

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

Studijní program: Geografie

Studijní obor: Geografie a kartografie



Veronika RUSÁ

**HISTORICKÝ VÝVOJ KRÁLODVORSKÉHO ZÁMKU
POMOCÍ GEOINFORMAČNÍCH METOD**

**HISTORICAL DEVELOPMENT OF KRÁLODVORSKÝ ZÁMEK BY
GEOINFORMATION METHODS**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Eva Štefanová, Ph.D.

Praha 2020

UNIVERZITA KARLOVA

Přírodovědecká fakulta

Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení: **Veronika Rusá**

Studijní obor: **Geografie a kartografie**

Garant studijního programu/oboru vám schválil přidělení této bakalářské práce:

Název práce:

Historický vývoj Královského zámku pomocí geoinformačních metod

Předběžná náplň práce

Cílem bakalářské práce je vytvořit a následně vizualizovat 3D modely zachycující historický vývoj Královského zámku ve třech časových horizontech. Práce bude vycházet z dostupných podkladů jako katastrální mapa, historické fotografie nebo stavebně historického průzkumu. Modely budou vytvořeny v programu Google SketchUp a vizualizovány v programu Lumionu.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- a) Literární rešerše zaměřená na problematiku 3D modelování z archivních podkladů a 3D modelování aktuálního stavu u nás i v zahraničí.
- b) Návrh metodiky zpracování dat do podoby 3D modelů.
- c) Tvorba 3D modelů ve třech časových horizontech (Google SketchUp)
- d) Vizualizace vytvořených modelů (Lumion)

Rozsah průvodní zprávy: 40–60 stran.

Rozsah grafických prací: 10–15 stran.

Seznam odborné literatury:

- 1) Belai, E. (2012): 3D model památkově chráněného areálu na základě kombinace jeho geodetické a architektonické dokumentace. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, katedra matematiky, Plzeň, 57.
- 2) Dušek, R., Miřijovský, J. (2009): Vizualizace prostorových dat: chaos v dimenzích. Geografie – Sborník České Geografické Společnosti, 114, 3, 169-178
- 3) Hasse, M. (2011): Stavebně historický průzkum. SPOJPROJEKT PRAHA a.s., Praha, 184.
- 4) Maiwald, F., Vietze, T., Schneider, D., Henze, F., Münster, S., Niebling, F. (2017): Photogrammetric analysis of historical image repositories for virtual reconstruction in the field of digital humanities. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, 2W3, 42, 447–452

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Eva Štefanová, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: 17. 12. 2019

Termín odevzdání bakalářské práce: květen 2020

V Praze dne 15. 1. 2020

.....
Vedoucí katedry

.....
Vedoucí práce

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne 19. 5. 2020

.....

Veronika Rusá

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí své práce Ing. Evě Štefanové, Ph.D. především za věnovaný čas, rady a připomínky během tvorby, Státnímu okresnímu archivu Beroun, Muzeu Českého krasu, Ing. arch. Miloši Haasemu a městu Králův Dvůr za poskytnutá data. V neposlední řadě děkuji své rodině a blízkému okolí za podporu po celou dobu studia i při zpracování bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá 3D rekonstrukcí, vizualizací a následnou prezentací objektu pomocí geoinformačních metod. Cílem práce bylo vytvořit 3D model zámku v Králově Dvoře ve 3 časových obdobích na základě nalezených dat. Pro rekonstrukci bylo využito historických fotografií, stavební dokumentace a dalších datových podkladů. Při tvorbě 3D modelu byla snaha o co nejvěrnější vystižení podoby zámku a jeho nejbližšího okolí. Dalšími cíli byla vizualizace modelů a jejich prezentace v prostředí webu. Vedlejšími cíli byly dvě literární rešerše věnující se problematice 3D modelování. V teoretické části jsou popsány metody 3D modelování, druhy 3D modelů a jejich využití, teorie 3D a digitálních modelů terénu a interpolační metody. V praxi byly vytvořeny 3 modely zachycující zámek před rokem 1253, 1970 a v roce 2020 ve SketchUp, vizualizace proběhla v softwaru Lumion. Výsledkem jsou průletové animace a modely prezentované na webu Theasys. Obrazové výstupy jsou pak dále porovnány s historickými fotografiemi.

Klíčová slova 3D model, 3D rekonstrukce, DMT, ArcMap, SketchUp, GIMP, Lumion, Theasys, zámek Králův Dvůr

Abstract

This thesis deals with 3D reconstruction, visualization and subsequent presentation of object using geoinformation methods. The aim was to create a 3D model of the Králův Dvůr castle in three time periods based on data found. Historical photographs, construction documentation and other data were used for the reconstruction. When creating the 3D model, an effort was made to capture the appearance of the castle and its immediate surroundings as faithfully as possible. Other goals were the visualization of models and their presentation on a website. The secondary objectives were two studies of literature dealing with the issue of 3D modeling. The theoretical part describes the methods of 3D modeling, types of 3D models and their use, the theory of 3D and digital terrain models and interpolation methods. In practice, 3 models were created capturing the castle before 1253, 1970 and in 2020 in SketchUp, the visualization took place in Lumion software. The results are fly-through animations, and models presented on the Theasys website. The image outputs are further compared with historical photographs.

Key words 3D model, 3D reconstruction, DMT, ArcMap, SketchUp, GIMP, Lumion, Theasys, Králův Dvůr castle

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam zkratk	10
1 ÚVOD	12
1.1 <i>Cíle práce.....</i>	12
2 LITERÁRNÍ REŠERŠE	13
2.1 <i>Problematika 3D modelování z archivních podkladů</i>	13
2.2 <i>3D modelování v zahraničí a u nás</i>	16
3 TEORETICKÝ RÁMEC.....	21
3.1 <i>3D modelování.....</i>	21
3.2 <i>Metody 3D modelování.....</i>	23
3.3 <i>Druhy 3D modelů dle reálnosti</i>	27
3.3.1 <i>Panoramatické modely.....</i>	27
3.3.2 <i>Prizmatické modely</i>	28
3.3.3 <i>Texturové modely</i>	28
3.3.4 <i>Architektonické modely.....</i>	28
3.3.5 <i>CAD modely</i>	28
3.4 <i>Využití 3D modelu.....</i>	29
3.5 <i>Digitální modely terénu</i>	30
3.5.1 <i>Polyedrické modely terénu</i>	31
3.5.2 <i>Rastrové modely terénu</i>	31
3.5.3 <i>Plátový model</i>	32
3.5.4 <i>Druhy digitálních modelů</i>	32
3.6 <i>Interpolační metody.....</i>	33
4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	35
4.1 <i>Popis lokality</i>	35
4.2 <i>Historie Královského zámku</i>	35
5 DATA.....	37
5.1 <i>Archivní snímky a materiály</i>	37
5.2 <i>Stavební dokumentace.....</i>	37

5.3	<i>Vlastní snímky</i>	38
5.4	<i>Zdroje dat pro DMT</i>	38
6	POUŽITÝ SOFTWARE	39
6.1	<i>Google SketchUp</i>	39
6.2	<i>ArcGIS</i>	39
6.3	<i>Lumion</i>	40
6.4	<i>GIMP</i>	41
6.5	<i>DaVinci Resolve</i>	41
7	METODIKA	42
7.1	<i>Tvorba DMT</i>	42
7.2	<i>Tvorba 3D objektů</i>	44
7.3	<i>Tvorba textur</i>	47
7.4	<i>Vizualizace modelů</i>	49
7.5	<i>Tvorba fotografií a videa</i>	50
7.6	<i>Střih videa</i>	52
7.7	<i>Prezentace modelu na internetu</i>	53
8	VÝSLEDKY	54
9	DISKUZE	59
10	ZÁVĚR	62
11	POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE	64
12	PŘÍLOHY	72

Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Algoritmus párování nejmenších čtverců	15
Obrázek č. 2 – 3D model Castel del Monte	17
Obrázek č. 3 – Vizualizace 3D modelu Říma	18
Obrázek č. 4 – Vizualizace města Melbourne	19
Obrázek č. 5 – Vizualizace 3D modelu města Berlín	19
Obrázek č. 6 – 3D model Londýna	20
Obrázek č. 7 – Ukázka 2D a 2,5D modelu	21
Obrázek č. 8 – Označení ploch při aplikaci principu 2,5D	22
Obrázek č. 9 – Geodetické zaměření zámku	23
Obrázek č. 10 – Modely z různých vstupních dat	24
Obrázek č. 11 – Laserové skenování budov	25
Obrázek č. 12 – Model rozvodné skříně	26
Obrázek č. 13 – 3D pohled na Baziliku svatého Petra a Pavla na Vyšehradě	27
Obrázek č. 14 – Druhy 3D modelů dle stupně přesnosti	29
Obrázek č. 15 – Princip Delauného triangulace	31
Obrázek č. 16 – Zájmové území	36
Obrázek č. 17 – Výsledný DMT	43
Obrázek č. 18 – Výsledný DMT v softwaru Lumion	44
Obrázek č. 19 – Vytažený půdorys zámku	44
Obrázek č. 20 – Tvorba brány	45
Obrázek č. 21 – Model zámku ve SketchUp	46
Obrázek č. 22 – Půdorys loveckého dvorce	47
Obrázek č. 23 – Odstranění kolinearity	47
Obrázek č. 24 – Výsledná textura z GIMP	48
Obrázek č. 25 – Texturování zaoblených ploch	49
Obrázek č. 26 – Překryv textur	50
Obrázek č. 27 – Fotografie s vybranými styly a efekty	51
Obrázek č. 28 – Pracovní prostředí Theasysu	53
Obrázek č. 29 – Výsledné DMT	54
Obrázek č. 30 – Budova z roku 1236	55
Obrázek č. 31 – Výsledné modely ze SketchUp	56
Obrázek č. 32 – Výsledné modely z Lumionu	57

Seznam zkratk

2D	Dvourozměrný (model)
2,5D	Dvourozměrný (model) s atributem výšky
2,5D+	Dvourozměrný (model) doplněný o atribut výšky s možností zobrazení např. kolmých stěn
2,75D	Vylepšený dvourozměrný (model) doplněný o atribut výšky umožňující zobrazení např. převisů
3D	Trojrozměrný (model)
4D	Čtyřrozměrný (model) doplněný o složku času
.3DS	Formát využívaný softwarem Autodesk 3ds Max
CAD	<i>Computer aided design</i> , počítačem podporované projektování
CPU	<i>Central processing unit</i> , Centrální procesorová jednotka
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
D5	Dálnice s označením D5
.DAE	<i>Digital Asset Exchange</i> , koncovka souboru
DEM	<i>Digital elevation model</i> (v českém významu DVM)
DLM	<i>Digital landscape model</i> (v českém významu DMÚ)
DMK	Digitální model krajiny
DMP	Digitální model povrchu
DMR	Digitální model reliéfu
DMT	Digitální model terénu
DMÚ	Digitální model území
DMÚ25	Digitální model území v měřítku 1 : 25 000
DSM	<i>Digital surface model</i> (v českém významu DMP)
DTM	<i>Digital terrain model</i> (v českém významu DMT)
DVM	Digitální výškový model
.DXF	<i>Drawing Exchange Format</i> , formát umožňující výměnu mezi softwarem AutoCAD a dalšími softwary
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
GCP	Pozemní kontrolní body (<i>ground control points</i>)
GIS	Geografický informační systém

GPS	<i>Global Positioning System</i>
GPU	<i>Graphics processing unit</i> , grafická jednotka
IDW	<i>Inverse Distance Weighted</i> , interpolační metoda
Java	Objektově orientovaný programovací jazyk
.KMZ	<i>Keyhole Markup Language Zipp</i> , komprimovaná verze souboru KML
LIDAR	<i>Light detection and ranging</i> , metoda dálkového měření vzdálenosti
OSS	<i>Open source software</i>
SfM	<i>Structure from Motion</i> , algoritmus pro fotogrammetrickou zobrazující techniku
S-JTSK	Souřadnicový systém Jednotné trigonometrické sítě katastrální
.SKP	Formát souboru používaný softwarem SketchUp
TIN	<i>Triangulated Irregular Network</i> , druh digitálního modelu terénu a interpolační metoda
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
VRML	<i>Virtual Reality Modelling Language</i>
VÚGTK	Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický
WMS	<i>Web Map Service</i>
ZABAGED	Základní báze geografických dat
ZM10	Základní mapa v měřítku 1: 10 000

1 ÚVOD

Počátky trojrozměrné modelace (dále jen 3D) sahají do 60. let 20. století i přes to, že se nejedná zrovna o nejnovější technologii, v posledních letech zaznamenává značný boom. Nejčastěji se s 3D modely setkáváme ve filmech či v herním průmyslu, jehož cílem je vytvořit co nejrealističtější objekty. Další výskyt popisuje Brůha (2017), který uvádí, že 3D grafika slouží například k rekonstrukci historických budov, bitev či zaniklých měst. Následná prostorová vizualizace vytvořených objektů umožňuje široké veřejnosti získat lepší představu, podrobnosti a informace o objektech, jevech a událostech.

Hlavním tématem bakalářské práce je tvorba 3D modelu zámku pomocí geoinformačních metod. Faktem je, že pomocí 3D modelování se dá vytvořit takřka cokoli, což přivedlo autorku k myšlence zrekonstruovat historickou podobu zámku v současnosti, v roce 1970 a v době jeho vzniku, tedy v 1. polovině 13. století. Vzhledem k tomu, že o objektu neexistuje příliš mnoho materiálů, není možné vytvořit tolik časových období, poskytujících ucelený pohled na vývoj zámku napříč stoletími. Zámek je názorným příkladem objektu, který si prošel vlivem více faktorů změnami, jež významně přeměnily jeho podobu i funkční využití. Hlavní motivací pro vizualizaci je co nejvěrněji přiblížit historický vývoj onoho zámku obyvatelům Králova Dvora, ale i širší veřejnosti. Možností, jak motivovat veřejnost k zájmu o místní historii, je ji zaujmout atraktivní prezentací 3D modelu. V současnosti je to celá řada možností, ať už tvorba průletových videí, online 3D model, v němž se lze pohybovat, dále pak umístění modelu z 3D tiskárny na frekventovaná místa nebo dokonce vytvořit virtuální či augmentované reality.

1.1 Cíle práce

Cílem práce je zhotovit 3D model zámku v obci Králův Dvůr v okrese Beroun. Motivací k tvorbě je nejen autorčin vztah k lokalitě, ale i fakt, že o zámku neexistuje žádná rozsáhlá publikace, která by obyvatele seznámila s jeho historií, potažmo i vývojem. Nedostatek literatury a malé množství fotografií, uložených především v archivu, vede k opomíjení a malé představě veřejnosti o tak historicky významné památce. Faktem je, že dosud nebyl vytvořen žádný 3D model tohoto území, který by poskytl veřejnosti lepší představu. Z tohoto důvodu je hlavním cílem vytvořit na základě nalezených podkladů co nejpřesnější modely ve třech časových obdobích, které by rozvíjeli historické povědomí širší veřejnosti. Mezi dílčí cíle patří:

- I. Literární rešerše zaměřená na problematiku 3D modelování z archivních podkladů a 3D modelování aktuálního stavu u nás i v zahraničí
- II. Návrh metodiky zpracování dat do podoby 3D modelů
- III. Tvorba 3D modelů ve třech časových horizontech (Google SketchUp)
- IV. Vizualizace vytvořených modelů (Lumion)

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Problematika 3D modelování z archivních podkladů

Nástup digitálních fotoaparátů a jejich začlenění do mobilních zařízení spolu s vysokou rychlostí přenášení informací pomocí internetu přispěl k extrémnímu nárůstu počtu pořízených a přidávaných fotografií na internet každý den (Ioanides a kol. 2013). Podle Štycha (2014) mají na rozvoj tvorby 3D modelů vliv geoinformační platformy a dostupné softwary, které umožňují uživateli objekt vytvořit a sdílet ho s ostatními. Mezi populární 3D modely se řadí mimo jiné i historické objekty, mnohdy zrekonstruované k nepoznání, u nichž je snaha ukázat objekt v původním stavu. Modelace již zaniklých objektů představují pro širokou veřejnost zajímavý prostředek pro seznámení se s historií. Digitální 3D rekonstrukce budov, měst a krajín je tématem v mnoha oborech jako je archeologie, architektura, stavební inženýrství, fotogrammetrie či kultura. Nesmírně důležitou roli hrají modely pro kulturní dědictví, jejichž přínosem jsou poznatky o předmětech a strukturách (barvy, struktury, materiál či stav poškození) jak uvádí (Bitelli a kol. 2007).

Cennými zdroji a mnohdy také jedinou šancí pro studium a rekonstrukci historických a zaniklých objektů jsou archivní podklady jako jsou staré snímky, ilustrace z knih, plány, stavební dokumentace, staré mapy, kresby, rytiny atd. Ze starých snímků lze objekty modelovat hned několika způsoby. Asi nejjednodušší, ale zároveň nejméně přesnou je modelace „od oka“, kdy se uživatel dívá na snímky a modeluje to, co vidí. Tyto modely nejsou založeny na matematických základech a nemají žádné reálné rozměry. Pokud jsou k dispozici staré fotografie a stavební dokumenty či plány, lze takovouto metodou dosáhnout dobrých výsledků. Hojně používanou metodou modelace je v posledních letech fotogrammetrie, která umožňuje zpracovávat data automaticky i ručně. Podle Fritsche a Kleina (2017) je ruční modelace ve fotogrammetrii stále pečlivější než automatická modelace. Klasická fotogrammetrie pro modelaci potřebuje znát prvky vnější orientace (orientace snímků v prostoru) a prvky vnitřní orientace (konstanta kamery, souřadnice hlavního snímkového bodu, distorze objektivu). Ve fotogrammetrii byla vyvinuta metoda automatické modelace, která umožnila modelovat pomocí snímků, o kterých nejsou dochované žádné další informace.

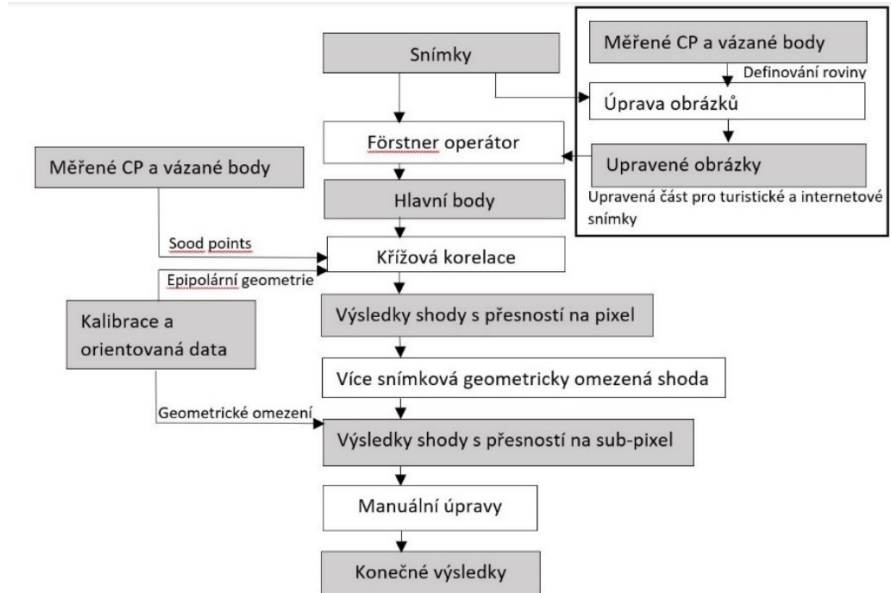
Při fotogrammetrické rekonstrukci pomocí archivních snímků se objevuje celá řada problémů. Prvním problémem je nalezení vhodných podkladů, které by znázorňovaly daný objekt, alespoň na 2 snímcích (Verhoeven 2011). Při výběru snímků je nutné posoudit kvalitu a stav dostupných snímků (Maiwald a kol. 2017), vyřazují se snímky s nízkou kvalitou z hlediska rozlišení a radiometrie, malým měřítkem a ty u kterých je patrná okluze (Grün a kol. 2004). Vyřadit by se měly i opakující se snímky, které jsou

pořízené ze stejného směru, respektive perspektivy (Maiwald a kol. 2017). Dostupné snímky často nebyly pořizovány za účelem fotogrammetrie, a proto se na snímcích neobjevuje jen daný objekt. Při zvětšení vzdálenosti mezi fotoaparátem a objektem či použití snímku s velkým sklonem dochází k výraznému snížení kvality výsledného modelu (Cardenal a kol. 2004). Odlišné doby pořízení snímku z hlediska času způsobují, že některé viditelné části jsou na jednom snímku viditelné na jiných snímcích ne (Grün a kol. 2004). Obecně osvětlení převážně pak stíny mohou způsobovat problémy v automatických postupech modelování.

