

Západočeská univerzita v Plzni

Fakulta aplikovaných věd

Katedra matematiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

3D model památkově chráněného areálu na základě
kombinace jeho geodetické a architektonické dokumentace.

Autorka:

Elena Belai

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Karel Jedlička, Ph. D.

Plzeň, 2012

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a následné obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr bakalářského studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené odborné literatury a zdrojů informací, které jsou uvedené v bakalářské práci.

V Plzni dne 4. června 2010

.....

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla především poděkovat vedoucímu Ing. Karlu Jedličkovi, Ph.D. za pochopení, ochotu a pomoc při zpracování této práce. Dále bych ráda poděkovala Radanu Šubovi za cenné rady při práci s programem ArcGIS a Karlu Bobkovi, kastelánu zámku Kozel, za vstřícnost při poskytnutí výkresových materiálů.

Také chci poděkovat Ing. Stanislavu Žofkovi a Ing. Věře Palečkové za umožnění studia při práci, pomoc, pochopení a vstřícné jednání.

Děkuji kolegyním a kamarádkám za velkou podporu při studiu.

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá rešerší stávajícího stavu 3D modelování památkově chráněných objektů, porovnáním tvorby 3D modelu z architektonického měření a laserového skenování. Dále je řešen návrh postupu tvorby 3D modelu. V rámci této práce byla popsána historie již provedených prací na státním zámku Kozel. Byl vytvořen 3D model zámku Kozel na základě kombinace jeho geodetické a architektonické dokumentace.

Klíčová slova:

3D model, architektonické měření, geografický datový model, geografický informační systém, kulturní dědictví, laserové skenování, státní zámek Kozel

Abstract:

This bachelor thesis deals with the retrieval of the current state of 3D modeling of heritage protected areas, comparison of architectural survey 3D model and laser scanning. 3D model design process is further dealt with. The history of work already concluded on the State Castle Kozel was described in this thesis. 3D model of the Castle Kozel was created on the basis of combination of surveying and architectural documentation.

Key words:

3D model, architectural survey, geographic data model, geographic information system, Cultural Heritage, laser scanning, State Castle Kozel

Obsah

ÚVOD.....	8
1 REŠERŠE STÁVAJÍCÍHO STAVU 3D MODELOVÁNÍ PAMÁTKOVĚ CHRÁNĚNÝCH OBJEKTŮ	9
1.1 Úvod do rešerše	9
1.2 Možnosti využití 3D modelování	10
1.2.1 Výkresová dokumentace ve 3D zobrazení.....	11
1.2.2 Vizualizace 3D modelu pro prezentační účely	11
1.2.3 Využití 3D modelování pro digitální rekonstrukci památkových objektů	13
1.2.4 Virtuální realita	15
1.2.5 3D model jako součást 3D databáze	15
1.2.5.1 Databáze pro rozsáhlé památkové areály.....	16
1.2.5.2 Databáze pro historická centra a historická města.....	18
1.2.5.3 Informační systémy památkové péče ve světě.....	20
1.2.5.4 Integrovaný informační systém památkové péče (IISPP).....	23
2 POROVNÁNÍ TVORBY MODELU Z ARCHITEKTONICKÉHO A GEODETICKÉHO MĚŘENÍ (LASEROVÉ SKENOVÁNÍ) A NÁVRH POSTUPU TVORBY MODELU	24
2.1 Měřické metody.....	24
2.1.1 Architektonické zaměření	24
2.1.2 Pozemní laserové skenování	25
2.2 Porovnání tvorby 3D modelu z architektonického měření a geodetického měření (laserového skenování)	25
2.2.1 Účel modelování	26
2.2.2 Sběr dat	26
2.2.3 Zpracování dat a 3D modelování předlohy.....	27
2.2.3.1 Zpracování dat pro modelování předlohy	27
2.2.3.2 Modelování předlohy	28
2.2.3.3 Vizualizace 3D modelu.....	28
2.3 Návrh postupu tvorby 3D modelu.....	29
2.3.1 Definice účelu modelování	30
2.3.2 Sběr dat pro tvorbu 3D modelu.....	30
2.3.3 Zpracování dat a 3D modelování předlohy.....	31
3 TVORBA 3D MODELU PAMÁTKOVĚ CHRÁNĚNÉHO AREÁLU ZVOLENÝM POSTUPEM.....	32

3.1 Historie prací na zámku Kozel	32
3.1.1 Státní zámek Kozel	32
3.1.2 Koncept GIS Kozel	33
3.1.3 Zaměření areálu zámku Kozel	33
3.1.4 Zpracování dat pořízených zaměřením kaple	34
3.1.5 Tvorba datového modelu velkoměřítkové geodatabáze	35
3.1.6 Výsledky dosavadních prací na zámku Kozel	35
3.2 Návrh 3D modelu zámku Kozel.....	36
3.2.1 Úvod do ArcGIS 10 Desktop.....	36
3.2.2 Datový formát Multipatch	37
3.2.3 Převod polygonu půdorysu zámku do Multipatch.....	38
3.2.4 Konverze 3D dat do souboru ve formátu COLLADA.....	40
3.2.5 Tvorba 3D modelu zámku v programu Google SketchUp	42
3.2.5.1 Google SketchUp.....	42
3.2.5.2 Existující dokumentace.....	42
3.2.5.3 Tvorba 3D modelu	43
3.2.6 Umístění 3D modelu zámku do programu ArcScene	47
ZÁVĚR	49
SEZNAM ZKRATEK	50
POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE	53
Příloha: Struktura příloženého CD.....	57

Úvod

Tato bakalářská práce se věnuje problematice 3D modelování památkově chráněných objektů a prostorové evidence nemovitého i movitého majetku. Práce je rozdělena na tři části.

První část je věnována současnému stavu 3D modelování památkově chráněných objektů a jsou v ní popsány některé články předložené na poslední konferenci CIPA v roce 2011 v Praze a jiné projekty, které byly vyhledány na základě odkazů uvedených ve zmíněných člancích. Výsledek této části by měl seznámit čtenáře s problematikou 3D modelování památkově chráněných objektů, která zahrnuje nejčastěji používané geotechnologie pro zaměření objektů, zpracování dat, tvorbu a vizualizaci 3D modelu, možnosti využití 3D modelu v oblasti památkové péče, 3D datové modely a informační systémy památkové péče. A tím podnítit zájemce k dalšímu hlubšímu studiu jednotlivých částí této problematiky.

V druhé části bakalářské práce je nejprve navržen postup tvorby 3D modelu. Postup je zvolen s přihlédnutím k následujícím požadavkům: definovat účel modelování, vybrat technologie pro sběr, zpracování dat a technologie i techniku pro modelování předlohy. Dále jsou v této části porovnány tvorby modelu z architektonického a geodetického měření.

Třetí část je věnována historii prací na státním zámku Kozel a tvorbě 3D modelu zámku. V podkapitole „Historie prací na zámku Kozel“ je shrnuta veškerá činnost studentů ZČU na zámku Kozel související s 3D modelováním a datovým modelem velkoměřítkové geodatabáze, která proběhla v rámci spolupráce NPÚ, státního zámku Kozel, státního hradu Švihov a ZČU v Plzni. Nakonec je podrobně popsána tvorba 3D modelu zámku Kozel a jeho vizualizace v programu ArcGIS.

1 Rešerše stávajícího stavu 3D modelování památkově chráněných objektů

1.1 Úvod do rešerše

Projektů zabývajících se 3D modelováním památkově chráněných objektů je v současné době ve světě mnoho. Rešerše má za úkol téma přiblížit, nastínit nejdůležitější aspekty a ukázat směry, kterými je možné se vydat pro hlubší zkoumání a analýzu v oblasti 3D modelování. Rešerše pro tuto bakalářskou práci byla proto připravena na základě článků předložených na posledním sympoziu¹ CIPA v roce 2011 a odkazů (internetových a bibliografických) uvedených v těchto článcích. Podle odkazů a citací se pak může pokračovat v podrobnějším zkoumání a analýze současného stavu 3D modelování památkově chráněných objektů.

CIPA² (The International Scientific Committee for Documentation of Cultural Heritage - Mezinárodní výbor pro dokumentaci kulturního dědictví) je součástí výboru ICOMOS (The International Council on Monuments and sites – Mezinárodní rada pro památky a sídla), ve spolupráci s ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing – Mezinárodní společnost pro fotogrammetrii a dálkový průzkum) se zabývá použitím fotogrammetrických a geodetických metod a postupů při dokumentaci kulturních památek. Převzato z Wikipedie (2012).

Cílem rešerše je odpovědět na otázky:

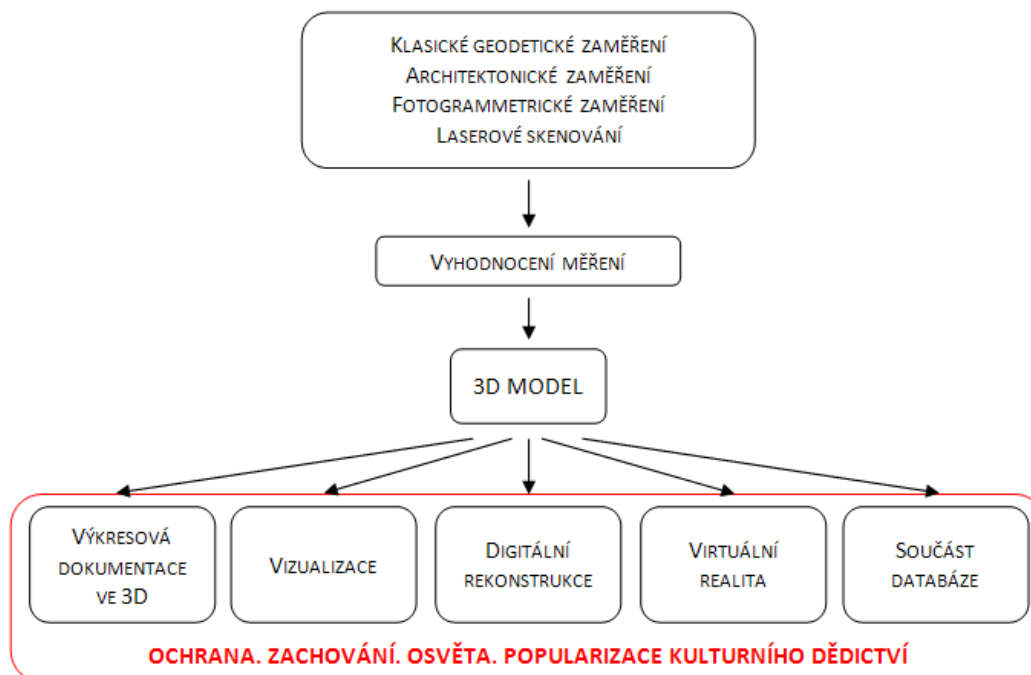
1. Jaké geotechnologie se využívají pro dokumentaci památkově chráněných objektů?
2. Jaké je obvyklé propojení geometrie a databáze?
3. Jaké jsou možnosti využití 3D digitálního modelu v památkové péči?

