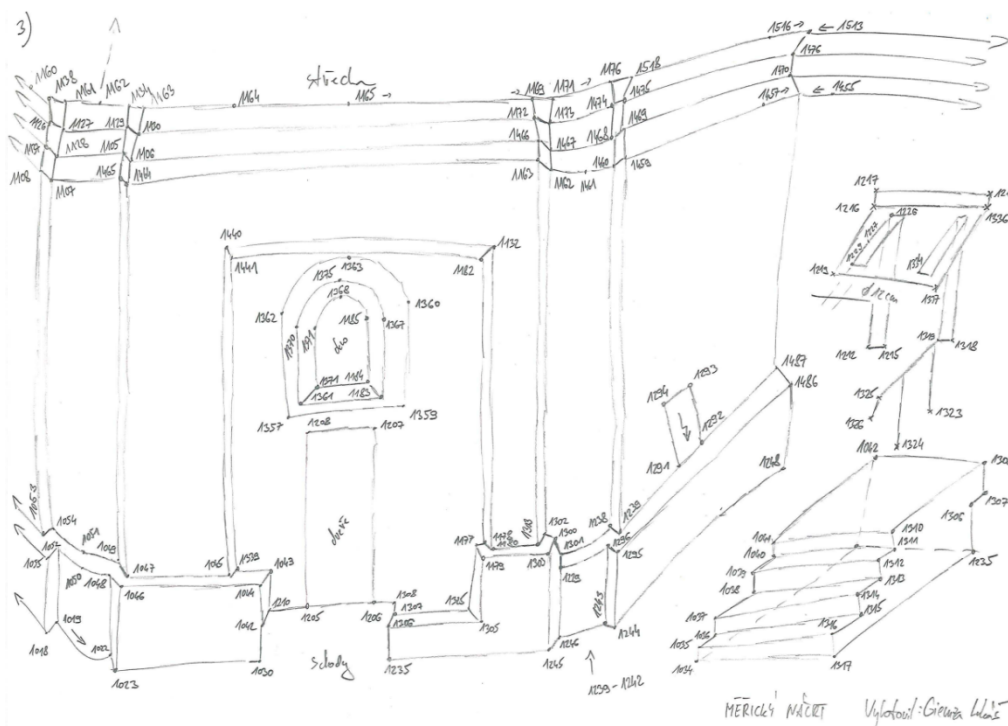


Obr. 5. 4 - Schéma pomocné měřické sítě

Výškové připojení bodů pomocné měřické sítě proběhlo pomocí metody technické nivelace z výchozího výškového bodu sítě. Za výchozí výškový bod sítě byl vybrán bod s číslem 4004, u kterého byla metodou RTK určena výška s nejmenší chybou. Výsledný zápisník je obsahem příloh této diplomové práce.

5.3. Zaměření podrobných bodů

Podrobné body byly zaměřeny polární metodou z bodů měřických stanovisek. Předmětem podrobných bodů byly všechny lomové body objektu, které posléze sloužily k vyhotovení 3D modelu kostela. Jednalo se především o rohy stěn, oken, schodů, dveří, části střechy, oblouky klenby a rozmezí mezi různými materiály. Větší část budovy byla zaměřena bezhranolovou metodou, u které je problém s měřením nerovných ploch. Dalším problémem je úhel, při kterém se paprsek odráží od plochy. Ideální konfigurací je plocha kolmá k paprsku. Při měření byly vedeny měřické náčrty, které spolu s fotografiemi sloužily pro jednoznačné identifikování objektů. Po konzultaci s vedoucím diplomové práce bylo rozhodnuto o doměření části polohopisu pomocí RTK metody GPS aparaturou.



Obr. 5.5 - Ukázka měřického náčrtu

Pro zjištění dosažené přesnosti byly ze stanovisek měřeny identické body. Ty byly rozmístěny na jednoznačně identifikovatelných místech budovy. Některé prvky budovy nebylo možné zaměřit polární metodou, a proto byly určeny oměrnými mírami.

5. 4. Snímkování objektu dronem

Pro věrohodnou vizualizaci 3D modelu je zapotřebí pořídit fotografie daného objektu. Ty byly pořízeny pomocí mobilního fotoaparátu a také dronu DJI Spark MM1A. *Dron obsahuje 12Mpx kameru, díky které dokáže pořizovat fotografie a videa ve Full HD rozlišení. Součástí je i originální ovládač, do kterého je možné vsadit mobilní telefon a pomocí aplikace spárovat [18].*



Obr. 5. 6 - Dron DJI Spark MM1A [18]



Obr. 5. 7 - Pohled z dronu na kostel sv. Petra z Alkantary v Karviné [autor]

6. VOLBA A POPIS POUŽITÝCH SOFTWAREŮ

Díky tvorbě 3D modelů je v dnešní době velmi rozšířené velké množství kreslicích a výpočetních programů. Před zahájením práce je zapotřebí vybrat software, který ovládáme a zároveň vlastníme. Pro zpracování byly použity kreslicí programy MicroStation PowerDraft V8i a AutoCAD 2018. Výpočetní práce se prováděly v programovém prostředí Groma v.8. Při zpracování byl také použit Geoman, který slouží k převodu naměřených hodnot z totální stanice do textového souboru s příponou *.zap. Fotografie byly upravovány v aplikaci Adobe Photoshop CC 2015. Všechny výpočetní a kreslicí práce byly prováděny na přenosném počítači, notebooku Acer Aspire 3.