Uskutečněné fotogrammetrické výzkumy se zaměřují na rekonstrukci z historického obsahu. Takovéto snímky byly použity v různých projektech k rekonstrukci ztraceného dědictví, jeden z nejuznávanějších se stal projekt rekonstruuující sochy Buddhy zničené v Afghánistánu roku 2001 (Grün a kol. 2004). V práci autoři detailně seznamují s postupem zpracování dat pomocí algoritmu párování nejmenších čtverců, jehož zjednodušený princip je schematicky znázorněn na obrázku č. 1. K tvorbě byly využity 3 sady snímků: metrické, snímky získané z internetu bez prvků vnitřní a vnější orientace a turistické snímky z 60. let minulého století. Každá sada došla k nepatrně odlišnému modelu. Hlavním problémem, se kterým se autoři potýkali, byly problémy se stíny na snímcích. Výrazně se projevíly u modelu z internetových snímků a částečně u metrických snímků. Následkem toho vznikly automatickým postupem ve střední části soch mezery. Nízká kvalita turistických snímků poskytla pouze hrubý model s málo detaily, ale bez mezer. Grün a kol. (2004) závěrem konstatují, že pro získání kompletního modelu je potřeba pozemního fotogrammetrického měření. Většina projektů se zaměřuje na fotografie ne starší jak několik desetiletí (Maiwald a kol. 2017). Fotografiemi staršími více než 50 let se zabýval Gouveia a kol. (2015), Henze a kol. (2009) nebo Falkingham a kol. (2014). Jedním z příkladů je rekonstrukce areálu dinosaurích stop kolem řeky Paluxy v Texasu (USA) ze 40. let 20. století objevené Rolandem T. Birdem (Falkingham a kol. 2014). Výzkum má k dispozici 17 snímků na nichž jsou problematickým faktorem lidé a archeologické nástroje přesouvající se mezi snímky. Tyto faktory nelze odstranit kvůli zachování primárních informací (Falkingham a kol. 2014), proto bylo použito jen 12 snímků. Výsledkem je dostačující model vytvořený softwarem *VisualSFM* s pomocí algoritmu *Screened Poisson Surface Reconstruction*, který podle Falkingham a kol. (2014) představuje: „budoucnost pro kompenzování potíží spojené s využitím starých snímků.“ Maiwald a kol. (2017) se zabývají modelací korunní brány drážďanského Zwingeru s použitím algoritmu SfM (*Structure from motion*) pomocí něho se generuje husté bodové mračno. Algoritmus SfM byl použit v mnoha projektech, kterými se zabývali např. Barsanti a kol. (2013), Pacina a Popelka (2017), Verhoeven (2011), Doneaus a kol. (2011) a řada dalších. Projekt Maiwalda a kol. (2017) je převratný především v použití aktuálních snímků jako

výplňkového materiálu. To umožnilo historickým snímkům znázornit okraje budov, díky zorientování jsou pak zahrnuty do bodového mračka, což vedlo k vytvoření kompletního modelu.

Obrázek č. 1 – Algoritmus párování nejmenších čtverců



Zdroj: Grün a kol. 2004, vlastní úprava

Digitální rekonstrukce z archivních leteckých snímků se používá pro analýzu změn krajiny a její identifikaci, ale také k rekonstrukci georeliéfu. Kromě toho je lze využít pro monitorování změn ledovců, sesuvů půd či pobřežních změn. I v případě zpracování archivních leteckých snímků se lze setkat s několika problémy jako jsou: neznámé parametry vnitřní orientace, chybějící katalog pozemních vlíčovacích bodů (dále jen GCP), jednoznačná identifikace GCP je téměř nemožná v oblastech s velkými změnami krajiny a nízká kvalita snímků např. poškrábání či jiné deformace (Pacina a Popelka 2017). V úvahu se musí vzít fakt, že ke geometrickému zkreslení dochází v každém snímku, protože 3D vlastnosti scény jsou zpracovány do 2D snímku (Zachar a Štuhec 2014). Geometrické chyby jsou způsobeny optikou, náklonem osy kamery, což přispívá k deformacím snímku. Rekonstrukcí pomocí archivních snímků se zabýval Henze a kol. (2009), kteří modelovali rozvoj města Baalbek od starověku až do 20. století. Přínosem jejich práce je kombinace historických snímků se svislými a šikmými archivními leteckými snímky, které poskytují dostatečné informace o městě. Verhoeven (2011) se ve své práci zabýval analýzou softwaru PhotoScan s využitím leteckých snímků. Software vyhodnotil jako vhodný pro zpracování leteckých snímků i videí.

Existuje celá řada softwarů (např. Agisoft PhotoScan, PhotoModeler, Meshroom) využívajících různé algoritmy k automatické rekonstrukci z archivních snímků. Avšak

žádný z nich není zdaleka u konce svého vývoje, neboť softwary i algoritmy mají stále řadu chyb, které je nutné odstranit ručním zásahem.

2.2 3D modelování v zahraničí a u nás

V současné době je mnoho projektů zabývajících se 3D modelováním. Hlavním cílem řešerše je přiblížit současný stav a směry 3D modelování jak u nás, tak i v zahraničí. V této části jsou také představeny zahraniční a české 3D modely města nebo jejich části, zachycující minulý, současný i budoucí stav.

Pokrok v 3D znázorňuje případová studie věnující se reprezentaci vytvořeného modelu v softwaru Google SketchUp do Google Earth. Výsledkem studie jsou dvě metody nahrání modelů do webového prohlížeče, který umožňuje hledat adresu, přibližovat se, otáčet a posouvat se v modelu (Lubis a kol. 2017). Na to navazuje studie snažící se o navržení nástroje pro vizualizaci budov přímo v Google Earth. Neutens, Maeyer (2010) dospěli k nástroji založeném na jazyku Java, jenž pracuje s půdorysy budov a jejich výškou, díky tomu je možné vytvářet automatické bloky budov v Google Earth. Studie vznikla za účelem sjednocení pohledů různých odvětví. V roce 2012 na to navazuje článek věnující se použití prostorových dotazů a fotorealistické analýzy městských modelů na internetu. Cílem je představit: „nástroj pro fotorealistické modelování budov založených na GIS a navrhnout finančně přijatelnou, ale zároveň efektivní fotorealistickou strategii pro modelování budov“ (Rau, Cheng 2012). Autoři se podrobně zaměřují na platformu *PilotGaea Universe*, která by byla hardwarově nenáročná na straně klienta a z tohoto důvodu by se všechny graficky náročné operace prováděly na serveru. Svoji studii doplňují na příkladu tajwanského města Tainan. V závěru je vyzdvížena nově vzniklá platforma na základě porovnání s Google Earth, které chybí nástroj pro 3D dotazování a prostorové analýzy.

K odborným recenzovaným periodikům věnující se 3D patří *Computers, Environments and Urban Systems*, *Energy and Buildings*, *International Archives of the Photogrammetry*. Příkladem článků může být studie od Stiliadis (2008), který se zabývá možnostmi trojrozměrného modelování na základě jedné historické fotografie již zaniknutých či částečně zdemolovaných budov. Cílem je představit a navrhnout metodu, která bude využitelná pro eliminaci zkreslení kamery. Navržená metoda je ukázaná na příkladu zaniklého historického kostela na Krétě. Na příkladu je představen postup řešení s dostatečným množstvím ukázkových fotografií. Další články od Guldmann, Park (2019), Fryskowska, Kedzierski (2015), Andrés a kol. (2012) se zabývají především zpracováním různých metod *Light detection and ranging* (dále jen LIDAR) dat pro tvorbu modelů související především se zástavbou. Andrés a kol. (2012) popisuje výhody a nevýhody metod fotogrammetrie a laserového skenování. U fotogrammetrie vysvětlují techniky jako rektifikace a ortorektifikace. U laserového

skenování jsou popsány techniky metoda nejmenších čtverců, náhodný výběr. Metody jsou aplikovány na město Aleppo a v závěru autoři konstatují, že nejlepší řešení je: „použít kombinaci všech technik k dosažení lepších výsledků“ (Andrés a kol. 2012). Angelini a kol. (2011) podrobně popisují zaměření vlíčovacích bodů historické budovy Castel del Monte totální stanicí a interiéry zaměřují laserovým skenováním. Na obrázku č. 2 vidíme výsledný 3D model s texturami vytvořený z mráčka bodů. Větší popularitu v nedávné době zaznamenaly virtuální prohlídky 3D objektů. Uživatel pomocí virtuální reality je součástí 3D scény a může do ní zasáhnout a manipulovat s předměty.

Obrázek č. 2 – 3D model Castel del Monte



Zdroj: Angelini a kol. (2011)

V Česku vznikla celá řada bakalářských a diplomových prací věnujících se právě 3D modelování. Mnoho prací a projektů na téma zaniklého území vzniklo na katedře aplikované geoinformatiky Karlovy Univerzity. Nejznámější prací je 3D model zaniklého Ostrovského kláštera, který vznikl za spolupráce s Muzeem Jílové u Prahy. Zaniklému území se dále věnuje Oktábec (2009) jehož tvorba je zaměřena na střední Povltaví, Koucká (2011) zhotovila rekonstrukci části města Dobříše, přínosem její práce je porovnání tvorby 3D objektů v softwarech Bentley MikroStation a SketchUp, českému pohraničí se pak věnuje Jelének (2010), který se kromě samotných modelů zaměřuje i na celkovou krajinu. Na katedře aplikované geoinformatiky a kartografie Univerzity Karlovy vznikly i další práce, například Bačo (2012) vytvořil plán Přírodovědecké fakulty, její interiéry pak představil Maceška (2018) ve své bakalářské práci. Nový pohled na 3D modelování přináší Mazur (2018), zabývající se automatizací 3D modelování budov pomocí procedurálního modelování. K dalším pracím patří časový model Hradce Králové (Šrollerů 2019), výběrem nejvhodnějšího softwaru pro tvorbu 3D modelu z dat získané bezpilotním letadlem se zabýval Marek (2018). Mimo akademických prací se tvorbou fotorealistických 3D modelů českých památek zabývá kolektiv lidí z 3DČesko.cz, které kombinuje bezpilotní metody (např. drony) a pozemní fotogrammetrii (3DČesko.cz 2020). Dalším významným projektem ministerstva kultury ČR je Program na podporu aplikovaného výzkumu a vývoje národní a kulturní identity (dále jen NAKI II). Jehož hlavním úkolem je identifikovat,

dokumentovat, rekonstruovat a zpřístupnit dědictví zaniklých krajin, a to již od konce 18. století, kdy na území Česka probíhaly dynamické proměny společnosti. Hlavními výstupy projektu je Digitální atlas zaniklých krajin Česka, videa, specializované mapy, webový informační systém a řada dalších (Zaniklé krajiny 2020).

Podobné práce byly zpracovány i na jiných vysokých školách. Sikorová (2014) pomocí geodetického zaměření totální stanicí a výpočtů vytvořila 3D model budovy stavební fakulty Vysokého učení technického v Brně. Bakalářská práce Petra Meyera (2013) je zaměřena na modelaci nestojících budov v Liberci, výsledkem je vizualizace v softwaru ArcScene. Na zhotovení zámku Kozel pomocí geodetické a architektonické dokumentace se zaměřila Eleny Belai (2010). Sobotka (2014) se zabýval tvorbou historického centra města Český Krumlov, jeho práce byla postavena na modelaci z dobových fotografií.

Rome Reborn je projekt, který vznikl téměř dvacet let s cílem zachytit urbánní vývoj města Řím od doby bronzové až po středověk. V 3D modelu můžeme vidět dva typy budov (obrázek č. 3). Prvním typem jsou nejvýznamnější historické budovy, vymodelované s nejvyšší úrovní detailů podle archeologických pramenů poskytnuté předními odborníky. Druhý typ je tvořen ostatními budovami, u kterých je znám jejich přibližný počet a druh stavby. Tyto budovy byly vyhotoveny laserovým skenováním plastického modelu Říma uloženého v muzeu Římské civilizace. Opraveny byly chyby, které jsou na plastice, například vysoké kopce či došlo ke zjednodušení geometrie. Výstupem jsou videa a aplikace podporující virtuální a augmentovou realitu. Model se stal natolik populární, že slouží ke studiu historie na školách, slouží k prezentaci teorií, a hypotéz, jak by Řím vypadal v době svého největšího rozvoje (Guidi, 2012).

Obrázek č. 3 – Vizualizace 3D modelu Říma

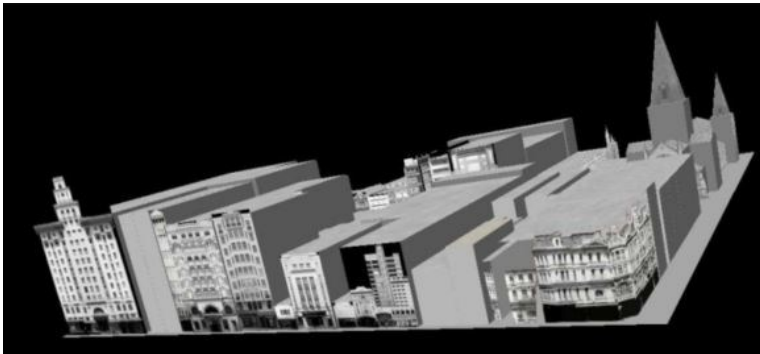


Zdroj: <https://www.romereborn.org/content/colosseum-district> (2020)

Melbourne je australské město, které si jako řada dalších měst v 60. letech 19. století prošlo rozsáhlou přestavbou. Projekt zachycuje město se současnými, ale i zaniklými budovami, které je vytvořeno na základě programovacího jazyka *Virtual Reality*

Modelling Language (dále jen VRML) (Cartwright 2006). Cílem bylo zlepšení společenských diskuzí o budoucím rozvoji okolí. U významných stále stojících budov bylo použito metody fotografování pro získání textury, z fotografií se následně odstranily chodci, auta, stromy a další nežádoucí prvky. U již neexistujících budov bylo použito historických fotografií. Přínosem je práce s kompozitním obrazem viz obrázek č. 4 jako texturou, což je možné chápat jako obraz z několika fotografií, které při vhodném upravení poskytnou ucelený obraz (Cartwright 2006).

Obrázek č. 4 – Vizualizace města Melbourne



Zdroj: Cartwright (2006)

3D model Berlína neslouží jen pro virtuální prohlídku města, ale i pro potenciální obyvatele, investory či podnikatele. Model je velmi rozsáhlý a ve druhé etapě došlo k jeho rozšíření pomocí laserového skenování a fotogrammetrie v současnosti čítá přes půlmilionu budov na 890 km². Hlavním cílem bylo vytvořit model, který bude poskytovat geodata související s ekonomikou a průmyslem (Berlin business location center 2013). Následně došlo k propojení s berlínským digitálním katastrem umožňující urbánní plánování. Platforma Economic Atlas Berlin viz obrázek č. 5 je k dispozici pro veřejnost. Využití našel i pro další projekty jako je solární atlas Berlína či pro ukázky zákaznických projektů.

Obrázek č. 5 – Vizualizace 3D modelu města Berlín



Zdroj: <https://berlin.virtualcitymap.de/#/> (2020)

K nejpodrobnějším modelům světa z hlediska rozlohy patří i model Londýna viz obrázek č. 6, který začal vznikat po rostoucí poptávce modelů rozvojových lokalit. Takto podrobným se stal až po požadavku firmy GIA, která vysokou přesnost požadovala pro analýzu práva světla. Firma tvořící tento model si uvědomila mezeru na trhu a ve vysoké podrobnosti pokračovala. Modelovací metodou se stala stereo fotogrammetrie, která pro tento účel využívá výhradně ručního snímání fotogrammetrů. Díky vysoké přesnosti a mnoha detailům lze model využít k různým analýzám, 3D tisku, což se projevuje na rostoucím zájmu televizí, filmařů, reklamních agentur, ale i herním průmyslu.

Obrázek č. 6 – 3D model Londýna



Zdroj: <https://vu.city/your-vu> (2020)

Dalšími zajímavými projekty je model Tallinu, Liege a Paříže, u kterého bylo využito dochovaných plánů budov, obrazového materiálu či archivních textů. Hlavním cílem bylo vytvořit Paříž architektonicky a vědecky přesnou pro veřejnost, která může model vidět v podobě 3D filmu, na internetu anebo být součástí za pomoci virtuální reality. Lze vidět stavbu Eiffelovy věže či katedrálu Notre-Dame.

3 TEORETICKÝ RÁMEC

3.1 3D modelování

Pro pochopení pojmu 3D je nejprve nutné vysvětlit 2D, 2,5D a 2,75D. Pokud model obsahuje pouze dvě souřadnice, jedná se o 2D, definovaný z anglického termínu „*two-dimensional*“. Mezi 2D objekty můžeme zařadit plochy, linie a body, které nenesou informaci o výšce.

Cambray (1993) uvádí pojem 2,5D jako mezistupeň mezi 2D a 3D, který dále vysvětluje jako reprezentaci 2D dat s atributem nesoucím informaci o výšce (obrázek č. 7). Nelze ho tedy považovat za pravý 3D model, protože neobsahuje souřadnici třetího rozměru, ale využívá perspektivu. Díky ní je možné nabýt dojmu hloubky a vzdálenosti (Haklay 2002). Delaney (1999) poukazuje na používání tohoto modelu nejen pro údaje související s výškou. Příkladem může být modelování dopravní vytíženosti či vlhkosti vzduchu, kdy hodnoty zmíněných veličin reprezentují skutečnou výšku a přidávají k 2D datům navíc 0,5D rozměr.

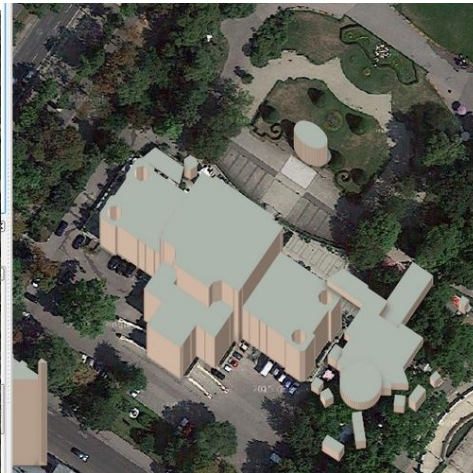
Obrázek č. 7 – Ukázka 2D a 2,5D modelu

a) 2D model



Zdroj: Google Maps (2020)

b) 2,5D model



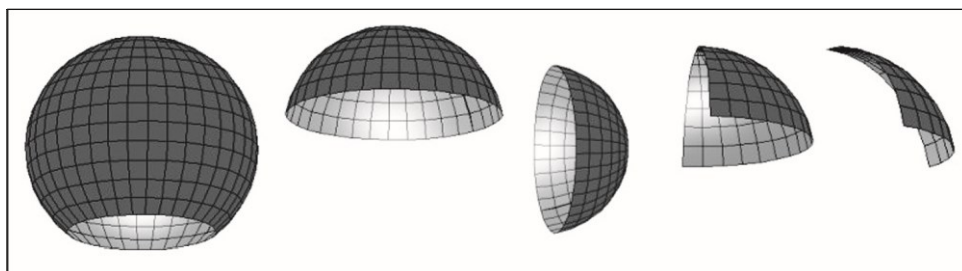
Zdroj: QGIS PLANET (2020)

Pilouk (1996) dělí dimenze na vnitřní a vnější, přičemž každý objekt zabírá podprostor, který je definovaný jako vnitřní dimenze. Pokud je objekt složen z jednoduchých geometrických útvarů (bod, linie, ohraničená plocha) má dimenzi dva a slouží pro popis objektů. Jedná-li se o množinu těles (jehlan, krychle) má dimenzi tři. Vnější dimenze je dimenzí prostoru, která reprezentuje rozměr prostoru, do kterého se objekt vkládá. Na Pilouka navazuje Brůha (2017), který uvádí, že 2,5D model tvořený geometrickými útvary je vnitřní dimenzí dva ve 3D prostoru a zároveň platí,

že existuje pouze jedna hodnota výšky pro konkrétní souřadnice x a y . Hájek (2018, s. 37) popisuje 2,5 model „jako povrchy, u kterých je hodnota jevu definována v závislosti na jeho polohovém určení pomocí dvojice souřadnic (např. nepravidelná trojúhelníková síť reprezentující reliéf, u které je výška závislá na poloze, a nebo 2D rastr, u kterého hodnota buňky vyjadřuje výšku reliéfu).“ Z čehož vyplývá, že mohou nastat situace, kdy nepůjdou vyjádřit některé objekty – jeskyně, kolmé stěny či skalní převisy. Díky nutnosti vyjádřit i tyto objekty docházelo k rozšíření 2,5D modelu. Pro znázornění kolmých stěn byla vytvořena 2,5D+ varianta (Brůha 2017). Tse, Gold (2004) našli řešení v podobě 2,75D, které neomezuje zobrazení kolmých stěn a převisů. Dušek, Miřijovský (2009) uvádějí že problematika pojmu 2,5D je značně složitější než u 3D. Dušek, Miřijovský (2009, s. 173, 174) píše že: „Na rozdíl od pojmu 3D, který má svůj jasný význam a je pouze v některých případech užíván nevhodně, pojem 2,5D je sám o sobě nesmyslný. I když je označení 2,5D obecně charakterizováno jako přechod mezi 2D a 3D, popisuje buď dvojrozměrný, nebo trojrozměrný prostor určitých vlastností...“, dále uvádějí, že počet rozměrů prostoru by měl být vždy vyjádřen přirozeným číslem. Pro čtenáře je obtížné představit si nějakou konkrétní vlastnost pod půl rozměrem, což dokládá i fakt, že v různých odvětvích informatiky je pojem 2,5D chápán odlišně.

Považujeme-li definici 2,5D za přechod mezi 2D a 3D, pak připouštíme, že nějaká vlastnost dat lze dělit na neceločíselné dimenze, poněvadž data mohou mít vícenásobné vlastnosti, pak neceločíselnou dimenzi musíme opět dělit (Dušek, Miřijovský 2009). Princip lze demonstrovat pomocí obrázku. č. 8. na němž jsou vidět příklady označení ploch při aplikaci principu 2,5D.