Pro kompletní popis stávajícího stavu 3D modelování památkově chráněných objektů je třeba prozkoumat všechny etapy: práce předcházející tvorbě 3D modelu, samotná tvorba a využití 3D modelu. Bez přesného zaměření a správného zpracování

¹ <http://cipa.icomos.org/index.php?id=69>

² <http://cipa.icomos.org/index.php?id=2>

zaměřených dat nevznikne přesný 3D model. Na obr. 1 jsou uvedeny hlavní etapy prací a základní možnosti využití 3D modelu v památkové péči.



Obr. 1 Základní možnosti využití 3D modelu památkové péče

Jelikož 3D modelování je velmi rozsáhlé téma, pro tuto bakalářskou práci bude rešerše zaměřena především na možnosti využití 3D digitálního modelu v památkové péči a na 3D model jako součást komplexního datového modelu. Zůstane zde otevřený prostor pro další navázání na toto téma.

1.2 Možnosti využití 3D modelování

3D modelování se stává důležitým nástrojem pro ochranu a zachování kulturního dědictví v současném stavu nebo pro jeho restaurování. 3D modely poskytují jasné a podrobné informace o stávající situaci objektů. Mohou být dále využity pro srovnání stávajících situací se situacemi předchozími nebo mohou být podkladem pro další průzkum.

Jak je vidět na obr. 1, možnosti využití 3D modelování v oblasti památkové péče jsou:

- výkresová dokumentace,
- vizualizace 3D modelu pro prezentační účely,

- digitální rekonstrukce poškozených nebo již neexistujících objektů,
- virtuální realita,
- součást komplexního datového modelu.

Zmíněné možnosti využití 3D modelování budou popsány v následujících podkapitolách.

1.2.1 Výkresová dokumentace ve 3D zobrazení

Tvorba výkresové dokumentace ve 3D v oblasti památkové péče zatím není běžná (jako např. ve strojírenství), zejména z důvodů větší náročnosti zpracování takovéto dokumentace. Více viz v Tláškal (2006). Hotovou výkresovou dokumentaci památkově chráněných objektů se nepodařilo najít ani ve zmiňovaných člancích předložených na konferenci CIPA, ani v jiných projektech a odkazech zabývajících tímto tématem na internetu.

1.2.2 Vizualizace 3D modelu pro prezentační účely

Jedním z nejčastějších využití 3D modelování je vizualizace. Vizualizace 3D modelu může sloužit pro prezentaci vykonané práce a zkušeností souvisejících s 3D modelováním, které získali zpracovatelé projektů při práci.

Vizualizaci je možné provádět jen v rámci prezentace daného objektu. Jako příklad lze uvést článek Angelini & Costantino & Milan (2011), který popisuje postupy dokumentace a vizualizace historického objektu *Castel del Monte* (Itálie). Zde byly podrobně popsány způsoby zaměření podrobných a vlíčovacích bodů totální stanicí a zaměření exteriérů a interiérů hradu laserovým skenováním. Soubory geodeticky naměřených bodů byly použity pro tvorbu 2D dokumentace (plány půdorysů a nárysů). Z mračna bodů byl vytvořen 3D model hradu a následně doplněn texturami. Výsledek práce - 3D model je zobrazen na obrázku 2.



Obr. 2 3D model *Castel del Monte*; zdroj Angelini & Costantino & Milan (2011)

Hlavním důvodem vizualizace je v současné době prezentace objektů pomocí internetových aplikací (např. nejznámější Google Earth³) s cílem zpřístupnit objekty širší veřejnosti nebo pomáhat při studiu. V článku Matoušková & Hanzalová (2011) se autoři zabývají možnostmi tvorby a vizualizací 3D modelů pěti historických objektů na základě fotogrammetrického měření. Každý 3D model byl vytvořen v jiném programu: PhotoModeler, Microstation, Google SketchUp. A 3D model⁴ vytvořený v Google SketchUp byl následně vizualizován v Google Earth (obr. 3).



**Obr. 3 3D model kostela San Jose v Peru vizualizovaný v Google Earth;
zdroj Matoušková Matoušková & Hanzalová (2011)**

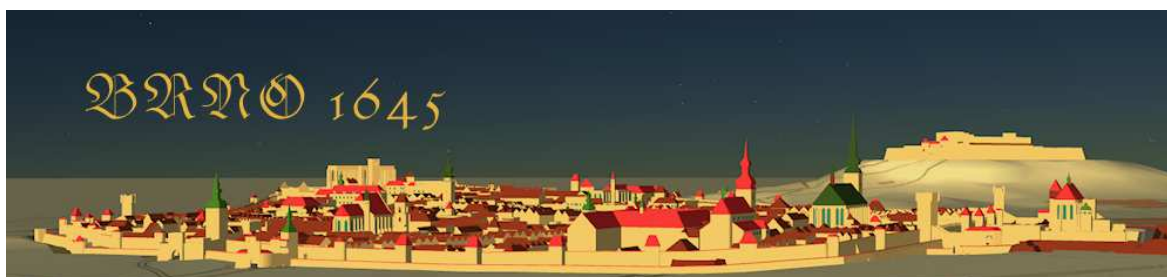
V předešlých odstavcích se zatím mluvilo o vizualizaci a prezentaci jen jednoho historického objektu. Existují možnosti modelování a vizualizace rozsáhlejších památkově chráněných areálů, rozšiřujících své hranice nejen na hranice městských center, ale i na

³<http://www.google.com/earth/index.html>

⁴3D modelu lze prohlédnout na

<http://sketchup.google.com/3dwarehouse/details?mid=686f08d983d09eb18d5fe60d2287ac66>

celá historická města. Zde je vhodné podotknout, že 3D modely větších lokalit můžou být vizualizovány a využívány v rámci informačních systému pro dané lokality. Více viz v kapitole 2.2.4. Zde uvedeme příklad vizualizace modelu rekonstruovaného historického města Brna⁵ z roku 1645 (obr. 4).



Obr. 4 3D model města Brna v době obléhání švédskými vojsky roku 1645⁶

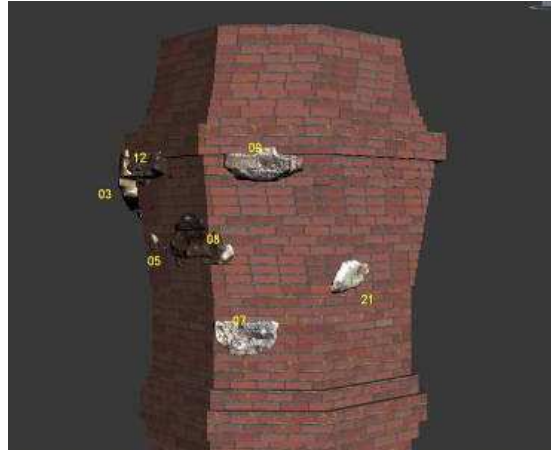
Poslední příklad vizualizace historického města Brna naznačuje další možnost využití 3D modelování, a to pro restaurování a rekonstrukci, které bude popsáno v další podkapitole.

1.2.3 Využití 3D modelování pro digitální rekonstrukci památkových objektů

3D modelování je velmi užitečné při porovnání původního stavu s aktuálním stavem památky a pro komplexní rekonstrukci poškozeného památkového objektu. Například viz článek Lin & Wu & Hsu (2011), který se zabývá rozsáhlou digitální rekonstrukcí komínu poničeného zemětřesením. Průzkum a zaměření komínu, rozpadlých částí a okolí byly provedeny laserovým skenováním. Mračna bodů rozpadlých součástí komínu byla pomocí softwaru RapidForm analyzována a zpracována. Následně byly v programu 3D Max trojrozměrně vymodelovány jednotlivé kusy komínu porovnáním každého kusu s celkovým modelem na základě jejich specifických vlastností, tvaru apod. Počítačový program rozluštil a vyhledal chybějící kusy, které pak poskládal do jednoho celku, viz obr. 5.

⁵<http://www.brno1645.cz/vychodiska.htm>

⁶Zdroj obrázku: <http://www.brno1645.cz/zpristupneni.htm>



Obr. 5 Digitálně rekonstruovaný 3D model části komínu; zdroj Lin & Wu & Hsu (2011)

3D modelování se také úspěšně používá k rekonstrukci již neexistujících objektů. O tom pojednává práce He (2011), která popisuje nejen postupy digitálního restaurování rozsáhlého historického objektu *Yuanmingyuan (Zahrada všech zahrad)* v Číně, ale také zavádí komplexní informační systém pro pohodlnější vyhledávání a tím i zrychlení pečlivého studia objektu. V této práci byl navržen informační systém Re-Relic⁷, který umožňuje prohlížet nejen odborné, ale také široké, veřejnosti 3D modely neexistujících památkových objektů, digitální archivy a další architektonickou a historickou dokumentaci. Autoři plánují rozšířit Re-Relic na celostátní informační systém. Prozatím Re-Relic¹⁰ obsahuje jen několik projektů. Funkčnost informačního systému Re-Relic byla ověřena na projektu s názvem *Re-Yuanmingyuan*, který se zabýval 3D a 4D modelováním areálu *Yuanmingyuan (Zahrada všech zahrad)*. Po shromáždění všech nalezených historických záznamů a dokumentů o zájmovém objektu, proběhlo zaměření zřícenin *Yuanmingyuan* 3D laserovým skenováním, fotogrammetrií, GPS a klasickými geodetickými metodami. Poté byly navrženy 3D (obr. 6) a 4D modely interiérů a exteriérů objektů a nakonec se vše uložilo do databáze.



Obr. 6 Porovnání 3D modelu s archeologickým nalezištěm; zdroj He (2011)

⁷ <http://www.re-relic.com/re-relic/index.aspx>

1.2.4 Virtuální realita

V současné době jsou stále populárnější virtuální 3D prohlídky památkových objektů a také muzeí (viz v Thompson (2011)), které otevírají další možnosti pro výzkum, prezentaci a popularizaci zajímavých prostorů. Virtuální realita je zajímavá právě tím, že umožňuje zobrazit trojrozměrnou virtuální scénu, do které může uživatel zasáhnout a stát se její součástí. Hlavní výhodou je, že scéna může být interaktivní a díky tomu lze s předměty manipulovat. Využití virtuální reality v památkové péči dobře popisuje například Alby & Poitevin & Grussenmeyer (2011). Článek popisuje tvorbu virtuální reality historického objektu Chatel sur Mosell⁸, která byla vytvořena dvěma způsoby, a to 3D modelováním virtuální reality a sférickým snímkováním (sférický fotografický snímek je snímek zobrazující celý prostor o úhlu záběru 360 x 180°, čímž vzniká zkreslení tam, kde se rovné linie prohýbají⁹). První způsob, 3D digitální model interiérů¹⁰ a exteriérů hradu, byl vytvořen z dat pořízených pozemním laserovým skenováním a fotogrammetrií. Druhý způsob virtuální reality byl vytvořen ze sférických snímků, které byly pořízeny digitálním fotoaparátem se širokoúhlým objektivem.