6.1. Groma v.8

GROMA je geodetický systém pracující v prostředí MS Windows. Systém je určen ke komplexnímu zpracování geodetických dat od surových údajů přenesených z totální stanice až po výsledné seznamy souřadnic, výpočetní protokoly a kontrolní kresbu [19].

Při tvorbě 3D modelu byly použity funkce pro import zápisníku, vyrovnání měřické sítě a výpočet souřadnic podrobných bodů. Výsledkem byly protokoly z výpočtu a seznamy souřadnic bodů. Byla použita verze v.8. V současnosti je k dispozici verze 12.2.

6.2. MicroStation PowerDraft V8i

MicroStation V8i je CAD systém společnosti Bentley Systems, který byl navržen pro práci ve 2D i 3D prostoru. Hlavním formátem, s nímž program pracuje je formát DGN, ale je schopen načíst i jiné formáty, typu DWG nebo DXF. Program umí pracovat s UMC (User commands), neboli jednoduchým metajazykem na příkazy programu a především prostředky programového jazyka MDL (MicroStation Development Language), jehož pomocí lze uživatelsky upravovat systém MicroStationu [21]. V této práci byl program využit ke tvorbě 3D drátového modelu.

6. 3. AutoCAD 2018

AutoCAD je populární software pro 2D a 3D projektování a konstruování (CAD), vyvinutý firmou Autodesk. Na jádru Autodesk byla vyvinuta sada profesních aplikací určených pro CAD v oblasti strojírenské konstrukce, stavební projekce a architektury, mapování a terénních úprav. Nativním formátem výkresů AutoCADu je neveřejný souborový formát DWG, popř. jeho otevřená výměnná (textová) verze DXF [22].

Pro tvorbu 3D modelu kostela byla použita studentská verze AutoCAD 2018, kterou je možné po registraci stáhnout z internetových stránek společnosti Autodesk <https://www.autodesk.com/education/free-software/autocad>.

7. VÝPOČETNÍ PRÁCE

Po ukončení terénních prací se přikročilo ke zpracovávání naměřených dat. Nejdříve bylo nutné spočítat nivelační zápisník a následně vyrovnat měřickou síť. Poté bylo možné provést výpočet podrobných bodů a testování přesnosti.

Výpočetní práce probíhaly v programovém prostředí Groma v.8. Před zahájením prací bylo nutné nastavit měřítkový koeficient pro Křovákovo zobrazení, a to opravu z kartografického zkreslení a opravu z nadmořské výšky. Následně bylo zapotřebí zvolit parametry pro toleranci ve 3. třídě přesnosti. Hodnoty nastavené v toleranci byly převzaty z předmětu Mapování.

Pravouhlé souřadnice:		Polární souřadnice:	
Y:	455800	Ro:	1193392.713 m
X:	1102920	Epsilon:	22.45367337 °
Z:	230	Kartografické souřadnice:	
		Šířka:	79.43972645 °
		Délka:	22.91367210 °
Měřítkový koeficient:			
<input checked="" type="checkbox"/>	Oprava z kartografického zkreslení	1.000038351924	
<input checked="" type="checkbox"/>	Oprava z nadmořské výšky:	0.999963955118	
Výsledný měřítkový koeficient:		1.000002305659	

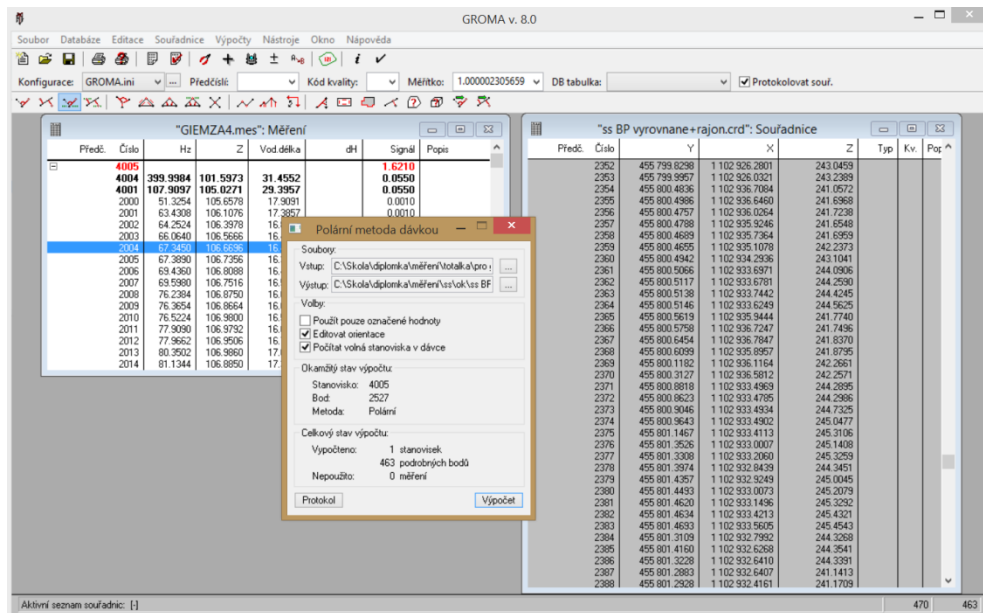
Obr. 7. 1 - Výpočet měřítkového koeficientu v programovém prostředí Groma v.8

7. 1. Vyrovnání měřické sítě a výpočet souřadnic podrobných bodů

Základním předpokladem pro vyrovnání měřické sítě je získání většího množství nadbytečných veličin. Ty byly získány pomocí měření délek a úhlů totální stanicí. Přibližné souřadnice byly získány z GNSS měření. Z každého bodu měřické sítě byly zaměřeny sousední dva body sítě ve dvou polohách dalekohledu. Jelikož vyrovnání probíhalo v programu Groma v.8, bylo nutné upravit zápisníky do vhodného formátu. Jednalo se o oddělení dat s podrobným měřením, zpracování měření z obou poloh dalekohledu a spojení opakovaných stanovisek. Poté již bylo možné provést proces polohového vyrovnání sítě a kontrolu výsledných hodnot. Výstupem jsou vyrovnané souřadnice měřické sítě a protokol vyrovnání, který je součástí příloh této diplomové práce.