Obrázek č. 8 – Označení ploch při aplikaci principu 2,5D
Zleva 3D; 2,5D; 2,5D; 2,25D; 2,125D



Zdroj: Dušek, Miřijovský (2009)

Na obrázku č. 8 vidíme kulová data reprezentovaná jako 3D, pokud geometrická souřadnice má atribut výšky pak se označuje jako 2,5D. Protože platí, že geometrické souřadnice jsou rovnocenné, tak lze definovat stejnou vlastnost i pro souřadnice X nebo Y . Uplatníme-li vlastnost atributu zároveň pro souřadnici X i Y , je nutné použít označení 2,25D. Pokud toto budeme uplatňovat dále dostaneme se k označení 2,125D

(Dušek, Miřijovský 2009). Definice 2,5D vede k absurdnímu dělení dimenzí a bylo by vhodné upustit od tohoto pojmu a vymyslet novou terminologii.

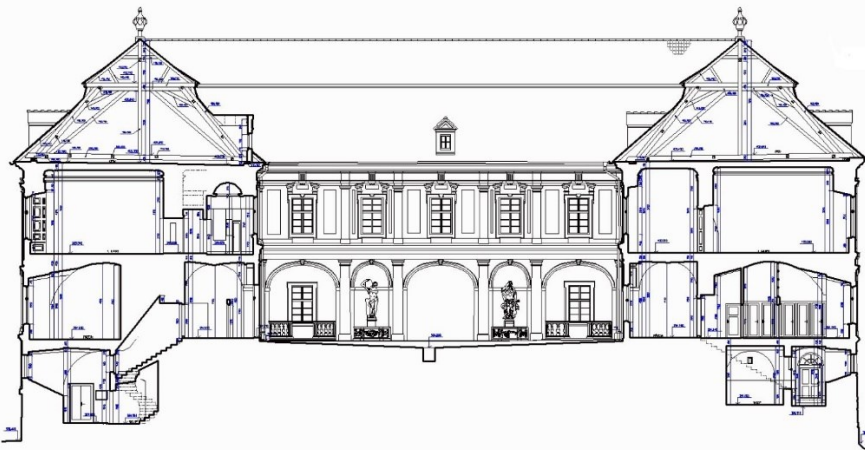
Pojem 3D je definovaný z anglického „tree-dimensional“, tedy trojrozměrným prostorem, v němž je objekt znázorněn třemi geometrickými souřadnicemi. 3D navíc obsahuje souřadnici Z, která již není reprezentovaná atributem výšky jako tomu bylo u 2,5D. Čím dál častěji se objevuje pojem 4D, který využívá 3D objekty a přidává k nim jako čtvrtý rozměr čas.

3.2 Metody 3D modelování

V odborné literatuře je uváděna celá řada metod sloužící k trojrozměrné modelaci objektů. K základním metodám patří ruční a procedurální modelování, laserové skenování, fotogrammetrie a geodetické zaměření.

Geodetické zaměření je metoda kombinující dotykové pozemní měření s bezdotykovým. Z geodetických přístrojů se pro měření nejčastěji používá totální stanice, GPS. Výsledný model zámku Červený Hrádek u Jirkova (obrázek č. 9) je tvořen pomocí zaměřených vřícovacích bodů sloužících k určení souřadnic hlavních bodů objektu (Amparo, Buill, Edo 2013). Pro zpřesnění tvaru se využívá ostatních metod (laserové skenování nebo fotogrammetrie). Nevýhodou je časová náročnost a pro doplnění se používají textury z jiných metod.

Obrázek č. 9 – Geodetické zaměření zámku



Zdroj: AGM GEO (2012)

3D objekty vznikají ručním modelováním za pomoci modelovacích nástrojů, které jsou součástí uživatelem vybraného softwaru. Vstupními daty může být technická dokumentace či mapový půdorys, u něhož lze využít tzv. extruze. Extruze je k dispozici v celé řadě programů a díky ní lze vytáhnout geometrické tvary do výšky, čímž vzniká prostorový vjem. Na obrázku č. 10 můžeme vidět vymodelované modely zleva: z mapového půdorysu, technické dokumentace a z obrazového materiálu. V ručním

modelování se využívá základních geometrických prvků (linie, polygony), které tvoří složitější geometrické tvary vedoucí ke konečné podobě 3D objektu. Reálnějšího modelu se dá dosáhnout pomocí textur, vytvořených z leteckých či pozemních snímků. K výhodám této metody patří nenáročnost hardwarového vybavení a velké množství volně stažitelných softwarů. Mezi nevýhody se nejčastěji řadí individuální přístup vedoucí k rozdílným přesnostem v jednotlivých 3D objektech a časová náročnost.

Obrázek č. 10 – Modely z různých vstupních dat

a) z mapového půdorysu

b) z technické dokumentace



Zdroj: Geoportál Praha (2014)

Zdroj: Sobotka (2014)

c) z obrazového materiálu



Zdroj: vlastní tvorba

Laserové skenování – jedná se o bezkontaktní metodu založenou na laserových skenerech. Skener vyšle paprsek, u něhož se měří čas mezi pulsujícím paprskem a přijmutým odrazem. Laserové skenování se podle vlnové délky paprsku dělí na batymetrické a topografické – využívá blízké infračervené pásmo (Vosselman, Maas 2010). Ke skenování se kromě laserových snímačů používá i ultrazvukových a vizuálních senzorů. Výsledkem skenování je mračno bodů obsahující definovaný souřadnicový systém. Bodové mračno se pak dále zpracovává do podoby výsledného 3D modelu. Lze použít i filtry pomocí nichž jdou rozlišit jednotlivé části prostředí i vektorizace pro detekci linií, hran a profilů. Metoda se využívá pro navigace uvnitř

budov a rekonstrukce budov ve městech. K hlavním výhodám se řadí vysoká přesnost a rychlé zpracování dat. Finanční náročnost a velký objem dat patří k nevýhodám. Laserové skenování lze rozdělit na statické pozemní, mobilní pozemní a letecké skenování. Statické pozemní skenování využívá automatizovaný statický přístroj, který zvládá během krátké doby vytvořit několik výstupů. Příkladem výstupu je 3D model terénu a jeho vizualizace, animace, různé výškové analýzy či posuny terénu.

Mobilní pozemní skenování dokáže naskenovat celá města na rozdíl od statického, které zachytí jednotlivé objekty. Skenovací zařízení je umísťováno na automobily a může pracovat i v noci. Využívá se pro komplexní 3D mapy.

Obrázek č. 11 – Laserové skenování budov



Zdroj: Sobotka (2014)

Fotogrammetrie – slovník VÚGTK (2019) hovoří o fotogrammetrii jako o metodě zabývající se: „zjišťováním geometrických vlastností a polohy objektů a jejich změn z fotografických měřičských snímků a obrazových záznamů.“ Fotogrammetrie se řadí k bezdotykovým metodám měření, protože k vytvoření výsledného modelu využívá pořízené snímky, které vznikly nasnímáním objektu ze všech stran. Proto nelze vytvářet nereálné objekty. Software určený pro zpracování snímků, využívá georeferencování pro definování bodů na snímku. Do vytvořeného modelu je možné vložit texturu ze snímku.

Obrázek č. 12 – Model rozvodné skříně

a) ve skutečnosti



b) ve Photomodeleru (pomocí fotogrammetrické metody)



Zdroj: Photomodeler, vlastní zpracování

Fotogrammetrie se nejčastěji dělí na pozemní a leteckou. Pro modelování budov slouží pozemní fotogrammetrie, která převede středový vstupní snímek na pravoúhlý průmět (Land Management 2011). Dále se dá rozlišit fotogrammetrie jednosnímková, dvou a vícesnímková. Dvousnímková stereofotogrammetrie se používá pro prostorově orientované objekty a využívá umělý stereovjem sloužící k prostorovému vidění. Výhodou je finanční nenáročnost a možnost použít vlastní fotoaparát.

Letecká fotogrammetrie pořizuje snímky kamerou umístěnou v letadle či v bezpilotním letadle známé také jako dron (*Unmanned Aerial Vehicle* – dále jako UAV). K pořizování snímku se stále více používá UAV, neboť je ekonomicky výhodnější než klasické letadlo, ale i přes to závisí na velikosti a charakteru území, které rozhoduje o volbě prostředku. K hlavním výhodám UAV patří bezkontaktní metoda, pomocí níž se mapuje pro člověka nepřístupný terén, dále pak krátká doba sběru dat, automatický let umožňující periodicky opakovat snímkování či online přístup k datům. Ze zpracovaných snímků vzniká např. ortofotomapa vyznačující se velkou přesností, z níž lze vytvořit digitální model terénu i povrchu, hledat tepelné ztráty či provádět analýzu stavu vegetace. Minařík (2016) se zabýval detekcí disturbance lesa pomocí UAV. Výzkum byl zaměřen na využití potenciálu ultra vysokého rozlišení multispektrálních snímků pro analýzu signálů lesa narušení a regenerace v horském lese (Minařík 2016). Výsledek studia prokázal dobrou použitelnost UAV pro analýzu narušení lesa. Heinz (2010) se zabýval využitím UAV pro archeologické mapování, pomocí open-source softwarů zpracovával 3D modely z pořízených snímků a výstupy porovnával podle kvality. UAV se dále zabývají Miříjovský, Remondino či Wendel.

Metoda fotogrammetrie byla použita pro tvorbu nejnámějších českých měst, které jsou součástí virtuálního glóbu Google Earth. I Seznam pro svoji aplikaci Mapy.cz použil fotogrammetrii, pomocí níž vznikly 3D modely celého Česka, které můžeme vidět na obrázku č. 13.

Obrázek č. 13 – 3D pohled na Baziliku svatého Petra a Pavla na Vyšehradě



Zdroj: Mapy.cz (2020)



Zdroj: Google Earth (2020)

Procedurální modelování v posledních letech zaznamenává stále častější použití. Jedná se o metodu, která usnadňuje vytváření většího množství objektů podle zadaných pravidel. Slouží k jednoduššímu a rychlejšímu modelování rozlehlejších modelů (Ceeová, Oršulák 2011). Složité opakující se objekty jsou rozloženy na jednodušší geometrické objekty (Ceeová, Oršulák 2011). Výhodou je menší časová náročnost a možnost vygenerování většího množství modelů. Smelik et al. (2011) uvádí, že z jednoho nastavení parametrů je díky náhodným číslům možné vygenerovat několik rozdílných modelů. Má také své nevýhody například uživatel nevidí výsledný model hned, ale až po vygenerování. Vytvoření modelu, který by přesně popisoval danou realitu by bylo časově náročné, proto se využívá pro objekty, kde zkrácená realita nevádí (stromy, travní porosty, skály).

3.3 Druhy 3D modelů dle reálnosti

3D zobrazení modelů se nejčastěji dělí podle jejich reálnosti. Shiode (2012) rozděluje druhy modelů na 5 kategorií: panoramatické, prizmatické, texturové, architektonické a CAD modely, které budou popsány níže.

3.3.1 Panoramatické modely

Tento model patří k nejjednodušším 3D vizualizacím označovaným také jako pseudovizualizace, které jsou zpracované z panoramatických fotografií. Vícerozměrný efekt je tvořen kombinací fotografií z různých úhlů, což poskytuje uživatelům pohled v zorném úhlu až 360°. Již je možné o nich mluvit jako o 3D zobrazení výsledků, ačkoliv tyto modely nepodporují prostorové analýzy, pohyb či let scénou. Vzhledem k tomu, že se jedná o spojování fotografií do širokoúhlého obrázku dochází k deformaci, ale i přes to se řadí k vysoce realistickým scénám.

3.3.2 Prizmatické modely

Základ prizmatických modelů vychází z 2D mapových podkladů a výškových údajů. Tyto modely si lze jednoduše představit jako základní objekty bez jakýchkoliv architektonických detailů, kromě toho neberou v potaz ani okolní prostředí. Nízká až nulová míra detailů je způsobena svislým pořízením leteckých snímků. Na rozdíl od panoramatických modelů umožňují základní prostorové analýzy jako například výběr nejkratšího spojení či analýzu viditelnosti.

3.3.3 Texturové modely

Texturové modely se od prizmatických liší především pořízenými daty, vznikajícími převážně ze šikmých leteckých a pozemních snímků. Ačkoli tyto modely vychází z prizmatických, mají větší míru detailů a realističnost. Tyto modely se vyznačují jednoduchou geometrií budov a morfologií střech, doplněnou alespoň o vyšší realističnost fasád.

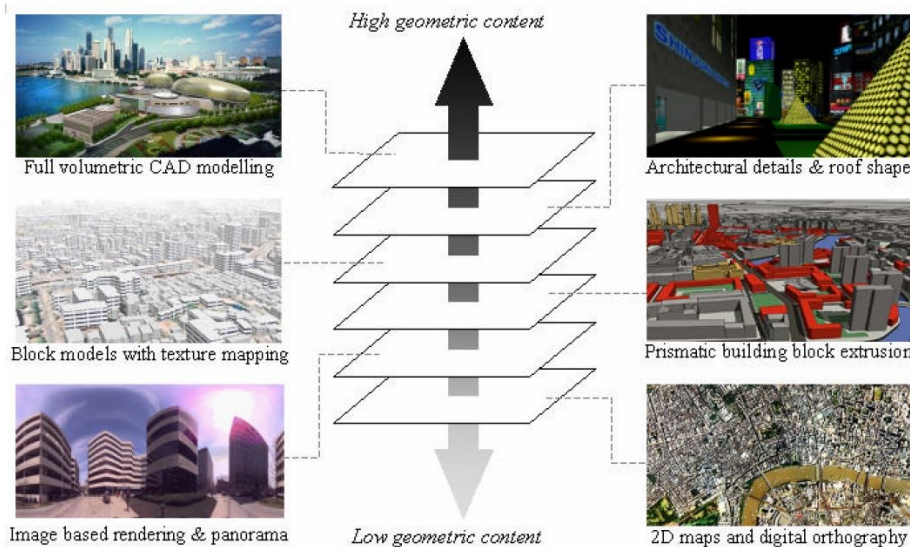
3.3.4 Architektonické modely

Vedle texturových modelů zmiňuje Tomášek (2011) jako další typ architektonické modely s vyšší úrovní detailů. Od výše zmíněných modelů se liší nejen velkou reálností, ale zahrnují i detailnější střešní morfologii. Jejich základem jsou data získaná za pomoci fotogrammetrie a LIDARových technologií. Tomášek (2011, s. 17) uvádí, že „modely jsou vytvářeny pomocí automatizovaného vyhledávání a identifikace korespondenčních bodů na objektech (body, hrany atd.). Následně dochází ke generování modelu, při kterém se využívá získaných dat v kombinaci s uloženými šablonami. Přes všechnu automatizaci je stále nutné provádět manuální zásahy a opravy jejich architektury a designu.“

3.3.5 CAD modely

Nejkomplexnějšími a nejdetailnějšími jsou CAD modely, vycházející z podrobného pozemního měření a snímkování. Převážně se jedná o modely zachycující jednotlivé objekty s vysokou architektonickou mírou detailů, nikoliv o rozsáhlé území, neboť jejich tvorba je značně náročná a drahá. Z tohoto důvodu se používají k prezentaci různých návrhů. V těchto modelech se lze pohybovat či otáčet model o jakýkoliv úhel. Jejich prezentace může být formou statických pohledů, animací či pomocí virtuální reality.

Obrázek č. 14 – Druhy 3D modelů dle stupně přesnosti



Zdroj: Shiode (2012)

3.4 Využití 3D modelu

Využití 3D modelů nalézá široké uplatnění v celé řadě oborů. Mnohdy jsou 3D modely atraktivnější v porovnání s běžnými 2D výstupy (obrázky, text). Uživatelé 3D modelů jsou z řad odborné i laické veřejnosti, přičemž široká veřejnost využívá modely především v případě herního průmyslu či vzdělávání, zatímco odborná veřejnost využívá modely primárně ve svém dalším výzkumu. Například v geografii se 3D modely využívají pro pokročilejší analýzy viditelnosti, proudění vzduchu, rekonstrukci zaniknuté krajiny či historických objektů (Brůha 2017). Často přináší i nové pohledy na řešení různých geografických problémů. Tomášek (2011) zmiňuje další využití 3D modelů v oblasti architektury, urbanismu, územního plánování, cestovního ruchu, vojenství či medicíny.

Široké uplatnění nachází 3D modely i v oblasti vzdělávání, a to především pro svoji atraktivnost a možnost interaktivního přístupu. Typickými příklady učebních oborů, v kterých se takové modely využívají jsou archeologie, architektura, strojírenství, ale také geografie, biologie nebo medicína. Právě na příkladu medicíny je můžeme dobře demonstrovat výhody použití 3D vizualizace, která je na rozdíl od klasických učebních pomůcek názornější, interaktivnější, prostorově méně náročná a častokrát levnější. V dnešní době je tak možné s pomocí virtuální 3D reality vykonávat simulované chirurgické zákroky, bez toho, aby byl v ohrožení lidský život (Reznek a kol. 2002) anebo například není nutné vykonávat obhlídku reálného lidského orgánu, když se student medicíny potřebuje blíže seznámit s jeho strukturou. Využití 3D modelu nalézá uplatnění i ve 3D tisku, u kterého se předpokládá převratný význam v souvislosti s tiskem implantátů, zubů a jiných pomůcek. I odborná veřejnost, jako jsou například

profesionální vojáci, u nichž je důležité rychle se orientovat v prostoru dané lokality, využívají 3D modely ke vzdělávání. Pomocí nich lze plánovat přesun vojenské techniky či vpád nepřítele (Meyer 2017).

Podobně jako i v oblasti vzdělávání i v případě používání produktů herního průmyslu má široká veřejnost možnost přijít do kontaktu s virtuální 3D realitou na různé úrovni přesnosti. 3D model v tomto případě slouží jako podklad pro prostředí, ve kterém se odehrává příběh hry, podobně jsou i postavy modelované za pomoci 3D softwarů. V prostředí herního průmyslu sloužícího především pro zábavu, existují stále dostatečně nevyužité možnosti interaktivnějšího přístupu umožňujícího vzdělávání uživatele. Příkladem může být česká hra: Kingdom Come: Deliverance zasazená do českých zemí v 15. století za vlády Václava III. poskytující tak hráči reálnou představu o městech v tomto období, ale i reálnou představu o panovnících (Warhorse Studios 2020).

Stále častěji jsou 3D modely používány ve virtuální realitě, která kromě 3D prostředí umožňuje uživatelům začlenit se do děje prostřednictvím lidských smyslů. Propojení herního, vzdělávacího a historického odvětví se podařilo v projektu Chernobyl VR Project (The Farm 51, 2020), který poukazuje na výbuch jaderné elektrárny Černobyl, kde se uživatel může pohybovat a vidět zasažené okolí, dokonce i území, které je stále nepřístupné. Vzdělávat se může při nalezení přeživších či různých předmětů reálně nalezených a umístěných v prostoru, které vypovídají o skutečné události (Meyer 2017). Virtuální realita je také použita pro prezentaci rekonstrukce zaniklých historických objektů, ale také pro prezentování zážitků v různých destinacích či jako „procházka“ městem sloužící ke zvýšení turistického ruchu.

3.5 Digitální modely terénu

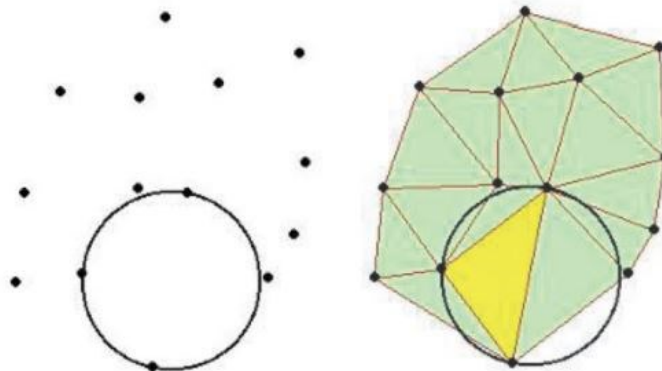
Reálného a přesného zobrazení lze docílit přijatelným znázorněním nadmořských výšek zemského povrchu. Již naši předkové se zabývali znázorněním terénu na starých mapách. Jako první vznikla kopečková metoda, která byla později nahrazena různými druhy šrafů a nakonec vytlačena vrstevnicemi, které mohou být doplněny o stínování. Pro znázornění skutečného povrchu byly poprvé použity digitální modely terénu (dále jen DMT). DMT byl vynalezen v 50. letech minulého století v Massachusetts Institute of Technology, kde dle Nasera (2005) vznikla jeho definice: „DMT je jednoduše statistická reprezentace spojitého povrchu Země pomocí velkého množství bodů se známými souřadnicemi x,y,z v definovaném souřadnicovém prostoru“. Dnes se hojně používá k celé řadě analýz – viditelnosti, sklonu a orientaci, povodí a odtokových poměrů, šíření znečištění či k simulaci povodí. Lze vytvořit z různých zdrojů dat – fotogrammetrické snímání, geodetické měření, laserové skenování, radarová a družicová data a lze ho vytvořit pomocí tří typů datových modelů: rastrový, plátový

a polyedrický model terénu. Vzhledem k řadě termínů a zkratk, které jsou často zaměňovány a chybně se interpretují, budou vysvětleny v kapitole Druhy digitálních modelů.