Pro tvorbu virtuální reality památkově chráněných objektů se častěji používá sférické snímkování¹¹ než 3D modelování z důvodů levnějšího a rychlejšího pořízení a zpracování dat i vizualizace. Zde je třeba poznamenat, že sférické snímky zaznamenávají jen současný stav, ale prostřednictvím 3D modelování můžeme vytvořit starší podobu objektu a tím umožnit zájemcům „virtuální cestování v čase“ po starobylých památkách v původním stavu.

1.2.5 3D model jako součást 3D databáze

Hlavním využitím 3D modelu v památkové péči je v současné době propojení 3D modelu s databází, která může být integrována do informačního systému památkové péče.

Na začátku této kapitoly je třeba vysvětlit základní technické pojmy (Bobek & Jedlička (2004)) :

⁸<http://chatel-medieval.fr/>

⁹<http://www.panoramas.cz/virtualni-prohlidky-sfericke-fotografie.html>

¹⁰<http://www2.insa-strasbourg.fr/chatel/Interieur.html>

¹¹Např. virtuální prohlídku založenou na sférických snímcích lze shlédnout na:

<http://www.saudiaramcworld.com/issue/200604/alhambra/tourmenu.htm>,

<http://acropolis-virtualtour.gr/acropolisTour.html#7>

- **atributová data** – vlastnosti objektu;
- **prostorová data** – informace o geometrickém tvaru objektu, např. půdorys budovy, 3D model budovy;
- **geografická data** - spojení atributových a prostorových dat;
- **datový model** - návrh struktury databáze;
- **prostorová (geografická) databáze** - databáze obsahující prostorová a atributová data.

V databázi kulturních památek je možno propojit vektorová (prostorová) data modelu s negrafickou informací, pořízenou při dokumentaci památkově chráněného objektu (atributy), a tím umožnit prostorovou identifikaci nemovitých i movitých kulturních památek.

Prostorová databáze (dále databáze) se vytváří plněním dat do datového modelu. Většina projektů popsaných v následujících podkapitolách se věnuje právě datovému modelu, který se následně naplní daty, a proto při popisu obsahu článku budeme rozlišovat tyto pojmy.

Databáze můžeme využít pro objekt malého rozsahu (zámek, hrad apod.), rozsáhlé areály, historická města, archeologické nálezy v daném areálu nebo na daném území, stavební historický průzkum, knihovny atd.

Protože tato práce se zabývá 3D modelováním zámku, který je součástí rozsáhlého zámeckého areálu Kozel, zaměříme se zde na databáze rozsáhlých památkových areálů, historická města a informační systémy. Dále uvedeme některé odkazy na informační systémy na národní úrovni.

1.2.5.1 Databáze pro rozsáhlé památkové areály

Příkladnou ukázkou databáze rozsáhlého areálu hradu nebo zámku je projekt Bobek & Jedlička (2011), který se zabývá tvorbou komplexního datového modelu pro správu databáze kulturního dědictví a je zaměřený na rozsáhlé areály hradů a zámků. Datový model má umožnit přístup k datům v 1D (tabulky s atributy), 2D (mapy), 3D (perspektiva nebo 3D zobrazení) a musí být kompatibilní s národním datovým modelem paGIS¹². Základní koncept datového modelu hradu/zámku je postaven na následujících klíčových

¹² paGIS – GIS památkově chráněných území a nemovitých kulturních památek. PaGIS - geografická databáze ve formátu ESRI Geodatabase je jednou ze základních částí Integrovaného informačního systému památkové péče (IISPP), kterou vytváří a spravuje Národní památkový ústav. Více o paGIS v (Eismann, 2007)

zásadách: interoperabilita s národními systémy, plynulý přechod, otevřenost a budoucí rozšiřitelnost, úplnost o dostatečný detail, povědomí o prostorovém prahu (nastavení prahu pro prostorové zobrazení různých typů mobiliáře), hybridní 2D/3D přístup. Výsledný 3D datový model naplněný daty (databáze) zámku Kozel je vidět na obr. 7. Více o 3D modelování zámku Kozel v kap. 3.1.



Obr. 7 Perspektivní pohled na 3D datový model zámku Kozel; zdroj Bobek & Jedlička (2011)

Následující projekt Durdag & Batuk (2011) je velmi podobný projektu Bobek & Jedlička (2011), proto bude popsán krátce. Práce se věnuje realizaci 3D datového modelu kulturního dědictví v areálu univerzity YTU Davutpaşa. Datový model byl prověřen na příkladě 3D modelu památkově chráněné vodní nádrže, která se nachází v areálu univerzity a byla zaměřena pozemními fotogrammetrickými metodami. Výsledný 3D datový model naplněný daty (databáze) je uveden na obr. 8.



Obr. 8 Perspektivní pohled na 3D datový model areálu univerzity YTU Davutpaşa; zdroj Durdag & Batuk (2011)

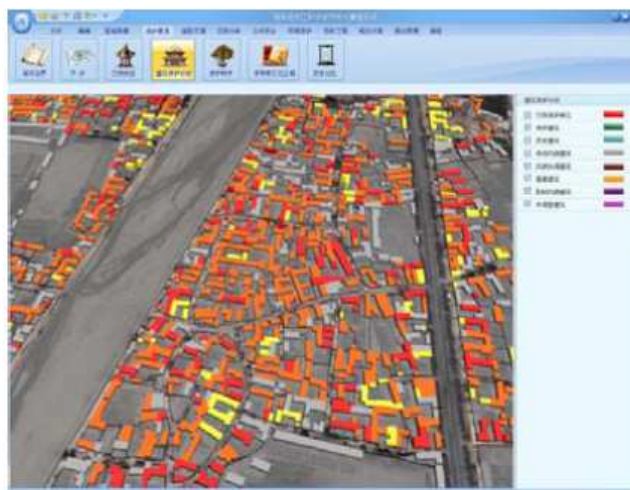
1.2.5.2 Databáze pro historická centra a historická města

Historické město jako celek je zvláštní druh kulturního dědictví s možností další proměny a rozvoje. Vzhledem k velkému rozsahu lokality historického města, zde mohou vzniknout problémy s evidencí, analýzou a správou dat. Je třeba si uvědomit, jak snadno můžeme nenávratně poškodit charakter a atmosféru historického města.

Na tomto faktu staví autoři projektu Yan & Limin (2011) a věnují se 3D modelování, tvorbě databáze a geoinformačnímu systému pro evidenci a správu historických měst. Koncept projektu se skládá z:

- návrhu datového modelu, který zahrnuje DMT, geodetická, architektonická a urbanistická (antropogenní, biogenní a geomorfologické prvky) data,
- výběru a určení objektů k ochraně,
- analýzy vybraných objektů a příslušné dokumentace z hlediska památkářství a prostorové analýzy objektů,
- zpracování dokumentace pro modelování 3D modelů podle předchozích analýz a formulace způsobu modelování,
- řízení databáze.

Datový model byl vyzkoušen na příkladě historického města Kuqa (Čína). Sběr dat probíhal pomocí technologií GPS a DPZ, kterými se zaměřila poloha každého objektu. Datový model byl naplněn naměřenými údaji. Na základě těchto údajů, satelitních snímků města a katastrálních map byl vytvořen 3D digitální model historického města. Dále se tvůrci projektu zaměřili na geoinformační systém památkové péče, určený výhradně pro historická města a památkové objekty nacházející se v takových městech. V článku není uvedeno, zda tento geoinformační systém je veden na národní úrovni a zda ho plánují rozšířit i na další historická města v Číně. Ukázky výsledku projektu jsou na obr. 9

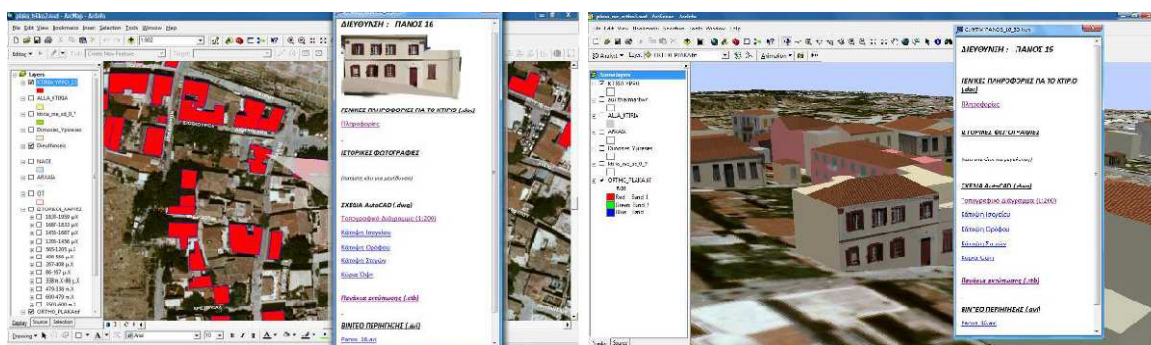


Obr. 9 3D datový model historického města

(budovy jsou vybarvené podle hierarchie); zdroj Yan & Limin (2011)

Rekonstrukce rozsáhlých lokalit, jako jsou historická centra měst a celá historická města, nabízí komplexní pohled na vývoj a správu lokality, který je nezbytný pro snížení rizik a zlepšení efektivity řízení v dané lokalitě. Integrace 3D datového modelu do informačního systému umožňuje také správu dat a procesů souvisejících s infrastrukturou města, životním prostředím, architekturou a samozřejmě s památkově chráněnými objekty.

Další projekt Kaskampas & Spirou-Sioula & Ioannidis (2011) má za cíl, spolu s vytvořením 3D datového modelu (geodatabáze v prostředí ESRI) a geoinformačního systému, vizualizovat reálný 3D model historického centra v Aténách (Řecko). Zpracovatelům projektu se podařilo vytvořit reálný 3D model a geoinformační systém pro 3D dokumentaci budov ve vlastnictví Ministerstva kultury. Pro průzkum a měření objektů byly použity technologie jako pozemní a letecká fotogrammetrie a laserové skenování. Byly nashromážděny tyto podklady: historické a moderní mapy, rastrová data a data získaná přímým měřením v terénu. Všechny prvky v datovém modelu jsou rozděleny do logických tříd podle svého původu na antropogenní a biogenní třídy (např. do antropogenní třídy spadají budovy, které obsahují následující atributy: vlastnictví, historický a architektonický význam atd.). Fyzický 3D model byl vizualizován v programu ArcScene (viz kap. 4.2.1) a je tvořen z 3D modelů budov, DMT a ortofota. Informační systém je vyvinut tak, aby kombinoval popisné informace (obrázky, kresby, právní vztahy, atd.) o objektech s 3D modelem a geometrickou dokumentací, což dává možnost řídit a analyzovat velké objemy dat, které je třeba neustále aktualizovat. Projekt neobsahuje žádné odkazy na geoinformační systém historického centra Atén. Výsledek je možné zhlédnout na obr. 10.