Postup při výpočtu podrobných bodů byl následující:

- načtení zápisníku a souřadnic bodů měřické sítě
- spuštění výpočtu podrobných bodů (funkce *Polární metoda dávkou*)
- provedení kontroly přesnosti při výpočtu
- uložení výsledného výpočetního protokolu
- uložení seznamu souřadnic podrobných bodů



Obr. 7. 2 - Výpočet podrobných bodů v programu Groma v.8

7. 2. Testování polohové přesnosti

Pro vyhodnocení polohové a výškové přesnosti podrobných bodů byla použita kritéria určená pro testování účelových map podle ČSN 01 3410, *Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy* [10]. Testování probíhalo na 37 identických bodech, které byly zaměřeny vždy ze dvou různých stanovisek. Jako identické body byly zvoleny jednoznačně identifikovatelné místa na budově, převážně rohy zdí. Zároveň bylo dbáno na rovnoměrném rozmístění bodů kolem objektu. Výpočet testování byl proveden v programovém prostředí Microsoft Excel 2007 a poté převeden do formátu PDF/A.

Dle ČSN 01 3410, *Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy* [10] platí pro 3. třídu přesnosti základní souřadnicová chyba $u_{xy} = 0,14$ m.

Pro každý identický bod byly vypočteny souřadnicové rozdíly:

$$\Delta X = X_m - X_k \quad \Delta Y = Y_m - Y_k$$

kde X_m, Y_m jsou souřadnice identického bodu určeného prvním měřením a X_k, Y_k určeného druhým (kontrolním) měřením. Z výsledných hodnot se vypočte polohová odchylka Δp daná vztahem:

$$\Delta p = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

Kritérium pro polohovou odchylku:

$$|\Delta p| \leq 1,7 * u_{xy}$$

$$|\Delta p| \leq 0,238 \text{ m}$$

Testování přesnosti se dále provádí pomocí střední výběrové souřadnicové chyby S_{xy} , která se vypočte z výběrových středních chyb souřadnic X a Y.

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{k*N} \sum_{i=1}^n \Delta X_i^2} \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{k*N} \sum_{i=1}^n \Delta Y_i^2}$$

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

$$s_{xy} = 0,031 \text{ m}$$

Počet kontrolních bodů N vstupujících do výpočtu je roven 37. Hodnota koeficientu k je rovná 2, pokud jsou body určené stejnou přesností.

Kritérium pro střední výběrovou souřadnicovou chybu:

$$s_{xy} \leq \omega_{2N} * u_{xy}$$

$$s_{xy} \leq 0,154 \text{ m}$$

kde koeficient ω_{2N} je pro počet bodů 31-300 roven 1,10 [23].

Pokud kontrolní body splňují kritérium pro polohovou odchylku a je splněno i kritérium pro střední výběrovou souřadnicovou chybu, předpokládá se přesnost určení souřadnic za vyhovující. Kritérium polohové odchylky bylo splněno pro všechny identické body.

Číslo bodu	Y1 [m]	X1 [m]	Y2 [m]	X2 [m]	ΔY [m]	ΔX [m]	Δp [m]	$1,7 \cdot u_{xy}$ [m]	Stav
272	455801,888	1102934,086	455801,850	1102933,983	-0,038	-0,103	0,110	0,238	Vyhovuje
270	455801,489	1102933,624	455801,499	1102933,599	0,010	-0,025	0,027	0,238	Vyhovuje
2371	455800,883	1102933,494	455800,835	1102933,457	-0,048	-0,037	0,061	0,238	Vyhovuje
2367	455800,647	1102936,782	455800,634	1102936,800	-0,013	0,018	0,022	0,238	Vyhovuje
283	455800,675	1102937,139	455800,689	1102937,126	0,014	-0,013	0,019	0,238	Vyhovuje
1	455800,364	1102936,497	455800,357	1102936,503	-0,007	0,006	0,009	0,238	Vyhovuje
436	455779,731	1102940,771	455779,730	1102940,753	-0,001	-0,018	0,018	0,238	Vyhovuje

Tab. 7. 1 - Ukázka tabulky s ověřením polohové přesnosti

7. 3. Testování výškové přesnosti

Dle ČSN 01 3410, *Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy* [10] platí pro 3. třídu přesnosti základní střední výšková chyba $u_H = 0,12$ m.

Pro každý identický bod byl vypočten rozdíl ve výšce souřadnic, kde H_m značí první určení výšky bodu a H_k druhé (kontrolní) určení.

$$|\Delta H| = H_m - H_k$$

Kritérium pro posouzení výškové odchylky:

$$|\Delta H| \leq 2 \cdot u_H \cdot \sqrt{k}$$

$$|\Delta H| \leq 0,339 \text{ m}$$

kde hodnota koeficientu k je rovná 2, pokud jsou body určeny stejnou přesností.