3.5.1 Polyedrické modely terénu

Povrch je reprezentován sítí nepravidelných rovinných trojúhelníků (*Triangulated Irregular Network* – TIN) vzniklou triangulací a přimykajících se k terénu pomocí nepravidelných plošek (faces). Vrcholy trojúhelníků jsou reálné body na terénní ploše nesoucí informaci o nadmořské výšce a představují např. vrcholy, hřebeny, terénní zlomy ve svahu, kromě toho nesou informaci i o sousedních trojúhelnících. Výhodou je, že v místech s většími terénními nerovnostmi je ke zpřesnění použito více prvků. Tvar trojúhelníků upravuje Delaunayova triangulace (obrázek č. 15), která vezme tři body a proloží jimi kružnici, nepadne-li dovnitř kružnice žádný bod vytvoří se trojúhelník, pokud ale padne, zvolí se jiné tři body (Hubáček 2002). Nevýhodou je tvorba DMT z vrstevnic, kdy může dojít ke vzniku umělých teras, které lze odstranit použitím výškových bodů (Voženílek a kol. 2001). TIN se používá jako základ interpolační metody, kdy se interpoluje plocha lineárně po trojúhelnících.

Obrázek č. 15 – Princip Delaunayho triangulace



Zdroj: Oršulák, Pacina (2012)

3.5.2 Rastrové modely terénu

Rastrové modely terénu jsou sítě plošek převážně čtvercového tvaru (můžou být i jiné složitější tvary) kopírující zemský povrch nepřekrývajícími se ploškami. Urban (1991) považuje model za množinu plošek nacházejících se nad pravidelným rastrem. O ploškách dále hovoří jako o zborcených čtyřúhelnících, které lze rozdělit na trojúhelníky. Informace o nadmořské výšce je uložena v plošce a souvisí s její celou plochou. Výhodou je stejná vzdálenost mezi body v modelu, díky tomu se nad ním dobře počítá interpolace. Na Urbana navazuje Mayer (1995), který kromě definice hovoří o uložení informací nadmořských výšek pouze u některých plošek, přičemž ostatní hodnoty lze snadno dopočítat. Později se tyto hodnoty označují jako *latties*

(Bravený 2008). Hlavní nevýhodou je stejná velikost plošky v celém modelu, přičemž se dostatečně nepřizpůsobí tvaru území. Díky tomu v krajině s velkou nepravidelností (vysoké hory, rozsáhlé pláně a jezera) dojde k přebytku a někde k nedostatku plošek, a proto je nutné reliéf rozdělit na několik modelů a zpracovat je samostatně.

3.5.3 Plátový model

Plátový model lze považovat za kombinaci rastrového a polyedrického modelu. Podle Urbana (1991) je model tvořen z nepravidelných a křivých plošek nejčastěji s trojúhelníkovým nebo čtyřúhelníkovým tvarem. Plošky neboli pláty jsou vedeny tak, aby kopírovali zlomové linie krajiny. Termín plát pochází z průmyslového designu, kde tímto způsobem byly popisovány nepravidelné křivé plochy.

3.5.4 Druhy digitálních modelů

Digitální model terénu (dále jen DMT) je ve světové literatuře označován jako *digital terrain model* (DTM). Často se lze setkat i s označením digitální model reliéfu (DMR). Avšak všechny tyto zkratky znamenají zjednodušené zobrazení zemského povrchu ve smyslu holého povrchu se všemi terénními projevy reliéfu jako hrany, násypy či koryta říčních toků. Zcela vynechána je složka přírody (např. vegetace) a také objekty vytvořené lidskou činností (např. budovy, mosty). Jedná se většinou o 2,5D než 3D model terénu, neboť vektorová data (vrstevnice) obsahují atributy nesoucí informaci o nadmořské výšce.

Digitální model povrchu (dále jen DMP) je ve světové literatuře označován jako *digital surface model* (DSM). Kromě zobrazujícího povrchu terénu jsou na něm znázorněny plochy objektů jako koruny stromů či střechy budov. Vznik je podmíněn automatizovaným vyhodnocením leteckých snímků pomocí obrazové korelace prováděné ve fotogrammetrii.

Digitální výškový model (dále jen DVM) označovaný též jako *digital elevation model* (DEM). Slovník VÚGTK (2020) definuje model jako: „datovou sadu výškových hodnot, které jsou algoritmicky přiřazeny k dvourozměrným souřadnicím.“ Termín charakterizuje modelovací techniku než data, která DEM popisuje (Štych a kol. 2008).

Digitální model území (dále jen DMÚ) v anglickém jazyce označovaný jako *digital landscape model* (DLM). Jedná se o komplexní topografický soubor dat s programovými prostředky umožňující sbírání, zpracování, aktualizování a distribuci digitálních informací o území např. zástavba, vodstvo, vegetace, reliéf (Štych a kol. 2008). V Česku se lze setkat s ZABAGED či DMÚ25.

Digitální model krajiny (dále jen DMK) si lze představit jako schéma krajiny představující základní vlastnosti krajiny. Sestávající se ze třech základních vrstev dat – nadpovrchová data obsahují přírodní složku (vegetace, voda) doplněnou o antropogenní

složku, povrchová data – nesou informaci o reliéfu (DMT) a podpovrchová data – tvořeny geologickou a půdní složkou (horniny, zeminy, podzemní prameny).

3.6 Interpolační metody

Interpolace je metoda používající se pro tvorbu digitálních modelů. Vzhledem k používání výškových dat, která nekompletně reprezentují zpracovávaný povrch je nutné použít interpolačních metod, které slouží k doplnění zpracovávaného povrchu. Interpolací se tedy rozumí proces využívající matematických výpočtů a známých hodnot pro určení konkrétních hodnot atributů sloužící k předpovědi chování terénu. Výsledek interpolace je ovlivněn kvalitou dat především jejich hustotou, rozložením, přesností a vybranou interpolační metodou. Metody se dají rozdělit na globální (*kriging, spline, topo to raster*) a lokální (TIN, IDW, metoda nejbližšího souseda). U globální metody se využívá derivace povrchu ze všech bodů naráz, pomocí ní dosahuje vyvážených výsledků i přes to se v některých místech může výrazně lišit od reality (Štych a kol. 2008). Zatímco lokální metoda k výpočtu používá hodnoty nejbližších pixelů.

Inverse Distance Weighting (dále jen IDW) neboli metoda inverzních vzdáleností. Tato metoda je jednou z nejjednodušších, neboť hodnoty jsou vypočítány pomocí vážených průměrů (Voženílek 1998). Výsledná hodnota je vypočtena z okolních bodů ležících na definované vzdálenosti od středu kružnice. Body ležící blíže k určované buňce mají větší váhu než body ležící dále (Hubáček 2002). Velikost váhy tedy klesá se vzdáleností od určované buňky. Pokud je použito nerovnoměrně rozmístěných dat, pak výsledek dostatečně neodpovídá reálnému povrchu. Obecně lze použít na geochemické či geofyzikální veličiny (například analýzy rozložení úhrnu srážek, či koncentrací látek).

TIN je založen na síti trojúhelníků. Neznámé jsou zjištěny z prostoru uvnitř každého trojúhelníku pomocí lineární interpolace. Používá se na rovnoměrně rozmístěná data. Uplatnění nalézá při vizualizaci terénu a 3D analýzách (sklonitost, viditelnost).

Natural neighbor – metoda nejbližšího souseda, jenž vypočítává vážený průměr z ploch Thiesenových polygonů (Jelének 2010). Thiesenovy pologony vznikají tak, že okolo hledané hodnoty se vyberou tři nejbližší body a z těch je vytvořen trojúhelník. Tato metoda je efektivní pro pravidelně rozmístěná data s malými odchylkami. Využití nalezne v oblasti topografie (například batymetrii) a geofyziky.

Kriging patří k výpočetně náročným metodám, u nichž je nezbytné orientovat se v prostorových statistikách. Podle Štycha a kol. (2008, s. 92): „vychází ze zjištění, že prostorová variabilita řady geoprostorových prvků je příliš nepravidelná, než aby mohla být modelována pomocí vyhlazovacích matematických funkcí.“ Základem jsou strukturální funkce, které vyhodnocují nalezené průměrné hodnoty změn vycházející

ze změny vzdáleností mezi měřenými body (Naser 2005). Vhodná pro nerovnoměrně rozmístěná data, dosahuje přesných výsledků a používá se v geologii či důlním inženýrství.

Spline je označovaná jako metoda minimální křivosti, využívající matematiku, pomocí které jsou křivky definovány (Mitáš, Mitášová 1999). Plynulost povrchu je ovlivněna počtem vstupních bodů, čím více bodů, tím plynulejší povrch. Výsledný hladký povrch prochází měřenými body s minimalizací zakřivení. Nevhodný je pro členitá území s výraznými a náhlými změnami povrchu, proto se využívá tam, kde se veličiny pozvolně mění (hydrologické analýzy).

Metoda *Topo to raster* vznikla s cílem vytvořit hydrologicky vhodný DMT. Proto zkombinovala několik metod – IDW zajišťující přesnost, *Kriging* a *Spline* zaručující prostorovou kontinuitu. Kromě toho dokáže modelovat terén s náhlými změnami a důraz klade i zachování spojitosti modelu.

Trend – ArcGis (2020) definuje metodu jako: „Nástroj používající globální polynomiální interpolaci, která se hodí na hladký povrch definovaný matematickou funkcí (polynomem) ke vstupním vzorkovým bodům. Povrch trendu se postupně mění a v datech zachycuje hrubé vzory.“ Tato metoda je využívána k získání dat, u nichž existuje trend, nikoliv však k vytvoření modelu (Štych a kol. 2008). Povrch lze spočítat polynomičnou funkcí, výsledný povrch je hladký a nemusí procházet vstupními body a chybí lokální detaily (Křížek 2016). Slouží pro sledování prostorových trendů.

4 CHARAKTERISTIKA ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

4.1 Popis lokality

Město Králův Dvůr, ve kterém se nachází stejnojmenný zámek, leží ve Středočeském kraji v okrese Beroun, zhruba 35 km západně od Prahy (Obrázek č.16). První písemná zmínka o Králově Dvoře pochází z roku 1394 a nepřímo souvisí se zámekem, na němž byl zajat Václav IV. Od té doby prošlo město i zámek řadou změn.

Do popředí se od poloviny 14. století dostává Karlova Huť, která je součástí města a proslavila se výrobou železa. Průmyslový charakter města významně ovlivnil architekturu, která je zde patrná dodnes (Topinka 2001).

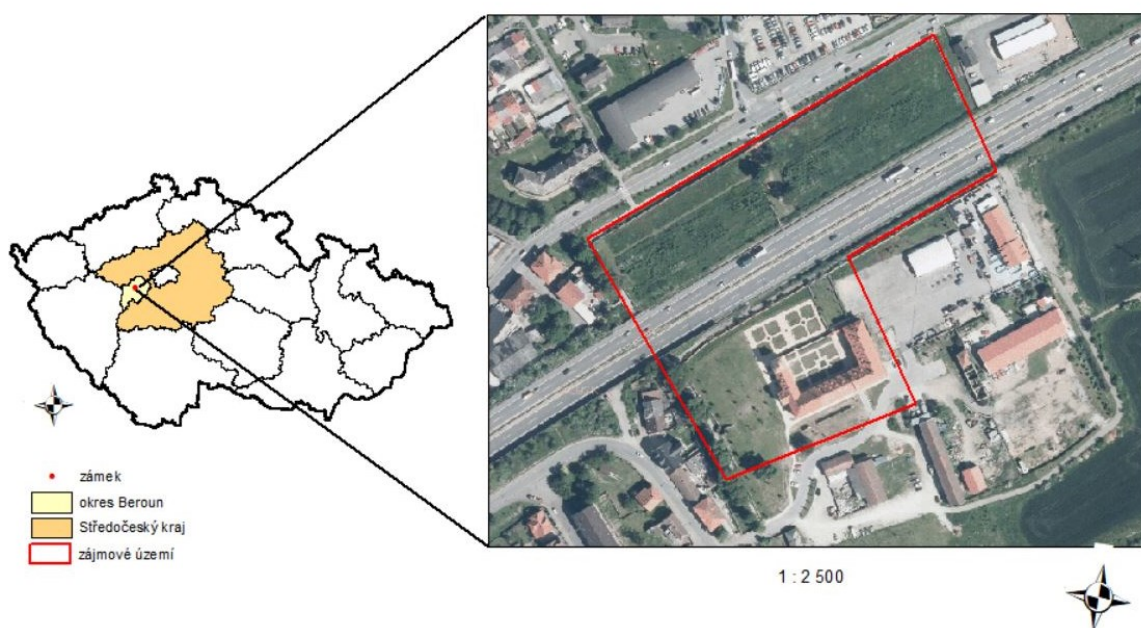
Dominantou města je kostel Nanebevzetí Panny Marie v Počaplech, jenž byl postaven podle plánů Kiliána Ignáce Dientzenhofera. Na jeho stavbě se podíleli téměř všichni obyvatelé tehdejšího panství. Dálnice D5 procházející zámeckou zahradou oddělila spolu se zámekem historické centrum od zbytku města a tím negativně ovlivnila jeho význam. Náměstí ležící nedaleko zámku ztratilo svůj význam kvůli dálnici. Proto se již řadu let uvažuje o jeho přesunu. Kromě dálnice, život obyvatel ovlivňovala řeka Litavka, která v minulosti přinesla několikrát krajinně katastrofální povodně.

4.2 Historie Královodvorského zámku

Zámek byl založen v roce 1236 za vlády krále Václava I., který ho vybudoval jako lovecký dvorec. Výstavba byla zahájena poblíž soutoku řeky Litavky a Dibeřského potoka v obci Počaply, která po něm později dostala název Králův Dvůr (Durdík 1999). Z významných panovníků zde pobýval zakladatel zámku Václav I., který zde na následky zranění z lovu umírá, Karel IV. a jeho syn Václav IV., jenž zde byl v roce 1394 zajat. Až do roku 1522 byl dvorec v rukou odbojného panstva, téhož roku je vrácen zástavním držitelům z Buřenic, kteří se zasloužili o jeho rozšíření. V roce 1557 byl císařem Ferdinandem I. prodán rodu Lobkoviců. Jak uvádí Topinka (2001) Lobkovicové nechali roku 1585 přestavět obdélníkový kamenný dvůr na uzavřený renesanční zámek s vnitřním nádvořím, kde se nacházela kašna z červeného mramoru, později ozdobená císařskou orlicí. V roce 1594 zámek v rukou císaře Rudolfa II. prošel další rekonstrukcí pod vedením stavitele Martina Gambarriho. Rudolf II. zde nechal sídlit točnické hejtmany po celé 17 století. Roku 1639 zámek vyplněn švédskými vojsky, avšak Urbář z roku 1652 vypovídá o nově přestavěném zámku a skvostné zahradě, z čehož lze usuzovat, že nebyl vážně poškozen. Jak uvádí Topinka (2001) nejstarší zobrazení je z roku 1726 jistým písařem Johanem Dinebierem, jenž měl zmapovat škody po požáru, o kterém informuje Farní kronika a poté byl barokně

upraven přibližně do dnešní podoby. V roce 1860 byl prodán rodu Fürstenbergů, kteří ho vlastnili až do roku 1945. V tomto období byl pronajímán a výrazně ničen nájemníky. Na základě Benešových dekretů připadl československému státu, který ho využil pro zemědělskou školu. Největší škody utrpěl v letech 1971, kdy zde byly sklady na zeleninu, přičemž došlo ke zničení veškerých fresek a následná stavba dálnice D5 v roce 1988 zapříčinila rozdělení zámecké zahrady. Tím definitivně oddělila centrum od zbytku obce. V následujícím desetiletí byl zámek značně devastován a následně opuštěn, což vedlo téměř k jeho zničení. V devadesátých letech pozemky a zámek přechází do rukou města Králův Dvůr, avšak část byla vrácena v náhradní restituci. Nejisté majetkoprávní vztahy jsou důvodem, proč se nedařilo nalézt nového majitele. V roce 1999 vyhořela renesanční bašta a došlo k vyrabování zámku. O rok později objekt kupuje soukromý majitel, který zahajuje rekonstrukci s předpokládaným dokončením v roce 2020. V nádvoří jsou pořádány kulturní akce. Až v roce 2011 odkupuje nemovitost město. Následně jsou schváleny dotace, díky nimž zámek prošel rekonstrukcí střech, příjezdové cesty a chodníků, veřejného osvětlení, obnovou části zámecké zahrady a rekonstrukcí části zámku sloužící v současnosti jako městská knihovna a pro spolkovou činnost a konání všech kulturních, městských akcí.

Obrázek č. 16 – Zájmové území



Zdroj: ArcČR 500, ČÚZK, Mapy.cz, vlastní tvorba

5 DATA

Ke zpracování této práce byly využity níže uvedená data získána z několika zdrojů a institucí. Důraz byl kladen především na historická data, která by poskytla představu o objektu ve 13. a 20. století. Pro tvorbu zámku bylo nutné získat dobové fotografie, pohlednice, historické stavební plány a staré mapy a jiný materiál. Nejdůležitějším zdrojem dat bylo město Králův Dvůr, které poskytlo stavební dokumentaci. Dalšími zdroji dat se stal Státní okresní archiv v Berouně a Muzeum Českého krasu. Veškeré použité podklady jsou součástí *Digitálních příloh* umístěných na DVD a *Příloh* č. 1, 7, 9, 11, 12, 14, 16, 18, 22 .

5.1 Archivní snímky a materiály

Od Státního okresního archivu Beroun (<http://www.soapraha.cz/beroun/>) byly získány převážně historické fotografie zachycující zámek od roku 1957 do roku 1990. Pro práci bylo využito sbírky historických fotografií od pana Zdeňka Zůny, které zachycovaly severní, západní a jižní stranu zámku. Tato sbírka posloužila nejen jako vzor pro modelaci, ale i k tvorbě textur jednotlivých fasád. Z 20 fotografií bylo použito 7 historických fotografií. Kromě fotografií poskytl archiv dvě publikace: *Králův Dvůr v proměnách časů* (Paluska, Topinka, 2018) a *Zámek Králův Dvůr v letech 1900–2000* (Šinágl, 2001). Z první publikace byla použita pouze jedna fotografie znázorňující hlavní bránu do zámeckého nádvoří. Publikace od Šinágl posloužila jako doplňkový materiál k historii zámku a k dokreslení představy pro závěrečnou vizualizaci. Veškerá zpřístupněná data byla na základě vyplnění badatelského listu zapůjčena v podobě snímků zaznamenaných na vlastní zařízení.

Muzeum Českého krasu (<http://muzeum-beroun.cz/>) poskytlo 12 digitálních fotografií z let 1900 až 2003. Na základě uzavření smlouvy o provedení a užití fotoreprodukcí sbírkových předmětů byly předány fotografie v digitální podobě. Sbírkový fond muzea prominul poplatek za fotoreprodukcii pod podmínkou dodání bakalářské práce a výstupního videa. Fotografie byly využity jako podklad pro modelaci jižní strany zámku z nádvoří a pro vizualizaci přilehlých zahrad. Na žádné fotografii nebyl zachycen zámek z východní strany v roce 1970, proto pro modelaci bylo využito fotografií z roku 1990.

5.2 Stavební dokumentace

Stavební dokumentaci zpracovanou Ing. arch. Milošem Haasem poskytlo město Králův Dvůr (<https://www.kraluv-dvur.cz/>). Konkrétně se jednalo o Stavebně historický průzkum skládající se z textové části, obrazové a plánové přílohy a fotodokumentace současného stavu. První část seznamuje s velmi podrobnou historií zámku a zámeckých

zahrad. Ve druhé části jsou reprodukovány historické plány převážně z 18. století, které byly použity jako přílohové obrázky do vizualizace zpřístupněné na internetu. Dále se zde nachází plány současného stavu včetně řezů a přesných rozměrů půdorysu, výšek, ale i velikosti oken a dveří. V této části je velmi důležitý Srovnávací materiál, který se stal jediným zdrojem pro modelaci období před rokem 1253, na jehož základě vytvořil Ing. arch. Miloš Haase schematický půdorysný obrázek loveckého dvorce spolu s obrázkem pokusu rekonstrukce. Z poslední části byly využity fotografie pořízené v roce 1990, které zachycují zámek z východní strany spolu s přílehlou garáží a dále fotografie nádvoří zachycující jeho východní část. Kromě Stavebně historického průzkumu bylo ve složce nalezeno 18 fotografií pořízených z dronu, které poskytly náhled na střechu a přílehlé zámecké zahrady. Dále byly k dispozici technické zprávy o venkovním osvětlení, terénní a sadové úpravy, drobná architektura (rozměry, výšky zdí), slaboproudové a silnoproudové rozvody, požární bezpečnost, konstrukce a stavební plány (podélné a příčné řezy budov s rozměry). Pro účel modelování byly nejužitečnější podélné a příčné řezy, které poskytovali přesné výšky a rozměry nejen budov, ale i střech.

5.3 Vlastní snímky

Pro modelaci současného stavu zámku byly použity vlastní fotografie zachycující zámek v roce 2020. Celkem bylo pořízeno 220 fotografií, z některých byly vytvořeny textury fasád, dveří. Kromě celkového pohledu na zámek byly pořízeny fotografie zachycující detaily vstupní brány a ostatních bran do zahrady, zábradlí a veškeré zdi areálu zámku.

5.4 Zdroje dat pro DMT

Pro období před rokem 1253 nebyl k dispozici žádný zdroj z něhož by šel vytvořit DMT, proto bylo využito schematického nákresu dostupného ve stavební dokumentaci. Pro druhé období bylo využito webu CADMAPPER (<https://cadmapper.com/>).

