

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM GEODÉZIE A KARTOGRAFIE
KATEDRA GEOMATIKY



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

VELVARSKÁ BRÁNA (SLANÝ – OKR. KLDADNO)
– DÍLČÍ FOTOGRAMMETRICKÁ DOKUMENTACE

VELVARSKÁ GATE (SLANÝ – KLDADNO DISTRICT)
– PARTIAL PHOTOGRAMMETRIC DOCUMENTATION

Vedoucí práce: Ing. Jindřich Hodač, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Rabasová** Jméno: **Adéla** Osobní číslo: **508309**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra geomatiky**
Studijní program: **Geodézie a kartografie**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Velvarská brána (Slaný - okr. Kladno) - dílčí fotogrammetrická dokumentace

Název bakalářské práce anglicky:

Velvarská Gate (Slaný - Kladno district) - partial photogrammetric documentation

Pokyny pro vypracování:

- ve spolupráci se zadavatelem proveďte rekognoskaci zaměřovaného prostoru a definujte typ a parametry výstupů projektu,
- navrhnete vhodné měřické metody a technologické postupy pro vytvoření definovaných výstupů,
- proveďte měřické práce v zájmovém prostoru v nezbytném rozsahu s důrazem na možnosti kontroly přesnosti,
- zpracujte pořízená data do podoby výstupů,
- shrňte dosažené výsledky a zhodnoťte jejich přesnost a vypovídací schopnost v kontextu dalšího využití zadavatelem.

Seznam doporučené literatury:

- 1) JÁKL, Martin. Dům U Sixtů Kamzíkova 7 (Praha 1) - fotogrammetrická dokumentace vybrané části. diplomová práce; Praha: Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2019.
- 2) KUČERA, Petr. Dům Truhlářská 1113/8 (Praha 1) - fotogrammetrická dokumentace vybrané části. bakalářská práce; Praha: Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2020.
- 3) VESELÝ, Jan. Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči. V Praze: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště středních Čech v Praze ve spolupráci s Národním památkovým ústavem, generálním ředitelstvím, 2014. Odborné a metodické publikace (Národní památkový ústav).

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jindřich Hodač, Ph.D. Katedra geomatiky FSv

Jméno a pracoviště druhého(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **20.02.2024**

Termín odevzdání bakalářské práce: **20.5.2024**

Platnost zadání bakalářské práce:

Ing. Jindřich Hodač, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Dr. Ing. Karel Pávelka
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

21.2.2024
Datum převzetí zadání

Podpis studentky

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma *Velvarská brána (Slaný - okr. Kladno) - dílčí fotogrammetrická dokumentace* vypracovala samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího bakalářské práce Ing. Jindřicha Hodače, Ph.D. Veškerá použitá literatura a podkladové materiály jsou uvedeny v seznamu zdrojů.

V Praze dne

.....

Adéla Rabasová

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat Ing. Jindřichu Hodačovi, Ph.D. za odborné rady během měření a vypracování bakalářské práce. Dále děkuji panu Ing. Lukáši Bělochovi za pomoc při měření dronem. Děkuji panu Ing. arch. Janu Veselému za zapůjčení originálních výkresů z archivu NPÚ a panu Mgr. Jaroslavu Brabcovi, tajemníkovi města Slaný, za zprostředkování povolení k letu dronu. Na závěr bych ráda poděkovala mé rodině a přátelům za podporu při studiu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá fotogrammetrickým zpracováním části historického objektu Velvarské brány ve Slaném. Dílčí ortofota severní strany památky budou sloužit jako podklad v péči a průzkumu historických objektů a další výstupy budou mít budoucí využití pro Vlastivědné muzeum ve Slaném a případně pro samotné město Slaný. V textu je popsán pracovní postup terénních i kancelářských prací. Výstupem této práce je 3D model s texturou celého objektu i jeho vybraných částí, ortofota a výkresy. Výkres spodní části severního průčelí Velvarské brány zahrnuje identifikaci typů kamenických značek.

Klíčová slova

Fotogrammetrie, Velvarská brána, měřická dokumentace, metoda IBMR, 3D model, digitální ortofoto, dron, Agisoft Metashape Professional

Abstract

This bachelor thesis deals with the photogrammetric documentation of a part of the historical building, the Velvary Gate in Slaný. Partial orthophotos of the northern side of the monument will serve as a basis for the care and research of historical objects, and other detailed outputs will have future use for the Museum of History in Slaný and possibly for the city of Slaný itself. The text describes the workflow of field and office work. The output of this work is a 3D model with the texture of the entire object and its selected parts, orthophotos, and drawings. The drawing of the lower part of the northern facade of the Velvary Gate includes the identification of the types of stone markers.

Keywords

Photogrammetry, The Velvary Gate, survey documentation, IBMR method, 3D model, digital orthophoto, drone, Agisoft Metashape Professional

Obsah

1.	Úvod.....	9
2.	Lokalita.....	11
2.1	Královské město Slaný	11
2.2	Velvarská brána	12
3.	Metody zaměření historických objektů	14
3.1	Geodetické metody	14
3.2	Fotogrammetrické metody.....	15
3.3	3D skenování	15
4.	Použité metody zaměření části Velvarské brány.....	17
4.1	Fotogrammetrie.....	17
4.2	Nivelace	20
4.3	Polární metoda	22
5.	Přípravné práce.....	24
5.1	Vyhledání podkladů.....	24
5.2	Podmínky pro vzlet dronu	24
6.	Použité pomůcky	26
6.1	Nivelační přístroj Leica Sprinter 100.....	26
6.2	Totální stanice Trimble C5	27
6.3	Fotoaparát Nikon D7100	28
6.4	Objektiv SIGMA 17-50 mm.....	28
6.5	Dron DJI M3M	29
7.	Terénní práce.....	30
7.1	Rekognoskace terénu	30
7.2	Technická nivelace	30
7.3	Měření totální stanicí	32
7.4	Snímkování	34
7.5	Zkoumání kamenických značek.....	35
8.	Kancelářské práce.....	36
8.1	Použitý software	36
8.1.1	GROMA 13	36
8.1.2	Agisoft Metashape Professional	37

8.1.3	MicroStation	38
8.2	Geodetické výpočty	39
8.2.1	Zpracování technické nivelace.....	39
8.2.2	Zpracování výpočtů pro vlíčovací body	41
8.3	Fotogrammetrické zpracování	43
8.3.1	Zpracování snímků	43
8.3.2	Ortofoto.....	50
8.4	Digitalizace výkresů z 80. let.....	53
8.5	Tvorba výstupů	55
8.5.1	Výkresy	55
8.5.2	Kamenické značky	56
9.	Zhodnocení přesnosti	58
10.	Závěr.....	67
	Použité zkratky	68
	Seznam použité literatury a zdrojů	69
	Seznam obrázků.....	72
	Seznam tabulek.....	74
	Seznam tištěných příloh.....	75
	Seznam digitálních příloh	76



1. Úvod

Během studia mě zaujalo zpracování prostorového modelu historické památky metodou fotogrammetrie, proto bylo v mém zájmu touto metodou zpracovat Velvarskou bránu, historickou památku v blízkosti mého bydliště. Předmětem této bakalářské práce je dílčí fotogrammetrická dokumentace zájmového historického objektu zahrnující detailní výstupy reliéfních částí severní strany Velvarské brány v podobě digitálních ortofot a výkresů v odlišných měřítkách. Výkresy detailů reliéfních částí jsou vyhotoveny v měřítku 1:10 a spodní část zájmového objektu v měřítku 1:50. Dokumentace také obsahuje 3D model severního průčelí Velvarské brány. Tato dokumentace je důležitým podkladem v péči a výzkumu historických objektů.

Nejprve proběhlo pátrání po dosavadních záznamech měřické dokumentace Velvarské brány v archivu územního odborného pracoviště středních Čech NPÚ i ve Vlastivědném muzeu ve Slaném. Po prohledání všech dokumentů byl určen rozsah bakalářské práce. Cílem bylo doplnění dokumentace k Velvarské bráně detailními výstupy severního průčelí. Za spolupráce s panem Ing. arch. Janem Veselým byly nalezeny originální výkresy z 80. let (autor M. Fuchs). Ing. Lukáš Hort se ve své bakalářské práci zabýval *Zaměřením části středověkého opevnění ve Slaném*, kde byl také vytvořen 3D model (ploškový a drátový) celé Velvarské brány. Na tyto dokumenty mohou navazovat výstupy této bakalářské práce.

Práce je rozdělena do deseti kapitol, které obsahují několik podrobně popsanych podkapitol. Nejprve je popsána lokalita okolí objektu a historie zaměřované památky. V další části je popisována teorie vybraných měřických prací, ve které je nedílnou součástí metoda fotogrammetrie. Dále jsou popsány nutné kroky k získání podkladů a povolení k uskutečnění snímkování pomocí dronu. Práce také popisuje použité přístroje při terénních pracích. Na tuto kapitolu navazuje popis terénních prací, který zahrnuje geodetické měření včetně technické nivelace a měření totální stanicí. Pořizování snímků severní strany Velvarské brány pomocí fotoaparátu i dronu je popsáno v navazující podkapitole. Další částí je popis kancelářských prací, které zmiňují podrobný postup zpracování geodetických měření i fotogrammetrické zpracování snímků do podoby 3D modelu. Následuje kapitola o tvorbě výstupů, kterými jsou detailní ortofota a výkresy s vrstvami zobrazující kamenické značky.



Výstupy poslouží k podrobnému zkoumání reliéfních částí i k možnému restaurování. Dílčí fotogrammetrická dokumentace doplní dosavadní nalezenou dokumentaci k zájmovému objektu. Velvarská brána je jedinou dochovanou branou z historického opevnění města, a proto tyto detailní výstupy mohou sloužit k ochraně a zachování této jedinečné městské památky. Z celé bakalářské práce může čerpat Vlastivědné muzeum ve Slaném i NPÚ k prezentačním či vědeckým účelům. Obě tyto instituce napomohly k uskutečnění bakalářské práce.



2. Lokalita

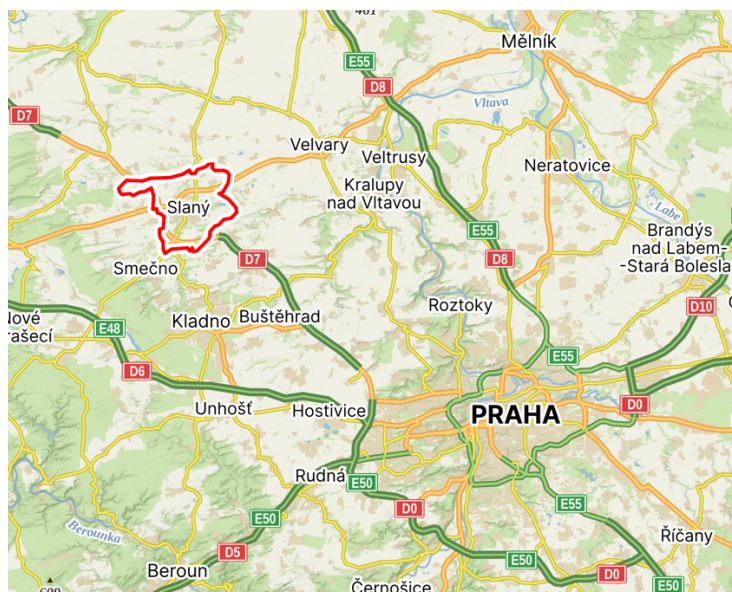
Tato kapitola popisuje lokalitu vybraného historického objektu. Je zde přiblížena samotná zájmová památka i s její historií.

2.1 Královské město Slaný

Město Slaný je někdejší královské město ve Středočeském kraji v okrese Kladno asi 29 km severozápadně od hlavního města České republiky, Prahy. Celkový počet obyvatel ve městě a jeho okolních částech činí přibližně 17 tisíc. Tyto části zahrnují Slaný, Blahotice, Dolín, Kvíc, Kvíček, Lotouš, Netovice, Otruby, Trpoměchy a Želevčice [1].

Jako každé město má i toto svou historii, která je velmi pestrá. Jméno města Slaný je spojeno s legendou z kroniky Václava Hájka z Libočan. Podle této pověsti byl služebníkem knížete Nezamysla Holotem objeven slaný pramen na úpatí Slánské hory, podle něhož je nynější město pojmenováno. První dochovaná zmínka o Slaném pochází z roku 1262, ve které jmenuje Přemysl Otakar II. Slaný mezi města [2].

Slaný se pyšní několika dochovanými kulturními památkami. V samotném historickém centru můžeme nalézt synagogu, kostel sv. Gottharda, bývalý společenský dům nazývaný Okresní dům, bývalou pozdně barokní, později upravenou novorenezanční radnici i Velvarskou bránu, poslední dochovanou vstupní bránu, která byla součástí opevnění královského města Slaného.



Obrázek 1 - Zobrazení polohy města Slaný

2.2 Velvarská brána

Velvarská brána je jedinečná středověká památka Slaného, jediná zachovalá z původních čtyř městských bran. Je to poslední brána Slaného a jeden z několika málo zbytků opevnění vůbec. Věž je vysoká celkově 38 m, přičemž její výška pod střechou činí 17,65 m. Průjezd je dlouhý 8 m, široký a vysoký 4,70 m. Pokud jde o výzdobu věže, bohatší je průčelí severní strany Velvarské brány. Pod podstřešní římsou je vytesán velký městský znak. Nad průjezdem je také umístěn vytesaný městský znak, dále erb, připisovaný pánům z Věžníků a znaky šesti městských cechů (tkalcovský a prýmkařský, blíže neurčený, sladovnický, postřihačský, hrnčířský a kolářský). Na levém rohu brány sedí torzo psa, nedaleko od něj se nachází hlava vousatého muže, zvaná Bradáč – snad jde o portrét stavitele brány. Mnoho kamenných bloků nese stopy původních kamenických značek. Na jižní straně je k vidění také několik zajímavých prvků, včetně latinského nápisu připomínajícího konšely Krejčího a Novíku i znaku Čech a Moravy [3].



Obrázek 2 - Zobrazení polohy Velvarské brány

Věž byla dostavěna v 2. polovině 15. století, to ukazují i zbytky její plastické výzdoby. Velvarská brána se původně skládala z vlastní brány, předbraní s cimbuřím, mostu přes suchý příkop a byla chráněna po levé straně ve směru z Velvarského předměstí ještě baštou. Její pozdně gotický vzhled z 2. poloviny 15. století zůstal beze změn po celá další století. Během 16. století brána

několikrát vyhořela a byla opravována. Pozdější opravy a úpravy ji jen udržovaly, i když poněkud odstranily její plastickou výzdobu a charakter. Roku 1795 byl na bránu přenesen poplašný zvon z vyhořelé radnice, který se rozezníval rovněž na cestu odsouzcům vedeným tudy na městské popravě. Při zboření městských hradeb v souvislosti se stavbou litoměřické silnice bylo v letech 1823—1824 zbořeno její předbraní a usilovalo se i o zboření vlastní brány. Při opravě roku 1868 byl umístěn na makovici věže nový měděný kohout – symbol bdělosti a ostražitosti, který byl replikou původního z roku 1612. V roce 1967 byla Velvarská brána předána do správy Vlastivědnému muzeu v Slaném. Poslední opravy brány proběhly na přelomu let 1993—1994 [4].



Obrázek 3 - Jižní průčelí Velvarské brány [4]



Obrázek 5 - Severní průčelí Velvarské brány [4]



Obrázek 4 - Bližší pohled na jižní průčelí



Obrázek 6 - Bližší pohled na severní průčelí



3. Metody zaměření historických objektů

V této kapitole je popsáno, jaké metody mohou být použity při zaměření historických objektů. Jsou zde zmíněné práce, ve kterých se zpracovatelé blíže zabývali určitými metodami. Poslední odstavec pojednává o využitých metodách v této bakalářské práci.

3.1 Geodetické metody

Metoda oměrná

Touto metodou lze měřit přímé vzdálenosti mezi charakteristickými body stavby. Charakteristické body nad nebo pod úrovní pásma se provažují olovnicí. Tato metoda je v praxi nepřesná, časově náročná a je nutná důslednost při provádění měření. Oměrná metoda je často doplňkovou k polární metodě [5].

Oměrnou metodu použil ve své bakalářské práci Ing. Lukáš Hort, který se zabýval *Zaměřením části středověkého opevnění ve Slaném*. Při zpracování laserového skenování byla zjištěna chybějící data z důvodu pokrytí části hrady břečťanem, a proto byla část hradeb změřena oměrnou metodou [6].

Metoda ortogonální (kolmicová)

Jedná se o starou geodetickou metodu. Základem je měřická přímka. Poloha podrobných bodů stavby se určuje kolmicí, která je spuštěna z daného bodu na měřickou přímku. Měří se zde pata kolmice vůči počátku měřické přímky a samotná délka kolmice. Pro určení paty kolmice se využívá pentagonální hranol [5].

Metoda polární

Tato metoda je vázána na užívání vysoce přesných přístrojů, teodolitů a totálních stanic. Vychází se ze znalosti souřadnic stanoviště stroje. Při této metodě se měří vodorovný levostranný úhel od orientace k podrobnému bodu. Je zde měřena vodorovná vzdálenost nebo se pomocí šikmé vzdálenosti a vertikálního úhlu přepočte později na vodorovnou vzdálenost [5]. Polární metoda je podrobněji popsána v kapitole 4.3.

Polární metodu použil například Ing. Michal Zíma ve své bakalářské práci *Kaple božího hrobu ve Slaném – fotogrammetrická dokumentace*. Autor tuto metodu použil



k zaměření VB. Tyto VB byly použity k pozdějšímu georeferencování výsledného 3D modelu [7].

Nivelace

Při této metodě je cílem získání souřadnice Z měřeného podrobného bodu v místním či výškovém systému státním. Měří se zde převýšení, což je relativní nejkratší svislá vzdálenost bodu od horizontu nivelačního přístroje [5]. Nivelace je podrobněji popsána v kapitole 4.2.

Nivelaci využil Ing. Michal Zíma ve své diplomové práci *Ulice Havelská (Praha 1) – měřická dokumentace podloubí domů č.p. 504-5012*. Tato metoda byla využita k připojení naskenovaného mračna bodů do systému Bpv. [8].

3.2 Fotogrammetrické metody

Tyto metody jsou založeny na zpracování obrazového záznamu. Oproti geodetickým metodám jsou tyto při terénních pracích rychlejší. Také umožňují zachytit celkový reliéf staveb včetně barevných informací. Ve speciálním softwaru je možné vygenerovat přesný 3D model zájmového objektu [5]. Fotogrammetrie je podrobněji popsána v kapitole 4.1.

Fotogrammetrickou metodu, metodu obrazové korelace, využil ve své diplomové práci *Dům U Sixtů Kamzíkova 7 (Praha 1) – fotogrammetrická dokumentace vybrané části* Ing. Martin Jákl. Výstupem práce bylo vyhotovení 3D modelu vybrané části, ortofot i fotoplánů [9].