Výškové kritérium přesnosti pro zpevněný povrch se vypočte ze vztahu:

$$s_H \leq \omega_N \cdot u_H$$

$$s_H \leq 0,138 \text{ m}$$

kde s_H je střední výšková výběrová chyba a koeficient ω_N je roven 1,15 pro rozsah 35-60 kontrolních bodů [23].

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{k \cdot N} \sum_{i=1}^n \Delta H_i^2}$$

$$s_H = 0,012 \text{ m}$$

Pokud kontrolní body splňují kritérium pro výškovou odchylku a je splněno i výškové kritérium pro zpevněný povrch, předpokládá se přesnost určení výšek za vyhovující. Kritérium výškové odchylky bylo splněno pro všechny identické body. Výsledky výškového i polohového testování jsou předmětem příloh diplomové práce.

Číslo bodu	H1 [m]	H2 [m]	$ \Delta H $	$2 \cdot u_H \cdot v_k$	Stav
272	246,430	246,379	0,051	0,339	Vyhovuje
270	246,050	246,047	0,003	0,339	Vyhovuje
2371	244,290	244,285	0,005	0,339	Vyhovuje
2367	241,837	241,841	0,004	0,339	Vyhovuje
283	239,002	238,996	0,006	0,339	Vyhovuje
1	230,059	230,083	0,024	0,339	Vyhovuje
436	238,739	238,732	0,007	0,339	Vyhovuje
234	243,824	243,827	0,003	0,339	Vyhovuje
341	230,617	230,605	0,012	0,339	Vyhovuje

Tab. 7. 2 - Ukázka tabulky s ověřením výškové přesnosti

8. GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vytvořit 3D model ve zvoleném CAD systému. Postup při realizaci tohoto cíle můžeme rozdělit na dvě hlavní části:

1. Vytvoření drátového modelu v programu MicroStation PowerDraft V8i
2. Vytvoření 3D modelu v programu AutoCAD 2018

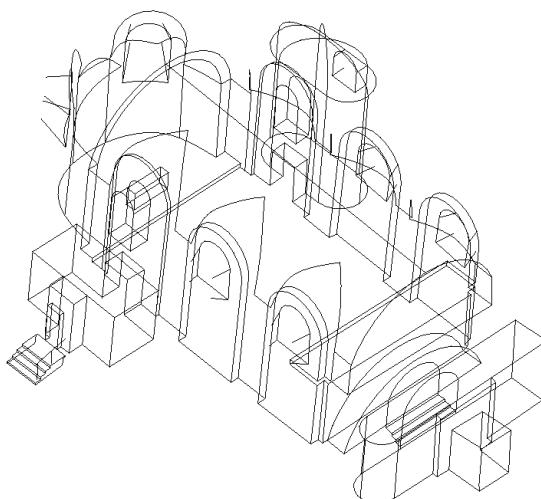
8. 1. Drátový model

Jak je psáno výše, drátový model byl vytvořen v programovém prostředí MicroStation PowerDraft V8i. Nejprve bylo nutné zvolit 3D zakládací výkres a provést import seznamu souřadnic. Ten se provedl pomocí nadstavby programu Groma.

Po naimportování seznamu souřadnic se přikročilo k samotné tvorbě drátového modelu. Ten spočíval ve spojování jednotlivých bodů pomocí měřických náčrtů a fotografií. Většina bodů byla spojena prostorovou úsečkou. Složitější kružnicové tvary objektu byly konstruovány metodou *umístit kružnici - metoda: body* nebo pomocí *umístit B-spline křivku body - metoda: body*. Vždy byl brán zřetel na to, aby se model čím jak nejvíc podobal skutečnému stavu.

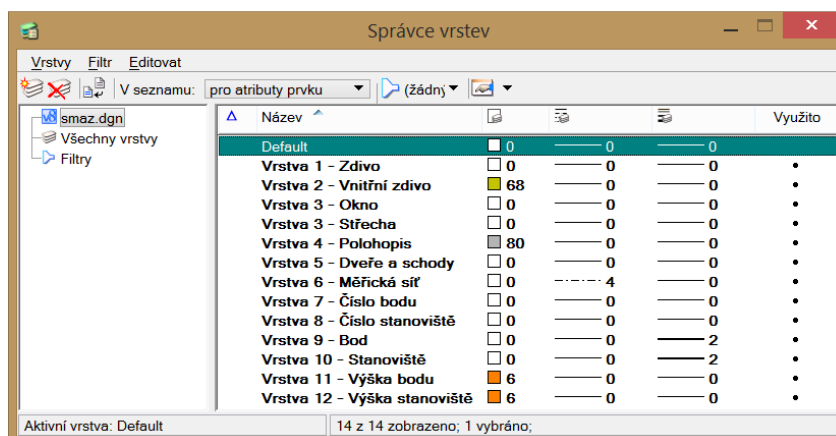


Obr. 8. 1 - Ukázka drátového modelu vytvořeného v programu MicroStation



Obr. 8. 2 - Ukázka interiéru drátového modelu v programu MicroStation

Pro následné zjednodušení při tvorbě 3D modelu bylo v MicroStationu vytvořeno několik pracovních vrstev, kterým byly přiřazeny jednotlivé atributy.