Pro období současnosti bylo využito výškopisu ZABAGED (<https://geoportal.cuzk.cz/>). Pro tuto práci byla využita základní mapa v měřítku 1:10 000 (dále jako ZM10) s označením mapového listu 12-41-11 se souřadnicovým systémem *S-JTSK Krovak East North*.

6 POUŽITÝ SOFTWARE

Klíčovými programy pro práci byl SketchUp MAKE 2017, ArcGIS for Desktop ve verzi 10.6.1, Lumion ve verzi 10.5 a GIMP ve verzi 2.10.18, které jsou podrobněji popsány níže. Programy ArcGIS a Lumion byly poskytnuté jako studentské licence. Zatímco program SketchUp byl stažen v poslední dostupné verzi MAKE 2017, která je poskytována bezplatně a již nebude dále vyvíjena jako desktopová aplikace, ale jen jako aplikace pro webové prostředí. Pro úpravu a střih videa byl použit software DaVinci Resolve 16 dostupný zdarma.

6.1 Google SketchUp

SketchUp je CAD software, jenž byl vyvinut společností @Last Software jako 3D nástroj pro tvorbu 3D modelů. Na trhu se poprvé objevuje v roce 2000 a téhož roku získává svoji první cenu, především za svoji jednoduchost a kratší dobu učení oproti jiným softwarům. Z těchto důvodů patří k nejvíce využívaným programům napříč všemi obory od architektury přes strojírenství až po vytváření počítačových her. V roce 2006 kupuje SketchUp společnost Google, která umožnila nahrávat 3D modely do Google Earth, o čtyři roky později lze v softwaru georeferencovat podle Google Map. Až do roku 2012, než ho koupila společnost Trimble Navigation, se jednalo o *open source software* (OSS) s otevřeným zdrojovým kódem, jenž umožňoval uživatelům zdokonalovat software. Společnost Trimble vydává svou „první verzi“ v roce 2013, při níž došlo ke změně softwaru na proprietární, což znamená software s uzavřeným zdrojovým kódem, ke kterému má přístup pouze vlastník. Takovéto softwary můžeme označit jako komerční, neboť jsou ve většině případů prodávány. Od roku 2013 je vydáván ve verzích Pro a Make, která je poskytována pro soukromé účely zdarma, ale chybí zde některé vybrané funkce jako například export/ import. Software je dostupný na oficiálních stránkách (www.sketchup.cz) pro OS Windows a Mac, pro jiné systémy není dostupný. V současnosti je nejnovější verzí SketchUp 2019, jehož placená verze na 1 rok stojí 6 990 Kč bez DPH. V této verzi došlo k vylepšení například nástroje pro měření, zlepšení řezů a lepšímu vyhledávání ve 3D Warehouse (databáze 3D modelů dostupných zdarma). Jednou z výhod je tvorba vlastních textur, přiřazení geolokace ve formátu (.kmz), ale má i své nevýhody, nejčastěji je kritizován za špatnou tvorbu kulových ploch.

6.2 ArcGIS

GIS je zkratka pro geografický informační systém vhodný pro práci s prostorovými daty. Umožňuje spravovat, ukládat, a hlavně je podrobně analyzovat, najít mezi nimi vztahy, a nakonec je přehledně vizualizovat.

Pro účely této bakalářské práce byly využity produkty výhradně firmy ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), která byla založena již v roce 1969 se sídlem v Redlands (Kalifornie, USA). Společnost ESRI dělí své produkty do pěti základních skupin:

- ArcGIS Desktop – základní nástroj, který nabízí velké množství nástrojů pro koncové uživatele
- ArcGIS Server – využití pro tvorbu a správu webových aplikací, dat zajišťující plnou funkcionalitu GIS
- ArcGIS Mobile – umožňují přístup odkudkoliv, je možné přes mobilní zařízení zaznamenávat data přímo do ArcGis
- ArcGis Online – nástroj pro sdílení, publikaci a prohlížení v rámci internetu
- ArcGis for developers – nabízí možnost vložení vlastních GIS aplikací

ArcGis Desktop zahrnuje následující aplikace:

- ArcMap – slouží pro manipulaci s daty a umožňuje tvorbu map a prostorové analýzy
- ArcCatalog – umožňuje organizovat a přistupovat ke všem informacím GIS (např.: datové sady, mapy, glóby, metadata), zahrnuje nástroje pro hledání a procházení geografických informací
- ArcToolbox – poskytuje různé nástroje, které se využívají například k převodu dat, modelování a prostorové analýze

Licence lze rozdělit na komerční a nekomerční sféru. V komerční sféře ESRI nabízí tři úrovně licencování:

- Basic – disponuje základními nástroji pro správu, tvorbu a editaci dat
- Standard – pro všechny, kteří chtějí využívat geodatabázi, provádět kontroly topologie a spravovat vektorové formáty
- Advanced – je určeno pro specialisty, kteří chtějí dostat z GIS maximum a vytvářet profesionální mapové výstupy

Nekomerční sféru lze rozdělit na ArcGIS pro studenty, kteří mají k dispozici všechny nástroje a druhou kategorií je využití ArcGIS pro osobní použití, které je rovněž zpoplatněno (ArcData Praha 2020).

6.3 Lumion

Lumion je software určený primárně pro 3D vizualizaci a animaci. Hlavním cílem je dotvořit a oživit již vytvořené 3D modely. Velkou výhodou je zobrazení renderu v reálném čase, což umožňuje uživateli pohybovat se v modelu a vidět zhruba výslednou vizualizaci. K vysoké realističnosti výstupu přispívá především celá řada

knihoven objektů jako jsou vegetace, postavy, roční období, dopravní prostředky. Mimo to program umožňuje nastavit stíny, osvětlení a oblaka. Unikátní funkcí je tvorba trávy, u které lze nastavit délka a hustota porostu.

Stejně jako SketchUp si získal mnoho uživatelů pro svoji jednoduchost a rychlé osvojení. Ovšem od ostatních softwarů se liší především tím, že všechny výpočty probíhají na grafické kartě. Řadí se tedy k GPU renderům, jenž využívají grafickou kartu, na rozdíl od CPU renderů využívajících procesor počítače.

Software patří k produkci holandské firmy Act-3D BV (www.lumion.com), která uvolnila pro studenty licenci EDU PRO, která se od placené licence odlišuje pouze umístěným vodoznakem a neslouží ke komerčním účelům. Mimo to poskytuje zdarma zkušební verzi a verzi demo, která má omezené knihovny, efekty a výstupy. Ve verzi Pro je k dispozici větší knihovna a efekty. Výhodou je, že umožňuje nahrát soubory z většiny grafických programů příkladem přímých podpor je *DAE (Collada), *SKP (SketchUp), *DXF (AutoDesk), *3DS (3DSMax) a řada dalších. Výstup je ve formě obrázků či videa (Lumion 2020).

6.4 GIMP

Software GNU *Image Manipulation Program* známý převážně pod zkratkou GIMP je multiplatformový editor obrázků, jenž byl původně vyvinut v roce 1995 jako školní projekt na univerzitě v Berkeley. Za autory jsou považovány Peter Mattis a Spencer Kimball. Původně byl vyvinut pro operační systém Linux, avšak od verze 2.0 se začal vyvíjet pro všechny operační systémy. Hlavní výhodou softwaru je jeho otevřený zdrojový kód, který může uživatel měnit, vylepšovat a dále distribuovat své změny. GIMP se tedy řadí k plnohodnotným OSS, díky čemuž se stal obstojným konkurentem softwaru AdobePhotoshop. V současnosti je dostupný ve verzi 2.10.18 a umožňuje výběr z 81 jazyků včetně češtiny. Využíván je pro úpravy obrázků, retušování fotografií, převod mezi různými formáty obrázků, ale také k tvorbě webové grafiky (GIMP 2020).

6.5 DaVinci Resolve

DaVinci Resolve je software určený pro editaci, střih, úpravu barev a zvuků. První verze byla vydaná firmou Da Vinci Renaissance v roce 2004. V roce 2009 software odkoupila australská firma Blackmagic Design, pod jejím vedením došlo k výraznému zlevnění softwaru. Od roku 2011 je software poskytován ve dvou verzích DaVinci Resolve a Davinci Resolve Studio. První verze je poskytována zdarma. Nevýhodou tohoto softwaru, převážně pro běžné uživatele je velká náročnost na hardware a paměť počítače, důraz je kladen i na výkonné grafické karty nVidia nebo AMD. V současné době je k dispozici verze 16, která je využívána profesionály z řad editorů, koloristů,

umělců či zvukových designérů. Mezi hlavní přednosti se řadí stabilizace obrazu, strojové učení, pomocí něhož lze např. rozpoznat obličej, dále pak čištění zvuku z pásky, vzdálená spolupráce, a především velmi dobrou úpravu barev (DaVinci Resolve 16 2020). O jeho kvalitách svědčí i použití v několika známých filmech jako je např.: The Favourite, Spider-Man či Solo: A Star Wars Story (Syntex 2020).

7 METODIKA

V následující části práce je popsána metodika, která vedla k dosažení stanovených cílů. Tvorba DMT probíhala třemi různými způsoby, a to v prostředí Lumionu, ArcMapu a Cadmapperu. Inspirací pro 3D modelaci se stal projekt australského města Melbourne, který zaniklé a současné budovy modeluje z historických a vlastních fotografií. Tento projekt je podrobněji popsán v kapitole *Literární rešerše*. Jedinou změnou od tohoto projektu je zvolená metoda modelace. Za vhodnou metodu bylo vybráno ruční modelování, které poskytuje jak finanční nenáročnost, tak i aplikovatelnost (s ohledem) na data, která jsou použita pro tuto bakalářskou práci. Tvorba 3D modelu probíhala ve SketchUp Make 2017 na základě nalezených podkladů, následná vizualizace a tvorba snímků, videa byla vytvořena v softwaru Lumion Pro 9.5 Student. Prezentace výsledných modelů probíhala v prostředí Youtube a Theasys.

7.1 Tvorba DMT

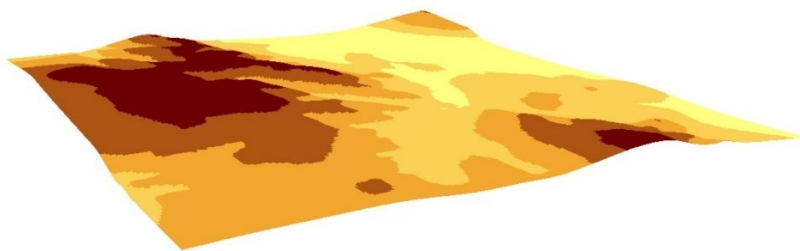
Před samotnou tvorbou DMT bylo nutné zvolit velikost zájmového území podle kterého by byl vytvořen model terénu. V softwaru ArcCatalog byla vytvořena nová databáze (*New – File Geodatabase*) kam byly ukládány veškerá data ze softwaru ArcMap. Vyjma nastavení souřadnicového systému S-JTSK byly nastaveny i relativní cesty ke zdrojům (*File – Map Document Properties – Store relative pathnames to data sources*). Následně došlo k vytvoření nové polygonové vrstvy (*New – Feature Class*) pojmenované jako zájmové území s nastaveným systémem z geodatabáze. Jako podklad pro tvorbu DMT byly zvoleny souřadnice ZABAGED od ČÚZK a importovány ve formě linií. Využitím služby *Web Map Servis* (WMS), jež je dostupná v ArcMap (*GIS Servers – Add WMS Server*) došlo prostřednictvím webového odkazu k nahrání ZM10 od ČÚZK. U této vrstvy se snížila průhlednost na 50%, díky čemuž je možné vidět i nahrané vrstevnice. Na zatím prázdnou vrstvu zájmového území byl spuštěn Editor a v konstrukčním nástroji byl vybrán obdélník (*Editor – Start Editing – zájmové území – Construction Tools – Rectangle*). Vytvořený obdélník byl umístěn tak aby odpovídal požadovanému území. Ořezání vrstevnic podle zájmového území bylo provedeno funkcí *Clip*. Pro již připravenou vrstvu byla vybrána interpolační metoda *Topo to Raster*, která zachovává spojitost modelu a k přesnosti využívá kombinaci

několika metod. Do této metody byla nahrána vrstva oříznutých vrstevnic. Poté byl ve sloupci *Field* nastaven název sloupce, ve kterém jsou zaneseny informace o nadmořské výšce. V dalším sloupci byl zvolen typ *Contour*. Poslední nastavenou hodnotou v této funkci je velikost buňky rastru, která byla pro zájmové území zvolena na velikost 2 m. Vytvořený digitální model terénu bylo potřeba exportovat do formátu TIFF, který je podporován softwarem Lumion. K tomu byla využita funkce *Export Raster Data* s nastavením formátu TIFF, bez komprese s velikostí pixelu 2 m, které lze vidět na obrázku č.17. V softwaru Lumion byl výsledný TIFF nahrán jako mapa krajiny. Takto vytvořený DMT byl připravený pro období zámku v současnosti.

Pro druhé období byl DMT vytvořen na webu CADMAPPER. Nejprve byla provedena registrace a byl vybrán program SketchUp2015+. Následně vyhledána zájmová oblast, u které byla nastavena požadovaná rozloha. Konkrétně se jednalo o rozlohu 0,26 km². Dále došlo k nastavení 3D budov a topografie, u *road geometry* byla zvolena možnost *Outlines*. Po zadání všech parametrů bylo možné model vygenerovat a zkontrolovat topografii i 2D pohled. Součástí modelu jsou silnice, parky, vodstvo a vytažené holé budovy, které byly odstraněny.

Obrázek č. 17 – Výsledný DMT

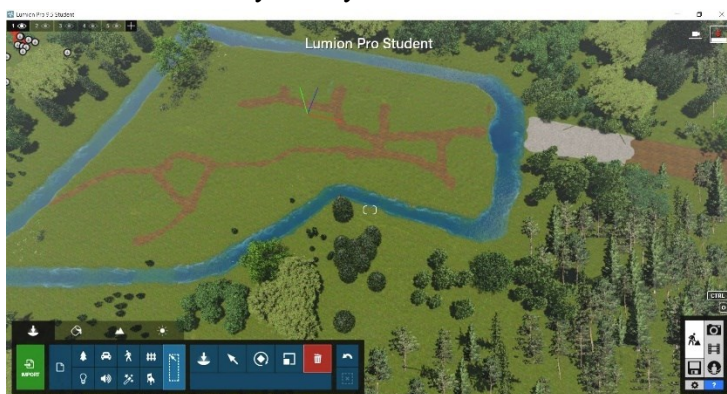
Zachycující DMT pro období současnosti, 3D zobrazení je v softwaru ArcScene



Zdroj: ArcScene, vlastní tvorba

Pro období 13. století byl DMT tvořen jednak na základě obrázku nalezeného ve stavební dokumentaci a vycházelo se z terénu ze skutečnosti. Tvorba probíhala manuálně v softwaru Lumion. Po získání studentské licence byla v Lumionu nastavena scéna, konkrétně možnost roviny (*Plain*), po načtení scény byla zvolena ikona „krajina“ z ní pak vybrána výška. To otevřelo nástroje jako: zvednout, snížit, srovnat, zdrsnit a zjemnit terén. Posléze byla nastavena velikost a rychlost štětce, jakou se bude měnit terén. Z podkladů znázorňující lovecký dvorec byl vidět příkop. Na základě znalosti okolí, ve kterém se nachází Dibeřský potok a řeka Litavka se lze domnívat, že příkop byl vyplněn vodou. V rovině byl ponechán lovecký dvorec a mírný zdvih terénu byl proveden v okolí, nicméně se nejedná o žádné zásadní výšky. Připravený terén pro období před rokem 1253 v softwaru Lumion (obrázek č. 18) je nachystán pro import loveckého dvorce ze SketchUp.

Obrázek č. 18 – Výsledný DMT v softwaru Lumion

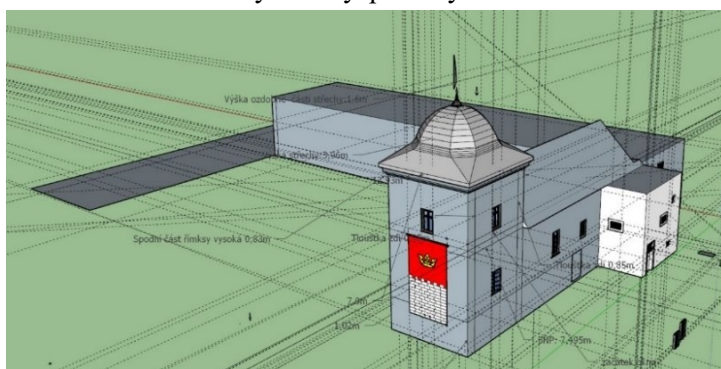


Zdroj: vlastní tvorba

7.2 Tvorba 3D objektů

Po spuštění softwaru SketchUp bylo nutné nastavit pracovní plochu a zvolit za jednotky metry (Šablona – Architekt design – m). Po nahrání je k dispozici projekt, ve kterém se vyskytují tři souřadnicové osy (x, y, z) a počátek jejich soustavy. Před začátkem modelace bylo nutné ze stavební dokumentace vyčíst rozměry půdorysu zámku. Pomocí nástroje tužka byl naznačen směr linie, přičemž bylo využito možnosti číselného zadání přesné délky linie. Takto postupně vznikl celý půdorys zámku. Po vytažení půdorysu do výšky posloužil nástroj push/pull, který vytvořil základní 3D objekt (obrázek č. 19). Z dokumentace lze vyčíst i rozměry oken a dveří, případě jejich hloubku. Avšak některé rozměry zcela chyběly, a protože se nacházely ve výšce nešly ani změřit. Proto bylo využito softwaru *PDF – XChange Viewer*, který poskytuje nástroj měření vzdálenosti. Tím byla změřena délka známé hodnoty a bylo spočítáno jaké velikosti odpovídá 1 m. Následně byly změřeny zbylé rozměry a přepočítána jejich délka na metry. Některé části si i přes to vyžadovaly ruční měření. Při této příležitosti byla ověřena správnost vypočítaných rozměrů. Rozměry dosahovaly odchylky zhruba 1,5 cm.

Obrázek č. 19 – Vytažený půdorys zámku



Zdroj: vlastní tvorba

Postupně se pomocí základních nástrojů modelovaly jednotlivé části zámku. Pro rozmístění oken byl využit nástroj metr, kde se také dají zadat číselné údaje. V případě oken a dveří byl vytvořen obdélník v požadované velikosti a odstraněna jeho výplň, pomocí nástroje Move se prvek rozkopíroval. Některá okna například na západní straně zámku v dokumentaci chyběla. Buďto byla na základě jiných částí odhadnuta nebo byla využita textura z pořízených snímků. Opakující se části v modelu (např. okna a komíny) byly sloučeny do skupin, což umožnilo následnou manipulaci. Dalším nástrojem využitým především k tvorbě přesahu střech byl nástroj Offset. Nejsložitější částí obsahující nepravidelné, různě zaoblené a zakřivené části byly ozdobné brány a zábradlí. Tento problém byl vyřešen importem fotografií (*File – Import*) a jejich zvětšením do požadovaných velikostí. Pomocí nástrojů tužka, oblouk a kruh byl zrekonstruován obrys hran a následně nástrojem *push/pull* vytáhnut do 3D podoby.

V případě bran byla vytvořena pouze polovina s využitím nástroje měřítko. To kromě změny velikosti umožňuje objekty zrcadlit (obrázek č. 20). Náročným úkolem byla střecha věže na západní straně zámku. Zde byl použit nástroj *Follow Me*, který definuje základní plochu požadovaného tvaru a trasu, kterou má sledovat. Tento nástroj byl použit k tvorbě okapů a říms. Dálnice byla vymodelována pomocí dat stažených z 3D Warehouse. Z dokumentace, která zobrazuje rozměry bylo využito zakreslených nadmořských výšek, které znázorňují sklon zámku. Na základě toho byl zámek upraven, což je vidět na obrázku č. 21, který je připraven pro export do Lumionu.

Obrázek č. 20 – Tvorba brány

Složitě tvary lze modelovat pomocí vložené fotografie a základních nástrojů

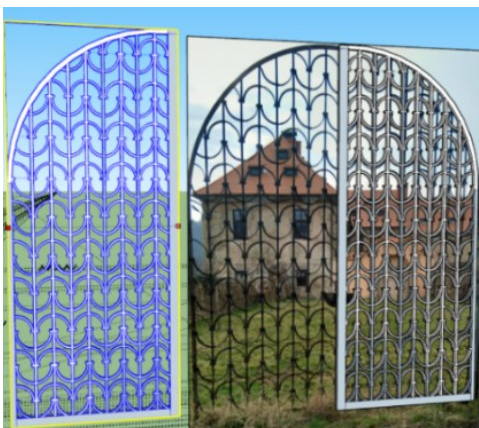
a) Oblouk, tužka



b) Move



c) Zrcadlení

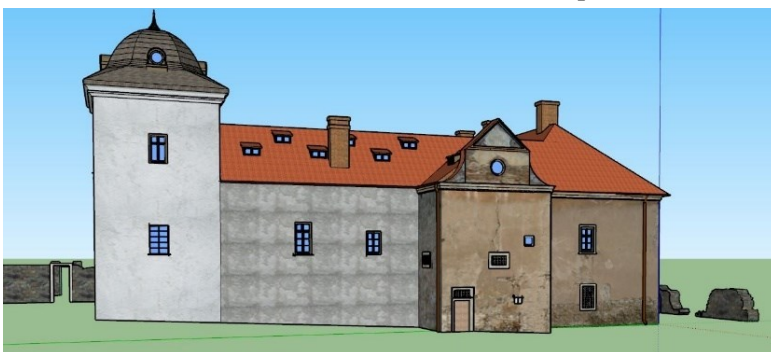


d) Výsledná brána



Zdroj: vlastní tvorba

Obrázek č. 21 – Model zámku ve SketchUp



Zdroj: vlastní tvorba

Výsledkem jsou 3 modely ve formátu .skp, které po obarvení, otexturování byly exportovány do Lumionu. V případě období před rokem 1253 se lišil postup tvorby půdorysu. K dispozici jsou pouze informace, že se jednalo o kamenný dvorec ve tvaru čtverce a dva jednoduché nákresy jeho přibližné podoby. Na jednom z nich je vidět půdorysná rekonstrukce zakreslená na leteckém snímku překreslující přibližně rok 1970 (obr. č. 22). Na základě toho byl obrázek importován a zvětšen, tak aby odpovídal současným rozměrům. Následně byl překreslen a dále se postupovalo stejně jako v předchozím případě, a to s jedinou výjimkou, že nebyly zjištěny žádné další rozměry a vše bylo odhadnuto. Inspirací se staly dochované tvrze z podobného období např. tvrz Cuknštejn (www.hrady.cz/?OID=121).