3.3 3D skenování

Jedná se o bezkontaktní automatické zaměřování polohy velkého množství bodů pomocí 3D skeneru. Při této práci probíhá zaměřování husté sítě bodů na povrchu všech objektů viditelných ze stanoviska. Výstupem je soubor prostorových souřadnic (X , Y , Z) bodů, tzv. mračna bodů. Ke každému bodu může být uložena i informace o barvě.

Tuto metodu využívá ve své bakalářské práci již zmíněný Ing. Lukáš Hort [6]. Ing. Jiří Carda popisuje tuto metodu ve své diplomové práci *Možnosti kombinace dat 3D skenerů a IBMR*. Jak z názvu vyplývá, zde se zabýval kombinací 3D skenování a obrazové korelace [10].



V této práci byly využity tři z těchto zmíněných metod – polární metoda, nivelace a fotogrammetrie – obrazová korelace. Cílem této práce bylo zaznamenat výhradně reliéfní části zájmového objektu. Pro výstupy reliéfních částí byla zvolena metoda fotogrammetrie – obrazová korelace. Zadání bylo doplněno o připojení výstupů do výškového systému Bpv, proto byla využita metoda nivelace společně s polární metodou. Ta byla využita pro zaměření VB určených na zájmovém objektu, které byly použity právě pro výškové připojení celého objektu (3D modelu) do Bpv.



4. Použité metody zaměření části Velvarské brány

Tato kapitola podrobněji popisuje použité metody v této bakalářské práci.

4.1 Fotogrammetrie

V památkové péči je velmi často používanou metodou pro dokumentaci historických objektů metoda fotogrammetrie. Tato metoda se zabývá získáváním informací o předmětech na základě exaktního měření. Také patří mezi vědy, které získávají dále využitelné měření digitálního modelu terénu a dalších produktů pomocí obrazového, nejčastěji fotografického záznamu. Z pořízeného snímku, který zachycuje okolní realitu, lze zjistit tvar, velikost, vzájemnou prostorovou polohu jednotlivých bodů apod. Výhodou fotogrammetrie je kvalitní zachycení detailů hůře dostupných míst objektů i prostorových detailů povrchu stavby. Terénní práce nejsou výrazně časově náročné jako například klasické geodetické metody, při kterých může docházet k zaměření jednotlivých detailů fasády pomocí totální stanice. Další výhodou této metody je i zachování barevné informace celého objektu. Fotogrammetrie umožňuje zpracování snímků pro 2D či 3D výstupy.

Fotogrammetrii můžeme dělit dle:

1. polohy stanoviště na pozemní, leteckou a družicovou
2. počtu snímků na jednosnímkovou a vícesnímkovou
3. postupu zpracování na analogovou, analytickou a digitální
4. záznamu výstupních hodnot na výstupy grafické a numerické

Jak již z názvu prvního dělení vyplývá, v prvním případě se jedná o pořizování snímků z povrchu zemského například pomocí fotoaparátu či mobilního zařízení. Při letecké fotogrammetrii je stanoviště pro pořízení snímku umístěno v letadle nebo je možné snímkovat pomocí dronu. Často jsou tyto dva způsoby kombinovány, jako je tomu i v případě této bakalářské práce.

Fotogrammetrie se dále rozděluje na metody podle počtu použitých snímků – jednosnímková fotogrammetrie a vícesnímková fotogrammetrie. Snímky mohou být zpracovány několika metodami, a to průsekovou metodou, stereofotogrammetrií a metodou obrazové korelace. Jednosnímková fotogrammetrie



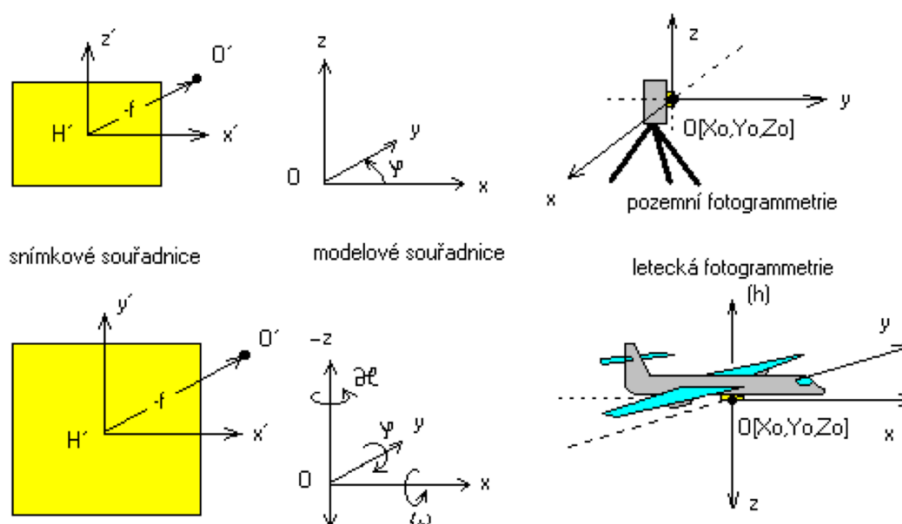
využívá samostatné digitální snímky, na kterých lze určit pouze rovinné souřadnice. Výstupem této části fotogrammetrie je tzv. fotoplán. Vícesnímková fotogrammetrie slouží pro 3D zpracování a je nutné, aby se vždy nejméně dva snímky vzájemně překrývaly. To znamená, že na minimálně dvou snímcích musí být zachyceno území, které postupně na sebe navazuje připojováním dalších snímků. V dnešní době se pro zpracování velkého množství dat využívají speciální výpočetní programy, které na základě obrazové korelace vyhotoví mračno bodů, ze kterého je v dalším kroku vytvořen 3D model.

Metoda obrazové korelace

Na principu obrazové korelace je založena metoda IBMR (Image Based Modeling and Rendering), která extrahuje prostorové informace ze snímků totožného objektu z různých stanovisek. Při obrazové korelaci dochází k porovnání dvou obrazů za účelem vyhledání nejvíce podobných párů pixelů. Porovnáváním jednotlivých pixelů by došlo k nalezení několika tisíců pixelů v druhém obraze. Metoda tedy využívá předpoklad, že každé jedno blízké okolí pixelu je jedinečné. Vytvoří se vyhledávací matice, která postupně vyhodnocuje vyhledávanou oblast a v místě s nejvyšším korelačním koeficientem (nabývá hodnot -1 až 1) je zaznamenána shoda obrazu. Zpracování probíhá, jak již bylo uvedeno, automaticky v programu tomu příslušnému, kde také probíhá automatická kalibrace kamery. Jedná se o určení tvaru svazku paprsků používané kamery neboli o prvky vnitřní orientace. Tyto prvky udávají polohu středu promítání vůči rovině snímku a dále konstantu komory, polohu hlavního bodu a eventuálně průběh radiální distorze. Hodnoty těchto parametrů jsou obvykle známy předem výrobcem pro každou měřickou komoru. Pro každý snímek jsou definovány prvky vnější orientace (souřadnice středu vstupní pupily X_0 , Y_0 , Z_0 a sklony ω , φ , κ), které byly dříve určeny použitím geodetických metod. V dnešní době je využívána funkce speciálního programu, která se nazývá svazkové vyrovnání, kde je použit vztah mezi snímkovými souřadnicemi a geodetickými souřadnicemi. Aby prostorový model odpovídal rozměrům ve skutečné podobě a bylo například možné zjištění rozměrů hůře dostupných částí objektu, musí být na objektu definovány vlíčovací body či naměřená vzdálenost mezi jasně identifikovatelnými body zájmového objektu. 3D model může být vytvořen také s texturou, kde sám program uchovává informaci o textuře objektu ze snímků. Modelu

s viditelnými ruchy umí program přiřadit barevnou informaci. Jak již bylo zmíněno, výstupem vícesnímkové fotogrammetrie může být 3D model a dále z těchto výstupů může být vyhotoveno tzv. ortofoto nebo výkres. Příslušný program je popsán v kapitole 8.1.2.

Dalším důležitým aspektem při vytváření rozsáhlejšího projektu je obsah měřické dokumentace. Pokud má zadavatel zájem o komplexní neboli celkovou dokumentaci, měla by tato dokumentace zajistit přehledné a dostatečně podrobné zobrazení dokumentovaného objektu. Obsah by měl být poměrně jednoznačný a měl by zahrnovat povinné části, základní části a případně doplňkové části. Naopak u dílčí dokumentace může být stanoven rozsah minimální, který nám zadává povinné části. Další části a výstupy jsou závislé čistě na samotném účelu pořizované dokumentace. Prostorové výstupy v digitální podobě mohou zabírat velké množství paměti počítačů, proto je nutné brát v potaz tuto informaci při samotném zpracovávání. Jak již bylo zmíněno výše v této kapitole, výstupem může být mračno bodů (point cloud), 3D model s texturou, ortofoto či výkresy ve formátech náležících těmto výstupům [5].



Obrázek 7 - Prvky vnitřní a vnější orientace

V této kapitole čerpáno z [11].



4.2 Nivelace

Pomocí nivelace získáváme souřadnice výšek měřených bodů a následně je možné připojit data do výškového systému. Výškových systémů můžeme použít několik. Pro zjištění prostorového zobrazení podrobných bodů pouze pro lokální systém můžeme použít místní výškový systém. Pokud je zájem připojit body a následně i model do státního výškového systému, je použit Balt po vyrovnání (Bpv). Samotné měření probíhá za pomoci základních nivelačních pomůcek, kterými jsou nivelační přístroj a nivelační latě. Těmito pomůckami se vždy měří hodnoty převýšení mezi dvěma body. Při nivelaci je využit princip geometrické nivelace ze středu, kdy se eliminuje odklon záměry od vodorovné roviny a rozdíl mezi zdánlivým a skutečným horizontem (zakřivení Země), v jisté míře i vliv refrakce. „Odklon záměry může být způsoben nerektifikovanou nivelační libelou nebo nepřesnou funkcí kompenzátoru. I při skloněné záměře dostaneme při měření správnou hodnotu převýšení, pokud přístroj stojí uprostřed mezi oběma latěmi.“ [12] Nivelační přístroje se dělí na optické a laserové. Odečítat hodnotu na nivelační lati můžeme vizuálně nebo digitálně, kdy dojde k přečtení přístrojem pomocí čárového kódu. Další pomůckou pro nivelaci je nivelační podložka neboli žába, na kterou se staví latě při měření záměr.

Dělení geometrické nivelace ze středu:

1. Technická nivelace
2. Přesná nivelace
3. Velmi přesná nivelace
4. Zvlášť přesná nivelace

Každá metoda má svá pravidla pro dodržení určitých přesností. Mění se zde i pomůcky pro samotné nivelace, kde dochází k záměně nivelačních přístrojů i nivelačních latí. U technické nivelace se délka záměr volí s ohledem na sklonitost terénu, způsob čtení latí a požadovanou přesnost. Záměry se nerozměřují, nýbrž krokují. Délka záměr se doporučuje okolo maximální hodnoty 80 m. Zatímco u přesné nivelace se délky záměr rozměřují s přesností 0,1 m a měření se provádí tam a zpět v jinou denní dobu. Vyžívá se stativ s pevnými nohama a celistvé, 3 m dlouhé nivelační latě se dvěma stupnicemi na invarovém pásku. Největší přípustná délka záměry je 50 m a minimální výška záměry

nad terénem je 0,5 m. U velmi přesné nivelace jsou hodnoty maximální přípustné délky 40 m a výšky nad terénem 0,8 m. Hodnoty záměr se mohou ukládat přímo do digitálních přístrojů, nebo může být použita metoda zápisu do zápisníků určených pro každou nivelaci.

Ve fotogrammetrii může být tato metoda použita při ověřování nadmořské výšky bodů, které jsou použity pro následné výškové připojení zájmového objektu v podobě 3D modelu. Detailní postup měření je popsán v kapitole 7.2.

Druhy nivelace	Přesnost
Technická nivelace	$m0 > 5 \text{ mm}$
Přesná nivelace	$1,5 \text{ mm} < m0 < 5 \text{ mm}$
Velmi přesná nivelace	$0,4 \text{ mm} < m0 < 1,5 \text{ mm}$
Zvlášť přesná nivelace	$m0 < 0,4 \text{ mm}$

Tabulka 1 - Druhy nivelace a jejich přesnost

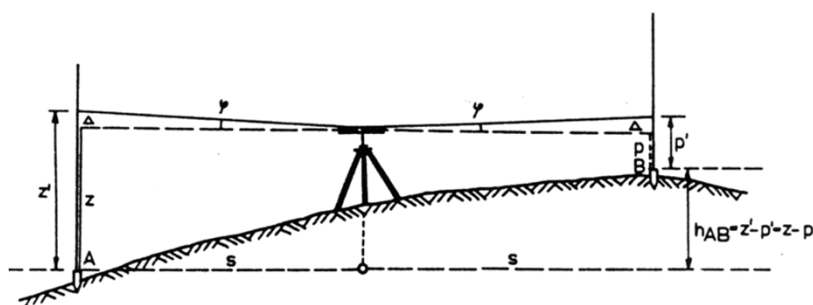
Popis hodnot pro výpočet trigonometrické metody:

- převýšení mezi body AB (h_{AB})
- záměra vzad (z)
- záměra vpřed (p)

$$h_{AB} = z' - p'$$

$$z' = z + \Delta$$

$$p' = p + \Delta$$



$$h_{AB} = (z + \Delta) - (p + \Delta) = z - p + \Delta - \Delta = z - p$$

Obrázek 8 - Princip geometrické nivelace ze středu [12]

V této kapitole čerpáno z [12].



4.3 Polární metoda

Jednou ze základních geodetických metod je polární metoda. Pro tuto metodu jsou hlavní pomůckou přesné totální stanice. Hlavním cílem je určení polárních souřadnic – vodorovného úhlu (mezi orientačním bodem) a délky (od stanoviska k určovanému bodu). Touto metodou jsou získány souřadnice podrobných bodů. Při měření polární metodou mohou nastat dva případy postavení stanovisek. Pokud stojíme na bodě o známých souřadnicích, provádí se měření z pevného stanoviska. Naopak pokud stojíme na neznámém stanovisku, hovoříme o volném stanovisku. Ve všech případech musí být přístroj postavený na stativu horizontován a zcentrován nad bodem stanoviska. Jak již bylo uvedeno, potřebným měřením je zaměření vodorovného úhlu a šikmé, případně vodorovné délky. Následně se vypočte směrník mezi známými body stanoviska a orientace, který je potřebný pro další postup výpočtu. Pomocí směrníku, vodorovného úhlu, který je vypočítán z rozdílu měřených směrů, a vodorovné vzdálenosti mohou být vypočítány souřadnicové rozdíly podrobných bodů od stanoviska. Tyto rozdíly jsou přičteny k souřadnicím stanoviska a tímto získáváme souřadnice podrobných bodů. Pokud chceme získat souřadnice Z podrobných bodů, je nutné zaměřit zenitové úhly a je potřeba znát hodnotu výšky přístroje. Pokud je měřeno na odrazné hranoly, je nutné znát výšku těchto hranolů nad podrobnými body. Tato metoda pro získání souřadnic Z je nazývána trigonometrie.

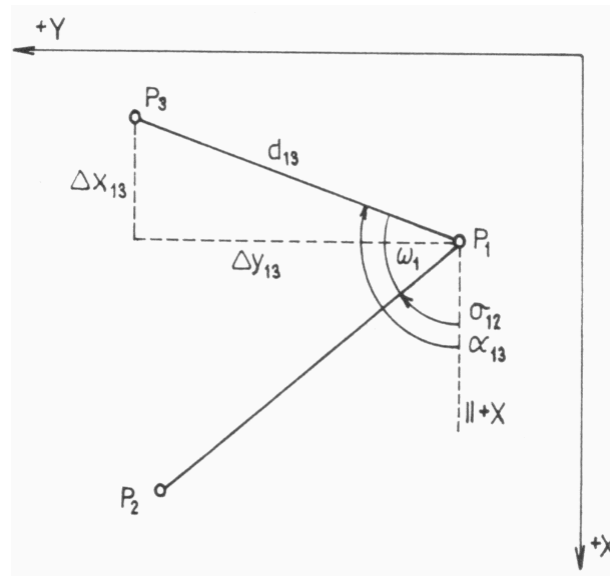
Výpočet polární metody

Znamé hodnoty:

- souřadnice bodů stanoviska a orientace (Y, X)
- vodorovná délka mezi stanoviskem a podrobným bodem (d)
- vodorovný úhel mezi orientací a podrobným bodem (ω)
- vypočtený směrník mezi stanoviskem a orientací (σ)

Postup výpočtu:

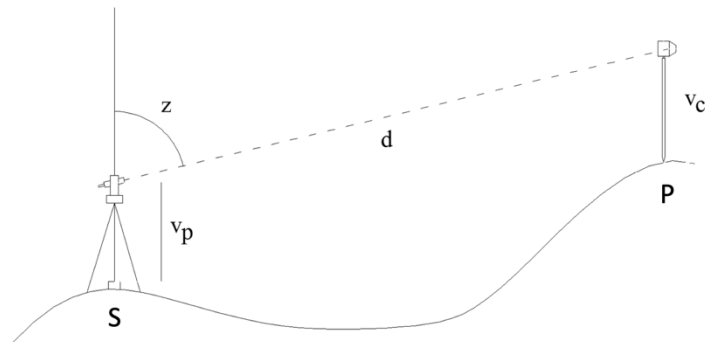
- $\alpha_{13} = \sigma_{12} + \omega_1$
- $\Delta Y_{13} = d_{13} \cdot \sin \alpha_{13}$
- $\Delta X_{13} = d_{13} \cdot \cos \alpha_{13}$
- $Y_3 = Y_1 + \Delta Y_{13}$
- $X_3 = X_1 + \Delta X_{13}$



Obrázek 9 - Princip polární metody [13]

Popis hodnot pro výpočet trigonometrické metody:

- souřadnice Z určovaného bodu (Z_p)
- souřadnice Z stanoviska (Z_s)
- výška cíle (v_p)
- šikmá délka mezi body S a P (d)
- zenitový úhel (z)
- výška cíle (v_c)



$$Z_p = Z_s + v_p + d \cdot \cos(z) - v_c$$

Obrázek 10 - Princip trigonometrické metody [13]

Detailní postup měření je popsán v kapitole 7.3.

V této kapitole čerpáno z [13].



5. Přípravné práce

Tato část pojednává o nutných přípravných pracích před navazujícími terénními pracemi. Je zde zmíněno vyhledávání dosavadních dokumentů k Velvarské bráně i postup nutný k možnosti použití dronu.