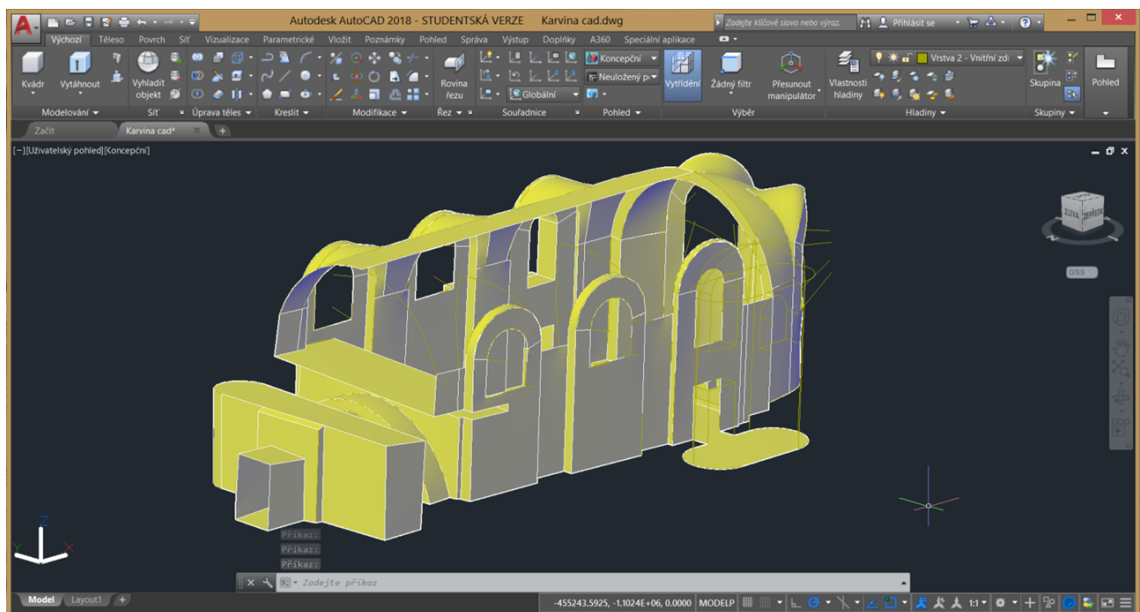


Obr. 8. 3 - Správce vrstev v prostředí MicroStation

Při tvorbě se průběžně prováděla generalizace za účelem zjednodušení a zachování co možná nejrealističtějšího tvaru modelu. Výsledný drátový model ve formátu *.dgn je přílohou diplomové práce.

8. 2. Vytváření povrchů

Před zahájením práce bylo nutné exportovat drátový model z formátu *.dgn do formátu *.dwg podporující AutoCAD. Jakmile byl výkres exportován, přistoupilo se k vytváření povrchů v příslušných hladinách. Ty byly vytvářeny pomocí funkce *záplatapovrchu* na záložce *Povrchy*. Výhodou této funkce je vytváření rovinné, ale i zborčené plochy, což se vzhledem k charakteru stavby ukázalo jako ideální. Převážně se jednalo o označování čtyř a více se navzájem dotýkajících úseček, uvnitř kterých vznikl povrch.

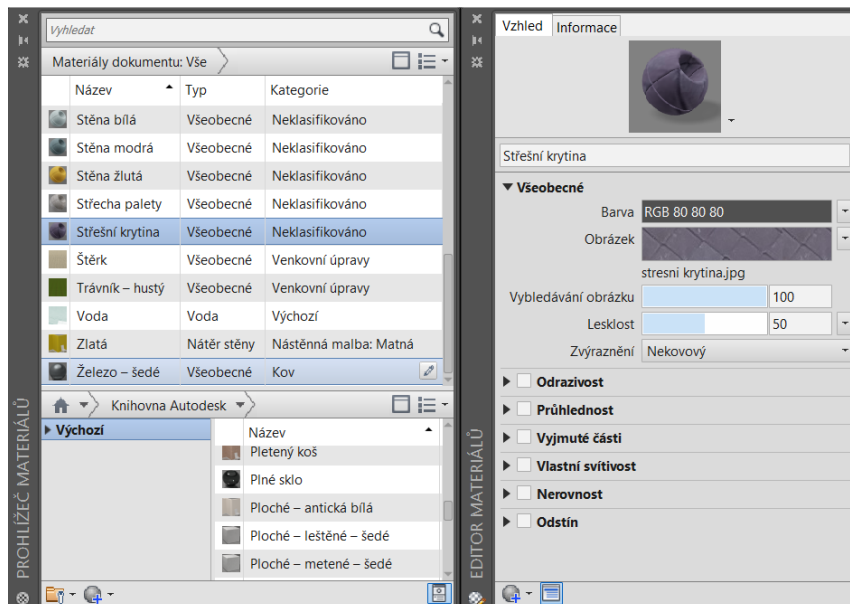


Obr. 8. 4 - Tvorba povrchů v programu AutoCAD 2018

Problém nastal při tvorbě povrchů, které byly ohraničené i vevnitř. Řešení spočívalo ve tvorbě více ploch a následného sjednocení. Každý vytvořený povrch v programu AutoCAD je ohraničený obvodovou linií a izočáry. Ty byly pro následnou práci s materiály rušivé a bylo zapotřebí je vypnout pomocí záložky *Vizualizace - Vizuální styl - Nastavení hran - Zobrazit: Žádné*. Ze stejného důvodu byly všechny úsečky a křivky přesunuty do vlastní hladiny.