Obrázek č. 22 – Půdorys loveckého dvorce



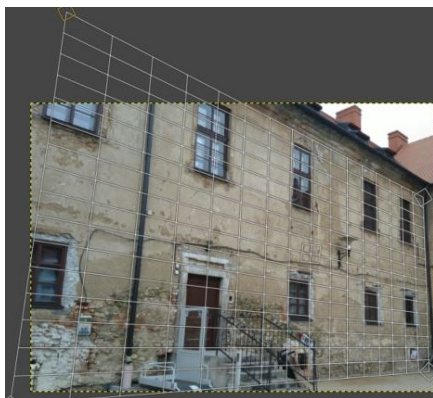
Zdroj: Stavebně historický průzkum (2020)

7.3 Tvorba textur

Textury byly vytvořeny z pořízených snímků v softwaru GIMP. V případě šikmého snímku byl použit nástroj otočení. U některých snímků došlo ke kolinearitě a tato chyba byla odstraněna nástrojem perspektiva pomocí korektivního režimu (obrázek č. 23).

Obrázek č. 23 – Odstranění kolinearit

a) S kolinearitou



b) Bez kolinearit



Zdroj: vlastní tvorba

Následně byl použit nástroj ořezání, kterým byla vybrána část obrázku pro texturu. V případě použití takto upravených textur aplikovaných na větší plochu vznikly výrazné přechody, způsobené opakujícími se texturami. Tento problém byl vyřešen úpravou všech stran, tak aby na sebe textury navazovaly. V modelu byly použity i velké textury zachycující celé fasády stran zámku. U takových to fotografií bylo nutné odstranit

nepatřící předměty, stíny, okna či dveře. Vhodným nástrojem bylo klonování, které vybere část fotografie a následně ji překreslí na definovanou plochu (obrázek č. 24). Takto připravené textury byly exportovány ve formátu png. U barevných fotografií bylo použito filtru staré fotografie. Tento filtr byl aplikován pouze na období 70. let 20. století, a to na části, u kterých nebyla nalezena žádná černobílá fotografie.

Obrázek č. 24 – Výsledná textura z GIMP

Upravená textura nástrojem klonování, zachycující stejnou část jako na ukázce odstranění kolinearit



Zdroj: vlastní tvorba

Kromě využití již předdefinovaných materiálů ze SketchUpu byl vytvořen i vlastní materiál, u kterého byla vybrána možnost *use texture image* a následně byla importována již připravená textura ze softwaru GIMP. Jednou z nevýhod je požadavek přesného zadání rozměrů plochy, na kterou má být textura umístěna. Pokud byly rozměry zadány špatně, došlo k opakování textury na požadované ploše nebo byla textura moc velká a je vidět jen její část. Tento problém byl vyřešen pomocí nástroje (*Texture – Position*). To způsobilo zprůhlednění textury a na okrajích se objevily čtyři špendlíky, sloužící ke zmenšení/ zvětšení, posunu a otáčení. Tímto způsobem bylo dosaženo vhodného nastavení textur. V případě portálu na jižní straně zámku nebylo použito klasického texturování, nýbrž importu obrázku umístěného nad texturu fasády. Toto řešení bylo využito pouze na zmiňovaný portál, jelikož import snímku zvětšuje velikost výsledného modelu. Na obrázku č. 25 je znázorněn problém při texturování zaoblených ploch. Pro lepší výsledek byl nainstalován a použit plugin Fredo Tools od vydavatele Fredo6 (www.sketchucation.com/forums/viewtopic.php?f=323&t=42089#p373073).

Obrázek č. 25 – Texturování zaoblených ploch

a) Bez nástroje Fredo Tools



b) S nástrojem Fredo Tools



Zdroj: vlastní tvorba

7.4 Vizualizace modelů

Software Lumion nabízí velmi realistickou vizualizaci externích scén, i přes všechny náročné požadavky na výkon počítače byl zvolen jako nejvhodnější. Po spuštění softwaru byla vybrána scéna roviny. Po načtení bylo zobrazeno pracovní prostředí, ve kterém se nachází 2D tráva, obloha a 3 souřadnicové osy (x,y,z) a počátek jejich soustavy. K dispozici jsou 4 záložky: objekty, materiály, krajina a počasí. Vytvořené modely ve SketchUp byly importovány ve formátu .skp. Při importu bylo vyžadováno nastavení názvu modelu, umístění modelu do složky a import hran. Model byl pojmenován podle názvu období, složka byla ponechána jako hlavní a u importu hran bylo vybráno pole zapnuto pro lepší vzhled modelu. Po importování se objevil žlutý kříž, který se umístil do počátku souřadnicového systému. Model byl naimportován se všemi texturami a barvami, u nichž byly zachovány veškeré vztahy mezi vrstvami. Následovalo upravení materiálů. Výběrem vrstvy střechy se označí zeleně všechny stejné textury. Otevře se knihovna materiálů, kde je na výběr z přírodních, indoor, outdoor materiálů a volitelných. U všech střech byla vybrána kategorie volitelná a z ní kategorie standard. U této kategorie byly ponechány beze změny vlastnosti materiálu jako zbarvení, reliéf a měřítko. U všech textur byly upraveny vlastnosti lesku a odrazivosti. U dřevěných bran byla vybrána kategorie dřeva, zvoleno bylo tmavé dřevo, u něhož byl nastaven parametr reliéfu a v pokročilém nastavení opotřebení dřeva a hran. Takto bylo postupováno u všech materiálů, dokud nebyly všechny nastaveny. Jediný problém bylo překrytí více vrstev, které „blikaly“. Řešením bylo buďto odstranit jednu plochu, což nebylo aplikováno. Nebo zvolit v materiálech pokročilé nastavení a vybrat redukci překrytí. Tato metoda byla aplikována na portál v jižní straně zámku, kde byl portál nahrán jako fotografie přes jižní fasádu (Obrázek č. 26). V případě umístění šedé plochy byl zvolen materiál krajiny a došlo ke splynutí s okolním terénem.

Obrázek č. 26 – Překryv textur



Zdroj: vlastní tvorba

V kategorii krajina se kromě úprav terénu, nachází možnost vody. Vodou byl vyplněn příkop kolem loveckého dvorce a vybrána znečištěná voda, nastavena velikost objektu a výška vodní hladiny. Dále byla zapnuta 3D tráva, u které se nastavila výška, velikost a přidány např. pampelišky či sedmikrásky. Po vytvoření krajiny bylo potřeba na terén umístit cesty, to umožnila kategorie krajiny, jejíž součástí je položka barva. U hlavních cest byla zvolena barva šterk, nastavena velikost a zvolena rychlost štětce a jeho velikost. Pomocí štětce se nakreslily cesty. Jako jediný problém tohoto nástroje je tvar štětce, který je kulatý, což zapříčiní nerovný tvar cesty. U vedlejších cest byl zvolen písek nebo hlína. Na závěr byly umístěny objekty jako stromy, květiny, u kterých se nastavila velikost, rotace a v pokročilém nastavení možnost umístění na zem. Podle fotografií byly umístěny i ostatní předměty, které jsou vidět ve výsledné vizualizaci. Závěrem se nastavilo požadované počasí.

7.5 Tvorba fotografií a videa

Tvorba fotografií a videa probíhala také v softwaru Lumion. Nejprve bylo načteno požadované období a vybrána možnost foto. Pro porovnání se získanými fotografiemi byl vybrán styl realistický. Pohled byl natočen na požadovaný směr a vybrána možnost uložit kameru, což vytvořilo požadovanou fotografii. Po vytvoření všech fotografií byla vybrána možnost render fotografií a nastavena možnost vyrendrovat sestavu fotografií a velikost. Pro tuto práci byla postačující velikost Email s rozměry 1280x 720 px. Dále byly vyzkoušeny různé styly jako například noc, denní doba, barevná skica či vodové barvy. K těmto stylům byly zvoleny různé efekty. Ve stylu noc byl přidán efekt měsíce. U stylu zataženo byly nastaveny sněhové srážky, vybrána větší fáze srážek a další nastavení. Na obrázku č. 27 jsou zobrazeny fotografie s vybranými styly s různými efekty.

Obrázek č. 27 – Fotografie s vybranými styly a efekty

a) Vlastní



b) Realistický



c) Úsvit



d) Zataženo se srážkami



e) Barevná skica



f) Vodové barvy



Zdroj: vlastní tvorba

Dále byly vytvořeny 3 samostatná videa, která byla následně sloučena do jednoho. Po nahrání požadovaného období byla vybrána možnost video a dále nahrát, což probíhalo podobně jako tvorba fotografií. Byl nastaven požadovaný pohled a pořízena fotografie. Dále byla kamera posunuta v požadovaném směru dále a opět byla pořízena fotografie. Takto byla pořízena celá série fotografií, zhruba jedna fotografie odpovídá 2 vteřinám videa. Software Lumion na základě vytvořených fotografií sám vytvoří pohyb kamerou. Nicméně i v tomto případě nastaly některé problémy. Po spuštění videa bylo zjištěno, že v některých částech se kamera pohybuje příliš rychle. Proto musely být přidány další fotografie, které pohyb kamery zpomalí. Pohyb kamery musel být upraven i v případě průletu branami, kdy docházelo například k průletu zdí. Po opravě všech

chyb bylo nutné nastavit styly a přidat efekty. Nejprve byl vybrán realistický styl, ve kterém byla upravena barevná korekce, došlo ke snížení teploty a světlosti, případně úpravě gamma korekce. Z efektů světla a stíny byly vybrány stíny, odrazy, světlo z nebe a hyperlight. Z efektů kamery bylo využito přednastavených možností, což byla expozice, zaostření a chromatická odchylka. U počasí a klima byla vybrána obloha a mraky, u níž byla nastavena rychlost mraků, množství mraků, množství nízkých a vysokých mraků a jejich směr, jas a jemnost mračen. Tento efekt významně přispěl ke zvýšení realističnosti. Pro současné období byl nastaven vítr, který rozpohyboval stromy u dálnice. Z barev byla zvolena barevná korekce a ostrost u nichž bylo ponecháno defaultní nastavení. Z různých efektů byla vybrána pouze možnost titulek, které sloužily k představení časového období. U titulků byl nastaven začátek objevení, doba trvání a jejich velikost, styl a typ písma. Kromě prvního období byly nastaveny také animace aut a osob. Pro animaci byl zvolen hromadný pohyb, kde byla nastavena cesta, kterou se objekt bude pohybovat, rychlost pohybu u osob byla nechána na 3,6 km/h a u aut to bylo na 50 km/h na silnicích a na dálnicích zvolena na 100 a 120 km/h. Dále byla nastavena šířka cesty, tak aby na ní ležely objekty, které se mají pohybovat. U osob a zvířat se nechalo nastavení osob a odškrtnuty musely být auta a importované objekty. Na závěr bylo video zkontrolováno a zvolen render videa, u něhož se nastavila produkční kvalita, 30 snímků za vteřinu a kvalita Full HD s rozměry 1920x1080 px. Větší kvalita nebyla nastavena z důvodu délky rendru videa, která i v této kvalitě všech tří videí zabrala 24 hodin.

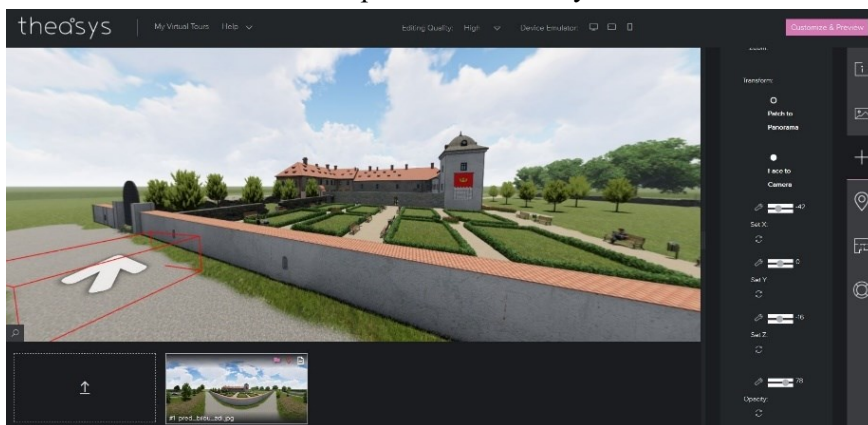
7.6 Střih videa

Po otevření softwaru DaVinci Resolve 16 byl založen nový projekt a importovány všechny videa, následně přetaženy na časovou osu v pořadí, v jakém mají jít za sebou. Z webu Bensoud.com se vybrala hudba, která umožnila použití zdarma pod podmínkou uvedení zdroje. Ta byla nahrána do časové osy také. Následně byly nastaveny efekty jako postupné ztmavení mezi jednotlivými obdobími. Dalším efektem bylo pomalé zvýšení hlasitosti hudby na začátku a snížení hlasitosti na konci každého období. Zvolena byla i stejná hlasitost pro všechnu hudbu. Závěrem úprav byla tvorba titulků s logy jednotlivých softwarů a města Králův Dvůr. Titulky byly vloženy z Toolboxu z kategorie *Title* s efektem *Scroll*. Bohužel software DaVinci neumožňuje vkládání obrázků do titulků. Řešením tohoto problému bylo obrázky vložit na časovou osu nad titulky, kterým se pak přiřadil stejný posun jako textovým titulkům. Díky, tomu se obrázky posouvají spolu s textem. Posledním krokem bylo samotné renderování videa ve formátu MP4 s Full HD rozlišením, tedy 1920x1080 px.

7.7 Prezentace modelu na internetu

K prezentaci modelu na internetu byly vybrány dvě možnosti. Video bude prezentované na webové stránce Youtube a Theasys, který umožňuje pohyb v modelu na základě panoramatických fotografií. V softwaru Lumion byla vybrána možnost 360° panorama, u které byl nastaven pohled kamery, výška pohledu a nastavena horizontální úroveň očí, následně byl snímek vyrendrován. Při renderování byla nastavena produkční kvalita výstupu, válcový formát panoramy a nastaven plochý obraz. Větší kvalita a nastavení nebyly možné z důvodu omezených podmínek v Theasysu. Snímky byly uloženy ve formátu JPG. Po zaregistrování na Theasys, byla vybrána možnost nové virtuální tour, zde bylo období pojmenováno a stručně popsáno. Po spuštění editačního režimu byly nahrány fotografie v takovém pořadí, jakým budou procházena. Prvním krokem po nahrání fotografií je nastavení jedné fotografie jako výchozí. Na obrázku č. 28 je vidět pracovní plocha s nahranou fotografií. Pak byly umístěovány tzv. hotspoty v podobě šipek, u kterých byla nastavena velikost, směr a průhlednost. Po umístění šipek, aby bylo možné se pohybovat dále, byl do každé šipky přetažen již nahraný snímek. U každého snímku byla zvolena lokalizace tak, aby odpovídala místu pohledu a umísťovala se prostřednictvím souřadnic nebo výběru z mapy. Po nahrání fotografie se v pravém horním rohu objevila přetažená fotografie, kde se nastavoval pohled při jeho přemístění. Následně byly automaticky vytvořeny šipky zpět, které bylo potřeba přemístit a znovu natočit do požadovaného směru. Dále byly přidány ještě 4 typy hotspotů. Prvním z nich je informační panel, který po kliknutí zobrazí informace ve formě textu s doplňujícími obrázky. Druhým typem je zobrazení obrázku, například podoba zámku na fotografii. Třetím typem je odkaz na virtuální prohlídku do jiného časového období. Posledním typem je panel, který zobrazí video napříč všemi obdobími.

Obrázek č. 28 – Pracovní prostředí Theasysu



Zdroj: vlastní tvorba

8 VÝSLEDKY

Výsledkem práce jsou tři 3D modely zachycující zámek Králův Dvůr před rokem 1253, v roce 1970 a 2020. Všechny výsledky jsou součástí příloženého DVD. Důraz byl kladen na modelaci zámku a přilehlých zahrad pokrývajících území zhruba 1 km². Lovecký dvorec před rokem 1253 se nacházel v okolí lesů poblíž významné zemské cesty. Kamenný uzavřený dvorec s pár zemědělskými budovami se rozkládal mezi řekou Litavkou a Dibeřským potokem. Z čehož lze usuzovat o existenci vodního kanálu. Častým střídáním majitelů se významně měnil jeho vzhled a funkční využití. V dalším období je zachycen zámek v roce 1970 vystihující vzhled před vybudováním dálnice. Na stavu zámku se významně podepsal komunistický režim, který dovozoval využití historické památky jako skladů na zeleninu. Došlo i k vybudování garáží umístěných k východní části zámku. V roce 2020 je zachycena současná podoba zámku s nově upravenými zahradami a částečnou rekonstrukcí do původní podoby. Současným vlastníkem je město Králův Dvůr, které nechalo v zámku vybudovat knihovnu a využívá zámek pro kulturní akce.

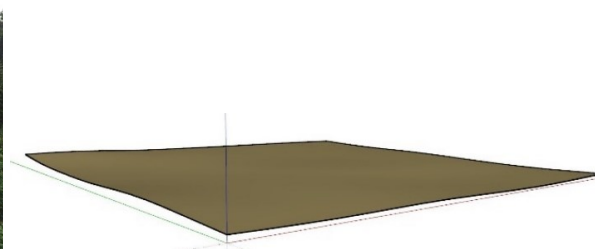
Součástí každého modelu je terén vytvořený odlišnými metodami. První z terénů je vytvořený v softwaru Lumion, zároveň představuje nejméně přesný model. Další vznikl pomocí webu CADMAPPER a poslední byl vytvořen na základě vrstevnic ZABAGED v aplikaci ArcMap pomocí nástroje Topo to Raster. Výsledné DMT lze vidět na obrázku č. 29.

Obrázek č. 29 – Výsledné DMT

a) Lumion



b) Cadmapper



c) ArcMap



Zdroj: vlastní tvorba

Přesnost jednotlivých modelů je závislá převážně na metodě zaměření. Vzhledem k nedostatečným historickým záznamům o podobě zámku před rokem 1253 nelze vyloučit výraznější odchylky prvního modelu v řádech metrů. Z dochované literatury víme, že budova v poslední části dvorce (obrázek č. 30) je stejně velká jako část jižní strany zámku sahající k průjezdu. U ostatních budov byla zvolena metoda nahrání nákresu a zvětšení tak, aby půdorys odpovídal jižní části zámku. Výška budov byla odhadnuta na základě rekonstrukce přiložené v příloze č. 1. U dalších dvou modelů zámku bylo vycházeno ze stavebních plánů, zkontrolovaných měřeními autorky. U zámku je dosaženo odchylky od 1,5 cm do 10 cm. Větší odchylky vykazují komíny a garáže, jejichž rozměry jsou odhadnuty z fotografií ze 70. let, u garáže se může odchylka pohybovat maximálně okolo 50 cm. U všech bran nebyly k dispozici stavební plány, proto se jejich rozměry změřily na současných branách ve směru os x a y, ale nepodařilo se změřit jejich výšku, proto byla odhadnuta. V roce 1970 se v areálu zámku nacházelo větší množství užitkových budov. Jejich rozměry byly odhadnuty nebo vloženy z knihovny v Lumionu.