Obr. 10 Propojení geometrie a externích souborů, vlevo ve 2D a vpravo ve 3D prostoru;
zdroj Kaskampas & Spirou-Sioula & Ioannidis (2011)

Bohužel jen jeden z výše popsaných projektů (Bobek & Jedlička (2011)) se zmínil o napojení vytvořené databáze památky na databázi v rámci národního informačního systému (dále IS) památkové péče. Právě IS zajišťuje jednotnou komplexní informační podporu pro správu, provoz, prezentaci a propagaci všech památkových objektů daného státu. Jak je vidět, IS úzce souvisí s databázemi, a proto se tomuto tématu budeme věnovat podrobněji v následující podkapitole.

1.2.5.3 Informační systémy památkové péče ve světě

V této podkapitole se podíváme na informační systémy (IS) na národní úrovni ve světě. Informační systémy na národní úrovni evidují a spravují všechny státem vlastněné památkové objekty. Hlavním informačním zdrojem pro přehled IS je článek Kioussi & Labropoulos & Karoglou (2011), který se zabývá návrhem, doporučením a strategií pro stanovení směrnice pro dokumentaci památek, harmonizované se stávajícími evropskými standardy a kodexy. Kromě toho se věnuje také průzkumu existujících národních informačních systémů památkové péče. Autoři příspěvků studovali třiatdvacet informačních systémů z jedenácti evropských zemí (Belgie, Česká republika, Německo, Řecko, Itálie, Lucembursko, Malta, Polsko, Portugalsko, Slovinsko, Španělsko) a Izraele. Podle autorů se prostudované systémy se dělí na dva typy IS: dokumentace a systémy posuzování rizik. Některé systémy patří do obou typů. Aby všechny směrnice pro dokumentaci památek byly efektivní a široce použitelné, musí být nejen sladěny s existujícími evropskými standardy a kodexy, ale také musí respektovat různorodost a zvláštnosti kulturního dědictví. Informační systémy budou uvedeny v tabulce 1.

STÁT	INORMAČNÍ SYSTÉM
Belgie	VIOE – Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed ¹³
	Database of Cultural Heritage in the Brussels Region ¹⁴
	Database of the Cultural Heritage in the Walloon Region ¹⁵
	Monumentenwacht Vlaanderen ¹⁶
	Cities of Bruges and Antwerp: Inspection of the buildings owned by the - heritage and others – aiming at the maintenance of these buildings
	Ministry of Education of the Flemish Government: Methodology for the inspection and evaluation of the condition and the maintenance of school buildings
ČR	Integrovaný informační systém památkové péče (IISPP), viz kap. 1.2.5.4
Německo	ADABweb – Allgemeine Denkmaldatenbank ¹⁷
Řecko	National Archive of Monuments Information System ¹⁸ (POLEMON)
	Ministry of Culture / Directorate of Byzantine and Postbyzantine Monuments: ARCHI-MED Risk Map of cultural heritage and mapping and description of cultural landscape
	Ministry of Culture: Technical Reports for museum interventions, extensions, upgrades or new buildings
	Acropolis Restoration Service (YSMA) ¹⁹
Izrael	Site Card
Itálie	Sistema Informativo Generale per il Catalogo (SIGEC) ²⁰
	Carta del Rischio ²¹
Luxemburg	Inventory of the cultural Heritage in the Grand-Duchy of Luxemburg (buildings and landscapes) ²²
Malta	Compilation of data inventory cards - National Protective Inventory ²³
Polsko	Karta Cmentarza
	Rejestr Zabytków ²⁴
Portugalsko	IGESPAR PT
Slovinsko	Cultural Heritage Register ²⁵
Španělsko	Ficha de Patrimonio Etnológico en Castilla y Leon
	Inventario de Patrimonio Industrial de la Provincia de Valladolid

Tab. 1 Přehled IS některých z evropských zemí a Izraele; zdroj Kioussi & Labropoulos & Karoglou (2011)

¹³www.vioe.be

¹⁴www.irismonument.be

¹⁵mrw.wallonie.be/dgatlp/ipa/

¹⁶www.monumentenwacht.be

¹⁷<http://www.denkmalpflege-bw.de/denkmaledatenbanken/adabweb.html>

¹⁸<http://nam.culture.gr/portal/page/portal/deam/erga/nam>

¹⁹<http://www.ysma.gr>

²⁰<http://www.iccd.beniculturali.it>

²¹<http://www.cartadelrischio.it/eng/index.html>

²²www.ssmn.public.lu/patrimoine/index.html

²³www.mepa.org.mt

²⁴Název a odkaz jsou opraveny, odkaz na IS je <http://www.nid.pl/idm,160,rejestr-zabytkow.html>

²⁵<http://rkd.situla.org/>

Další informační systém byl dohledán v projektu Ning et al. (2011), který velmi podrobně popisuje vývoj státního informačního systému památkové péče a stanovuje standardy řízení a využívání dokumentace kulturního dědictví. Informační systém by měl být:

- dobře interpretovatelný,
- rozšiřitelný,
- dobře prezentovaný na webu,
- přístupný nejen odborníkům, ale i běžným uživatelům.

Data, vzhledem k jejich různému způsobu editace a využití, by měla být uložena na různé servery v závislosti na poskytovaných službách a pak byla generována automaticky do databáze. Podle tvůrců článku má informační řízení obsahovat 3 fáze:

1. určení a registrace - obsahuje nehmotné dědictví (tradiční umění, lidové umění a zvyky, apod.) a hmotné dědictví (památky, historické budovy a osídlení, historická místa, pozoruhodné krajiny)
2. zachování a restaurace, obsahuje: posouzení podle právního a odborného hlediska, program na zachování a restauraci hmotných kulturních památek
3. správa, údržba, vzdělávání a marketing

Výsledkem je centralizované vedení dokumentace kulturního dědictví, načítání a ukládání dat v reálném čase a systém snadno přizpůsobitelný administrativním požadavkům na standardizaci dokumentace, vyměňované mezi kulturními institucemi.

V článku není uveden odkaz na vytvořený informační systém. Podle samostatného vyhledávání se podařilo najít web, který by mohl odpovídat výše uvedenému informačnímu systému památkové péče, nacházející se na adrese: http://www.hach.gov.tw/hach/frontsite_e/. Naopak, v projektu Thompson (2011) je uveden odkaz na informační systém památkové péče v Arabských Emiratech, který lze prohlédnout na: <http://www.adach.ae/en/portal/intangible.heritage.aspx>.

Nakonec uvedeme pro zajímavost článek Pierrot-Deseilligny & De Luca & Remondino (2011), zmiňující se o zajímavém projektu TAPeNADe²⁶, který se zabývá vývojem, bezplatnou distribucí softwaru, vypracováváním metodiky, pokynů a osvědčených postupů pro tvorbu 3D modelu památkově chráněného objektu a také obsahuje již hotové projekty.

²⁶ <http://www.tapenade.gamsau.archi.fr>

1.2.5.4 Integrovaný informační systém památkové péče (IISPP)

Oficiální institucí pro ochranu a zachování kulturního dědictví v České republice je **Národní památkový ústav²⁷ (NPÚ)**. Hlavními činnostmi NPÚ jsou: výzkum a vývoj v oblasti památkové péče, metodická pomoc, péče o kulturní památky, zejména o státní hrady a zámky, které jsou ve správě NPÚ.

Integrovaný informační systém památkové péče (IISPP), převzato z NPÚ (2010), je budován v rámci dlouhodobého projektu a jeho základním cílem je zajistit:

- ukládání všech typů stávajících a nově pořizovaných dat v jedné centrální zabezpečené databázi,
- vytváření uživatelských aplikací, umožňující efektivní využití a průběžnou aktualizaci uložených dat v jednotném vývojovém prostředí,
- vytvoření metodických postupů a standardů pro správu, rozvoj a využívání tohoto komplexního systému.

IISPP má dvě realizované části (NPÚ (2010)):

- **geografický informační systém²⁸ (GIS)** NPÚ, který umožňuje jednoduše a přehledně prezentovat sledované objekty zájmu památkové péče v digitální mapě (více na GIS NPÚ (2012)),
- **metainformační systém (MIS)**, který slouží pro jednotné ukládání, popis a zpřístupnění digitálních nebo digitalizovaných odborných dokumentů, více viz NPÚ (2010).

V rámci dalšího rozvoje IISPP jsou připravené k integraci další zdroje a aplikace, viz v NPÚ (2010):

- **MonumIS²⁹**,
- **ISAD³⁰** – informační systém o archeologických datech,
- **ArtGuard** – aplikace určená pro zpracování evidence movitého kulturního dědictví ČR v rámci programu ISO (Integrovaný systém ochrany movitého kulturního dědictví),
- **CastIS³¹** – oddělená evidence a správa mobiliárních fondů,
- **Clavius³²** – aplikace určená pro evidenci a katalogizaci knihoven.

²⁷ <http://www.npu.cz>

²⁸ <http://gis.up.npu.cz/>

²⁹ <http://monumnet.npu.cz/>

³⁰ <http://twist.up.npu.cz/>

³¹ <http://www.castis.cz>

2 Porovnání tvorby modelu z architektonického a geodetického měření (laserové skenování) a návrh postupu tvorby modelu

Nejprve v této kapitole budou popsány měřické metody použité pro tvorbu 3D modelu. Dále budou porovnány tvorby 3D modelu z architektonického měření a laserového skenování. Pro porovnání budou použity práce Rauch (2006) a Hrádková (2009), pojednávající o laserovém skenování zámecké kaple, a práce Luňák (2009), která pojednává o tvorbě 3D modelu na základě klasické výkresové dokumentace. Nakonec bude navržen postup tvorby 3D modelu.