5.1 Vyhledání podkladů

Prvním krokem před samotným začátkem zpracování bakalářské práce bylo prohledání archivů s možnými podklady nebo vyhotovenými pracemi o Velvarské bráně. Výhradně byla hledána měřická dokumentace objektu. První pátrání proběhlo 23. 11. 2023 v archivu územního pracoviště Středních Čech Národního památkového ústavu, kde byla nalezena spousta dokumentů, ale většina byla nepotřebná pro účel této práce. Mezi dokumenty byla nalezena Rekonstrukce vnějšího pláště (1985), Obnova vnějšího pláště (1994) i Stavebně historický průzkum (1991). Zájmem bylo vyhledat geodetická zaměření Velvarské brány, která bohužel nebyla zcela kompletní. Další pátrání proběhlo přímo ve Vlastivědném muzeu města Slaného dne 19. 12. 2023, kde byly nalezeny podobné dokumenty jako v NPÚ. Také zde byly objeveny cenné podklady pro bakalářskou práci, kopie výkresů z 80. let. Byla dohledána kompletní sada kopií výkresů, a proto byl znovu kontaktován NPÚ. Za pomoci pana Ing. arch. Jana Veselého, památkáře z Národního památkového ústavu, byly dohledány výkresy v archivu NPÚ v originální podobě. Autor M. Fuchs pod národním podnikem Obnova památek vyhotovil tyto výkresy tuší na pauzovací papír a jeho práce byla dále využita v této bakalářské práci (*viz. kapitoly 8.4 a 8.5.1*).

5.2 Podmínky pro vzlet dronu

Již od vytvoření zadání bakalářské práce na téma *Velvarská brána (Slaný - okr. Kladno) - dílčí fotogrammetrická dokumentace* bylo zcela zřejmé, že pro zpracování bude nezbytné snímkování pomocí dronu. Pro další postup a práci s dronem byla nastudována legislativa k tomuto tématu. Od 1. 1. 2024 byla vydána nová legislativa, podle které bylo dále postupováno. Existují tři kategorie pro provoz bezpilotních letadel – OPEN (otevřená), SPECIFIC (specifická), CERTIFIED (certifikovaná). Snímkování zájmové památky spadá do kategorie Open. „Otevřená“ (Open) kategorie je určena pro

provoz bezpilotních systémů, u kterých s ohledem na související rizika není vyžadováno předchozí povolení příslušného úřadu, ani prohlášení provozovatele UAS před uskutečněním provozu. Na webových stránkách <https://dronview.rlp.cz> je možné zjistit, do jaké vzdálenosti od povrchu země je možné létání v rámci kategorie Open bez narušení leteckého provozu. Tato kategorie obsahuje několik podkategorií – A1, A2 a A3 [14].

Podkategorie „otevřené“ kategorie provozu	Štítek s označením třídy typu dronu
A1 Urbanistické oblasti, ale ne nad davy, nebo mimo urbanistické oblasti	Štítek s označením třídy C0, C1
	Soukromě zhotovený dron s MTOM < 250 g a rychlostí < 19 m/s
	Dron bez štítku s označením třídy s MTOM < 500 g (do 31. 12. 2023)
	Dron bez štítku s označením třídy s MTOM < 250 g včetně paliva a užitečného zatížení. (od 31. 12. 2023)
A2 Urbanistické oblasti při udržování nejméně 30 m (ve zvláštních případech až 5 m) od lidí, nebo mimo urbanistické oblasti	Štítek s označením třídy C2
	Dron bez štítku s označením třídy s MTOM < 2 kg (do 31. 12. 2023) (minimální vzdálenost od osob je v tomto případě navýšena na 50 m)
A3 Mimo urbanistické oblasti	Štítek s označením třídy C2, C3, C4
	Soukromě zhotovený dron s MTOM < 25 kg
	Dron bez štítku s označením třídy s MTOM < 25 kg (do 31. 12. 2023)
	Dron bez štítku s označením třídy s MTOM < 25 kg včetně paliva a užitečného zatížení uvedený na trh před 1. 1. 2024 (od 31. 12. 2023)

Obrázek 11 - Popsaná pravidla podkategorií Open kategorie [14]

Použitý dron (viz. kapitola 6.5) ke snímkování horní části a detailů Velvarské brány spadá do kategorie A2 a maximální povolená výška *Open* letu pro město Slaný je 100 m. Let byl plánovaný do maximální výšky 38 m, což bylo naprosto v pořádku. Jelikož se jedná o urbanistickou oblast, kde denně prochází opravdu značné množství lidí, byl záměr oznámen městskému úřadu města Slaný. Všechny detaily postupu byly konzultovány s Mgr. Jaroslavem Brabcem, tajemníkem města. Po dobu snímkování bylo pod vedením města zajištěno bezpečí procházejících občanů. Průchod Velvarskou bránou byl korigován městskou policií.

6. Použité pomůcky

Metody použité k zaměřování této historické památky (podrobněji v kapitole 4) si vyžadují vhodné přístroje k samotnému procesu zaměřování. V této kapitole se dozvíte základní informace o použitých pomůckách.

6.1 Nivelační přístroj Leica Sprinter 100

Pro technickou nivelaci byl použit nivelační přístroj Sprinter od výrobce Leica. Je to spolehlivý digitální přístroj, který zamezuje chybám měření i čtení na lati a výrazně zrychluje měřické práce. Svými technickými parametry je alternativou ke klasickým měřicím optickým přístrojům. Elektronické čtení na lati pomocí čárového kódu maximálně eliminuje chyby způsobené měřičem, jako jsou cílení a odečítání na lati. Disponuje kompenzátorem o rozsahu $\pm 10'$ a přesností $0,8''$. Standardní směrodatná odchylka kilometrová udávaná výrobcem je $\sigma = 2 \text{ mm/km}$. Přesnost měření vzdáleností pro vzdálenost $< 10 \text{ m}$ je 10 mm a pro vzdálenost $> 10 \text{ m}$ je rovna $D(\text{m}) \times 0,001$. Dosah digitálního čtení je možný od 2 m do 80 m a od $0,5 \text{ m}$ je možno měřit opticky. Hmotnost Sprinteru 100 je menší než $2,5 \text{ kg}$. Přístroj umožňuje ukládání dat při měření a následný export pro pozdější zpracování. K měření tímto přístrojem je nutné mít adekvátní nivelační lať od stejného výrobce [15].



Obrázek 12 - Nivelační přístroj Leica Sprinter 100 [15]

Leica Sprinter 100 (v.č. 738932, 1007858) a další potřebné pomůcky – nivelační lať typ GSS 111 (v.č. 74182), podložka a stativ byly zapůjčeny na katedře speciální geodézie ČVUT v Praze.

6.2 Totální stanice Trimble C5

Totální stanice Trimble C5 byla využita při uskutečnění polární metody. Je to moderní geodetický přístroj. TS je vybavena dvojicí dotykových displejů, které mají vysoké rozlišení pro komfortní ovládání. Autofokus neboli automatické ostření je součástí vybavení přístroje. Ostření probíhá velice rychle a precizně i za horších světelných podmínek. Měření je ukládáno do přístroje k pozdějšímu exportu dat. TS je vybavena dalekohledem s 20x přiblížením a rozlišovací schopností 0,2 mgon. Trimble C5 je schopný měřit úhly s přesností 0,6 mgon. Hmotnost přístroje je 4,3 kg [16].



Obrázek 13 - TS Trimble C5 [16]

Typ měření	Měřický dosah	Přesnost
Bez hranolu	1,5 m až 800 m	2 mm + 2 ppm
Štítek	1,5 m až 300 m	3 mm + 2 ppm
Hranol	1,5 m až 5000 m	3 mm + 2 ppm

Tabulka 2 - Technické parametry TS Trimble C5 (část 1.) [16]

Typ měření	Režim	Doba měření
Bez hranolu	Standartní	1,0 s
	Rychlý standartní	0,5 s
	Tracking	0,3 s
Hranol	Standartní	1,0 s
	Rychlý standartní	0,5 s
	Tracking	0,3 s

Tabulka 3 - Technické parametry TS Trimble C5 (část 2.) [16]

Tato totální stanice Trimble C5 (v.č. E340825) společně se stativem Trimble C5 (č.7) byla zapůjčena na katedře speciální geodézie fakulty stavební ČVUT v Praze.



6.3 Fotoaparát Nikon D7100

Pro pozemní snímání byl využit fotoaparát D7100 od japonské značky Nikon. Tento fotoaparát je vybaven CMOS snímačem formátu DX s 24,1 milionů pixelů a procesorem EXPEED 3, který nabízí rychlý provoz, věrnou reprodukci živých barev a zlepšenou redukci šumu. Autofocus využívá 51 zaostřovacích polí, zahrnující 15 snímačů křížového typu. Další výhodou je 3,2" velký LCD displej s rozlišením 1 229 Mpx. Lze zde nastavit vysokou citlivost ISO 100-6400 s možností dalšího zvýšení na ISO 25 600, vhodné pro snímání za nízké hladiny osvětlení. Také nabízí použití delších ohniskových vzdáleností a umožňuje pracovat se snímací frekvencí až 7obr./s a zaručuje automatické zaostřování ve větší obrazové ploše [17].



Obrázek 14 - Fotoaparát Nikon D7100 [17]

6.4 Objektiv SIGMA 17-50 mm

Objektiv Sigma 17-50 mm EX DC OS HSM pro Nikon je standardní zoom s optickým stabilizátorem obrazu proti rozmazání snímků. Jde o objektiv ideální pro krajiny, skupinové fotografie, architektonické snímky, nebo pro cestovní fotografie. Má konstantní světelnost $f/2,8$ a maximální hodnotu clony lze zvolit až 22. Ohnisková vzdálenost je volitelná mezi 17 až 50 mm a schopnost minimálního zaostření tohoto objektivu lze od vzdálenosti 28 cm [18].



Obrázek 15 - Objektiv SIGMA 17-50 mm [18]

HyperSonic Motor - objektivy vybavené ultrazvukovými motory jsou při zaostřování pohotovější než objektivy, odkázané na pohon z těla fotoaparátu.

EX - povrchové úpravy objektivů řady EX dosahují nejvyšších kvalit v rámci objektivů Sigma.

DC - objektivy řady DC jsou určeny pro digitální zrcadlovky opatřené snímačem o velikosti APS-C.

Optical Stabilizer - v optické soustavě jsou zahrnuty členy, které pomocí gyrosenzorů vyrovnávají chvění. **4 krokový stabilizátor** obrazu umožňuje dosažení ostrých snímků s až 4x delšími expozičními časy.

Obrázek 16 - Význam jednotlivých zkratk v názvu objektivu [18]

6.5 Dron DJI M3M

DJI Mavic 3 Multispectral je nový revoluční dron s multispektrální kamerou a osvitovým senzorem, který snímá intenzitu a úhel slunečního záření. Senzor zachycuje sluneční záření a zaznamenává jej do obrazového souboru, což umožňuje světelnou kompenzaci obrazových dat během 2D rekonstrukce. Dron obsahuje RTK přijímač pro rychlé a přesné skládání multispektrálních map s podporou i české NTRIP sítě CZEPOS, který poskytuje snímkům přesné umístění do prostoru s odchylkou 1,5 cm vertikálně a 1 cm horizontálně. DJI M3M disponuje 20 MPx RGB kamerou a čtyřmi 5 MPx multispektrálními kamerami (Red, Green, NIR, RE) [19].



Obrázek 17 - Dron DJI Mavic 3 Multispectral [19]

Dron DJI M3M s RGB kamerou byl ovládán Ing. Lukášem Bělochem, osobou oprávněnou k létání, pomocí dálkového ovladače. Tento dron i fotoaparát Nikon D7100 (v.č. 4805773) byly zapůjčeny na katedře geomatiky fakulty stavební ČVUT v Praze.



7. Terénní práce

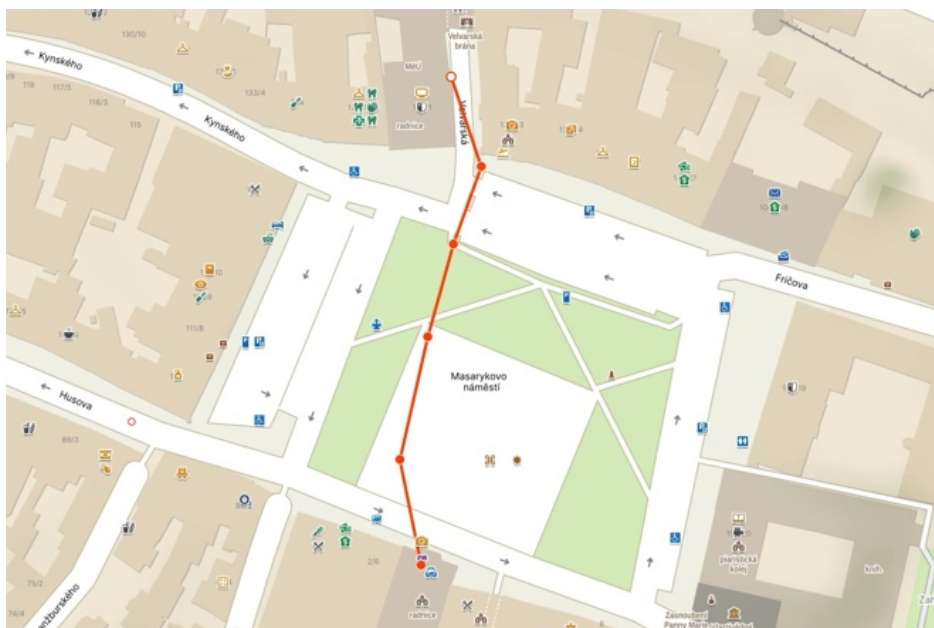
7.1 Rekognoskace terénu

Před jakýmkoliv měřením by měla proběhnout rekognoskace terénu, kde se měřič seznámí se zájmovým prostředím. V mém případě proběhla velmi důkladná příprava před samotným měřením pro usnadnění a urychlení následných terénních prací. Nejprve byl zvolen bod pro stanoviště ve vhodné vzdálenosti od severní strany Velvarské brány pro pozdější měření totální stanicí. Ke stabilizaci stanoviště bylo využito vodovodní šoupě. K připojení modelu do výškového systému Bpv bylo potřeba ověřit dostupnost nivelačních bodů v okolí. Pro další práce byly využity body Bhi-65 a Bei-44 (*viz. příloha B-nivelační_udaje_Bhi65.pdf a B-nivelační_udaje_Bei44.pdf*). Následně bylo rozmyšleno vhodné rozmístění vlíčovacích bodů a přibližné body pro zaměření. Byly prozkoumány stopy po opracování kamene s PhDr. Michalem Cihlou z Ústavu historických věd archeometrie. Dále bylo zkoumáno i množství kamenických značek. Posledním krokem před samotným měřením bylo ujasnění rozsahu snímkování fotoaparátem a dronem zájmové strany památky.

7.2 Technická nivelace

Dalším cílem terénních prací bylo určení nadmořské výšky stanoviště pro budoucí měření vlíčovacích bodů, respektive pro budoucí výškové připojení modelu historické památky, jak už bylo v předchozí kapitole zmíněno. Pro tento účel byla zvolena technická nivelace.

Nejprve byla ověřena nadmořská výška bodu Bei-44 ze kterého byl později zaměřen nivelační pořad pro určení nadmořské výšky stanoviště (4001). Podle rozmístění zájmových nivelačních bodů (Bei-44 a Bhi-65) bylo rozvrženo přibližné postavení představovaných bodů.



Obrázek 18 - Průběh nivelačního pořadu

Na bod Bhi-65 byla postavena nivelační lať a urovnána do horizontální polohy pomocí libely na lati. Nivelační přístroj byl postaven na stativ a také urovnán do horizontální polohy pomocí libely za použití noh stativu a stavěcích šroubů přístroje. Nivelačním přístrojem byla zaměřena záměra vpřed elektronicky pomocí čárového kódu, následně byla hodnota zapsána do zápisníku pro technickou nivelaci (*viz. příloha B-zapisnik_technicke_nivelace.pdf*). Z bodu Bhi-65 byla lať přesunuta na opačnou stranu od přístroje směrem ke koncovému nivelačnímu bodu. Vzdálenost od již zmíněného nivelačního bodu k přístroji byla odkrokována figurantem a následně byla stejná vzdálenost odkrokována (přenesena) na opačnou stranu od přístroje. Nivelační lať byla postavena na nivelační podložku, urovnána do horizontální polohy a bylo provedeno zaměření záměry vpřed. Lať v tuto chvíli zůstala na svém místě, naopak byl přemístěn přístroj na předem přibližně určený přestavovaný bod. Přestavované body nebyly nijak stabilizovány ani označeny, jelikož cílem bylo pouze ověření dvou nivelačních bodů technickou nivelací. Po přemístění přístroje byla znovu stejným postupem zaměřena záměra vzad, následně po přemístění latě byla zaměřena záměra vpřed. Tento postup byl opakován po celou dobu pořadu ke koncovému nivelačnímu bodu. Na bodě Bei-44 byla nakonec postavena nivelační lať a zaměřena záměra vpřed a tím bylo celé ověřovací měření ukončeno. Následně proběhl výpočet technické nivelace v terénu (*viz kapitola 8.2.1*), aby bylo zjištěno, zda hodnota převýšení mezi nivelačními body Bhi-65 a Bei-44



je přibližně správná. Výpočtem byla ověřena správnost nadmořské výšky bodu Bei-44 a mohla pokračovat další část měření.