8. 3. Texturování 3D modelu

Účelem texturování je snaha znázornit 3D model v co možná nejvěrohodnější míře. Práce spočívala v nahrávání vlastních textur do knihovny materiálu a obarvování povrchů. Knihovna materiálů Autodesku obsahuje množství textur, většina však není totožná se skutečným objektem a nehodí se k použití. Za tímto účelem byly pořízeny fotografie objektu, které se následně upravily a ořízly tak, aby obsahovaly pouze daný materiál. Vlastní materiály byly nahrávány přes *Prohlížeč materiálů* v záložce *Vizualizace*. Každý typ textury má jedinečnou sadu ovládacích prvků jako odrazivost, průhlednost, lesklost, odstín a další. Po nahrání všech textur byly označeny zvolené plochy a přes *Vlastnosti - 3D Vizualizace* změněny na příslušný materiál.



Obr. 8. 5 - Tvorba nových materiálů v programu AutoCAD 2018

8. 4. Vizualizace 3D modelu

Hlavní myšlenou vizualizace 3D modelu je zasazení objektu do podmínek, které co nejdříve simulují realitu. Při práci na objektu byly použity tři druhy vizualizace:

- renderování pohledů
- export pohledů pomocí *AutoCAD PDF*
- video pomocí příkazu *anipath*

Renderování je tvorba reálného obrazu na základě počítačového modelu, nejčastěji 3D. Rendering obsahuje v závislosti na softwaru mnoho parametrů a nastavení, kterými lze ovlivnit konečný vzhled scény [26]. Pomocí Rendrovat na velikost - Další nastavení bylo nastaveno renderování na rozlišení 600 dpi a dobu 10 minut.



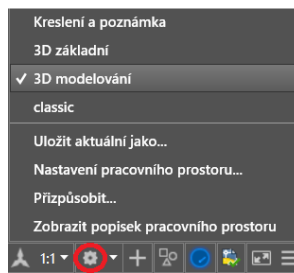
Obr. 8. 6 - Ukázka renderování

Kromě renderování lze pohledy exportovat pomocí tiskárny *AutoCAD PDF*. Po nastavení vykreslovací oblasti tiskárna vytvoří výsledný snímek ve formátu *.pdf. Třetí možnou variantou je vytvoření videa pomocí příkazu *anipath*. Při tomto příkazu je zapotřebí nastavit trasu, cíl na který bude cílit kamera, a parametry videa (rozlišení, počet snímků za vteřinu, dobu trvání dráhy). Nevýhodou této funkce je její zasekávání, zobrazování textur a nekompatibilita z programy pro střih videa (Shotcut). Tato funkce nakonec nebyla použita pro ukázkové video z důvodu výše vyjmenovaných nedostatků.

9. NÁVOD NA PŘIHOJENÍ MATERIÁLŮ

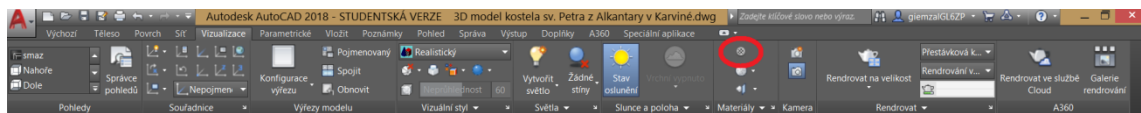
V této kapitole je stručně a jednoduše popsán postup pro připojení vlastních materiálů do programu AutoCAD.

V prvním kroku je zapotřebí otevřít výkres. V našem případě *3D model kostela sv. Petra z Alkantary v Karviné*. Poté musíme přepnout pracovní prostor na *3D modelování*.



Obr. 9. 1 - Nastavení pracovního prostoru

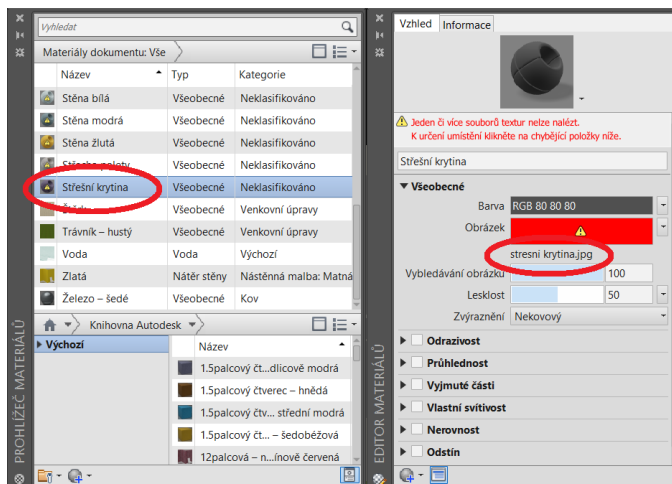
Po přepnutí do prostředí 3D modelování se změní nabídka panelu nástrojů. V záložce *Vizualizace* otevřeme *Prohlížeč materiálů*.



Obr. 9. 2 - Panel nástrojů pro 3D modelování

V *Prohlížeči materiálů* dvojklikem otevřeme libovolný vlastní materiál, který je připojen k výkresu. Vyjde hláška: *Jeden či více souborů textur nelze nalézt. K určení umístění klikněte na chybějící položky níže*. Kliknutím na odkaz se pod obrázkem zobrazí vyhledávací okno, kde dohledáme složku se zdrojovými obrázky. Vybereme odpovídající (pro materiál *Střešní krytina - stresni krytina.jpg*).

Po potvrzení obrázku se ostatní materiály automaticky nahrají do výkresu.