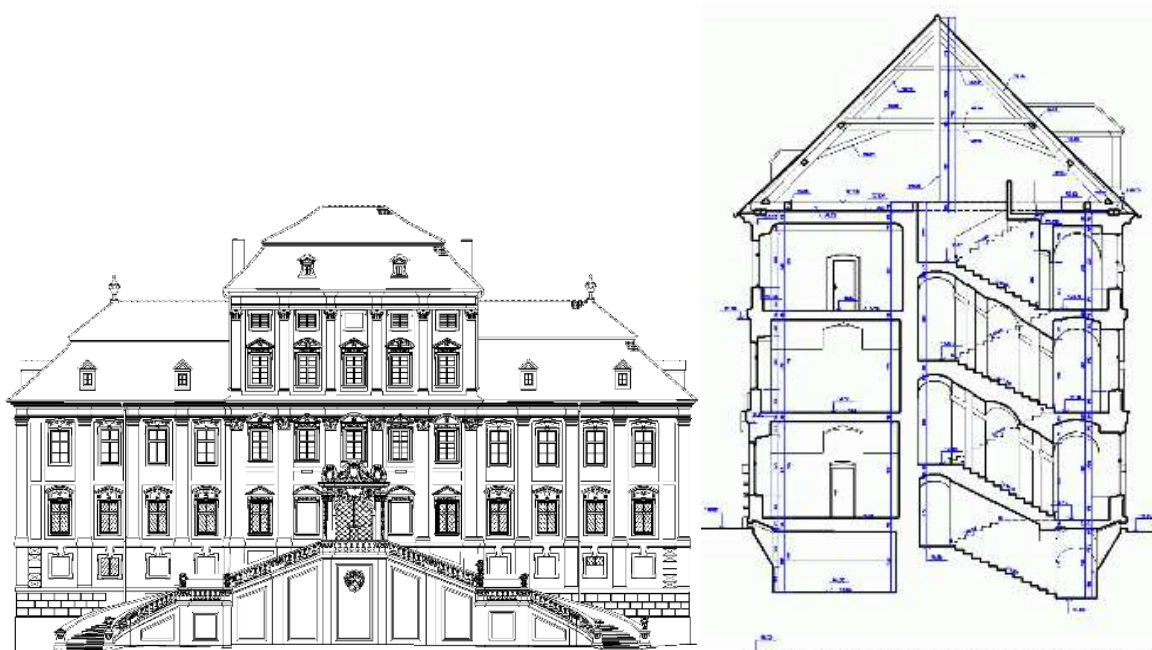
2.1 Měřické metody

2.1.1 Architektonické zaměření

Architektonická měření objektů chápeme jako měření prováděná v interiérech a na fasádách budov. Zaměření může probíhat geodetickými přístroji, fotogrammetrickými přístroji a laserovými skenery. Výstupem jsou jak 2D (v měřítku 1:50 a pro rozsáhlejší stavby - 1:100, 1:200), viz obr. 11, tak i 3D dokumentace (3D model), což není zatím obvyklá záležitost. Jde o zaměření stávajícího stavu budovy včetně pohledů. Je třeba zachytit všechny důležité detaily budovy. Architektonicky zaměřujeme půdorysy všech podlaží, vnější půdorys budovy, všechny vnější pohledy na budovu a řezy, ze kterých jsou vidět konstrukční prvky domu. Čerpáno z Bezděk & Bobek & Jedlička (2010).

Často jsou za pomoci geodetické techniky zaměřeny identické body, pomocí kterých jsou následně architektonické plány transformovány do geograficky vztažného souřadnicového systému.

³² <http://www.clavius.cz>



Obr. 11: vlevo – fotogrammetrické zaměření fasády zámku Červený Hrádek u Jirkova; vpravo – geodetické zaměření svislého řezu – Terezín, Kasárna Prokopa Holého; zdroj AGM (2012)

2.1.2 Pozemní laserové skenování

Laserové skenování (jak pozemní tak letecké) je nejprogresivnější metodou zaznamenávání prostorového tvaru předlohy. Je založeno na aktivním laserovém senzoru, který zná svoji polohu; směr, kterým vyšle paprsek; rychlost paprsku a dobu návratu paprsku. Pro účely záznamu prostorového tvaru předlohy je vhodnější využít pozemní laserové skenování, které je vyhovující pro exteriéry i interiéry. V digitalizaci prostorově malých předloh (např. mobiliáře) mohou být využity především velmi přesné fázové skenery. Výstupem jsou soubory obsahující 3D souřadnice zaměřených bodů. Převzato z Bezděk & Bobek & Jedlička (2010).

2.2 Porovnání tvorby 3D modelu z architektonického měření a geodetického měření (laserového skenování)

Při porovnávání postupu tvorby modelu z architektonického měření (dále v této kapitole **AM**) a laserového skenování (dále v této kapitole **LS**) budeme porovnávat podle následujících kritérií (definované v kap. 2.3):

- účel modelování,
- sběr dat,

- zpracování dat a 3D modelování předlohy.

Podle obdržných podkladů pro zpracování 3D modelu bylo jasné, že **AM** probíhalo geodetickými přístroji a toho se při porovnání tvorby 3D modelů budeme držet.

2.2.1 Účel modelování

Oba 3D modely byly vytvořeny v rámci studia s cílem prozkoumat:

- možnosti sběru a zpracování dat a tvorby a vizualizace 3D modelu (Rauch (2006), Hrádková (2009)),
- možnosti využití vhodného softwaru pro vytvoření 3D modelu (Hrádková (2009)).

Hlavním cílem bylo, aby modely mohly být součástí komplexního datového modelu velkoměřítkové databáze pro evidenci kulturních památek, více viz v Luňák (2009).

2.2.2 Sběr dat

Obě metody jsou vhodné jak pro interiéry, tak pro exteriéry. Metoda **LS**, na rozdíl od **AM**, umožňuje pořízení přímo prostorového tvaru objektu v krátkém časovém úseku. Ani jedna z metod není náročná na počet měřičů. **AM** geodetickými přístroji při podrobném zaměřování interiérů trvá mnohem déle. Kdybychom chtěli zkrátit čas, potřebovali bychom více přístrojů a více pracovníků.

LS je nevýběrová metoda, při které nelze zajistit, aby byly vybrány jen např. lomové hrany objektu. Skener zaměří velmi objemné 3D mračno bodů, ze kterých je třeba vybrané prvky rekonstruovat (Bezděk & Bobek & Jedlička (2010)). Při **AM** naopak můžeme naměřit přesně to, co potřebujeme a nebudeme mít ve výstupním souboru zbytečná data.

LS je sice bezkontaktní metoda, ale i laserový paprsek může škodit historicky cennému majetku (Bezděk & Bobek & Jedlička (2010)). U **AM** dochází ke kontaktu s měřeným objektem, takže je tu také možné riziko poškození cenného majetku.

Lze říci že **LS** je výrazně lepší než **AM** pro lokality, které jsou velmi nepravidelné/nehomogenní (typicky pro archeologická naleziště). U pravidelných objektů (budov), lze vhodným výběrem bodů u **AM** docílit obdobného výsledku jako u **LS**.

2.2.3 Zpracování dat a 3D modelování předlohy

Postupy při zpracování dat a 3D modelování předlohy pro porovnání můžeme rozdělit na 3 části:

1. Zpracování dat pro modelování předlohy.
2. Modelování předlohy.
3. Vizualizace 3D modelu.

2.2.3.1 Zpracování dat pro modelování předlohy

Výstupem z **LS** je soubor obsahující 3D souřadnice každého změřeného bodu, které je potřeba následně transformovat z místního souřadnicového systému skeneru do geografického souřadnicového systému (Bezděk & Bobek & Jedlička (2010)). Výsledkem měření **LS** je mračno bodů, tj. nezpracovaná množina podrobných bodů objektu včetně chyb, které jsou dané špatnými odrazy od předmětu. Případně je třeba mračna bodů ředit nebo se v nich mohou objevit prázdná místa bez bodů (žádný odraz od předmětu) v důsledku malého počtu stanovisek nebo nesprávného zvolení stanovisek, které způsobí mnohočetné zaměřování předmětu. To ovšem lze vyřešit kontrolou skenů přímo v poli nebo opakovaným zaměřením, které, pokud nebude třeba doměřovat lícovací body, nebude trvat dlouho (Hrádková (2009)). Nevýhoda **LS** je velké množství podrobných bodů, které se běžnými grafickými prostředky nedají zobrazit a zpracovat (Pavelka (2006)). Úspěšná editace dat může probíhat v programech přímo vytvářených pro určitý typ skeneru nebo v univerzálních programech na bázi CAD, např. MicroStation.

Při **AM** se také měří v místní soustavě a následně je třeba transformovat do geografického souřadnicového systému. Architektonickou dokumentaci tvoří převážně výkresy pohledů, půdorysů budov a krovů a také řezy (Bezděk & Bobek & Jedlička (2010)). V **AM** je pak zřetelně vidět, které údaje ve výkresu chybí a není problém to následně doměřit. Selhat zde může lidský faktor při záznamu rozměrů do výkresů. Dupočítávání zapomenutých rozměrů může neúměrně prodlužovat dobu zpracování. Vyhotovení celého výkresu může být dokonce zkomplikováno tím, že daný rozměr nepůjde vůbec dupočítat (Fiala (2004)). Naměřena data můžeme editovat v programech na bázi CAD (AutoCAD, MicroStation).

Z výše uvedeného vyplývají závěry, že zpracování výsledků měření **LS** je časově a finančně velmi náročné ve srovnání se zpracováváním dat z **AM**. Ale výhodou **LS** je, že jeho výsledkem je kompletní 3D soubor všech zaměřených objektů a jevů.

2.2.3.2 Modelování předlohy

Pro účely památkové péče je možné využít samotné mračno bodů v kombinaci s digitálními fotografiemi, které se pořizují přímo při **LS**. Za pomoci softwaru, ve kterém se mračna bodů upravují, je lze následně obarvit pomocí fotografií. Výsledný 3D model vypadá velmi realisticky a může být použit pro zachování a prezentaci památkového objektu (Rauch (2006), Hrádková (2009)).

Další možností použití mračna bodů z **LS** je vytvoření 3D drátěného modelu v příslušném programu (např. MicroStation). Je to pracný úkol, kde jsou jednotlivé body spojovány přímkami nebo křivkami a následný drátěný model doplněn o textury, vybarven a dokonce propojen s databází. Takový drátěný model má své využití v evidenci mobiliáře.

Podle výkresů vytvořených **AM** lze zpracovat velmi přesný 3D model a to dokonce bez použití drahého a náročného programového vybavení. Podle naměřených hodnot, které jsou uvedeny ve výkresu v centimetrech nebo v milimetrech, lze nakreslit každý detail fasády nebo interiéru budovy. Při výběru vhodného programu se základními nástroji a jednoduchým ovládáním lze vytvořit 3D model v kratším časovém úseku.

2.2.3.3 Vizualizace 3D modelu

Jak už bylo uvedeno výše, hlavním účelem modelování bylo daný model uložit do ESRI geodatabáze, aby mohl být pak součástí datového modelu velkoměřítkové geodatabáze pro evidenci kulturních památek (Luňák (2009)). V této podkapitole půjde o porovnání převodu dat z **LS** a z **AM** do programu ArcGIS, ve kterém se tvoří geodatabáze.