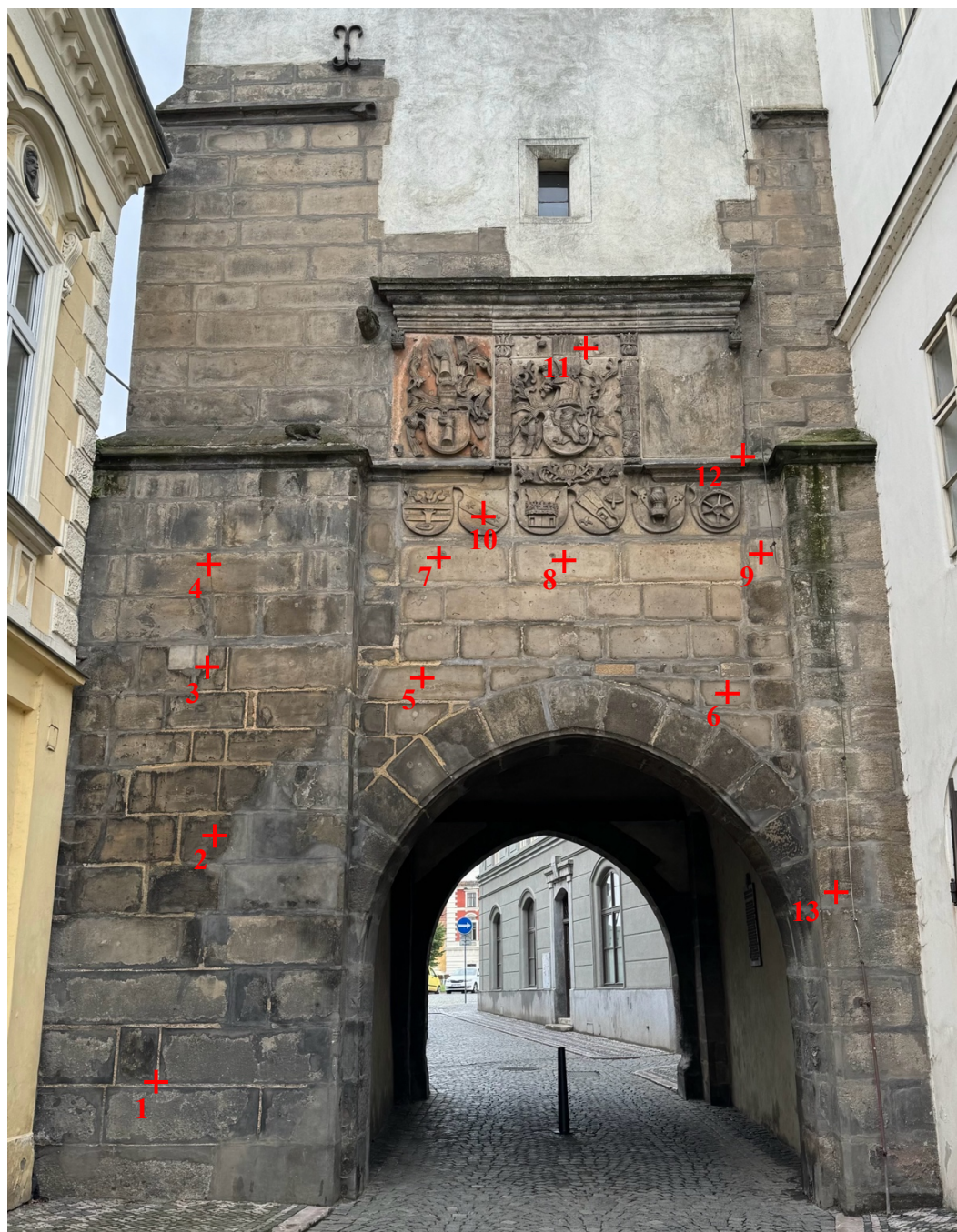
Z ověřeného bodu Bei-44 byl zaměřen nivelační pořad pro zjištění nadmořské výšky stanoviska 4001. Postup měření byl totožný jako v přechozím kroku, ale vzdálenost mezi těmito body byla výrazně kratší, proto zde byl použit pouze jeden přestavovaný bod. V tomto případě bylo cílem určit nadmořskou výšku neznámého bodu, a proto proběhla technická nivelace TAM i ZPĚT. Následně bylo měření vypočteno ihned v terénu pro kontrolu a případnou možnost okamžitého přeměření. To naštěstí nebylo potřeba, protože všechna měření nepřekročila mezní odchylku (*viz kapitola 8.2.1*).

Technická nivelace proběhla dne 1. 3. 2024 mezi 9h – 11h při teplotě ovzduší 6,5 °C. Během měření byly hodnoty zapisovány do zápisníku pro technickou nivelaci, který je k nahlédnutí v příloze *B-zapisnik_technicke_nivelace.pdf*. Použitý přístroj je detailně popsán v kapitole 6.

7.3 Měření totální stanicí

Při měření totální stanicí byl přístroj postaven na stativ a následně zhorizontován a zcentrován na bodě určeném jako stanovisko 4001. Byla zadána hodnota okolní teploty a tlaku pro fyzikální korekce přístroje. Dále byla změřena výška přístroje a byla zadána do TS při zakládání stanoviska. Jako počáteční bod byl zvolen dobře identifikovatelný bod na fasádě budovy vedle zájmové památky. Na počáteční bod proběhlo pouze úhlové zaměření bezhranolovou metodou. Předem určená místa VB byla zaměřena postupně od bodu 1 do bodu 13 také bezhranolovou metodou, kde byly měřeny délky i úhly. VB byly přirozeně signalizované a většina VB byla zvolena jako bod na KZ. Bod s označením Bhi-44 byl zaměřen i trigonometrickou metodou. Byl použit Leica mini hranol a bylo provedeno úhlové i délkové měření již na hranol. Počáteční bod byl zaměřen znovu, aby byla uzavřena osnova směrů v jedné poloze a zkontrolována přesnost měření i případné chyby přístroje. Celé toto měření proběhlo ve dvou polohách kvůli pozdější kontrole při zpracování. Po posledním zaměření počátečního bodu v II. poloze bylo měření ukončeno.

Měření TS proběhlo 1. 3. 2024 mezi 11h – 13h při teplotě ovzduší 6,5 °C a okolního tlaku 1003 mbar. Všechny hodnoty zaměření byly ukládány do přístroje (*viz. příloha B-240301.asc*). Po ukončení měření došlo k exportu dat pro pozdější zpracování. Detailní popis použitého přístroje je k nalezení v kapitole 6.



Obrázek 19 - Náčrt VB



7.4 Snímkování

Podoba Velvarské brány byla zaznamenána kombinací snímkování pomocí fotoaparátu a dronu. Před samotným fotografováním historického objektu byly nastaveny parametry příslušného fotoaparátu. Snímky byly pořizovány systematicky. Postupně byl pomocí fotografování menších částí zaznamenán celý objekt. Reliéfní část byla fotografována detailněji, další části byly fotografovány z různých pozic a vzdáleností. Snímky byly pořizovány za účelem pozdějšího použití obrazové korelace, proto bylo nutné fotografování s překrytem snímků. To znamená, že pro zpracování je nutné, aby každé místo objektu bylo viditelné minimálně na dvou snímcích. Pozemní fotogrammetrie byla použita jen pro spodní část objektu.

Nastavené parametry fotoaparátu:

Režim – priorita clony

Číslo clony – $f/9$

Světelná citlivost – ISO 640

Ohnisková vzdálenost – 50 mm

Formát – 6000 x 4000, 24 bit - .jpg

Snímkování pomocí fotoaparátu bylo uskutečněno 8. 3. 2024. Po přezkoumání snímků bylo zjištěno, že některé snímky jsou rozmazané a je nutno znovu místa zaznamenat. Druhé snímkování fotoaparátem proběhlo 10. 3. 2024. Po zpracování snímků v software Agisoft Metashape Professional byla zjištěna potřeba dofotografování určitých míst objektu kvůli přesnějšímu vytvoření modelu (*viz. kapitola 8.3.1*). Poslední snímkování fotoaparátem proběhlo 5. 4. 2024.

Druhá část snímkování objektu (vrchní části) proběhla 14. 3. 2024. Snímkování pomocí dronu bylo provedeno za pomoci Ing. Lukáše Bělocha. Jak již bylo zmíněno, byla snímkována vrchní část Velvarské brány a detailněji zaznamenány reliéfní části historického objektu. Leteckému snímkování předcházela nutnost nastudování legislativy (*viz. kapitola 5.2*). Detailní popis použitého fotoaparátu a dronu je k nalezení v kapitole 6.

Tato kapitola inspirována [20].

7.5 Zkoumání kamenických značek

Zkoumání Velvarské brány s PhDr. Michalem Cihlou z Ústavu historických věd archeometrie (Muzeum Karlova mostu) bylo za účelem nalezení stop po opracování kamene. Tato památka byla několikrát opravována, samotná fasáda byla čištěna a kvůli opadávání byla právě rekonstruována. Stopy po opracování kamene byly nalezeny, ale nebylo průkazné, že se jedná o originální stopy z doby vzniku stavby. Naopak původ kamenických značek je na Velvarské bráně zachován. Proto byly jednotlivé typy kamenických značek zaznamenány a v kapitole 8.5.2 zpracovány. Podle článku *Zpráva o průzkumu průčelí Velvarské brány ve Slaném, Památky středních Čech [21]* od E. Volfové a J. Žížky zde existuje sedm typů kamenických značek.

Kamenické značky graficky znázorňují podpis autora opracování kamene. Značka byla často tesána do kamene před osazením prvku a jeho poloha na kameni je většinou náhodná. Je nutné si uvědomit, že značky neměly šablonu, proto jsou na různých stavbách i kamenech rozdílně veliké, natočené i široce vytesané. Každý kameník získal svůj vlastní symbol v huti na stupni tovaryše. Uvádí se, že musel absolvovat alespoň tři cesty po třech různých stavbách a jeho značka mohla být dále rozvíjena. Po návratu se z tovaryše stal Mistr, který vedl nové učně. Je možné že se mohly objevovat i rodinné značky, které se velice podobaly, ale byly odlišeny například tečkou. Značky údajně můžeme dělit do tří skupin: osobní (podpis kameníka), montážní (pro umístění na stavbě – písmena a číslice) a jiné (evidence připravených dílů v huti, letopočty) [22].



Obrázek 20 - Kamenické značky na Velvarské bráně s vyznačením jedné značky



8. Kancelářské práce

8.1 Použitý software

Pro zpracování získaných dat byly využity softwary určené k určité činnosti. Data z totální stanice byly zpracovány v softwaru GROMA 13. Výstup 3D modelu Velvarské brány byl vyhotoven v programu Agisoft Metashape Professional. Jako poslední program pro vypracování výkresů byl využit MicroStation. Všechny softwary jsou popsány v následujících podkapitolách.

8.1.1 GROMA 13

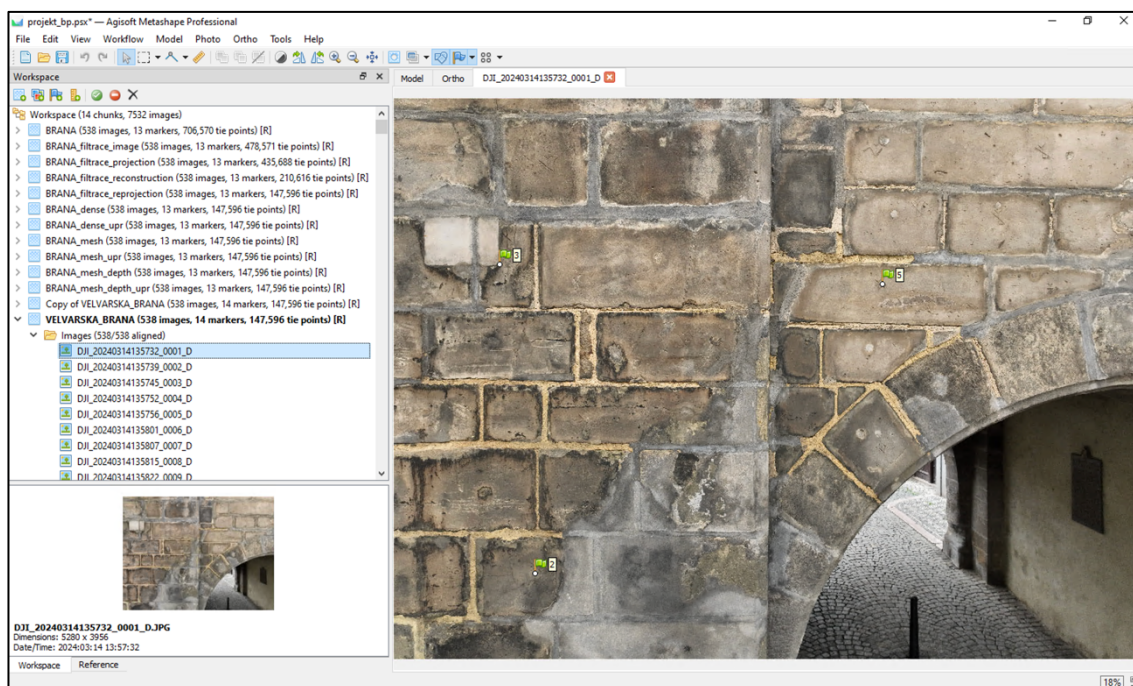
GROMA je geodetický systém pracující v prostředí MS Windows. Jeho účelem je komplexní zpracování geodetických dat, začínajících od surových údajů přenesených z totální stanice až po výsledné seznamy souřadnic, výpočetní protokoly a kontrolní kresbu. Všechny výpočetní úlohy se provádějí v dialogových oknech, která přehledně zobrazují vstupní i výstupní údaje. Výpočetních oken může mít uživatel najednou otevřeno libovolné množství. Souřadnice i měřená data lze snadno přenášet do výpočetních oken pomocí myši, případně zadat číslo bodu a nechat program automaticky doplnit souřadnice ze seznamu. Při všech výpočtech vznikají automaticky textové protokoly o výpočtu. Tyto protokoly lze přímo v programu GROMA editovat, tisknout nebo dále zpracovávat libovolným textovým editorem [23].

Předč.	Číslo	H _Z	Z	Délka	dH	Signál	Popis
4001	0 0000	109 7294				1,680	STN
9999						0,000	
1	60 3238	103 2268		9 736		0,000	
2	64 3278	90 6045		9 564		0,000	
3	63 2772	81 4686		9 890		0,000	
4	62 9758	75 7517		10 203		0,000	
5	75 9188	81 4590		9 807		0,000	
6	94 0271	82 7508		9 840		0,000	
7	76 7112	74 6229		10 153		0,000	
8	84 7482	74 9511		10 091		0,000	
9	96 5462	75 0660		10 214		0,000	
10	79 5354	72 2838		10 256		0,000	
11	66 3909	63 3189		11 073		0,000	
12	96 0618	69 7614		10 695		0,000	
13	96 9765	63 7847		9 363		0,000	
101	85 8035	100 8541		24 661		0,100	
9999	0 0003	109 7298				0,000	
9999	200 0001	290 2703				0,000	
101	206 0048	290 1469		24 662		0,100	
13	206 9785	306 2147		9 359		0,000	
12	296 0635	330 2374		10 691		0,000	
11	286 3902	336 6609		11 073		0,000	
10	279 5365	327 7164		10 297		0,000	
9	296 5470	324 9338		10 316		0,000	
8	284 7491	325 0473		10 090		0,000	
7	276 7128	325 3760		10 154		0,000	
6	294 0282	317 2497		9 838		0,000	
5	275 9189	316 5420		9 810		0,000	
4	282 9770	324 2463		10 202		0,000	
3	263 2776	316 5309		9 889		0,000	
2	284 3274	309 3927		9 564		0,000	
1	260 3263	290 7740		9 736		0,000	
9999	200 0010	290 2704				0,000	

Obrázek 21 - Prostředí GROMA 13

8.1.2 Agisoft Metashape Professional

Agisoft Metashape poskytuje řešení pro fotogrammetrické zpracování digitálních snímků. Výsledná 3D data jsou využitelná v GIS aplikacích, pro dokumentaci kulturního dědictví a tvorbu vizuálních efektů. Jedná se o automatizovaný systém zpracování dat, který je vhodný jak pro začátečníky v oblasti fotogrammetrie, tak pro odborníky, kteří mohou nastavovat parametry pro specifické úkoly a různé typy dat. Software umožňuje zpracovávat snímky z RGB nebo multispektrálních kamer, vč. vícekamerových systémů, do vysoce hodnotných prostorových informací ve formě fotogrammetrického mračna bodů, texturovaných polygonových modelů a georeferencovaných skutečných ortofot. Metashape umí pracovat s různě velkými daty, avšak poté je nutno počítat s delším časem zpracování a je nutno brát ohled na výkonnost počítače. V tomto programu je zpracována v podstatě veškerá část bakalářských i diplomových prací zaměřených na fotogrammetrické zpracování zájmových objektů [24].

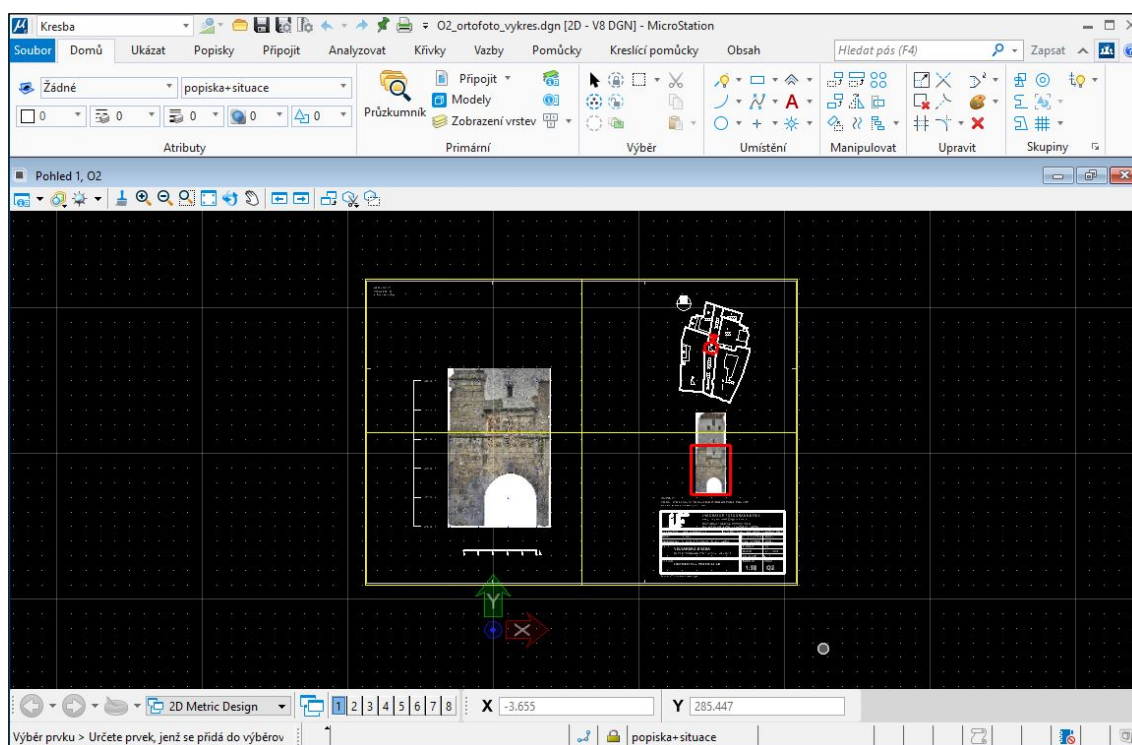


Obrázek 22 - Prostředí Agisoft Metashape Professional



8.1.3 MicroStation

MicroStation je software pro počítačově podporované navrhování (CAD), kterému uživatelé po celém světě důvěřují při vytváření přesných 2D a 3D výkresů pro projekty infrastruktury. Inženýři, architekti a stavební profesionálové otevřeně spolupracují na poskytování inspirativních projektů s využitím špičkového formátu souborů DGN. V tomto softwaru lze kreslit, komentovat a volně navrhovat 2D geometrii a 3D modely v jakémkoli měřítku. MicroStation umožňuje vytvářet vysoce kvalitní výstupy, jako jsou papírové výkresy, 2D/3D PDF a další. Po vytvoření ortofot v Agisoft Metashape Professional či jiném fotogrammetrickém softwaru je MicroStation často využit pro přípravu výkresů k pozdějšímu tisku do PDF souboru [25].