Obrázek č. 30 – Budova z roku 1236

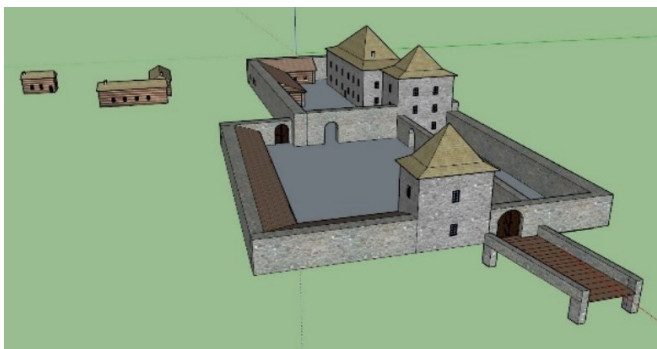


Zdroj: vlastní tvorba

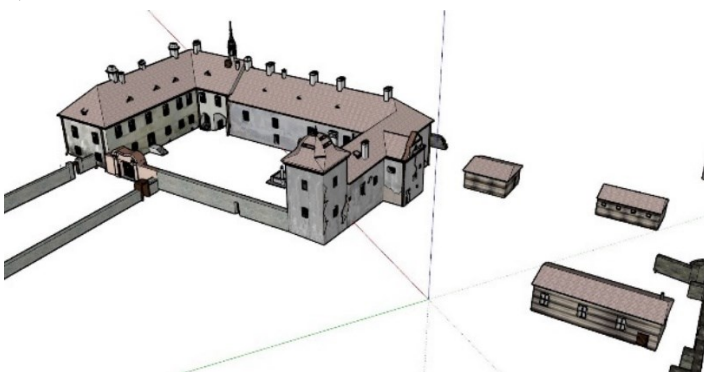
3D modely vznikly v softwaru SketchUp Make 2017. Snahou práce bylo co nejvěrnější vizuální zachycení modelu. Výsledky lze vidět na obrázku č. 31 a v přílohách, v nichž jsou obsaženy finální výstupy s fotografiemi sloužící k posouzení realističnosti. K lepší vizualizaci přispěla tvorba textur z pořízených a historických fotografií upravených v softwaru GIMP.

Obrázek č. 31 – Výsledné modely ze SketchUp

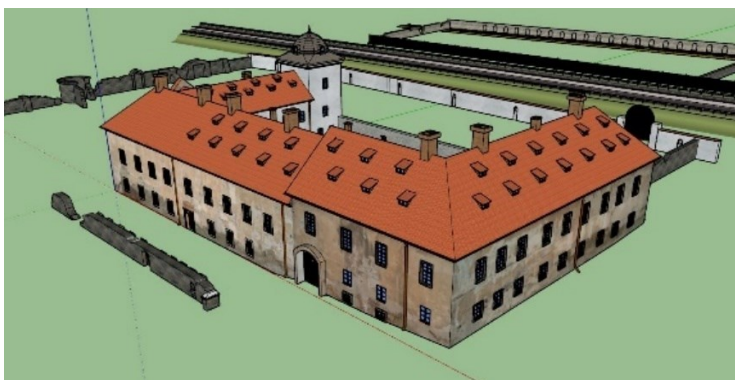
a) Před rokem 1253



b) V roce 1970



c) V roce 2020



Zdroj: vlastní tvorba

Výsledkem jsou 3 modely vizualizované v softwaru Lumion (viz obrázek č. 32 a přílohy č. 2 – 6, 8, 10, 13, 15, 17, 19), který umožňuje dosažení velmi dobrého výsledku. Výstupem jsou fotografie umístěné v přílohách. Dalším výstupem je průletové video s animacemi upravené v softwaru DaVinci Resolve 16. Zhruba 9 minutové video je spolu s titulky a hudbou publikované na webu YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=IVXdd6WfGA4>). V titulkách se nachází jméno

autora, web, z něhož je stažena hudba a nechybí ani instituce, které poskytli data a závěrem jsou umístěny loga použitých softwarů.

Obrázek č. 32 – Výsledné modely z Lumionu

a) Před rokem 1253



b) V roce 1970



c) V roce 2020



Zdroj: vlastní tvorba

Prezentace na webu kromě videa proběhla na webových stránkách Theasys, která je přístupná na adrese: <https://www.theasys.io/viewer/2S7uY36wElnsBUdcb7RBywW8XNNjRf/>. Jedná se o prohlídku modelů prostřednictvím 360° fotografií, umožňujících pomocí šipek pohyb po celém areálu zámku. Modely jsou doplněny o stručný popis vystihující dané období, u každé fotografie nechybí ukázka polohy na mapě. Uživatel zde může nalézt informace o zajímavých částech zámku a obrázky z různých období. Přejít mezi jednotlivými obdobími je vyřešen umístěním značky, v posledním období je umístěn odkaz na video na Youtube.

9 DISKUZE

V současnosti obor 3D modelování představuje velký potenciál převážně pro modely zachycující historickou podobu objektů. Kromě toho s sebou 3D modelování přináší problémy související s dostupností informací a zdrojů. I tato práce se potýkala s nedostatkem informací, převážně pak modelované první období. U většiny budov musela být zvolena metoda odhadu velikostí na základě zvětšeného půdorysu, tak aby odpovídal budově se známými rozměry, které si zachovala dodnes. Tuto metodu ve své práci použil Sobotka (2014). I užitkové budovy v okolí zámku ze 70. let 20. století nebyly zachyceny na fotografiích, a tak jsou jejich rozměry odhadnuty. Z toho důvodu je nutné brát výše zmíněné rozměry s určitou rezervou. Dalším problémem byla chybějící datace u některých snímků, což značně ztěžovalo rozhodnutí, zdali snímek využít či nikoli. U jednotlivých historických snímků použitých jako textury nastal problém s odlišnými odstíny. K odstranění bylo použito filtrů v softwaru GIMP a ve SketchUp úprav pomocí RGB. Falkingham a kol. (2014) kompenzují problémy s historickými snímky softwarem VisualSFM. Naopak Cartwright (2006) měl k dispozici staré snímky z různých zdrojů a pro vytvoření stejných odstínů v texturách využil kompozitního obrazu. Meyer (2013) řešil stejný problém, ale od úpravy snímků upustil. Z fotografií tedy identifikoval jednotlivé druhy materiálů a ty následně zpracoval pomocí předdefinovaných textur ve SketchUp. Při texturování některých částí zámku chyběly černobílé fotografie. To bylo vyřešeno v softwaru GIMP efektem staré fotografie. I přes všechny nedostatky jsou historické fotografie nejcennějším zdrojem informací, což popisuje i kapitola *Literární rešerše*. Získaná data se dají dále využít k tvorbě dalšího období či k vytvoření interiérů, které použil ve své práci Maceška (2018).

Tvorba DMT pomocí softwaru Lumion je z hlediska ovladatelnosti snadná. Uživatel zde vytváří model terénu sám pomocí základních nástrojů a okamžitě vidí výsledek. Nicméně o přesnosti uživatel nic neví. Do budoucí verze by to chtělo přidat nástroj, který by ukazoval o kolik výškových metrů se terén zvýšil či snížil. V dalším DMT byla použita webová aplikace Cadmapper, která je co do ovladatelnosti jednoduchá. Uživatel si přesně vybere zájmové území, avšak omezujícím prvkem je územní velikost, která by mohla být větší než 0,99 km². Výstupem je DMT, o kterém uživatel neví, jakým procesem/ metodou vznikl. DMT vytvořený ze softwaru ArcMap, vyžaduje alespoň základní uživatelskou znalost. V ArcMapu má uživatel kontrolu nad vytvořeným terénem vzniklým dle zadané interpolační metody, o které je k dispozici podrobný popis. Problematickou částí je export v požadovaném datovém formátu, který by si zasloužil značně rozšířit.

3D modely vznikly v softwaru SketchUp MAKE 2017. Jeho hlavní předností je jednoduchost, která uživateli umožní jeho rychlé naučení. Další jeho výhodou je snadné ovládání, které umožňuje vytvářet všechny základní tvary. Jeho nevýhodou je práce se zaoblenými a kulovými plochami. Zde se nabízí možnost využít jiných softwarů jako je např. Blender (www.blender.org/) a řada dalších. Blender na rozdíl od SketchUp má v základních tvarech kouli u níž se dají měnit polohy jednotlivých bodů. Srovnáním softwaru SketchUp a Blender se zabýval Krejza (2014), který prokázal lepší práci se zaoblenými plochami u softwaru Blender. Mnoho uživatelů předpokládá, že tento problém nelze řešit a mnohdy uživatel nehledá mimo základní nástroje. Příkladem funkce, kterou většina uživatelů často přehlídne je funkce *Follow Me*. Tato funkce si například při tvorbě složitých střech vyžaduje prostorovou představivost. S tímto problémem souvisí i texturování kulových ploch, které dosahuje velmi špatných výsledků. S řešením přišel Kryshenyk (2013), který před zaoblenou plochou vytvořil obyčejnou plochu, tu pak otexturoval a označil ji jako promítanou a následně ji nanesl na zaoblenou plochu. Takovéto řešení je zbytečně zdlouhavé a neefektivní, a proto byl využit rozšiřující plugin FredoTool, umožňující texturovat i zaoblené plochy.

V rámci vizualizace byly v softwaru Lumion pořízeny snímky ze stejné či podobné polohy jako jsou získané fotografie. To umožňuje model porovnat se získanými fotografiemi. Tato metoda vizualizace je poměrně jednoduchá, ale umožňuje zachycení zajímavých detailů. Jako u většiny prací věnujících se podobnému tématu – Jelének (2013), Koucká (2011) byla vytvořena průletová animace, která je navíc doplněna oživujícími prvky jako jsou přechody mezi obdobími, hudba a titulky. Při zpracování stanovených cílů se vyskytovaly problémy související se zvoleným softwarem či konverzí dat. Problém nastal v použití softwaru Pinnacle Studio Trial, kde upravené video nešlo vyrendrovat z důvodu nepodporovaného kodeku, který používá Lumion. Řešení v tomto případě nebylo nalezeno v žádné literatuře, a proto byl použit jiný software DaVinci Resolve 16. Avšak práce touto vizualizací nekončila jako v případě Jelénka (2013) nebo Koucké (2011), protože taková to vizualizace neposkytuje uživateli dostatečnou interakci.

V minulosti většina prací využívala vizualizaci prostřednictvím softwaru ArcScene (<https://desktop.arcgis.com/en/>). Takovým případem je i Andrštová (2012), která sama připouští zdlouhavost samotného procesu nahrávání po jednom objektu. Zmiňuje též problém špatného vykreslení hran ubírajícího na prostorovém dojmu. Z toho důvodu byl využit software Lumion, jehož hlavní nevýhodou jsou náročné požadavky na výkonost počítače. Proto je před samostatnou prací nutné zhodnotit nároky na počítač.

Vizualizace prostřednictvím webu je důležitá pro uživatelskou interakci. Např. Polák (2019) zmiňuje Lumion jakož to software s nímž lze dosáhnout nejlepšího vizuálního dojmu, avšak pro prezentaci na webu ho nepoužil. Polák spatřuje nevýhodu

Lumionu ve výstupu, který podle něj umožňuje pouze vytvoření fotografií a videa. Přitom Lumion se dá využít pro tvorbu 360° panoramat, které v podobě zpracování na webu Theasys dosahují velmi atraktivní virtuální prohlídky, která lze navíc oživit obrázky, popisy, odkazy atd.

10 ZÁVĚR

Práce se zabývala 3D rekonstrukcí, vizualizací a následnou prezentací 3D modelů na webu pomocí geoinformačních metod. Hlavním cílem bakalářské práce bylo zhotovení 3D modelů zámku v Králově Dvoře na základě nalezených archivních dat a odborné literatury. Dílčími cíli byly literární rešerše zaměřující se na problematiku 3D modelování z archivních podkladů a 3D modelování aktuálního stavu u nás i v zahraničí.

V teoretické části jsou popsány metody 3D modelování, druhy 3D modelů a jejich využití, které v současnosti představují velký potenciál. Seznámeno je i s digitálními modely terénu a interpolačními metodami na jejichž základě je pak vybrána vhodná metoda použitá v praktické části. V úvodu praktické části je stručně popsáno zájmové území a historie Královodvorského zámku. Při tvorbě 3D modelů byl kladen velký důraz na přesnost a co nejpřesnější podobu zámku, která je vidět na zmiňovaných historických fotografiích získaných od Státního okresního archivu, Muzea Českého krasu a Města Králův Dvůr. K práci bylo využito i odborné literatury, popisující vzhled zámku ve 13. století. V kapitole *Použitý software* jsou představeny všechny softwary, které přispěli k celkovému vzhledu výsledných modelů.

Cíle práce se podařilo naplnit, bylo nalezeno dostatečné množství podkladů, podle kterých vznikly všechny 3D modely. Odchytky modelů se pohybují v rozmezí od 1,5 cm do 10 cm. Takovéto přesnosti bylo dosaženo na základě stavebních plánů. Kromě odchylek komínů dosahuje nepřesnosti i brána u hlavní silnice, kterou se nepovedlo přesně změřit ani nalézt stavební plány. I období loveckého dvorce dosahuje nepřesnosti v důsledku nedochovaní stavebních plánů, ale pouze písemných zmínek. Přibližné velikosti byly proto převzaty od Ing. arch. Miloše Haaseho ze Stavebně historického průzkumu. Záměrem této práce bylo také rozšířit povědomí především obyvatelům Králova Dvora, ale i širší veřejnosti o tak historicky významné památce. O 3D modely projevil zájem Muzeum Českého krasu v Berouně, které je v budoucnu plánuje použít jako expozici či jako podklady k rozšíření o další období. Dalším využitím je umístění modelů do knihovny zámku v Králově Dvoře, kde budou k dispozici pro návštěvníky. Město Králův Dvůr zvažuje výsledný model využít pro prezentaci města i samotné kulturní památky ve formě odkazu na svých webových stránkách. Všechny modely jsou prezentované ve formě videa, fotek umožňující srovnání s dobovými fotografiemi a na webu Theasys, který zajišťuje pohyb po zámku a detailnější prohlídku.

Protože potenciál tohoto tématu je obrovský a v rámci této bakalářské práce byla ukázána pouze část 3D rekonstrukce historického objektu, nabízí se možnost dalšího rozšíření. Zajímavé by bylo model rozšířit o další historické období, například o 17 či 18 století. Vzhledem k dostupným datům a odborné literatury se nabízí možnost rozšířit

tyto období o interiéry zámku. Vzhledem k časové náročnosti ručního modelování se nabízí možnost automatizace modelování pomocí programovacích jazyků či jiných metod jako je např. LIDAR, laserové skenování nebo UAV. Dostatek prostoru je i v možnosti vizualizace dat široké veřejnosti pomocí virtuální či augmentované reality.

11 POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

AGM GEO (2012): Geodetické zaměření svislého řezu, http://www.agm-geo.cz/ukazky_rezyl.html (cit. 20.1. 2020).

AMPARO, M., BUILL, F., EDO, M. (2013): 3D model of the Can Sadurní cave. *Journal of Archaeological Science*, 40, 12, 4420-4428.

ANDRES, A.N., GISBERT, A.D.M., MARIMON, J.R., POZUELO, F.B. (2012): Generation of virtual models of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 13, 1, 103–106.

ANDRŠTOVÁ, M. (2012): 3D rekonstrukce zaniklých sídel ve středním povltaví. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha, 63.

ANGELINI, M., COSTANTINO, D., MILAN, N. (2011): 3D and 2D documentation and visualization of architectural historic heritage. XXIIIth CIPA Symposium. Praha, Česká republika, <https://www.cipaheritagedocumentation.org/wp-content/uploads/2018/12/Angelini-e.a.-3D-and-2D-documentation-and-visualization-of-architectural-historic-Heritage.pdf> (cit. 20.1. 2020).

ARCDATA PRAHA (2019): ArcGIS, <https://www.arcdata.cz/produkty/arcgis/aplikace-arcgis#teren> (cit. 17.12. 2019).

ARCGIS (2020): How Trend works, <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-trend-works.htm> (cit. 10.4. 2020).

BAČO, A. (2012): Obecný postup tvorby geoinformačního systému fakulty: Interaktivní plán budov Přírodovědecké fakulty UK. Diplomová práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha, 94.

BARSANTI, S., G., REMONDINO, F., VISINTINI, D. (2013): 3D surveying and modeling of archaeological sites – some critical issues.

BELAI, E. (2012): 3D model památkově chráněného areálu na základě kombinace jeho geodetické a architektonické dokumentace. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, katedra matematiky, Plzeň, 57.

BERLIN BUSINESS LOCATION CENTER (2013): Business location, <https://www.businesslocationcenter.de/en/business-location/> (cit. 21.1. 2020).

BITELLI, G., GIRELLI, V. A., MARZIALI, M., ZANUTTA, A. (2007): Use of historical images for the documentation and the metrical study of cultural heritage by means of digital photogrammetric techniques.

BLENDER (2020): Blender, <https://www.blender.org/> (cit. 11.5. 2020).

- BRAVENÝ, L. (2008): Digitální modely terénu a modelování prostorových dat. In: Štych, P. et al. (eds.): Vybrané funkce geoinformačních systémů. Česká kosmická kancelář, Praha, 80-129.
- BRŮHA, L. (2017): Modely prostorových dat v GIS: od 2D k 3D. Geografické rozhledy, 26, 4, 18-19.
- CADMAPPER (2020): CADMAPPER: Worldwide map files for any design program, <https://cadmapper.com/> (cit. 6.4. 2020)
- CAMBRA Y, de B. (1993): Tree-dimensional modelling in a geographical database. In: Proceedings of Auto Carto 11. Maryland: Bethesda, 1993, 338-347.
- CARDENAL, J., MATA, E., CASTRO, P., DELGADO, J., HERNANDEZ, M. A., PEREZ, J. L., RAMOS, M., TORRES, M. (2004): Evaluation of a digital non metric camera (Canon D30) for the photogrammetric recording of historical buildings. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 34, 30, 1-6.
- CARTWRIGHT, W.E. (2006): Using 3D models for visualizing: The city as it might be. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences, XXXVI, Viena, <https://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/part2/pdf/cartwright.pdf> (cit. 20.1. 2020)
- CEEOVÁ, J., ORŠULÁK, T. (2011): Virtuální model Přísečnice. Česká Geografická Společnost, 30, 1, 24-33.
- CGARCHITECT (2012): Building an Accurate 3D model of London, <http://www.cgarchitect.com/2012/06/building-an-accurate-3d-model-of-london> (cit. 21.1. 2020).
- 3DČESKO.CZ (2020): Fotorealistické 3D modely českých památek a zajímavostí, <http://www.3dcesko.cz/> (cit. 10.5. 2020).
- DAVINCI RESOLVE 16 (2020): DaVinci Resolve 16, <https://www.blackmagicdesign.com/products/davinciresolve/> (cit. 21.1. 2020).
- DELANEY, J. (1999): Geographical Information Systems: An Introduction. Oxford University Press, South Melbourne, 194.
- DONEUS, M., VERHOEVEN, G., FERA, M., BRIESE, CH., KUCERA, M., NEUBAUER, W. (2011): From deposit to point cloud- A study of low-cost computer vision approaches for the straightforward documentation of archaeological excavations. Geoinformatics CTU FCE, 6,81-88.
- DURDÍK, T. (1999): Ilustrovaná encyklopedie českých hradů. Libri, Praha, 711.
- DUŠEK, R., MIŘIJOVSKÝ, J. (2009): Vizualizace prostorových dat: chaos v dimenzích. Geografie – Sborník České Geografické Společnosti, 114, 3, 169-178.
- ESRI (2019): ArcGIS Desktop, <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop/buy-now> (cit. 17.12. 2019).

- FALKINGHAM, P. L., BATES, K. T., FARLOW, J. O. (2014): Historical photogrammetry: Bird's Paluxy River dinosaur chase sequence digitally reconstructed as it was prior to excavation 70 years ago. *PLoS ONE*, 4, 9, 1–5.
- FREDO 6 (2020) Fredo Tools, <https://sketchucation.com/forums/viewtopic.php?f=323&t=42089#p373073> (cit. 28.4. 2020).
- FRITSCH, D., KLEIN, M. (2017): 3D preservation of buildings – Reconstructing the past. *Multimedia Tools and Applications*, 7, 77, 9153–9170.
- FRYSKOWSKA, A., KEDZIERSKI, M. (2015): Methods of laser scanning point clouds integration in precise 3D building modelling. *Measurement*, 75, 221–232.
- GEOPORTAL PRAHA (2014): Model z mapového půdorysu, <https://www.geoportalpraha.cz/> (cit. 7.4. 2020).
- GIMP (2020): The Free & Open Source Image Editor, <https://www.gimp.org/> (cit. 7.4. 2020).
- GOOGLE MAPS (2020): Kursalon Wien, <https://www.google.cz/maps/search/kursalon+wien/@48.203234,16.3774079,153m/data=!3m1!1e3> (cit. 7.4. 2020).
- GOUVEIA, J., BRANCO, F., RODRIGUES, A., CORREIA, N. (2015): Travelling through space and time in Lisbon's religious buildings. In: *Proceedings of Digital Heritage 2015*, Granada 407–408.
- GRÜN, A., REMONDINO, F., ZHANG, L. I. (2004): Photogrammetric reconstruction of the great buddha of Bamiyan, Afghanistan. *Photogrammetric Record*, 19, 107, 177–199.
- GUIDI, G., FRISCHER, B., LUCENTI, I. (2012): Rome Reborn: Virtualizing the Ancient Imperial Rome, https://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/5-W47/pdf/guidi_etal.pdf (cit. 18.1. 2020).
- GULDMANN, J., PARK, Y. (2019): Creating 3D city models with building footprints and lidar point cloud classification: A machine learning approach. *Computers, Environment and Urban Systems*, 75, 76–89.
- HÁJEK, P. (2018): Virtuální 3D mapy z pohledu kartografie. Dizertační práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, katedra matematiky, oddělení geomatiky, Plzeň.
- HAKLAY, M. (2002): Virtual reality and GIS: Applications, trends and directions. In: Fisher, P., Unwin., D. (eds.): *Virtual Reality in Geography*. Taylor and Francis, London, 47-57.
- HASSE, M. (2011): Stavebně historický průzkum. SPOJPROJEKT PRAHA a.s., Praha, 184.