Při **LS** můžou vzniknout dva 3D modely. První - 3D model přímo z obarvených mračen bodů. Tento model (*.dxf) můžeme převést do vrstvy (typu *point*), kterou je třeba dále uložit rovnou do ESRI geodatabáze (Rauch (2006)), ovšem jeho vizualizace je hardwarově velmi náročná, reálně lze tedy najednou zobrazit pouze omezené množství dat, např. jednotlivé budovy. Druhý – 3D drátěný model, který vzniká vektorizací dat z **LS**. Ten musí být nejprve převeden na povrchový model a poté exportován do ESRI geodatabáze (Luňák (2009)).

Na základě **AM** vznikl 3D model tak, že geometrie půdorysu zámku, která je uložena v databázi, z formátu shapefile byla převedena v programu ArcScene do formátu COLLADA, následně byla exportována do Google SketchUp, kde proběhlo modelování předlohy. Hotový 3D model (také ve formátu COLLADA) byl exportován zpátky do ArcScene a uložen do geodatabáze.

Na tomto místě lze obě metody shrnout takto:

- **AM** je výběrová, nízkonákladová metoda měření interiérů a fasád, která nevyžaduje pro zpracování velkého množství naměřených dat náročný software a hardware. Využívá se především pro 2D dokumentaci. Tvorba 3D dokumentace je ovšem časově náročná na zpracování.
- **LS** je nevýběrová, nákladná metoda měření jak interiérů, tak exteriérů. Pro zpracování velkých množství dat vyžaduje hodně času a náročný software i hardware, které jsou stále ve vývoji. Lze zde provést velké množství podrobných měření za krátkou dobu a výsledkem je kompletní 3D soubor zaměřených objektů a jevů.

Ze současného stavu zaměření památkově chráněných objektů vyplývá fakt, že **LS** ještě není běžně využívaná metoda měření v důsledku finanční náročnosti. Nejčastější situace je taková, že ten kdo vytváří 3D model má k dispozici buď existující dokumentaci k objektu s geodeticky neměřeným půdorysem, nebo výkresovou 2D dokumentaci z nového **AM**.

2.3 Návrh postupu tvorby 3D modelu

V této kapitole bude navržen obecný postup tvorby modelu na základě vlastních zkušeností s tvorbou 3D modelu.

Postup tvorby 3D modelu byl rozdělen do následujících kroků, které již byly zmíněny v kap. 2.2:

1. Definice účelu modelování.
2. Sběr dat pro tvorbu 3D modelu.
3. Zpracování dat a 3D modelování předlohy.

2.3.1 Definice účelu modelování

Před tvorbou 3D modelu je třeba uvážit pro jaký účel je model tvořen:

- pro vizualizaci a prezentaci,
- pro virtuální rekonstrukci,
- jako součást informačního systému,
- pro virtuální realitu.

2.3.2 Sběr dat pro tvorbu 3D modelu

Před tím, než budeme měřit nová data, musíme vzít v úvahu již existující dokumentaci k objektu. Ke každému památkovému objektu již existuje většinou 2D dokumentace v analogové podobě a ta slouží pro analýzu a hodnocení stavu dokumentovaného objektu při předprojektových přípravách. Bez kvalifikované předprojektové přípravy je ohroženo zachování hodnot stavby jako cíle obnovy, neboť některé hodnoty mohou být přehlednuty, v projektu nezohledněny nebo z neznalosti dokonce poškozeny nebo zničeny, viz Girsá et al. (2004).

Jakou zvolíme technologii pro sběr dat, ze kterých bude navržen 3D model, záleží především na těchto aspektech:

- Účel modelování (definovaný výše).
- Specifikace objektu, který chceme modelovat (např. jen budova nebo velký areál, budova určená k rekonstrukci nebo zachovalý objekt, interiéry nebo exteriéry).
- Za jakých podmínek bude měření probíhat (např. neprůchozí terén, objekt se může nacházet pod vodou, památkový objekt může být v dezolátním stavu nebo může být překrytý vegetací).

Pokud bylo rozhodnuto pro nové měření, můžeme použít tyto metody a technologie:

- Architektonické měření se používá především pro zaměření interiérů a fasád. (Více viz kap. 2.1.1)
- Klasické geodetické metody se používají pro zaměření exteriérů areálu nebo vnějšího půdorysu objektu a jejich 3D tvaru. Geodetické měření je využíváno také pro účely transformace jednotlivých fotografických snímků

(získaných fotogrammetrickou metodou) nebo naskenovaných mračen bodů (získaných laserovým skenováním) do geograficky vztaženého souřadnicového systému (Bezděk & Bobek & Jedlička (2010)).

- Fotogrammetrické metody mají široké uplatnění v získávání dat a jsou vhodné mimo jiné pro těžko přístupný terén, více viz Bartoš et al. (2011) a Studnicka & Zach & Amon (2011), pro měření pod vodou, více viz Diamanti & Georgopoulos & Vlachaki (2011). Výhodou oproti geodetickým metodám a laserovému skenování je menší časová a finanční náročnost, zejména při měření složitých objektů.
- Pozemní laserové skenování má řadu výhod: za krátkou dobu naměří velké množství dat a přesně zachytí tvar objektu. Je vhodné pro zaměření jak exteriérů, tak interiérů, ale je to velmi finančně náročná metoda.

Na závěr je třeba podotknout, že každá z metod je vhodná pro jiné účely. Při výběru měřické metody je třeba brát v úvahu polohu památkově chráněného objektu, velikost objektu, šetrnost k zaměřovanému objektu, finanční náročnost a schopnost data zpracovat jak z hlediska profesionality lidí, tak i z hlediska programového a technického vybavení.

2.3.3 Zpracování dat a 3D modelování předlohy

Zpracování dat přímo závisí na metodě sběru dat. V současné době zpracováváme data většinou pomocí počítače. Takže je vhodné vybrat odpovídající hardwarové a softwarové vybavení. Jelikož tvoříme 3D grafický model, potřebujeme např. výkonnou grafickou kartu pro rychlejší práci s náročnými grafickými programy, RAM a rychlý pevný disk s velkou paměťovou kapacitou. Pro vyhodnocení dat a vykreslení 3D modelu jsou používány většinou CAD³³ systémy, např. MicroStation, AutoCAD, Google SketchUp (viz kap. 3.2.5.1). Pokud chceme, aby 3D model obsahoval i popisnou složku dat (atributy), je vhodnější ho převést do formátu vhodného pro geografický informační systém (GIS). Z toho vyplývá pořízení vhodného GIS software, např. ArcGIS Desktop.

Výstupem geodetického měření jsou souřadnice naměřených bodů, které snadno z totální stanice přepokopujeme do počítače. Pak je spojíme pomocí konstrukčních nástrojů zpravidla v takových programech jako je MicroStation a AutoCAD a tím vytvoříme 3D model.

³³ CAD - Computer Aided Design

Podle poznatků popsaných v Hrádková (2009) záleží při zpracování fotogrammetrických dat na metodě vyhodnocení snímku. Výstupem fotogrammetrického měření jsou fotografické snímky, které můžeme podle Kopejtková (2009) vyhodnotit metodou průsekové fotogrammetrie např. v programu CDW³⁴. K stereoskopickému vyhodnocení snímků je zapotřebí speciálních brýlí s tekutými krystaly, umožňujících stereovidění a také speciálního softwaru. 3D model můžeme vytvořit v programu Google SketchUp a vyhodnocené fotografie použít jako textury (Kopejtková (2009) a Strejcová (2010)) nebo vyhodnocené body můžeme exportovat do MicroStation a nakreslit 3D drátěný model, více viz v Hrádková (2009).

Výstupem laserového skenování jsou mračna bodů, která se zpracovávají v příslušných programech dodávaných výrobcem skeneru. Podrobněji o zpracování dat je napsáno v předchozí kapitole při porovnání tvorby modelu z architektonického měření a laserového skenování.

3 Tvorba 3D modelu památkově chráněného areálu zvoleným postupem

3.1 Historie prací na zámku Kozel

3.1.1 Státní zámek Kozel

Státní zámek Kozel je národní kulturní památka a nachází se v obci Št'áhlavy, nedaleko Plzně. Areál klasicistních objektů, obklopený 30 ha přírodně krajinářským parkem byl postaven jako sezonní, lovecké sídlo Václavem Haberditzem pro Jana Vojtěcha Černína. Dobudovaný J. N. I. Palliardim v celistvý komplex, který se dochoval v relativně dobrém stavu až do zestátnění jako ukázka bydlení přelomu 18. a 19. Století. V roce 1946 byl zámek Kozel vybrán k tzv. kulturně výchovnému využití a spolu s dalšími památkovými objekty zpřístupněn veřejnosti. Převzato z Státní zámek Kozel (2006).

³⁴ RolleiMetric CDW (Close-Range Digital Workstation) je fotogrammetrický software, více viz Kopejtková (2009)

3.1.2 Koncept GIS Kozel

V roce 2004 vznikl za spolupráce K. Bobka a K. Jedličky Koncept GIS Kozel, viz v Bobek & Jedlička (2004).

Podle konceptu má GIS model zámku Kozel plnit dvě rozdílné funkce a to evidenci majetku a 3D vizualizaci pro prezentační účely. Model tedy již od začátku počítá s možností 3D vizualizace jakéhokoli prvku. Pro účely evidence je používáno převážně 2D zobrazení, které slouží pro evidenci movitého i nemovitého kulturního majetku. Evidence je vedena pro účely:

- státního seznamu památek,
- pro vlastní správu majetku,
- pro vnější badatele.

Koncept navrhuje prostorovou evidenci nemovitého kulturního majetku, mobiliáře (movitého majetku) a dalších podpůrných evidencí (spisový archiv, plánová dokumentace, fotoarchiv a případně další zdroje). Převzato z Bobek & Jedlička (2004).

Databáze nemovitého majetku byla řešena do úrovně podrobnosti plánů jednotlivých místností v budovách a stavebních částí budov a zároveň byla řešena struktura okolí. Návrh modelu pro prostorovou evidenci byl řešen v souladu s existujícím systémem správy prostorových dat paGIS. Více viz Luňák (2009).

Prostorová lokalizace mobiliáře (movitého majetku) byla rozčleněna na dvě úrovně: na objekty v prostoru zobrazované a na objekty, které pro svůj malý rozměr v prostoru zobrazovány přímo nebudou. Tyto objekty byly prostorově lokalizovány pouze informací, ve kterém zobrazovaném objektu se nacházejí. Dále, podle Bobek et al. (2011), tyto objekty jsou rozděleny na objekty lokalizované bodem a tvarem. Evidence mobiliáře byla řešena propojením na existující databázi CastIS³⁵. Převzato z Bobek & Jedlička (2004).