Obrázek 23 - Prostředí MicroStation



8.2 Geodetické výpočty

8.2.1 Zpracování technické nivelace

Technická nivelace byla zapisována do příslušného zápisníku (*viz. příloha B-zapisnik_technicke_nivelace.pdf*), který byl již v terénu vypočten, kvůli ověření přesnosti nivelačního bodu Bei-44 a možnosti uskutečnění navazujících prací.

Prvním krokem samotného výpočtu technické nivelace bylo zjištění výsledného převýšení mezi počátečním (Bhi-65) a koncovým bodem (Bei-44). Následně byly sečteny hodnoty měřených záměr vpřed a vzad. Tyto součty byly od sebe odečteny a touto hodnotou bylo zjištěno měřené převýšení mezi známými body. Dále byl vypočten rozdíl převýšení vypočteného a měřeného (nivelovaného). Výsledná hodnota byla porovnána s mezní hodnotou a byla zjištěna správnost nivelačních bodů.

Výpočet mezní odchyly: $\Delta_M = 40 \cdot \sqrt{\frac{L_{KM}}{2}}$ L_{KM} délka nivelačního pořadu

Převýšení vypočtené	-1, 590 m
Převýšení nivelované	-1, 591 m
Odchylna	0,001 m
Mezní odchylna	0,010 m

Tabulka 4 - Výsledky nivelace pro ověření bodů

Odchylna nepřekročila mezní odchylnu, nivelační body byly ověřeny.

Druhá nivelace byla uskutečněna k zjištění výšky určeného stanoviska pro pozdější polární metodu. Nivelace byla provedena TAM i ZPĚT. Před výpočtem byla zjištěna výška bodu Bei-44. Dále byla vypočtena převýšení h^{TAM} a $h^{ZPĚT}$ pomocí součtu hodnot měřených záměr vpřed a vzad. Součty byly od sebe odečteny, a tím bylo zjištěno převýšení TAM a ZPĚT. Rozdílem těchto hodnot byla vypočtena odchylna převýšení. Mezní odchylna byla vypočtena pomocí stejného výpočtu, jako bylo uvedeno výše. Po splnění přesnosti byl zjištěn průměr převýšení TAM a ZPĚT. Výsledná hodnota výšky stanoviska byla určena připočtením průměrného převýšení k výšce výchozího bodu Bhi-44.



Převýšení TAM	-1, 262 m
Převýšení ZPĚT	1, 260 m
Odchylka	0,002 m
Mezní odchylka	0,006 m
Průměrné převýšení	-1,261 m

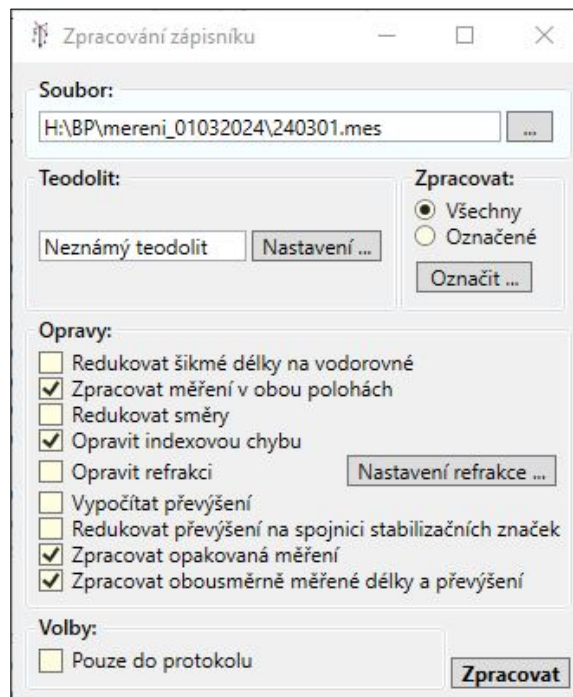
Tabulka 5 - Výsledky nivelace pro zjištění výšky bodu

H _{Bei-44}	275,936 m
H _{Bhi-65}	277,526 m
H ₄₀₀₁ (stanovisko)	274,675 m

Tabulka 6 - Výšky použitých bodů při nivelaci

8.2.2 Zpracování výpočtů pro vřícovací body

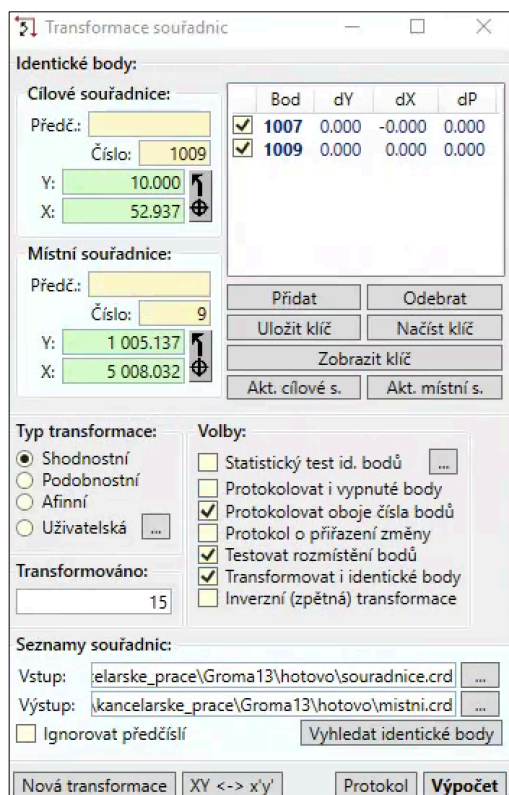
Měření vřícovacích bodů bylo zpracováno v programu GROMA. Nejprve byl importován zápisník měření ve formátu *.asc*. Po importování bylo pomocí funkce *Zpracování zápisníku* zpracováno měření v obou polohách. Následně proběhlo založení seznamu souřadnic, kde byly zvoleny souřadnice stanoviška 4001 [Y 1000; X 5000]. Souřadnice Z byla zadána jako hodnota získaná pomocí nivelace. Souřadnice Y bodu 1 byla zvolena 1000 a souřadnice X 5000 + změřená vodorovná vzdálenost mezi body 4001 a 1. Souřadnice VB byly dále vypočteny pomocí funkce *Polární metoda*. Bod 101 (Bei-44) nebyl zahrnut mezi VB, avšak byla ověřena správnost souřadnice Z pomocí trigonometrické metody.



Obrázek 24 - Zpracování zápisníku v programu Groma 13



Dále byla potřeba transformovat VB do systému vhodnému k vyhotovení modelu Velvarské brány. Pro usnadnění práce bylo vhodné zvolit osu x či y na fasádě historické budovy. Pro transformaci byly zvoleny body 7 a 9. Byl vytvořen nový seznam souřadnic pro místní systém. Souřadnice Y bodu 7 byla zvolena 10 a souřadnice X 50. Pro bod 9 byla zvolena souřadnice Y totožná s bodem 7 a k souřadnici X byla připočtena vodorovná délka mezi body 7 a 9, která byla vypočtena pomocí souřadnic bodů z polární metody. Následně byly přepočteny souřadnice VB pomocí funkce *Transformace souřadnic*. Výsledné souřadnice byly vynásobeny -1 funkcí *Hromadná změna* pro následující práci v softwarech CAD. Souřadnice místního systému byly vyexportovány do textového souboru (viz. *B-příloha souradnice_VB.txt*).



Obrázek 25 - Transformace souřadnic v programu Groma 13

Tato kapitola inspirována [8].



8.3 Fotogrammetrické zpracování

8.3.1 Zpracování snímků

Snímky získané kombinací fotoaparátu a dronu byly zpracovány v programu Agisoft Metashape Professional, kde byl vytvořen samotný 3D model zájmového historického objektu a příslušná ortofota. Tato podkapitola uvádí detailní postup zpracování snímků.

- **Promazání snímků**

Nejprve byly všechny snímky zkontrolovány a promazány velice nekvalitní záznamy. Tyto úpravy proběhly mimo Metashape a následně byla pro přehlednost vytvořena složka později použitých snímků.

- **Založení projektu**

Projekt byl vhodně pojmenován a uložen do zvoleného adresáře. V Metashapu jsou projekty členěny na určité části (*Chunk*). Vlastní *Chunk* je vytvořen automaticky a lze libovolně upravovat. V tomto případě byl vhodně přejmenován na název vyhovující zpracovateli.

- **Načtení snímků a kontrola kvality**

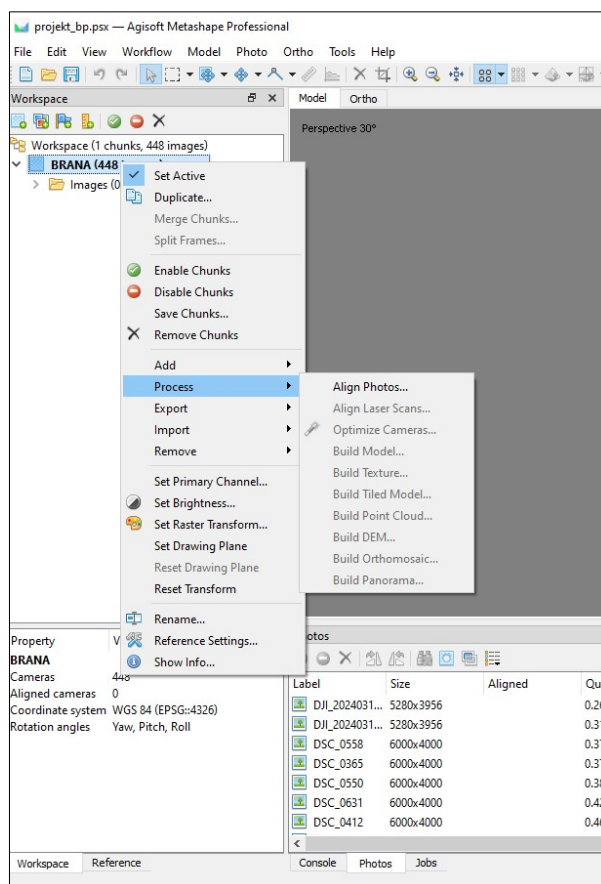
Snímky byly načteny do projektu pomocí *Add Photos*. Následně byla provedena kontrola kvality snímků pomocí funkce *Estimate Image Quality*. Pro kvalitní zpracování je vhodné použít snímky s maximální hodnotou kvality 0,5. V tomto případě bylo ponecháno pár snímků s hodnotou kvality okolo 0,3 pro zachování celistvosti modelu.

- **Prvotní orientace snímků – řídké mračno**

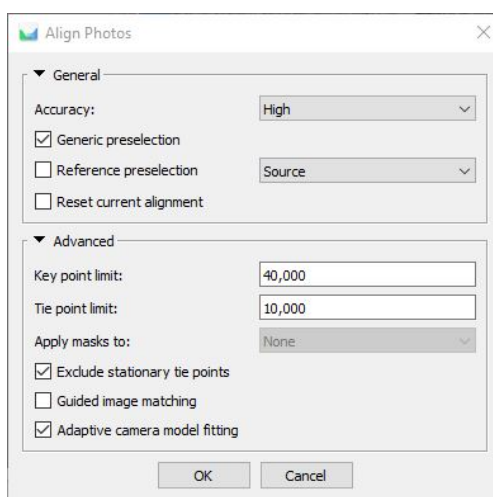
Nastavení kamery bylo uloženo automaticky (EXIF údaje ke snímkům). Software převzal informace ze snímků a určil použité kamery a příslušné hodnoty pro kalibraci. Proběhla automatická kalibrace kamery softwarem. Pro vytvoření řídkého mračna bodů byla použita funkce *Align Photos*, kde byly nastaveny hodnoty přesnosti (*Accuracy*), maximální počet klíčových bodů (*Key Point*) a maximální počet spojovacích bodů (*Tie*



Point). V tomto projektu byla nastavena hodnota přesnosti *High* a *Key Point* a *Tie Point* na hodnoty 40 000 a 10 000. Toto nastavení je vhodné pro modelování objektů a fasád.



Obrázek 26 - Nalezení funkce Align Photos

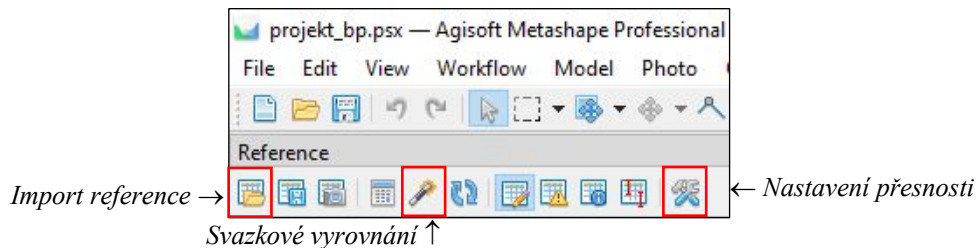


Obrázek 27 - Nastavení funkce Align Photos

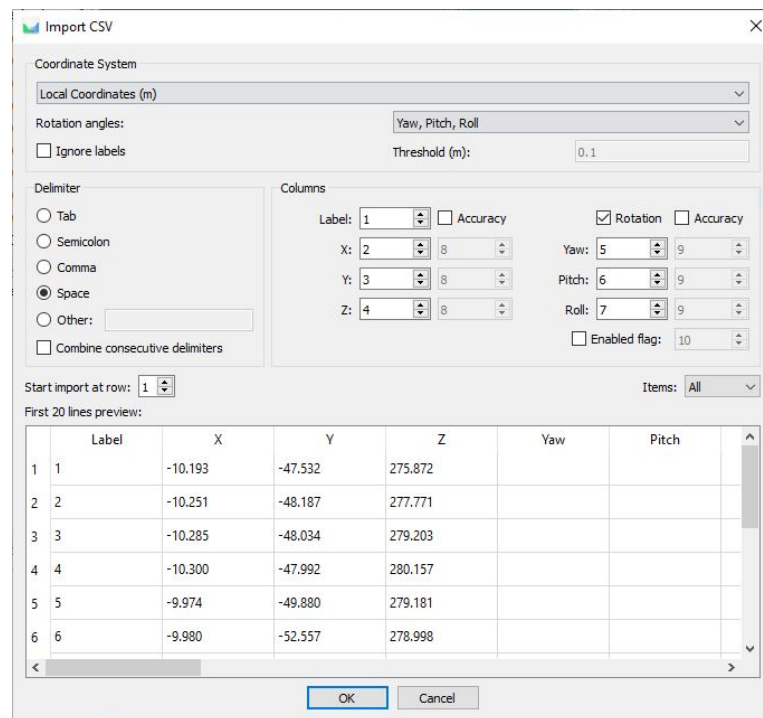
Bylo spojeno 443 snímků z celkového počtu 448. Nebyly spojeny podhledy průčelí z důvodu nedostatečného množství totožných bodů na rozlišných snímcích.

▪ Definování vřicovacích bodů

Pro připojení 3D modelu do výškového systému Bpv byly do projektu importovány vřicovací body v místním souřadnicovém systému s výškovou hodnotou v Bpv. V záložce *Reference – Import* byl importován textový soubor se souřadnicemi. Následně byly vřicovací body označeny na snímcích. Po definování polohy byla zkontrolována přesnost určení VB na pixel. Při velké odchylce určeného bodu na snímku oproti ostatním snímkům byla poloha VB upravena, případně byl z projekce bod odstraněn. Dále proběhlo svazkové vyrovnání pro určení prvků vnitřní a vnější orientace. Před svazkovým vyrovnáním byla nastavena přesnost VB, která se odhadne z přesnosti zaměření VB. Tato hodnota byla nastavena na $0,005\text{ m}$ a hodnota přesnosti značky na snímku na 1 pix . Svazkové vyrovnání bylo provedeno v záložce *Reference* (viz Obrázek 28).



Obrázek 28 - Ikony použitých funkcí



Obrázek 29 - Import vřicovacích bodů



▪ Filtrace spojovacích bodů

Řídké mračno bylo vytvořeno několika spojovacími body a bylo za potřeby hodnotu zredukovat. Filtrace proběhla podle několika kritérií – *Image count*, *Projection accuracy*, *Reconstruction uncertainty* a *Reprojection error*. Po zvolení kritéria byla nastavena jeho hodnota a výběr bodů byl smazán. Následně proběhlo opětovné svazkové vyrovnání a byla zkoumána kvalita přesnosti mračna. Celý proces filtrace se všemi kritérii byl proveden dvakrát, dokud množství spojovacích bodů nebylo podle uvážení dostatečně zredukováno.

Použité nastavení hodnot kritérií:

- *Image count* = 2
- *Projection accuracy* = 6
- *Reconstruction uncertainty* = 6
- *Reprojection error* = 0,4

▪ Výpočet hustého mračna bodů

V tomto kroku proběhlo vytvoření hustého mračna bodů zájmového objektu. V záložce *Workflow* byla použita funkce *Build Point Cloud*. Pro využití téměř úplného rozlišení snímku zde byla nastavena kvalita na *High*. Další nastavení určuje zpracování členitého či hladkého povrchu. Režim filtrace byl nastaven na *Moderate*, který se snaží pracovat s oběma zmíněnými povrchy vyrovnáním způsobem.

Okolí hustého mračna bylo upraveno a byla prozkoumána kvalita výsledku. Při tomto kroku byl zjištěn výrazný šum a nedostatečně pokrytá oblast spojovacími body ve vypočteném mračnu (viz *Obrázek 30*). Na nekvalitní části bylo testováno jisté nastavení výpočtů pro zlepšení kvality. Byl proveden výpočet pouze z jednoho procesu filtrace, kde bylo použito více spojovacích bodů. Ale i při nastavení kvality modelu *High* a režimu filtrace *Mild*, byl zjištěn nedostatečně kvalitní výstup.

V této fázi bylo rozhodnuto o doplnění nekvalitních částí novými snímky za účelem zkvalitnění výstupu.



Obrázek 30 - Šum v hustém mračnu bodů

Po získání chybějících dat byl proveden celý postup zpracování od začátku. Pro přehlednost byl založen nový projekt v Agisoft Metashape Professional. Celkový počet použitých dat činil 538 snímků (dron 219, fotoaparát 319). Tentokrát byly všechny snímky propojeny. Celý proces filtrace proběhl pouze jednou pro zachování celistvosti mračna bodů. Z celkového počtu kolem 707 tisíc spojovacích bodů po filtraci zbylo necelých 148 tisíc. Po každém svazkovém vyrovnání byly kontrolovány odchylky na vřícovacích bodech. Po filtraci podle kritéria *Image count* byla přesnost VB 2,669 mm, po *Projection accuracy* - 2,661 mm, po *Reconstruction uncertainty* - 2,532 mm a po *Reprojection error* - 2,401 mm. Husté mračno bylo vypočteno pro hodnotu kvality *High* a režim filtrace *Mild* a dále s ním bylo pracováno.