Obr. 9. 3 - Prohlížeč materiálů a editor materiálů



Obr. 9. 4 - Rozdíl v zobrazení 3D modelu

10. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo geodetické zaměření kostela sv. Petra z Alkantary v Karviné a následné vytvoření 3D modelu v libovolném CAD systému.

Zpracování započaly přípravné práce, které spočívaly ve vyhodnocení využitelnosti bodového pole a v navržení měřické sítě tak, aby bylo možné provést zaměření objektu. Zároveň bylo nutné získat povolení ke vstupu do kostela. Terénní práce byly realizované GNSS aparaturou Leica Viva GS08plus, totální stanicí Topcon GPT-3102N a nivelačním přístrojem Topcon AT-G4. Zpracování naměřených dat probíhalo v programu Groma v.8. Tvorba 3D modelu se realizovala v programovém prostředí MicroStation PowerDraft V8i a AutoCAD 2018. Výsledným produktem je 3D model kostela sv. Petra z Alkantary v Karviné ve formátu *.dwg.

Práce probíhaly bez problémů a přinesly mi řadu zajímavých poznatků, týkajících se nejen samotné tvorby 3D modelu. Jsem si jistý, že na kostel sv. Petra z Alkantary se budu dívat jinak než před započítím této práce.

Na závěr bych chtěl ještě jednou poděkovat vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Daliboru Bartoňkovi, CSc. Jsem vděčný a rád, že jsem se mohl této práci věnovat.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] UHLÍŘ, Aleš. *Neviditelný pes: Šikmý kostel sv. Petra z Alkantary v Karviné Dolech* [online]. 9.2.2017 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: http://neviditelnypes.lidovky.cz/sikmy-kostel-sv-petra-z-alkantary-v-karvine-dolech-fwi-p_zviretnik.aspx?c=A170130_191558_p_zviretnik_kosa
- [2] *Wikipedie* [online]. 16.8.2009 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://cs.m.wikipedia.org/wiki/Soubor:Moravskoslezsky_kraj.svg3
- [3] *Moravskoslezský kraj-modifikováno autorem práce* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.vlajky.cz/kontakty/kontakty_moravskoslezsky_kraj.php
- [4] *Mapy.cz* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=18.4877634&y=49.8347214&z=16>
- [5] *Projekt stará KARVINNÁ: Mapy a plány* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.archives.cz/web/soka/karvina/projekt/resources/karvina/Karvinna-panorama-1915.jpg>
- [6] *Šikmý kostel sv. Petra z Alkantary – rarita v celém Česku* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.karvina.cz/mesto-karvina/sikmy-kostel-sv-petra-z-alkantary-rarita-v-celem-cesku>
- [7] GABZDYL, Josef. *Dvacetitisícové město zmizelo. Z poddolované Karviné zůstal jen křivý kostel* [online]. 29.8.2017 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ostava/zpravy/karvina-zanikla-mista-okd.A170828_348270_ostava-zpravy_jog
- [8] *Fotografie: Tramvaje před vlakovým nádražím v Bohumíně* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/ostava/zpravy/tramvajova-doprava-na-karvinsku.A161021_110000_ostava-zpravy_woj/foto/WOJ66c6cd_007.jpg
- [9] *Bodová pole* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=503>

- [10] ČSN 01 3410, *Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, meteorologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [11] *Leica Viva GNSS GS08 Plus Receiver* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.falcon-geosystems.com/product/leica-viva-gnss-gs08-plus-receiver/>
- [12] *Leica Viva GS08plus Data sheet* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.lnrglobalcom.nl/images/brochures/Leica_Viva_GS08plus_DS.pdf
- [13] *Topcon Total Station GPT-3100N Supplier Malaysia* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.bandwork.my/product/54/Topcon-GPT-3100N.html#.XOK9Qk7VKpp>
- [14] *Nivelační přístroj TOPCON AT-G4 - GEOserver* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.geoserver.cz/nivelacni-pristroje-akcni-sety-prislusenstvi-stativy-late/opticke-nivelacni-pristroje/nivelacni_pristroj_topcon_at_g4_bonus-119
- [15] *TOPCON AT-G46* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.topcon.lt/down/ATG46.pdf>
- [16] ŠVÁBENSKÝ, Otakar, Josef WEIGEL a Radovan MACHOTKA. *Seminář GPS: Metodika GPS měření a vyhodnocení*. Brno, 2007 [online]. [cit. 2018-05-06]. Dostupné z: http://fast.darmy.net/opory%20-%20IV%20nMgr/HE09_M01-Semin%C3%A1%C5%99%20GPS.pdf
- [17] *Návod pro obnovu katastrálního operátu a převod*. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2015.
- [18] *DJI Spark - Selfie Drone - DJI* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.dji.com/cz/spark?site=brandsite&from=nav>
- [19] *Groma - Geodetický software* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://groma.cz/cz/>

- [20] BARTONĚK, Dalibor a Alena BERKOVÁ. *MICROSTATION: Tvorba složených prvků a úprava kresby* [online]. 2004 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: http://fast.darmy.net/opory%20-%20I%20Bc/GE05-Microstation--M02-Tvorba_slozenych_prvku_a_uprava_kresby.pdf
- [21] DUBEC, Marek. *Atributová a Topologická kontrola digitální mapy*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební.
- [22] *AutoCAD - Wikipedie* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>
- [23] KALVODA, Petr, *Pokyn pro tvorbu účelové mapy*. Brno, 2011.
- [24] Bc. Marek Dubec *3D model hvězdárny ve Valašském Meziříčí*. Brno, 2018. 46 s., 18 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Dalibor Bartoněk, CSc.
- [25] Bc. Jana Michalková *3D model dřevěného kostela sv. Paraskivy v Blansku*. Brno, 2018. 49 s., 13 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Dalibor Bartoněk, CSc.
- [26] *Renderování - Wikipedie* [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Renderování>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