3.1.3 Zaměření areálu zámku Kozel

Před rokem 2005 byl geodetickými metodami zaměřen polohopis (hranice areálu, budovy, stromy) a výškopis zámeckého areálu. Měření provedla Geodetická kancelář Češka (Rauch (2006)).

³⁵ CastIS – slouží pro oddělenou evidenci a správu mobiliárních fondů. Informace o CastIS jsou dostupné na <http://www.castis.cz>

V listopadu 2005 proběhlo měření zámecké kaple metodou laserového skenování. Interiéry a exteriéry zámecké kaple byly skenovány pozemním laserovým skenerem LMS-Z420i od firmy Riegl. Obsluhu skeneru zabezpečovala společnost Georeal. Nejdříve bylo třeba zaměřit a vytvořit pomocnou geodetickou síť skládající se z pěti stanovisek. Souřadnice stanovisek byly zaměřeny metodou GPS-RTK (Rauch (2006)).

Dále proběhlo fotogrammetrické měření digitálním fotoaparátém Rollei d507 metric (měřický fotoaparát) fasády kaple a vnitřního prostoru kaple pro účely tvorby jejího 3D modelu (Hrádková (2009)).

3.1.4 Zpracování dat pořízených zaměřením kaple

Výkresy interiérů získané od architektky Martiny Kučerové byly natransformovány do souřadnicového systému S – JTSK v programu AutoCAD. Výsledné soubory ve formátu *.dwg byly připraveny k dalšímu zpracování. (Rauch (2006)).

3D data pořízená laserovým skenováním byla zpracována programem RiSCAN PRO. Výsledkem skenování jsou mračna bodů z jednotlivých stanovisek. U každého skenu jsou evidovány lícovací body, intenzita odrazu a také digitální fotografie. Nejdříve bylo třeba opravit chyby v datech. Poté byla data obarvena pomocí zvolených fotografií. Jednotlivé skeny se spojily pomocí vlíčovacích bodů (obr. 12). Těmito kroky byla vytvořena scéna, kterou se dá procházet. Scéna byla zaznamenána průletem a uložena jako video. Více viz v Rauch (2006).



Obr. 12: Obarvená mračná bodů; zdroj Hrádková (2009)

Snímky pořízené fotogrammetricky byly vyhodnoceny v příslušném softwaru na principu průsekové fotogrammetrie (prostorové protínání zpět) a spojeny pomocí vlíčovacích bodů. Dále následovalo vyhodnocení podrobných bodů, které byly

naimportovány do programu MicroStation. Zde z nich byl vytvořen 3D vektorový drátěný model exteriéru zámecké kaple (Hrádková (2009)).

3.1.5 Tvorba datového modelu velkoměřítkové geodatabáze

Pro tvorbu geografické databáze byla zvolena technologie ESRI a systém ArcGIS. O návrhu a realizaci datového modelu velkoměřítkové geodatabáze pro rozšiřující evidenci kulturních památek pojednávají práce Luňák (2009) a Bobek & Jedlička (2011).

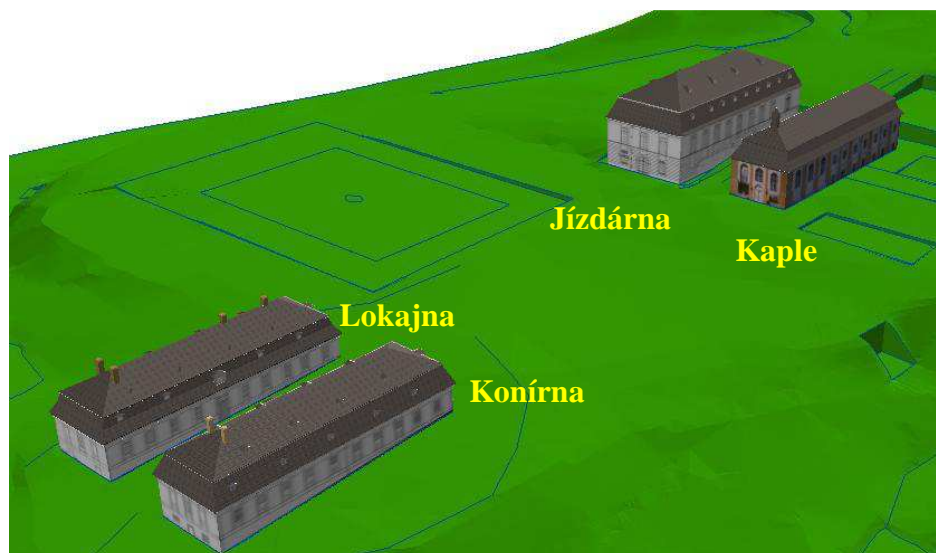
Celý datový model pro účely kulturního dědictví byl ověřen v následujících pracích:

- klasifikací existujících a získáním nových dat (viz kap. 3.1.2) se zabývala práce Rauch (2006),
- datový model interiérů byl popsán v Luňák (2009)),
- datový model exteriérů byl zpracován v práci Šuba (2010).

3.1.6 Výsledky dosavadních prací na zámku Kozel

Výsledky předchozích prací jsou 3D model zámecké kaple (Rauch (2006) a Hrádková (2009)), 3D model exteriérů zámku Kozel (Šuba (2010)) a datový model velkoměřítkové geodatabáze pořízené za účelem evidence památkově chráněného nemovitého i movitého majetku (Luňák (2009)).

Na obrázku č. 13 jsou vidět modely dalších budov, které byly vytvořeny postupem popsaným v kap. 4.2 v rámci předmětu KMA/AGI. Autory 3D modelů jsou: Chlup Ondřej (konírna), Krňoul Roman (lokajna), Pavlík Tomáš (kaple), Šuba Radan (jízdná).



Obr. 13 3D modely budov zobrazené v ArcScene

3.2 Návrh 3D modelu zámku Kozel

Pro veškeré práce popsané níže byly použity následující programy:

- ArcScene 10 (více viz kap. 4.2.1),
- Google SketchUp 8 (více viz kap. 4.2.5).

3.2.1 Úvod do ArcGIS 10 Desktop

ArcGIS Desktop 10 (dále jen ArcGIS) je produktem společnosti ESRI³⁶. Do kategorie ArcGIS spadají produkty ArcView, ArcEditor, ArcInfo a ArcReader. Každý z těchto produktů poskytuje různou úroveň funkčnosti. Produkty z kategorie ArcGIS jsou tvořeny aplikacemi **ArcMap 10** a **ArcCatalog 10** (dále jen ArcMap a ArcCatalog) obsahujícími bohatý soubor nástrojů pro správu a analýzu geografických dat. Nástroje jsou umístěny v uživatelském rozhraní **ArcToolbox**. Grafické programovací prostředí pro tvorbu postupů zpracování prostorových dat a skriptů poskytuje **ModelBuilder**. Pro ArcGIS existuje mnoho volitelných nadstaveb (**ArcGIS 3D Analyst**, **ArcGIS Data Interoperability**, **ArcGIS Publisher** atd.). Program **ArcScene 10** (dále jen ArcScene), který je spolu s aplikací **ArcGlobe 10** součástí nadstavby ArcGIS 3D Analyst³⁷. Aplikace ArcScene je určena pro prohlížení a analýzu menších datových sad a zobrazuje data jako

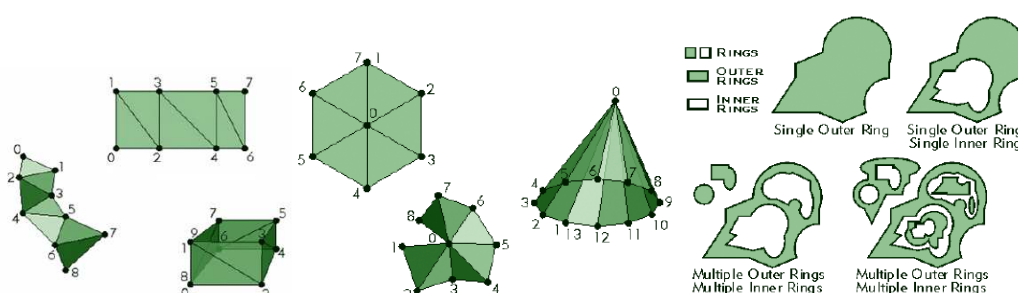
³⁶ www.esri.com

³⁷ <http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/software/arcgis/arcgis-desktop/nadstavby-arcgis-desktop/arcgis-3d-analyst/>

3D scénu. ArcGlobe je určen pro použití při velkém objemu dat, která zobrazuje na glóbu. Převzato z ARCDATA PRAHA (2012).

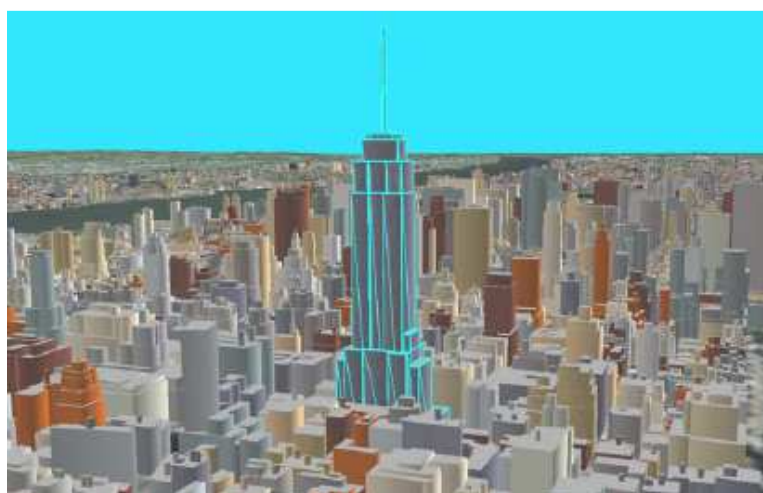
3.2.2 Datový formát Multipatch

Multipatch je datový formát vyvinutý společností ESRI, který reprezentuje hranice 3D objektů. Výsledný objekt v Multipatch se skládá z trojúhelníků, viz obr. 14. Multipatch umožňuje ukládat geometrii hranic 3D objektů v ArcGIS. Kromě toho datový formát Multipatch umožňuje uložení textur, barev a průhlednost 3D objektů.



Obr. 14: Multipatch-reprezentace hranic 3D objektů; zdroj (ESRI, 2008)

Formát Multipatch může být použit k reprezentaci buď jednoduchého 3D objektu, jako je koule a krychle, nebo složitějšího objektu, jako je budova (obr. 15), strom. Podrobnosti o daném formátu lze najít v ESRI (2008).