Obrázek 31 - Husté mračno bez šumu



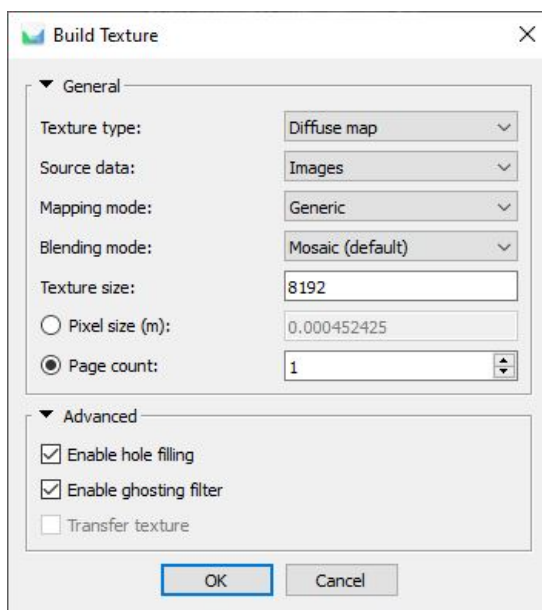
Obrázek 32 - Husté mračno – reliéfní spodní část severní strany Velvarské brány

▪ Zpracování polygonového 3D modelu

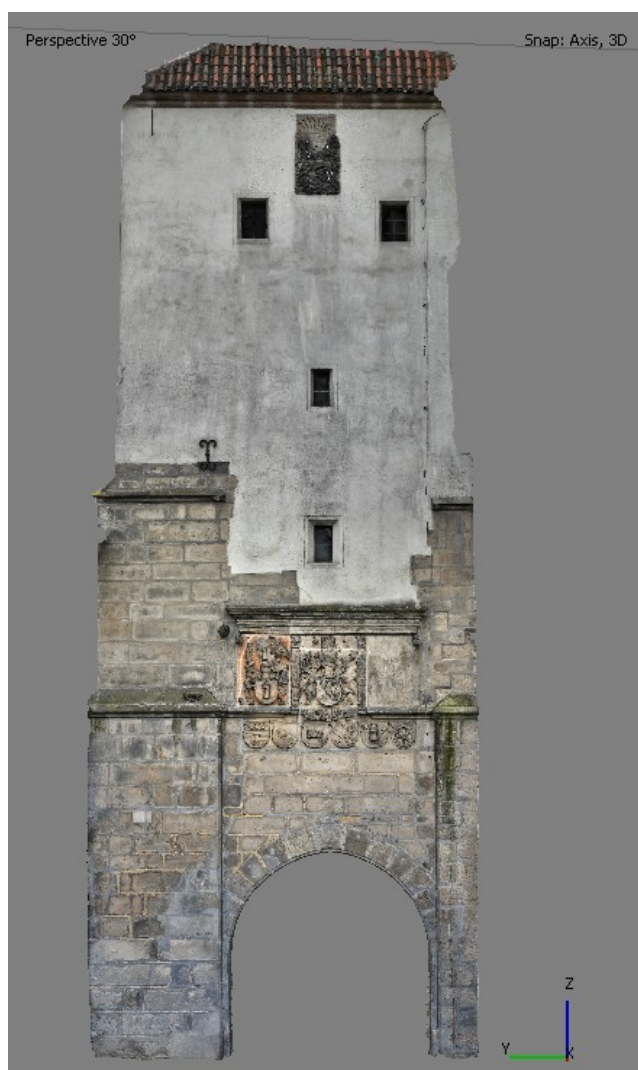
Po úpravě okolí byl vytvořen 3D model zájmového objektu z hloubkových map i z hustého mračna bodů vždy s kvalitou *High* a typem povrchu *Arbitrary* (pro 3D povrch). K tomuto výpočtu byla využita funkce *Build Mesh*. Při tvorbě polygonového modelu z hloubkových map byla nastavena kvalita *Ultra High* pro porovnání výsledků s *High*, ale při tomto procesu 3D modelu došlo k chybě ve výpočtu kvůli nedostatečnému výkonu počítače. 3D model byl tedy vypočten pouze pro hodnotu kvality *High*.

▪ Výpočet textury 3D modelu

Posledním krokem před vygenerování ortofota byla tvorba textury pro vytvoření 3D modely. Pro výpočet textury bylo použito primární nastavení softwaru (viz. Obrázek 33). Na závěr proběhl ořez výsledného 3D modelu. Pro vykreslení pravého rohu objektu nebyla zcela oříznuta vedlejší fasáda. Levý roh zaměřovaného objektu byl překryt okapovým svodem, v tomto případě byl proveden celý ořez vedlejší budovy včetně svodu v rohu (viz. Obrázek 34).



Obrázek 33 - Primární nastavení softwaru pro výpočet textury



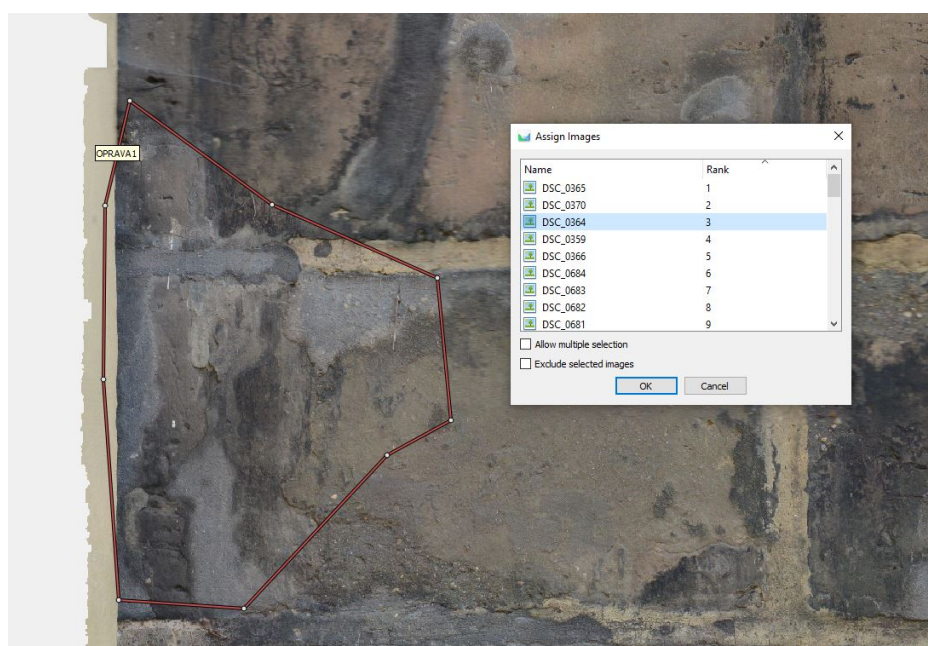
Obrázek 34 - Výsledný 3D model z hloubkových map

8.3.2 Ortofoto

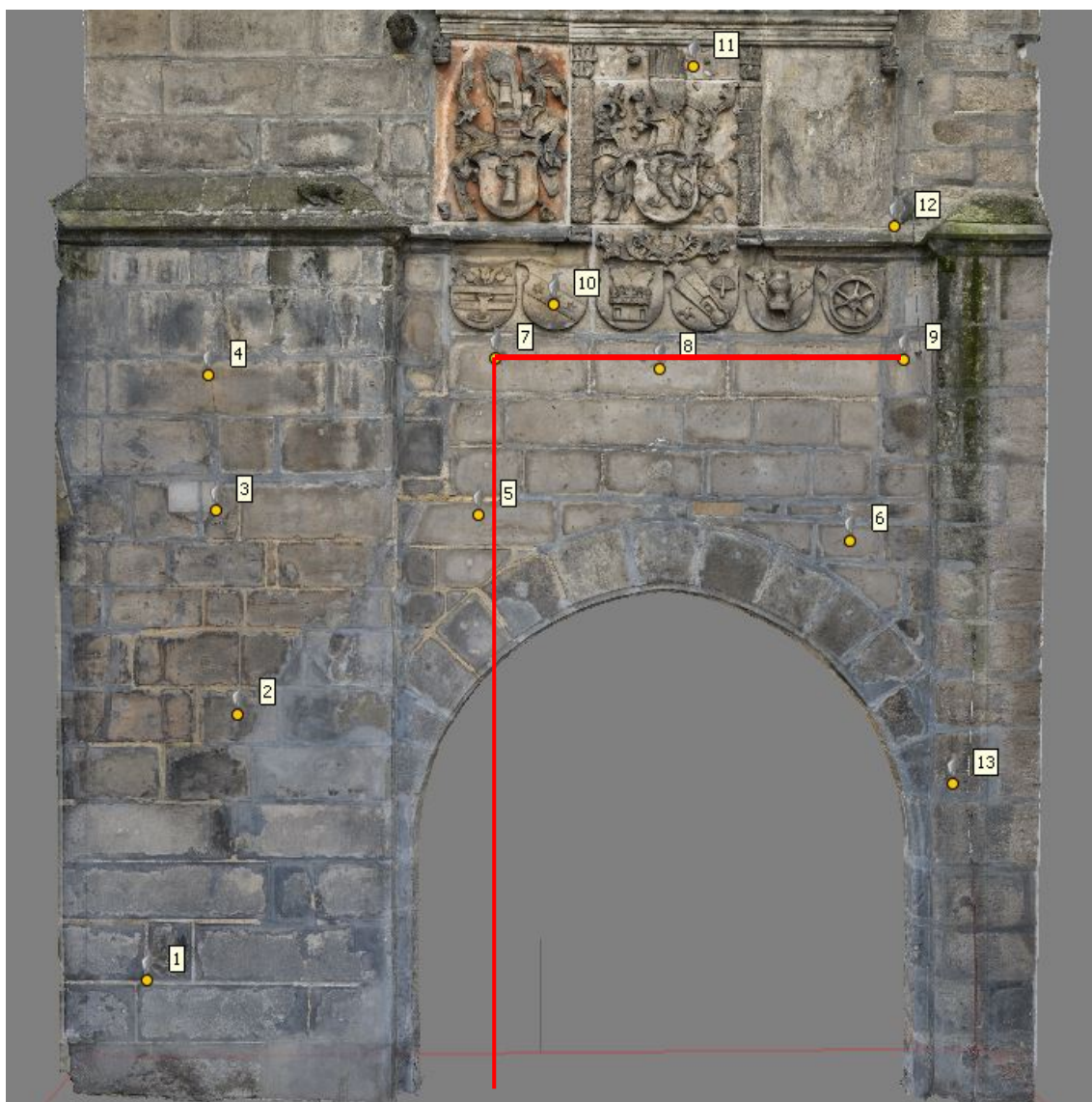
Z výsledného 3D modelu byla vyhotovena ortofota vybraných částí v Agisoft Metashape Professional viz. níže. Zájmová oblast byla vybrána pomocí *Bounding boxu*. Pro generování ortofota se souřadnicemi v místním systému podle VB bylo nutné vložit jeden VB se souřadnicemi X a Y jako u bodu 7, ale souřadnice Z byla nastavena na nulovou hodnotu. Svislice pro generování byla nastavena mezi body 7 a přidávaného VB (point1). Pro tvorbu ortofota byla využita funkce *Build Orthomosaic*. Vyhotovené ortofoto bylo zkoumáno z hlediska kvality použitých snímků. Nekvalitní část byla označena a bylo upraveno použití snímků pro ortofoto. Úprava byla aktualizována pomocí *Update Orthomosaic*. Ortofoto bylo exportováno v maximální možné kvalitě ve formátu *.jpg* společně s georeferenčním souborem *.jgw* (viz. příloha E-Ortofoto). Nastavené hodnoty ortofot byly zvoleny s ohledem na měřítko výsledných výkresů.

Nastavené hodnoty pixelu pro tvorbu ortofot:

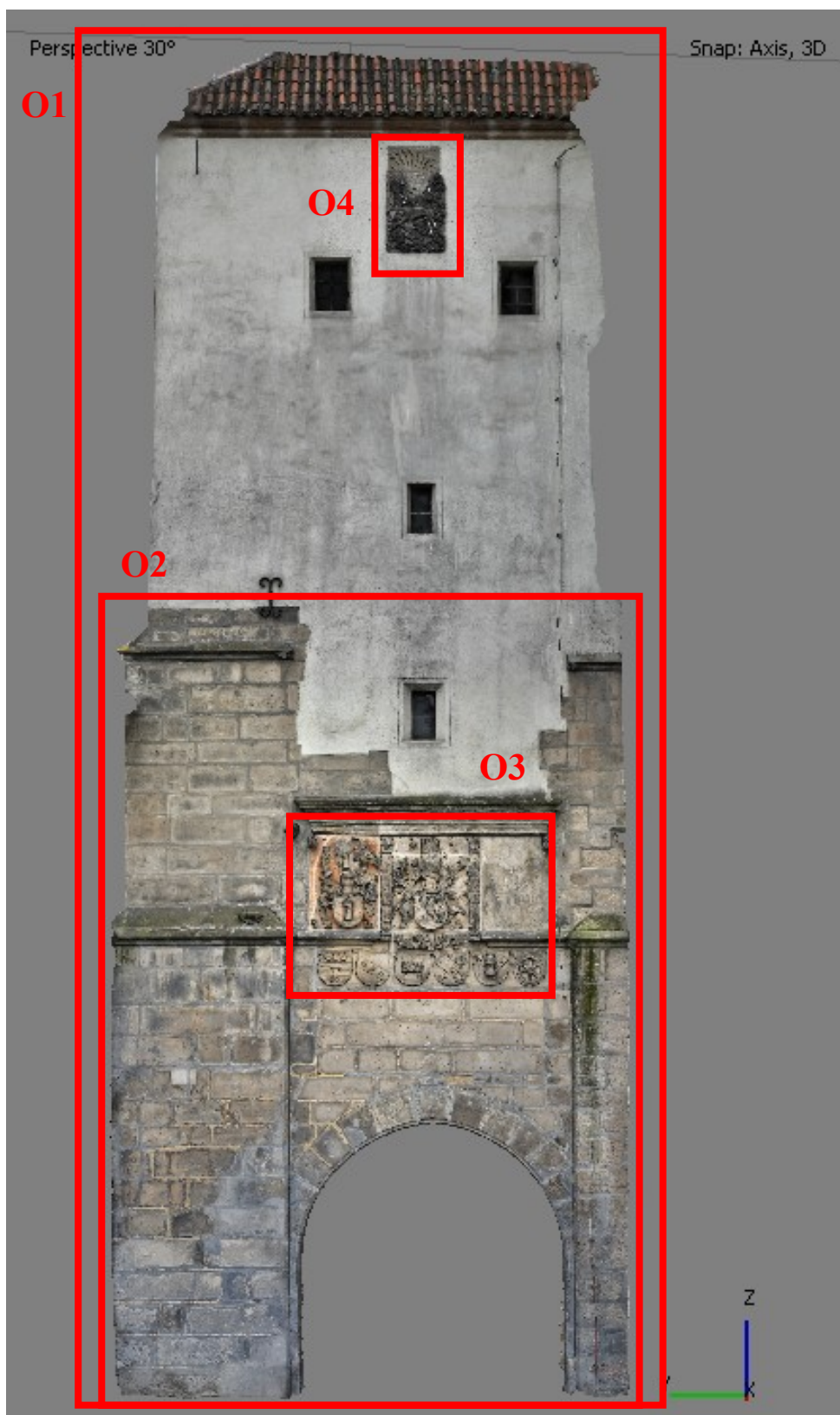
- O1 Celek = 1 mm/pix
- O2 Polocelek = 1 mm/pix
- O3 Spodní reliéfní část = 0,5 mm/pix
- O4 Horní erb = 0,2 mm/pix



Obrázek 35 - Ukázka úpravy použitých snímků pro část ortofota



Obrázek 36 - Ukázka určení svislice a vodorovného směru z bodu 7 pro vytvoření ortofot



Obrázek 37 - Schéma vytvořených ortofot

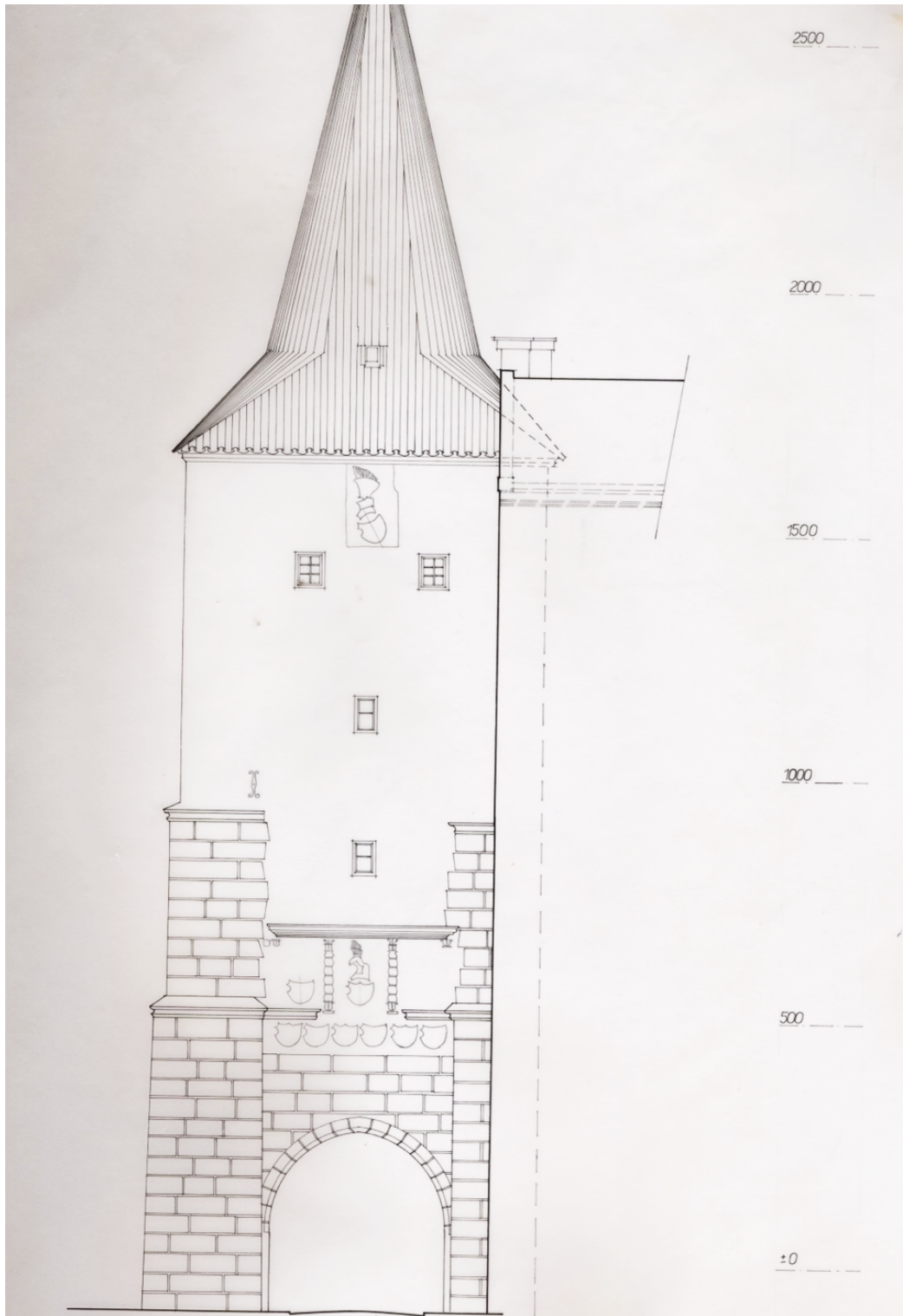


8.4 Digitalizace výkresů z 80. let

Jak již bylo zmíněno a popsáno v kapitole 3.1, byly dohledány originální výkresy Velvarské brány z 80. let v Národním památkovém ústavu. Tyto výkresy byly naskenovány v knihovně fakulty stavební ČVUT v Praze. K této práci byl využit velkoformátový skener Contex Flex50i s nastavením *Resolution: 300* (rozlišení). Skeny byly uloženy do formátu *.jpg*. Formáty výkresů byly velice rozměrné, a proto skenování jednoho výkresu proběhlo na více částí. Největší výkres byl naskenován až na šest částí a dvě další části byly naskenovány pro pozdější zpracování (*viz. kapitola 8.5.1*). Seznam výkresů je uveden níže. Výkresy jsou k nahlédnutí v přílohách Sken – Výkres_80.