3D	Trojrozměrný prostor
CAD	Počítačem podporované kreslení (Computer Aided Design)
S-JTSK	Systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Balt po vyrovnání
Sv.	Svatý
Důl ČSA	Důl Československé armády
GNSS	Globální navigační systém (Global Navigation Satellite Systems)
RTK	Kinematická metoda řešená v reálném čase (Real Time Kinematic)
PDF	Přenosný formát dokumentů (Portable Document Format)

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. 1 - Kostel sv. Petra z Alkantary v Karviné, pohled z dronu [autor]</i>	10
<i>Obr. 2. 1 - Lokalizace Moravskoslezského kraje [2]</i>	11
<i>Obr. 2. 2 - Lokalizace Karviné v Moravskoslezském kraji [3]</i>	11
<i>Obr. 2. 3 - Lokalizace kostela sv. Petra z Alkantary v Karviné [4]</i>	12
<i>Obr. 3. 1 - Výřez z panoramatického snímku Karviné z roku 1915 [5]</i>	13
<i>Obr. 3. 2 - Fotografie tratě kolem kostela sv. Petra z Alkantary z roku 1912 [8]</i>	14
<i>Obr. 4. 1 - Rozmístění bodů polohového bodového pole [9]</i>	16
<i>Obr. 5. 1 - GPS aparatura Leica Viva GS08plus [11]</i>	19
<i>Obr. 5. 2 - Totální stanice Topcon GPT-3102N [13]</i>	19
<i>Obr. 5. 3 - Nivelační přístroj Topcon AT-G4 [14]</i>	20
<i>Obr. 5. 4 - Schéma pomocné měřické sítě</i>	21
<i>Obr. 5. 5 - Ukázka měřického náčrtu</i>	22
<i>Obr. 5. 6 - Dron DJI Spark MM1A [18]</i>	23
<i>Obr. 5. 7 - Pohled z dronu na kostel sv. Petra z Alkantary v Karviné [autor]</i>	23
<i>Obr. 7. 1 - Výpočet měřítkového koeficientu v programovém prostředí Groma v.8</i>	26
<i>Obr. 7. 2 - Výpočet podrobných bodů v programu Groma v.8</i>	27
<i>Obr. 8. 1 - Ukázka drátového modelu vytvořeného v programu MicroStation</i>	31
<i>Obr. 8. 2 - Ukázka interiéru drátového modelu v programu MicroStation</i>	32
<i>Obr. 8. 3 - Správce vrstev v prostředí MicroStation</i>	32
<i>Obr. 8. 4 - Tvorba povrchů v programu AutoCAD 2018</i>	33
<i>Obr. 8. 5 - Tvorba nových materiálů v programu AutoCAD 2018</i>	34
<i>Obr. 8. 6 - Ukázka renderování</i>	35
<i>Obr. 9. 1 - Nastavení pracovního prostoru</i>	36
<i>Obr. 9. 2 - Panel nástrojů pro 3D modelování</i>	36
<i>Obr. 9. 3 - Prohlížeč materiálů a editor materiálů</i>	37
<i>Obr. 9. 4 - Rozdíl v zobrazení 3D modelu</i>	37

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 4. 1 - Tabulka zobrazující údaje o bodovém poli</i>	17
<i>Tab. 5. 1 - Základní technické parametry GPS aparatury Leica Viva GS08plus [12]...</i>	19
<i>Tab. 5. 2 - Základní technické parametry totální stanice Topcon GPT 3102N [13].....</i>	20
<i>Tab. 5. 3 - Technické parametry přístroje Topcon AT-G4 [15]</i>	20
<i>Tab. 5. 4 - Způsob stabilizace měřických bodů.....</i>	21
<i>Tab. 7. 1 - Ukázka tabulky s ověřením polohové přesnosti</i>	29
<i>Tab. 7. 2 - Ukázka tabulky s ověřením výškové přesnosti.....</i>	30

SEZNAM PŘÍLOH

1. Zápisníky měření
 - 1.1. Zápisník podrobného měření (digitálně)
 - 1.2. Nivelační zápisník (digitálně)
 - 1.3. Zápisník GNSS (RTK) měřická síť (digitálně)
 - 1.4. Zápisník GNSS (RTK) polohopis (digitálně)
2. Kalibrační listy (digitálně)
3. Výpočetní protokoly
 3. 1. Výpočetní protokol vyrovnání sítě (digitálně)
 3. 2. Výpočetní protokol podrobného měření (digitálně)
4. Seznamy souřadnic
 4. 1. Seznam souřadnic bodů pomocné měřické sítě (digitálně)
 4. 2. Seznam souřadnic podrobných bodů (digitálně)
5. Testování přesnosti
 5. 1. Testování polohové přesnosti (digitálně)
 5. 2. Testování výškové přesnosti (digitálně)
6. Geodetické údaje o bodech (digitálně)
7. Schéma pomocné měřické sítě (digitálně)
8. Náčrty (digitálně)
9. Drátový model (digitálně)
10. 3D model autoCAD (digitálně)
11. Obrázkové přílohy (digitálně + analogově)
12. Video ukázka (digitálně)