- HEINZ, G. (2017): Kopien berührungslos erstellen - virtuell und zum Anfassen, <https://journals.ub.uni-heidelberg.de/index.php/restarch/article/view/36915/30569> (cit. 5.2. 2020).
- HENZE, F., LEHMANN, H., BRUSCHKE, B. (2009): Nutzung historischer pläne und bilder für die stadtforschungen in Baalbek/Libanon. *Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation*, 221–234.
- HRADY.CZ (2020): Tvrz Cuknštejn, <https://www.hrady.cz/?OID=121> (cit. 5.2. 2020).
- HUBÁČEK, M., VAŠÍČEK, M. (2002): Výškové modely v AČR a možnosti jejich použití. *Vojenský geografický obzor*, 1, 40-47.
- IOANNIDES, M., HADJIPROCOPIIS, A., DOULAMIS, N., DOULAMIS, A., PROTOPAPADAKIS, E., MAKANTASIS, K., SANTOS, P., FELLNER, D., STORK, A., BALET, O., JULIEN, M., WEINLINGER, G., JOHNSON, P. S., KLEIN, M., FRITSCH, D. (2013): Online 4D reconstruction using multi-images available under open access. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-5/W1, 2, 169-174.
- JELÉNEK, J. (2010): 3D rekonstrukce krajiny na příkladu zaniklých obcí v českém pohraničí a vojenských újezdech. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha, 80.
- KOUCKÁ, L. (2011): 3D rekonstrukce zaniklých částí města Dobříše. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha, 77.
- KREJZA, V. (2014): Vyhotovení 3D modelu Gymnázia Jana Palacha na Mělníku. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha, 82.
- KRYSHENYK, P. (2013): 3D vizualizace rekonstruovaných sídel ve webovém prostředí. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha, 57.
- KŘÍŽEK, M., UXA, T., MIDA, P. (2016): Tvorba digitálního modelu reliéfu. In: Křížek, M. (ed.): *Praktikum morfometrických analýz reliéfu*. Karolinum, Praha, 15–35.
- LAND MANAGEMENT (2011): Obor fotogrammetrie a dálkového průzkumu Země, <http://www.la-ma.cz/?p=70> (cit. 20.12. 2019).
- LUBIS, M. Z. (2017): Interactive modelling of buildings in Google Earth and GIS: A 3D tool for Urban Planning. *Journal of applied geospatial information*, 1, 2, 44–48.
- LUMION 3D (2019): Popis produktu, <https://www.lumion3d.cz/specifikace-lumion-3d/> (cit. 20.12. 2019).
- LUMION 3D (2020): Lumion 10.3, <https://lumion.com/index.html> (cit. 6.1. 2020).

- MACEŠKA, D. (2018): Analýza software pro tvorbu 3D modelů interiérů. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha, 65.
- MAIWALD, F., VIETZE, T., SCHNEIDER, D., HENZE, F., MÜNSTER, S., NIEBLING, F. (2017): Photogrammetric analysis of historical image repositories for virtual reconstruction in the field of digital humanities. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 2W3, 42, 447–452.
- MAPY.CZ (2020): 3D Vyšehrad, <https://mapy.cz/zakladni?x=14.4180853&y=50.0643654&z=18&m3d=1&height=347&yaw=92&pitch=-12&source=ward&id=8723> (cit. 6.1. 2020).
- MAREK, R. (2018): Tvorba 3D modelů z dat UAV. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha, 71.
- MAYER, P. (1995): Počítačové modelování krajiny. ČVUT, Praha, 109.
- MAZUR, D. (2018): Automatizace 3D modelování prostorových objektů s využitím API vybraného software. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha, 61.
- MEYER, P. (2013): Využití 3D modelování pro vizualizaci historické zástavby města Liberec v období přelomu 19. a 20. století. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta Přírodovědně-humanitní a pedagogická, katedra geografie, Liberec, 99.
- MEYER, P. (2017): 3D modely v geografii a jejich nevyužitý potenciál. *Geografické rozhledy*, 26, 4, 20–21.
- MĚSTO KRÁLŮV DVŮR (2020): O městě, <https://www.kraluv-dvur.cz/index.asp> (cit. 25.4. 2020).
- MINAŘÍK, R., LANGHAMMER, J. (2016): Use of a multispectral UAV photogrammetry for detection and tracking of forest disturbance dynamics. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41, B8, 711–718.
- MITÁŠ, L., MITÁŠOVÁ, H. (1999): Spatial Interpolation. In: LONGLEY, P. (ed.): *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*. New York: John Wiley & Sons, 481–492.
- MUZEUM ČESKÉHO KRASU (2020): Sbírkový fond Beroun, <http://muzeum-beroun.cz/> (cit. 25.4. 2020).
- NASER, E., VALEO, C., HABIB, A. (2005): Digital Terrain Modeling – acquisition, manipulation and applications. Artech house, 270.
- NEUTENS, T., MAEYER, P. (2010): *Developments in 3D Geo-Information Sciences*. Springer, Berlin Heidelberg.

- OKTÁBEC, M. (2009): 3D rekonstrukce zaniklé krajiny středního Povltaví. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha, 59.
- ORŠULÁK, T., PACINA, J. (2012): 3D modelování a virtuální realita. Ing. Tomáše Mikulěnka, Ústí nad Labem, 63.
- PACINA, J., POPELKA, J. (2017): Accuracy of digital surface models derived from archival aerial photographs. Case study for Czech Republic. *Geoinformatics FCE CTU*, 1, 16, 53–62.
- PALUSKA, P., TOPINKA, J. (2018): Králův Dvůr v proměnách času. Machart s.r.o., Beroun, 128.
- PILOUK, M. (1996): Integrated Modelling for 3D GIS. Dizertační práce. Wageningen Agricultural University, ITC Enschede, Nizozemí.
- POLÁK, M. (2019): Zaniklá krajina horského zemědělství na Šumavě: Rekonstrukce, 3D modely krajiny a možnosti jejich prezentace v prostředí webu. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha, 75.
- QGIS PLANET (2020): Experiments in the 3rd dimension, https://underdark.files.wordpress.com/2016/02/qgis25d_googlemaps.png (cit. 20.1. 2020).
- RAU, J.Y., CHENG, C.K. (2012): A cost-effective strategy for multi-scale photo-realistic building modeling and web-based 3-D GIS applications in real estate. *Computers, Environment and Urban Systems*, 38,1, 35-44.
- REMONDINO, F., BARAZZETTI, L. (2011): UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling- current status and future perspectives, https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/42061328/UAV_PHOTOGRAMMETRY_FOR_MAPPING_AND_3D_MODELING_20160204-20906-t6geeb.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DUAV_PHOTOGRAMMETRY_FOR_MAPPING_AND_3D_MODELING_20160204-20906-t6geeb.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200205%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20200205T114317Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=b3f5b6709a945f513279f1168378b114539f6262e421c718f16a212cd3fa1188 (cit. 15. 12. 2019).
- REZNEK, M., HARTEK, P., KRUMMEL, T. (2002): Virtual Reality and Simulation: Training the Future Emergency Physician. *Official Journal of the Society for Academic Emergency Medicine*, 9, 1, s. 78–87.
- SEDLÁČEK, A. (1995): Hrady, zámky a tvrze království českého. Díl 6. AGRO, Praha, 279.

- SHIODE, N. (2012): 3D urban models: recent developments in the digital modelling of urban environments in tree-dimensions. *GeoJournal*, 52, 3, 263-269.
- SIKOROVÁ, L. (2014): Tvorba 3D modelu budovy. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, fakulta Stavební, ústav geodézie, Brno, 37.
- SKETCHUP (2019): Co je nového ve SketchUpu 2019?, <https://sketchup.cz/novinky-sketchup-2019/> (cit. 15.12. 2019).
- SMELIK, R.M., TUTENEL, T., DE KRAKER, K. J., BIDARRA, R. (2011): A declarative approach to procedural modeling of virtual worlds. *Computers and Graphics*, 35, 2, 352-363.
- SOBOTKA, P. (2014): Digitální prostorové modely historické podoby městských komplexů na základě dobových fotografií. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, pedagogická fakulta, katedra informatiky, České Budějovice, 55.
- STÁTNÍ OKRESNÍ ARCHIV BEROUN (2020): Archivní fondy a sbírky, <http://www.soapraha.cz/beroun/ofondech/> (cit. 11.2. 2020).
- STILIADIS, A.D. (2008): Historical photography-based computer-aided architectural design: Demolished buildings information modeling with reverse engineering functionality. *Automation in construction*, 18, 1, 51–69.
- SYNTEX (2020): Blackmagic design DaVinci resolve studio, <https://www.syntex.cz/blackmagic-design-davinci-resolve-studio#popis> (cit. 10.4. 2020).
- ŠINÁGL, Z. (2001): Zámek Králův Dvůr v letech 1900 – 2000. Beroun, Beroun.
- ŠROLLERŮ, A. (2019): Využití současných a historických geografických dat pro tvorbu časového 3D modelu území Hradce Králové. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Praha, 65.
- ŠTYCH, P., BLÁHA, J., BRAVENÝ, L., GRILL, S., SCHNEIDER, M. (2008): Vybrané funkce geoinformačních systémů. Česká kosmická kancelář, Praha, 181.
- ŠTYCH, P., KRYSHENYK, P. (2014): Historické památky ožívají ve 3D. *Geografické rozhledy*, 24,1, 12-13.
- THE FARM 51 (2020): Chernobyl VR Project), <http://www.chernobylvrproject.com/en/> (cit. 11.2. 2020).
- TOMÁŠEK, P. (2011): Úvod do 3D modelování v oblasti Urbanismu. *Urbanismus a územní rozvoj*, 14,6,16-20.
- TOPINKA, J. (2001): Králův Dvůr Historie a současnost. Obec Králův Dvůr, Králův Dvůr, 239.
- TSE, R.O.C., GOLD, C. (2004): TIN meets CAD – extending the TIN concept in GIS. *Future Generation Computer Systems*, 20, 7, 1171-1184.

- TUŠŠ, M., PAVLIŠTÍKOVÁ, Ž. (2014): SketchUp PRO – 1. díl: Historie vzniku, <http://www.earch.cz/cs/it/sketchup-pro-1-dil-historie-vzniku> (cit. 15.12. 2019).
- URBAN, J. (1991): Digitální model terénu. ČVUT, Praha, 60.
- VERHOEVEN, G. (2011): Taking Computer Vision Aloft- Archaeological Tree-dimensional Reconstructions from Aerial Photographs with PhotoScan. *Archaeological Prospection*, 18, 1, 67-73.
- VOSSelman, G., MAAS, H. (2010): Airborne and terrestrial laser scanning. Whittles Publishing, Dunbeath, 337.
- VOŽENÍLEK, V. (1998): Geografické informační systémy I. Pojetí, historie, základní komponenty. Univerzita Palackého, Olomouc, 174.
- VOŽENÍLEK, V., KIRCHNER, K., KONEČNÝ, M., KUBÍČEK, P., LÉTAL, A., PETROVÁ, A., ROTHOVÁ, H., SEDLÁK, P. (2001): Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu. Univerzita Palackého, Olomouc, 185.
- VU.CITY (2020): Your View on Your. VU.CITY, <https://vu.city/your-vu> (cit. 20.1. 2020).
- VÚGTK (2019): Slovník VÚGTK, https://www.vugtk.cz/slovník/termin.php?jazykova_verze=&tid=3867&l=fotogrammetrie (cit. 20.12. 2019).
- VÚGTK (2020): Slovník VÚGTK, https://www.vugtk.cz/slovník/termin.php?jazykova_verze=&tid=1053&l=digitalni-vyskovy-model (cit. 10.5. 2020).
- WARHORSE STUDIOS (2016): Kingdom Come: Deliverance, <https://www.kingdomcomerpg.com/cs> (cit. 10.2. 2020).
- WENDEL, J., MEISTER, O., SCHLAILE, CH. (2006): An integrated GPS/MEMS-IMU navigation system for an autonomous helicopter. *Aerospace Science and Technology*, 10, 6, 527-533.
- WIKIPEDIE (2019): SketchUp, <https://cs.wikipedia.org/wiki/SketchUp> (cit. 15.12. 2019).
- ZACHAR, J., ŠTUHEC, S. (2014): Old versus New – Introducing Image-Based 3D Modeling into the General Documentation Workflow of Archaeological Rescue Excavations. Case studies: The Čachtice and Bratislava Castles, Slovakia. In: Giligny, F., Djindjian, F., Costa, L., Moscati, P., Robert, S. (eds.): 21st Century Archaeology. Concepts, Methods and Tools. Archaeopress, Oxford, 529-540.
- ZANIKLÉ KRAJINY (2020): Dědictví zaniklých krajín: identifikace, rekonstrukce, zpřístupnění, <http://www.zaniklekrajiny.cz/> (cit. 10.5. 2020).

12 PŘÍLOHY

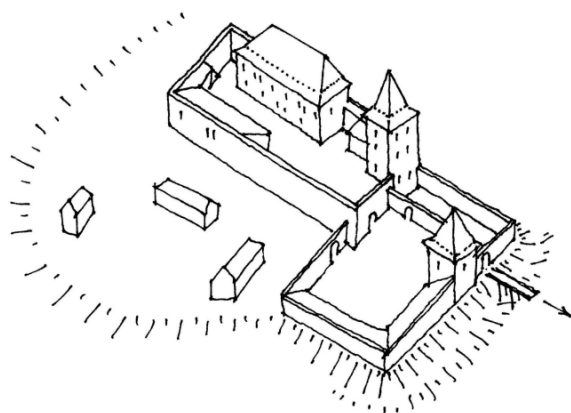
- Příloha č. 1 – Lovecký dvorec s poplužním dvorem před rokem 1253
Příloha č. 2 – Jižní pohled na 3D model loveckého dvorce před rokem 1253
Příloha č. 3 – Pohled od východu na 3D model loveckého dvorce před rokem 1253
Příloha č. 4 – Pohled od severu na 3D model loveckého dvorce před rokem 1253
Příloha č. 5 – Jihovýchodní pohled na 3D model loveckého dvorce před rokem 1253
Příloha č. 6 – Jižní pohled na 3D model přilehlých budov před rokem 1253
Příloha č. 7 – Pohled na západní a jižní stranu zámku v roce 1957
Příloha č. 8 – Jihozápadní pohled na 3D model zámku v roce 1970
Příloha č. 9 – Pohled na jižní stranu zámku v roce 1957
Příloha č. 10 – Jižní pohled na 3D model zámku v roce 1970
Příloha č. 11 – Stav areálu zámku v roce 1976
Příloha č. 12 – Stav kašny v roce 1967
Příloha č. 13 – Východní pohled na kašnu na nádvoří v roce 1970
Příloha č. 14 – Východní pohled na západní část zámku z nádvoří v roce 2020
Příloha č. 15 – Východní pohled na 3D model západní část zámku z nádvoří v roce 2020
Příloha č. 16 – Severní pohled na zámek v roce 2020
Příloha č. 17 – Severní pohled na 3D model zámku v roce 2020
Příloha č. 18 – Pohled na západní část zámku v roce 2020
Příloha č. 19 – Pohled na 3D model zachycující západní část zámku v roce 2020
Příloha č. 20 – Pohled na branku z nádvoří v roce 2020
Příloha č. 21 – Pohled na bránu do nádvoří v roce 2020
Příloha č. 22 – Pohled z dronu na zámek se zahradou

DIGITÁLNÍ PŘÍLOHY

- Příloha č. 23 – Pohled na západní stranu zámku z nádvoří v roce 1957
Příloha č. 24 – Východní pohled na západní stranu zámku v roce 1970
Příloha č. 25 – Severní pohled na bránu kolem roku 1980
Příloha č. 26 – Severní pohled na 3D model brány v roce 1970
Příloha č. 27 – Pohled na jižní stranu zámku v roce 1957
Příloha č. 28 – Pohled na 3D model vstupní brány do dvora zámku v roce 1970
Příloha č. 29 – Jižní pohled na 3D model zámku v roce 1970
Příloha č. 30 – Severní pohled na bránu a nádvoří
Příloha č. 31 – Východní pohled na 3D model věže v roce 1970
Příloha č. 32 – Severozápadní pohled na zámek a zahradu
Příloha č. 33 – Severozápadní pohled na 3D model zámku v roce 1970
Příloha č. 34 – Pohled z nádvoří na západní stranu zámku
Příloha č. 35 – Pohled na bránu z nádvoří
Příloha č. 36 – Západní pohled na boční křídlo s věží
Příloha č. 37 – Celkový pohled na zámek od dálnice
Příloha č. 38 – Severní pohled na 3D model zámku v roce 1970

- Příloha č. 39 – Celkový pohled na východní část zámku s garáží
- Příloha č. 40 – Celkový pohled na 3D model východní části zámku v roce 1970
- Příloha č. 41 – Celkový pohled na areál zámku v roce 1970
- Příloha č. 42 – Rozměrové náčrty přízemí zámku
- Příloha č. 43 – Pohled na garáž přistavenou k východní straně zámku
- Příloha č. 44 – Vstup do předsíně hlavního schodiště
- Příloha č. 45 – Pohled na vstup do předsíně z nádvoří v roce 1970
- Příloha č. 46 – Hlavní zámecká brána u hlavní silnice po roce 1970
- Příloha č. 47 – Východní pohled na 3D model zámku v roce 1970
- Příloha č. 48 – Pohled na východní a jižní část zámku z nádvoří v roce 2020
- Příloha č. 49 – Pohled na 3D model východní a jižní části zámku z nádvoří v roce 2020
- Příloha č. 50 – Celkový pohled na východní část zámku v roce 2020
- Příloha č. 51 – Celkový pohled na 3D model východní části zámku v roce 2020
- Příloha č. 52 – Pohled na jižní část zámku v roce 2020
- Příloha č. 53 – Pohled na 3D model zachycující jižní část zámku v roce 2020
- Příloha č. 54 – Stavební výkres (červeně měřené vzdálenosti)
- Příloha č. 55 – Výkres jižní části zámku (červeně měřené vzdálenosti)
- Příloha č. 56 – Výkres západní části zámku (červeně měřené vzdálenosti)
- Příloha č. 57 – Výkres východní části zámku (červeně měřené vzdálenosti)
- Příloha č. 58 – Výkres severní části zámku pohled od severu

Příloha č. 1 – Lovecký dvorec s poplužním dvorem před rokem 1253



Zdroj: Stavebně historický průzkum (2020)

Příloha č. 2 – Jižní pohled na 3D model loveckého dvorce před rokem 1253



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 3 – Pohled od východu na 3D model loveckého dvorce před rokem 1253



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 4 – Pohled od severu na 3D model loveckého dvorce před rokem 1253



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 5 – Jihovýchodní pohled na 3D model loveckého dvorce před rokem 1253



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 6 – Jižní pohled na 3D model přilehlých budov před rokem 1253



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 7 – Pohled na západní a jižní stranu zámku v roce 1957



Zdroj: Zdeněk Zůna, Státní okresní archiv Beroun

Příloha č. 8 – Jihozápadní pohled na 3D model zámku v roce 1970



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 9 – Pohled na jižní stranu zámku v roce 1957



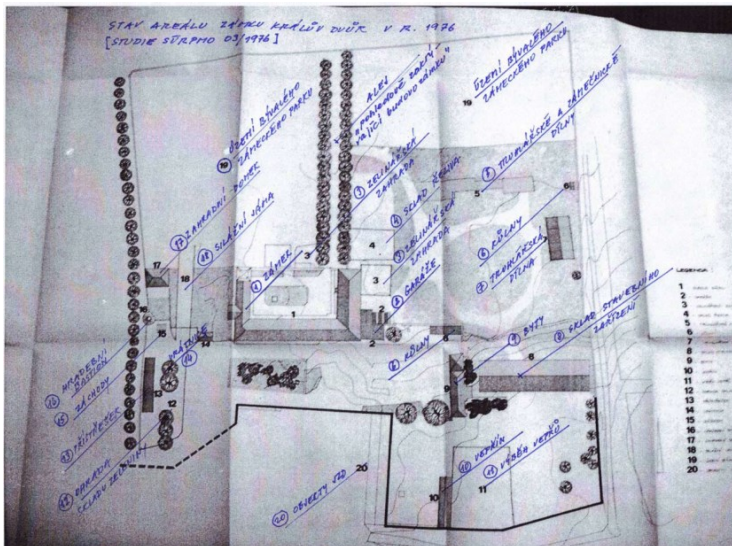
Zdroj: Zdeněk Zůna, Státní okresní archiv Beroun

Příloha č. 10 – Jižní pohled na 3D model zámku v roce 1970



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 11 – Stav areálu zámku v roce 1976



Zdroj: Studie SÚRPMO 1976, Stavebně historický průzkum (2020)

Příloha č. 12 – Stav kašny v roce 1967



Zdroj: Archiv NPÚ, Stavebně historický průzkum (2020)

Příloha č. 13 – Východní pohled na kašnu na nádvoří v roce 1970



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 14 – Východní pohled na západní část zámku z nádvoří v roce 2020



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 15 – Východní pohled na 3D model západní část zámku z nádvoří v roce 2020



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 16 – Severní pohled na zámek v roce 2020



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 17 – Severní pohled na 3D model zámku v roce 2020



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 18 – Pohled na západní část zámku v roce 2020



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 19 – Pohled na 3D model zachycující západní část zámku v roce 2020



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 20 – Pohled na branku z nádvoří v roce 2020



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 21 – Pohled na bránu do nádvoří v roce 2020



Zdroj: vlastní tvorba

Příloha č. 22 – Pohled z dronu na zámek se zahradou



Zdroj: Město Králův Dvůr