Seznam výkresů Velvarské brány z 80. let:

- G1 – PŮDORYS PŘÍZEMÍ
- G2 – PŮDORYS 1. A 2. PATRA
- G3 – PŮDORYS 3. A 4. PATRA
- G4 – PŮDORYS KROVU I A II
- G5 – ŘEZ A-A‘
- G6 – FASÁDY



Obrázek 38 - Ukázka výkresu z 80. let (severní průčelí Velvarské Brány)



8.5 Tvorba výstupů

8.5.1 Výkresy

Výsledné ortofoto bylo připojeno jako rastrová reference do MicroStationu. Ortofoto bylo importováno s reálnými výškovými souřadnicemi. V okolí ortofota byly vytvořeny náležitosti pro výkres v určitém měřítku. Výkresy byly opatřeny severkou, polohovou situací objektu a zájmového ortofota, grafickým měřítkem, výškovými kótami, sítí křížků a popiskou. K vytvoření výkresů byly použity šablony poskytnuté Ing. Jindřichem Hodačem, Ph.D. Finální výkres byl exportován do formátu *.pdf* s možností ovládání viditelných vrstev a do formátu *.dwg*. Výkres O2 byl doplněn o vrstvu připojeného výkresu z 80. let (*viz. příloha Výkresy*). Výkres celé části Velvarské brány nebyl vyhotoven z důvodu necelistvosti výstupu kvůli homogenním povrchům.

Výsledné výkresy:

- O2 Polocelek (formát – A2, měřítko – 1:50)
- O3 Spodní reliéfní část (formát – A2, měřítko – 1:10)
- O4 Horní erb (formát – A3, měřítko – 1:10)

Použité vrstvy ve výkresech:








- *x_ram_tisk* (*rám vymežující formát papíru = není předmětem tisku*)
- *x_ram_vykres* (*rám výkresu se značkami skladu*)
- *ortofoto* (*rastrová reference ortofota*)
- *popiska+situace* (*popisová tabulka, náskres situace, poznámky*)
- *graficke_meritko* (*grafické měřítko*)
- *koty_vyskove* (*výškové kóty*)
- *sit_krizku* (*sít' křížků*)
- *vykres_80* (*výkres z 80.let – pouze výkres O2*)
- *legenda* (*legenda kamenických značek – pouze výkres O2*)
- *kamen_znak_A* (*kamenická značka typu A – pouze výkres O2*)
- *kamen_znak_B* (*kamenická značka typu B – pouze výkres O2*)
- *kamen_znak_C* (*kamenická značka typu C – pouze výkres O2*)

- kamen_znak_D (*kamenická značka typu D – pouze výkres O2*)
- kamen_znak_E (*kamenická značka typu E – pouze výkres O2*)
- kamen_znak_F (*kamenická značka typu F – pouze výkres O2*)
- kamen_znak_G (*kamenická značka typu G – pouze výkres O2*)
- kamen_znak_nejasne (*kamenická značka typu nejasné – pouze výkres O2*)

8.5.2 Kamenické značky

V kapitole 7.5 jsou popsány detailní informace o kamenických značkách. Na ortofotu O2 Polocelek byly vyznačeny použité kameny s nalezenými typy KZ. Celkem bylo nalezeno sedm typů KZ. Na některých kamenech byly nalezeny znaky, u kterých nebylo jasně zřejmé, o jaký typ značky se jedná. Tyto případy byly shrnuty ve vrstvě KZ nejasné. Pro každý typ KZ byla určena barva označení pro přehlednost umístění na objektu (*viz. Obrázek 40*). Pár znaků bylo nalezeno i na místech, které nejsou součástí výsledného ortofota. Z tohoto důvodu byla tato místa zaznamenána a kameny s KZ byly také značeny příslušnou barvou (*viz. příloha F-O2_kamen_znak.pdf*).

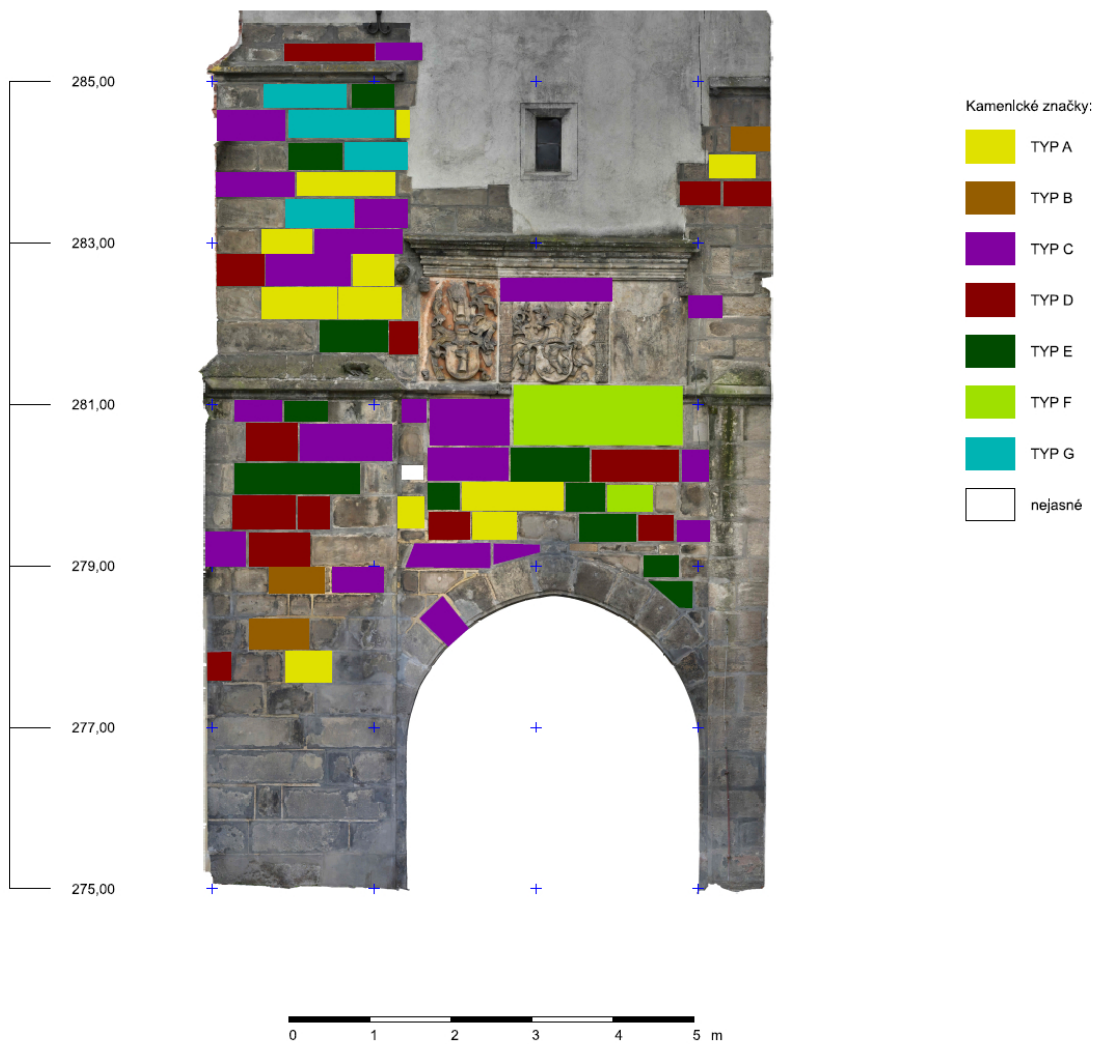
Typy a počet nalezených kamenických značek:

- | | | | | | |
|-----------|---|------|-------------|---|------|
| - Typ A → |  | (11) | - Typ E → |  | (14) |
| - Typ B → |  | (3) | - Typ F → |  | (2) |
| - Typ C → |  | (21) | - Typ G → |  | (4) |
| - Typ D → |  | (14) | - Nejasné → | | (2) |

Jedna značka byla nalezena jako jediná vyobrazená na tomto historickém objektu. Jedná se o značku, která obsahuje ukazatel směru a poštovní obálku (*viz. Obrázek 39*). Přesně tímto směrem, se nachází místní pošta. Spekulace o významu a době vytvoření této značky jsou vhodné pro historiky. V této práci byla značka označena jako nejasná.



Obrázek 39 - Značka typu nejasná



Obrázek 40 - Schéma vrstev kamenických značek



9. Zhodnocení přesnosti

Technická nivelace

Prvním geodetickým měřením, jak již bylo zmíněno, byla technická nivelace. Při nivelačním pořadu k ověření nivelačních bodů byla vypočtena odchylka převýšení mezi body Bhi-65 a Bei-44 $\Delta = 0,001 \text{ m}$ a mezní hodnotou pro tuto technickou nivelaci je $\Delta_M = 0,010 \text{ m}$. Nivelační pořad k připojení objektu do systému Bpv proběhl bez komplikací. Odchylka převýšení činí $\Delta = 0,002 \text{ m}$ a mezní odchylka je rovna $\Delta_M = 0,006 \text{ m}$. Všechny mezní odchylky zde nebyly překročeny (viz. příloha *B-zapisnik_technicke_nivelace.pdf*).

Polární metoda

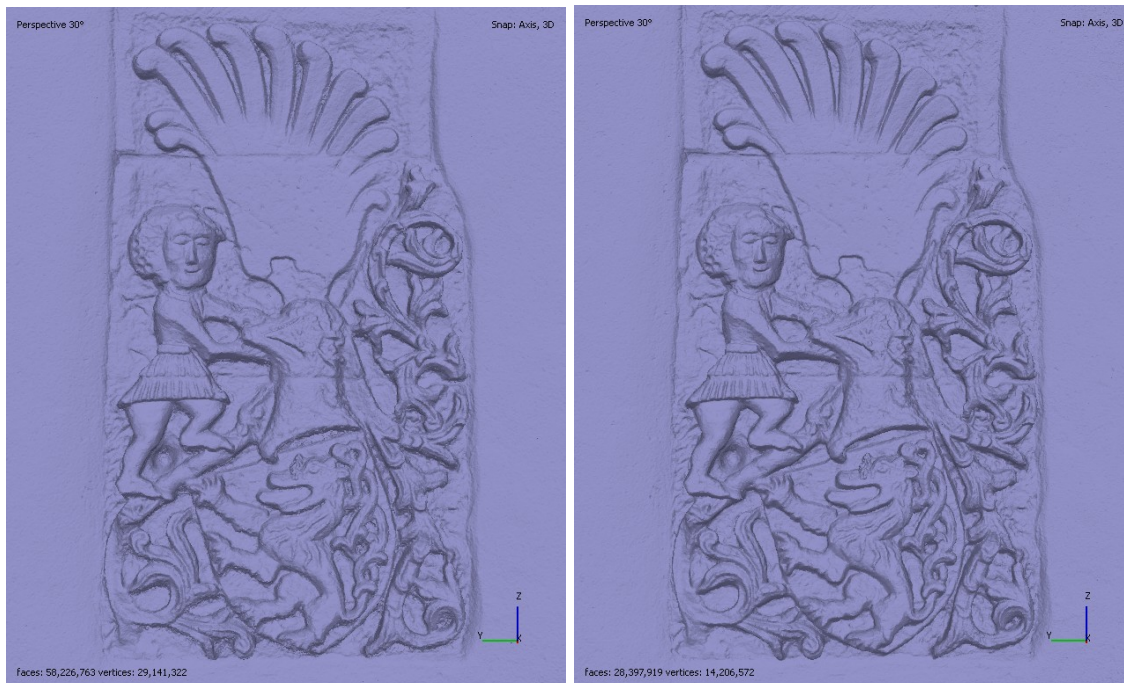
Z protokolu o zpracování zápisníku měření (viz. příloha *B-protokol_zpracovani_zapisniku.pro*) je zřejmé, že nedošlo k odlehlým měřením, proto je toto měření považováno za přesné. Měření proběhlo pouze z jednoho stanoviska, a proto byla možnost kontroly omezená. Odhad kolimační chyby činí $0,0004 \text{ gon}$ a odhad indexové chyby činí $0,0002 \text{ gon}$.

Fotogrammetrické zpracování

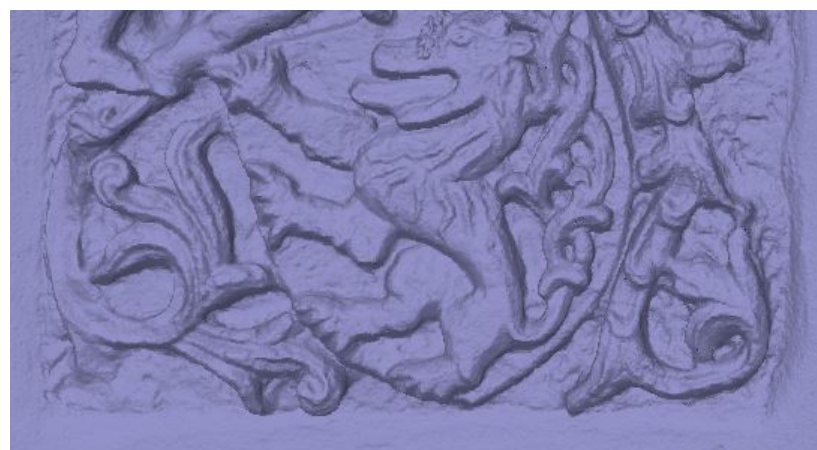
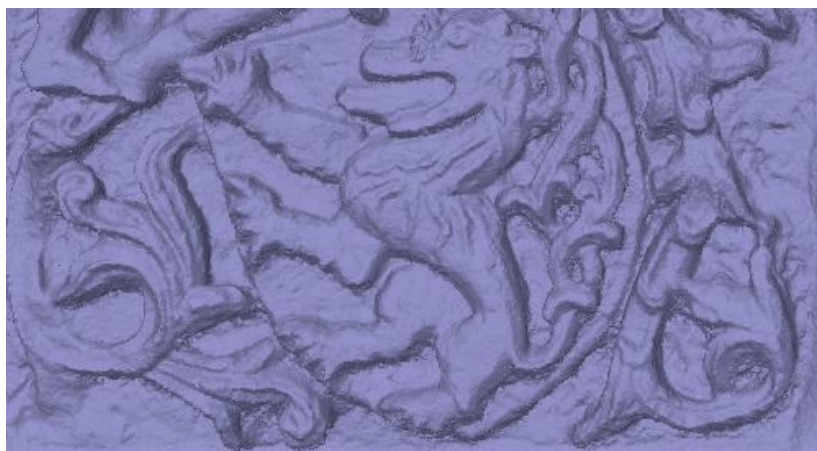
Při fotogrammetrickém zpracování došlo k zjištění šumu částí hustého mračna. Po doplnění dat do projektu v příslušném softwaru byl šum odstraněn (viz. *Obrázek 30 a 31*). Odchylka VB se maximálně pohybuje okolo 5 mm , průměrná odchylka činí 2 mm (viz. *Obrázek 41*). Pro výpočet 3D modelu bylo použito nastavení s hloubkovými mapami i hustým mračnem bodů. Po vytvoření textury pro oba modely došlo k porovnání přesnosti detailů. Po přezkoumání bylo rozhodnuto o použití modelu z hloubkových map pro následující tvorbu ortofota. Rozlišnost kvality těchto dvou modelů je minimální, přesto bylo podle mého uvážení rozhodnuto o lepší kvalitě z Depth Maps (viz. *Obrázek 42, 43 a 44*).

Label	X error (mm)	Y error (mm)	Z error (mm)	Total (mm)	Image (pix)
1	0.525797	-2.30263	-0.643029	2.44787	1.184 (14)
2	-0.229417	-0.279119	-1.38811	1.43436	0.893 (23)
3	0.799893	0.548738	-0.136155	0.97953	1.128 (38)
4	-1.25441	0.27934	0.375053	1.33875	1.097 (39)
5	-0.312539	2.48453	-1.10327	2.73638	0.867 (48)
6	-1.41569	2.59006	0.0698061	2.95254	0.918 (35)
7	-0.865539	0.0303521	-0.557603	1.03005	0.844 (49)
8	0.918178	0.755795	1.19515	1.68602	0.938 (32)
9	-1.13042	-0.735126	-0.901202	1.62186	0.994 (17)
10	0.504938	-0.13179	1.62254	1.7044	1.227 (13)
11	1.08897	-0.570362	-0.886508	1.5156	0.977 (11)
12	0.47129	-5.10767	0.764052	5.18596	1.550 (12)
13	0.898955	2.43788	1.58928	3.04585	0.699 (3)
Total	0.876419	2.00244	0.992324	2.40054	1.007

Obrázek 41 – Odchytky na vřicovacích bodech



Obrázek 42 - Srovnání detailu 3D modelů z Point Cloud (vlevo) a Depth Maps (vpravo)



Obrázek 43 - Srovnání detailu 3D modelů z Point Cloud (nahore) a Depth Maps (dole)



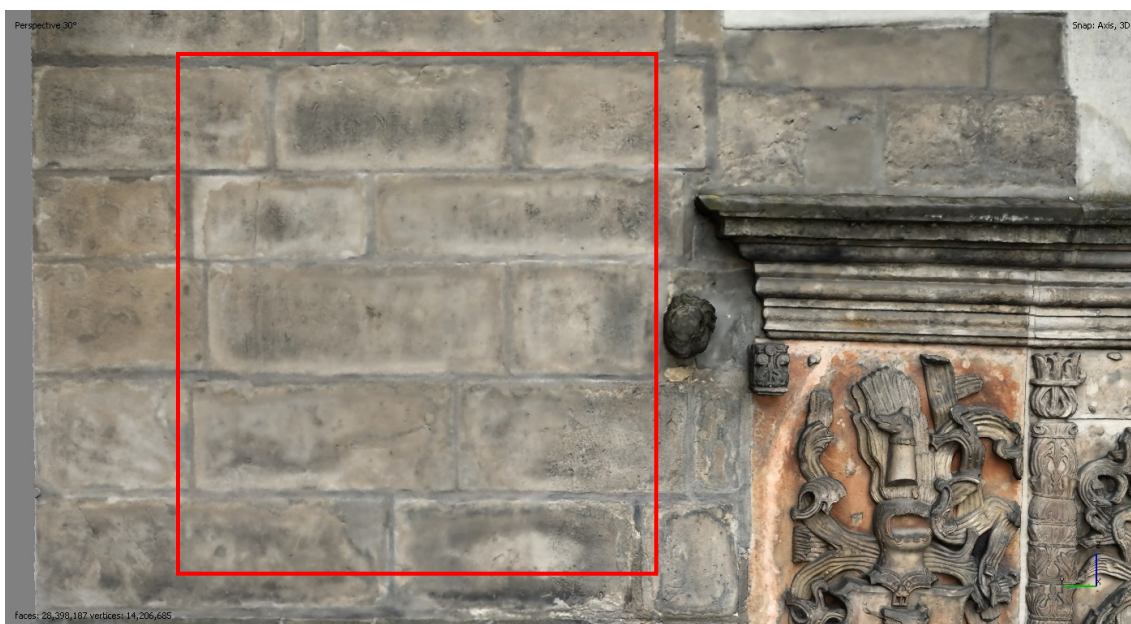
Obrázek 44 - Srovnání detailu 3D modelů z Point Cloud (vlevo) a Depth Maps (vpravo)



Z obrázků 42, 43 a 44 je zřejmé, že 3D model vytvořen z Depth Maps (hloubkové mapy) má výraznější výstup reliéfů. Po tvorbě textury modelu byla výrazně vylepšena obrazová kvalita (ostroť) a šumy povrchu (viz. Obrázek 45 a 46).



Obrázek 45 - 3D model (Depth Maps) s texturou



Obrázek 46 - 3D model (Depth Maps) bez textury



Ve výsledném modelu byla přes doplnění snímků zjištěna necelistvost části 3D modelu. K této chybě modelu pravděpodobně došlo z důvodu homogenní fasády vedlejší budovy. Ze zkoumání v průběhu práce bylo patrné, že v této části nebylo dohledáno dostatečné množství spojovacích bodů.



Obrázek 47 - Ukázka reálného stavu části objektu a chyby v modelu



Na finálním modelu jsou rozpoznatelné i drobné detaily o malé hloubce – kamenické značky, reliéf erbů, spáry mezi kameny, detaily sošek atd.



Obrázek 48 - Ukázka vykreslení drobných detailů ve 3D modelu I



Obrázek 49 - Ukázka vykreslení drobných detailů ve 3D modelu II

Výsledné ortofoto obsahuje části s viditelnou deformací. Na ortofotu O1 – Celek i O2 – Polocelek je patrná deformace v oblasti vyobrazení hromosvodu. I přes úpravu použitých snímků u samotných ortofot, nebylo možné propojení celého hromosvodu a odstranění deformace. Na ortofotu O4 – Horní erb dochází k deformaci v dolní oblasti, kde nebylo pořízeno velké množství snímků podhledů této části. Všechny deformace jsou k nalezení v přílohách o vyhotovených výkresech (viz. příloha *F-O4_deformace_nacrt.jpg* a *F-O2_deformace_nacrt.jpg*).



Obrázek 50 - Ukázka náčrtů deformací u O2 (vlevo) a O4 (vpravo)

Z obrázku 51 je patrné, že dosavadní dokumentace Velvarské brány byla doplněna o detailnější dokumenty, což bylo hlavním záměrem této bakalářské práce.



Obrázek 51 - Ukázka doplnění detailů dosavadní dokumentace Velvarské brány



10. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření dílčí fotogrammetrické dokumentace severního průčelí Velvarské brány ve Slaném. Před samotným počátkem zpracování proběhlo několik úkonů jako dohledání výkresů z 80. let, povolení pro snímkování ve frekventovaném průchodu historické památky a v neposlední řadě rekognoskace terénu. Polární metodou byly zaměřeny určené vlíčovací body. Technickou nivelací byly zjištěny výškové souřadnice VB v Bpv. Proběhlo pozemní i letecké snímkování objektu a následné zpracování 3D modelu Velvarské brány v softwaru Agisoft Metashape Professional. Výsledný model byl otexturován a byla vytvořena požadovaná ortofota zájmového objektu i jeho detailních částí. Ortofota byla referenčně připojena do výkresů, které byly následně vytištěny ve formátech A2 v měřítku 1:50, detailní část v měřítku 1:10 a A3 v měřítku 1:10. Dalším cílem této práce bylo zaznamenání typů a počtu kamenických značek na zájmovém historickém objektu. Celkově bylo identifikováno sedm typů kamenických značek a nejasně rozpoznatelný znak byl určen jako nejasný. Nalezena byla i rozpoznatelná značka, která byla také určena jako nejasná, protože byla identifikována na objektu pouze jednou.

Při prvním vypracování ortofot pomocí pohledu LEFT YZ došlo k vytvoření georeferenčních souborů s chybnými souřadnicemi. Po kontrole souřadnic bylo patrné, že proběhlo vytvoření ortofot s počátkem souřadnicového systému ve středu výběrového boxu. Souřadnice VB zde nebyly zahrnuty, a tím by výškové připojení ortofot do výkresů bylo zcela chybné. Bylo tedy nutné přidání pomocného bodu s hodnotou souřadnice Z 0 pro definování roviny ortofot. Tvorba ortofota proběhla s prioritou označení svislice nikoliv pohledu. Toto bylo nevýhodou samotného softwaru. Očekávala bych, že při generování ortofota by bylo možné vybrat využití souřadnic VB či středu boxu.

V Agisoft Metashape Professional jsem pracovala pouze v rámci výuky bakalářského studia, proto při zpracování této práce docházelo k občasnému nehladkému průběhu. Seznámila jsem se s celým softwarem a oceňuji možnost duplikování pracovního Chunku pro případné testování zadávaných parametrů při jakékoliv tvorbě.

Výsledky této bakalářské práce budou sloužit k využití Vlastivědného muzea ve Slaném k prezentačním, restaurátorským a dalším účelům. Také budou uloženy v archivu NPÚ.



Použité zkratky

Bpv – Balt po vyrovnání

TS – Totální stanice

VB – Vlíčovací body

NPÚ – Národní památkový ústav

NTRIP – Networked Transport of RTCM via Internet Protocol

CZEPOZ – Státní síť permanentních stanic pro přesné určování polohy

RTK – Real-time kinematic

KZ – Kamenické značky



Seznam použité literatury a zdrojů

[1] Slaný. *Wikipedia* [online]. [cit. 2024-02-23].

Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Slaný>

[2] Historie města Slaný. *Infoslaný* [online]. [cit. 2024-02-23].

Dostupné z: <https://www.infoslany.cz/historie%2Dmesta%2Dslany/d-4324/p1=1022>

[3] Velvarská brána ve Slaném. *Cokoli v okolí* [online]. [cit. 2024-02-23].

Dostupné z: <https://www.cokolivokoli.cz/68703-velvarska-brana-ve-slanem/>

[4] Velvarská brána. *Muzeum Slaný* [online]. [cit. 2024-02-23].

Dostupné z: <https://www.muzeumslany.cz/objekty-a-expozice/velvarska-brana>

[5] VESELÝ, Jan. *Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči*.

V Praze: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště středních Čech v Praze ve spolupráci s Národním památkovým ústavem, generálním ředitelstvím, 2014. Odborné a metodické publikace (Národní památkový ústav). ISBN 978-80-86516-79-0.

[6] HORT, Lukáš. Zaměření části středověkého opevnění ve Slaném. Bakalářská práce;

Praha; Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2017.

[7] ZÍMA, Michal. Kaple Božího hrobu ve Slaném – fotogrammetrická dokumentace.

Bakalářská práce; Praha; Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2019.

[8] ZÍMA, Michal. Ulice Havelská (Praha 1) – měřická dokumentace podloubí domů č.p.

504-5012. Diplomová práce; Praha; Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2021.

[9] JÁKL, Martin. Dům U Sixtů Kamzíkova 7 (Praha 1) – fotogrammetrická dokumentace

vybrané části. Diplomová práce; Praha; Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2019.

[10] Carda, Jiří. Možnosti kombinace dat 3D skenerů a IBMR. Diplomová práce; Praha;

Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2018.



[11] PAVELKA, Karel. *Fotogrammetrie 1*. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04249-6.

[12] ŠTRONER, Martin. Geometrická nivelace. *Geodézie 3* [online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: https://k154.fsv.cvut.cz/~stroner/GD3/gd3_pred_2.pdf

[13] Polární metoda. *Slide player* [online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2296301/>

[14] Otevřená kategorie (Open). *Úřad civilního letectví* [online]. [cit. 2024-02-23]. Dostupné z: <https://www.caa.cz/provoz/bezpilotni-letadla/otevrena-kategorie-open/>

[15] Digitální nivelační přístroj Leica 100 M. *Vistr* [online]. [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://vistr.cz/produkt/pujcovna-digitalni-nivelacni-pristroj-leica-100-m/>

[16] Totální stanice Trimble C5. *Geus ware* [online]. [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <http://www.geusware.cz/trimble-c5-totalni-stance-s-uhlovou-presnosti-2>

[17] Nikon D7100. *Megapixel* [online]. [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.megapixel.cz/nikon-d7100#section-parameters>

[18] Sigma 17-50 mm. *Megapixel* [online]. [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.megapixel.cz/sigma-17-5028-e-xdc-os-hsm-nikon#section-parameters>

[19] Dron DJI M3M. *W-TECHNIKA* [online]. [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.w-technika.cz/dron-dji-mavic-3m.html>

[20] KUČERA, Petr. Dům Truhlářská 1113/8 (Praha 1) – fotogrammetrická dokumentace vybrané části. Bakalářská práce; Praha; Fakulta stavební, ČVUT v Praze, 2020.

[21] VOLFOVÁ, Eva a Jan ŽIŽKA. Zpráva o průzkumu průčelí Velvarské brány ve Slaném. *Památky středních Čech*. 1995, 1995(9/1), 43-49.



[22] PETR, Dominik. Geometrie kamenických značek. *Deskriptivní geometrie* [online].

https://www.fa.cvut.cz/studium/predmety/deskriptivni-geometrie-ii/dg_elskripta/skripta_ostatni/geometrie-kamenickyh-znacek.pdf

[23] Groma. *Groma* [online]. [cit. 2024-03-29].

Dostupné z: <https://www.groma.cz/cz/groma>

[24] Agisoft Metashape Professional. *Agisoft* [online]. [cit. 2024-03-29].

Dostupné z: https://www.agisoft.com/pdf/metashape_presentation.pdf

[25] MicroStation. *Bentley* [online]. [cit. 2024-03-29].

Dostupné z: <https://www.bentley.com/software/microstation/>



Seznam obrázků

Obrázek 1 - Zobrazení polohy města Slaný	11
Obrázek 2 - Zobrazení polohy Velvarské brány	12
Obrázek 3 - Jižní průčelí Velvarské brány [4]	13
Obrázek 4 - Bližší pohled na jižní průčelí	13
Obrázek 5 - Severní průčelí Velvarské brány [4]	13
Obrázek 6 - Bližší pohled na severní průčelí	13
Obrázek 7 - Prvky vnitřní a vnější orientace	19
Obrázek 8 - Princip geometrické nivelace ze středu [12]	21
Obrázek 9 - Princip polární metody [13]	23
Obrázek 10 - Princip trigonometrické metody [13]	23
Obrázek 11 - Popsaná pravidla podkategorií Open kategorie [14]	25
Obrázek 12 - Niveláčnický přístroj Leica Sprinter 100 [15]	26
Obrázek 13 - TS Trimble C5 [16]	27
Obrázek 14 - Fotoaparát Nikon D7100 [17]	28
Obrázek 15 - Objektiv SIGMA 17-50 mm [18]	28
Obrázek 16 - Význam jednotlivých zkratk v názvu objektivu [18]	29
Obrázek 17 - Dron DJI Mavic 3 Multispectral [19]	29
Obrázek 18 - Průběh niveláčnického pořadu	31
Obrázek 19 - Náčrt VB	33
Obrázek 20 - Kamenické značky na Velvarské bráně s vyznačením jedné značky	35
Obrázek 21 - Prostředí GROMA 13	36
Obrázek 22 - Prostředí Agisoft Metashape Professional	37
Obrázek 23 - Prostředí MicroStation	38
Obrázek 24 - Zpracování zápisníku v programu Groma 13	41
Obrázek 25 - Transformace souřadnic v programu Groma 13	42
Obrázek 26 - Nalezení funkce Align Photos	44
Obrázek 27 - Nastavení funkce Align Photos	44
Obrázek 28 - Ikony použitých funkcí	45
Obrázek 29 - Import vlíčovacích bodů	45
Obrázek 30 - Šum v hustém mračnu bodů	47
Obrázek 31 - Husté mračno bez šumu	47
Obrázek 32 - Husté mračno – reliéfní spodní část severní strany Velvarské brány	48
Obrázek 33 - Primární nastavení softwaru pro výpočet textury	49
Obrázek 34 - Výsledný 3D model z hloubkových map	49
Obrázek 35 - Ukázka úpravy použitých snímků pro část ortofota	50
Obrázek 36 - Ukázka určení svislice a vodorovného směru z bodu 7 pro vytvoření ortofot	51
Obrázek 37 - Schéma vytvořených ortofot	52
Obrázek 38 - Ukázka výkresu z 80. let (severní průčelí Velvarské Brány)	54
Obrázek 39 - Značka typu nejasná	57
Obrázek 40 - Schéma vrstev kamenických značek	57
Obrázek 41 – Odchyšky na vlíčovacích bodech	59
Obrázek 42 - Srovnání detailu 3D modelů z Point Cloud (vlevo) a Depth Maps (vpravo)	59
Obrázek 43 - Srovnání detailu 3D modelů z Point Cloud (nahore) a Depth Maps (dole)	60
Obrázek 44 - Srovnání detailu 3D modelů z Point Cloud (vlevo) a Depth Maps (vpravo)	60
Obrázek 45 - 3D model (Depth Maps) s texturou	61
Obrázek 46 - 3D model (Depth Maps) bez textury	61
Obrázek 47 - Ukázka reálného stavu části objektu a chyby v modelu	62



Obrázek 48 - Ukázka vykreslení drobných detailů ve 3D modelu I	63
Obrázek 49 - Ukázka vykreslení drobných detailů ve 3D modelu II	64
Obrázek 50 - Ukázka náčrtů deformací u O2 (vlevo) a O4 (vpravo)	65
Obrázek 51 - Ukázka doplnění detailů dosavadní dokumentace Velvarské brány	66



Seznam tabulek

Tabulka 1 - Druhy nivelace a jejich přesnost.....	21
Tabulka 2 - Technické parametry TS Trimble C5 (část 1.) [16].....	27
Tabulka 3 - Technické parametry TS Trimble C5 (část 2.) [16].....	27
Tabulka 4 - Výsledky nivelace pro ověření bodů.....	39
Tabulka 5 - Výsledky nivelace pro zjištění výšky bodu	40
Tabulka 6 - Výšky použitých bodů při nivelaci	40



Seznam tištěných příloh

- Výkres O2 – formát A2, měřítko 1:50
- Výkres O3 – formát A2, měřítko 1:10
- Výkres O4 – formát A3, měřítko 1:10
- Výkres O2 – schéma KZ – formát A4
- Seznam typů KZ – formát A4



Seznam digitálních příloh

A Složka Bakalářská práce

- Text bakalářské práce – *BP_Rabasova_Adela.pdf*

B Složka Měření:

- Zápisník měření totální stanicí – *240301.asc*
- Náčrt vřícovacích bodů – *nacrt_VB.jpg*
- Nivelační údaje bodu Bhi-65 – *nivelacni_udaje_Bei44.pdf*
- Nivelační údaje bodu Bei-44 – *nivelacni_udaje_Bhi65.pdf*
- Protokol o výpočtu polární metody – *protokol_polarni_metoda.pro*
- Protokol o výpočtu transformace – *protokol_transformace.pro*
- Protokol o zpracování zápisníku – *protokol_zpracovani_zapisniku.pro*
- Souřadnice XYZ VB – *souradnice_VB.txt*
- Zápisník technické nivelace – *zapisnik_technicke_nivelace.pdf*

C Složka Projekt:

- Report o procesu zpracování – *report.pdf*
- Snímky z fotoaparátu Nikon – složka NIKON
- Snímky z dronu DJI – složka DJI
- Projekt v Metashapu – *projekt_bp.psx* (+ *adresář projekt_bp.files*)

D Složka Model

- Porovnání 3D modelů – složka porovnání-point_cloud_vs_depth_maps
- Mračno bodů – *point_cloud.ply*
- 3D model – *model.obj* (+ *.mtl a .jpg*)

E Složka Ortofoto:

- Celek – *O1.jpg/jgw*
- Polocelek – *O2.jpg/jgw*
- Spodní reliéfní část – *O3.jpg/jgw*
- Horní erb – *O4.jpg/jgw*



F Složka Výkresy:

- Složka O2
 - *G6_sever.jpg*
 - *O2_deformace_nacrt.jpg*
 - *O2_kamen_znak.pdf*
 - *O2_ortofoto.jpg/jgw*
 - *O2_ortofoto_tisk.pdf*
 - *O2_ortofoto_vykres.dgn*
 - *O2_ortofoto_vykres.dwg*
 - *O2_schema_KZ.jpg*
 - *O2_situace.jpg*
- Složka O3
 - *O3_ortofoto.jpg/jgw*
 - *O3_ortofoto_tisk.pdf*
 - *O3_ortofoto_vykres.dgn*
 - *O3_ortofoto_vykres.dwg*
 - *O3_situace.jpg*
- Složka O4
 - *O4_deformace_nacrt.jpg*
 - *O4_ortofoto.jpg/jgw*
 - *O4_ortofoto_tisk.pdf*
 - *O4_ortofoto_vykres.dgn*
 - *O4_ortofoto_vykres.dwg*
 - *O4_situace.jpg*

G Složka Sken:

- Sken výkresů z 80. let – složka Výkres_80