Obr. 15: Multipatch budovy; zdroj ESRI (2008)

3.2.3 Převod polygonu půdorysu zámku do Multipatch

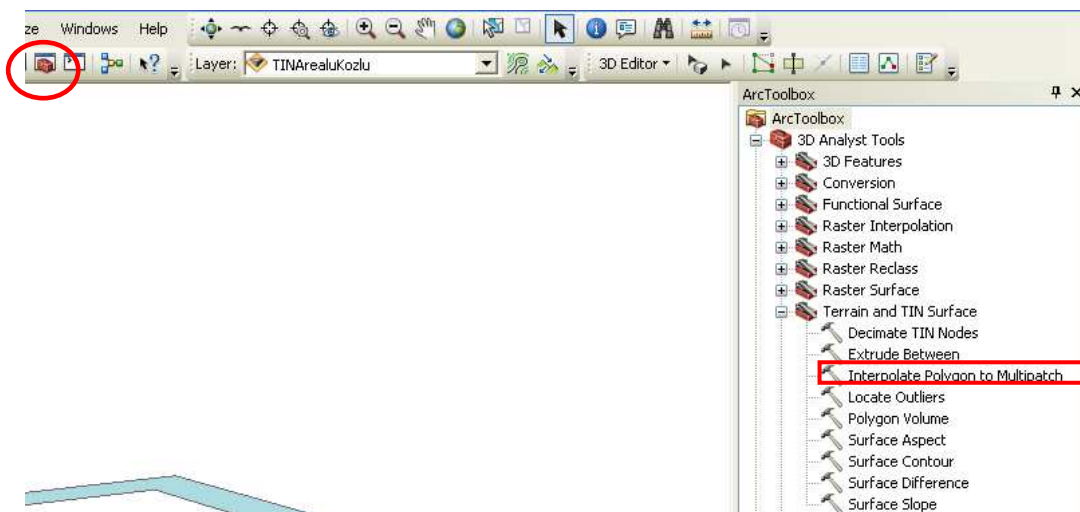
Převod polygonu půdorysu zámku do formátu Multipatch probíhal ve výše zmíněné aplikaci ArcScene a jako podkladová data byl použit 3D model zámeckého areálu, více viz Šuba (2010) a obr. 16.



Obr. 16: 3D model zámeckého areálu v ArcScene

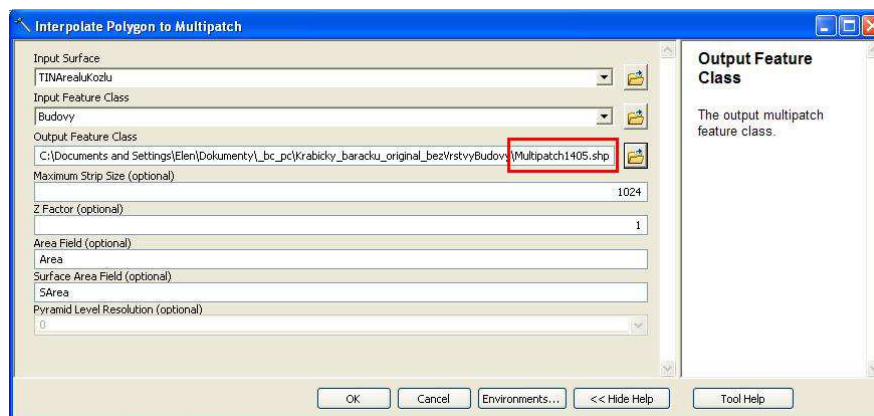
Nejprve bylo nutné načíst vrstvu půdorysů budov a k dalšímu zpracování byl vybrán jen polygon půdorysu zámku. Načíst vrstvu lze buď pomocí panelu nástrojů „Standard“ → tlačítko *Add Data*, nebo přetažením vrstvy přímo z okna ArcCatalogu do okna *Table of Content*. Spustit aplikaci ArcCatalog můžeme přímo v okně ArcScene: panel nástrojů „Standard“ → tlačítko *Catalog Window*. Abychom mohli obsah vrstvy editovat, bylo třeba zapnout panel nástrojů *Editor* vybráním položky *Customize* → *Toolbars* → *3D Editor*. Tlačítko *3D Editor* → *Start Editing* spustí proces editování. V otevřené vrstvě nástrojem *Select Features* byly vybrány a poté vymazány všechny půdorysy budov kromě půdorysu zámku, s kterým se dále pracovalo. Půdorys zámku byl připraven k převodu do formátu Multipatch.

Nástroj pro převod polygonu na Multipatch se nachází na záložce panelu nástrojů „Standard“ → *ArcToolbox* → *3D Analyst Tools* → *Terrain and TIN Surface* → *Interpolate Polygon to Multipatch* (Obr. 17).



Obr. 17: Nástroj *Interpolate Polygon to Multipatch*

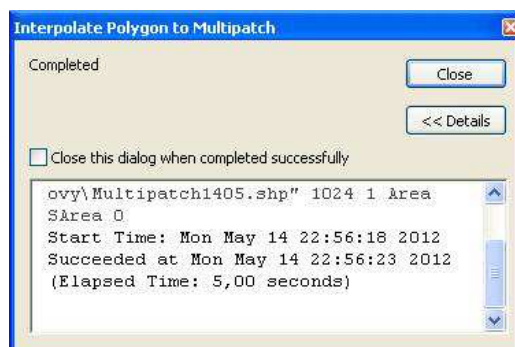
Otevře se dialogové okno *Interpolate Polygon to Multipatch*, v 1. seznamu *Input Surface* byla vybrána vrstva TIN³⁸, v 2. seznamu *Input Feature Class* byla zvolena vrstva obsahující polygony (půdorysy budov) a v 3. položce *Output Feature Class* byla vypsána cesta k souboru. V něm se po provedení příkazu uloží Multipatch (obr. 18), ostatní položky zůstaly nezměněné.



Obr. 18 Dialogové okno nástroje *Interpolate Polygon to Multipatch*

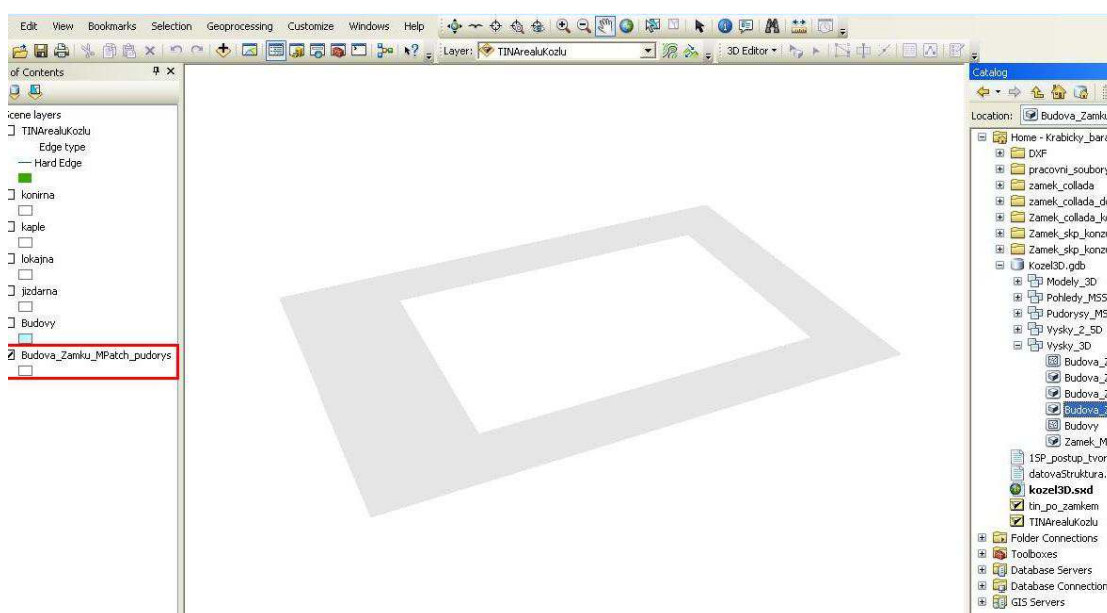
Tlačítkem *OK* se spustí proces převodu. Jak proces probíhá a jak skončí, ukáže dialogové okno *Interpolate Polygon to Multipatch*, které je zobrazeno na obr. 19.

³⁸ TIN (Triangulated irregular network) - nepravidelná trojúhelníková síť



Obr. 19 Dialogové okno informující o průběhu a ukončení procesu *Interpolate Polygon to Multipatch*

Hotový Multipatch jako soubor s příponou *.shp se automaticky zobrazí v tabulce vrstev v *Table of Contents*, viz na obr. 20



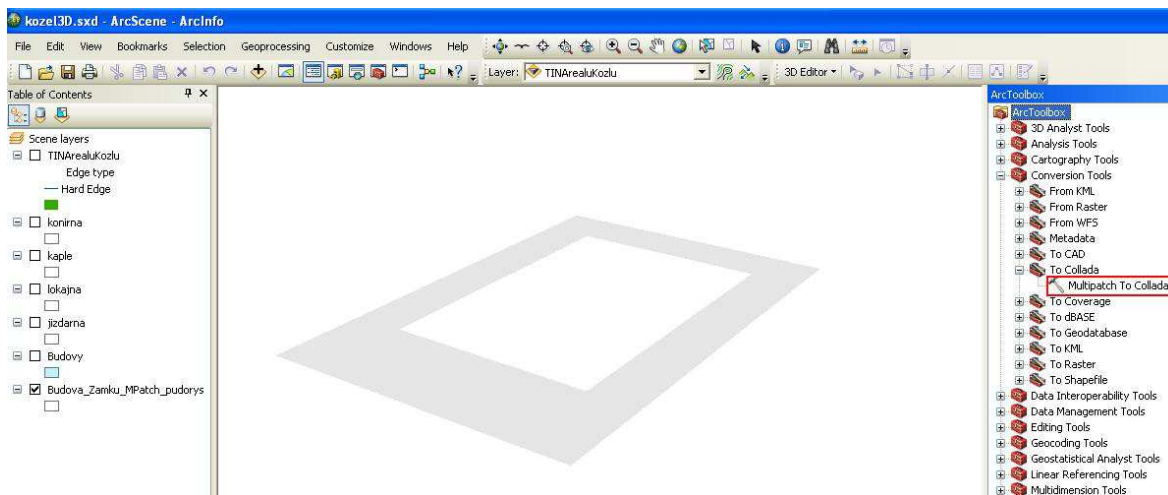
Obr. 20 Hotový Multipatch otevřený v programu ArcScene

3.2.4 Konverze 3D dat do souboru ve formátu COLLADA

COLLADA³⁹ (COLLABorative Design Activity) je výměnný formát pro ukládání grafických 3D objektů, animací, simulací atd. Soubory typu COLLADA mají příponu *.dae a jsou založeny na otevřeném XML schématu, tj. můžeme je přečíst, editovat a vytvořit v libovolném textovém editoru. COLLADA nám umožní přenést 3D data mezi aplikacemi ArcGIS a Google SketchUP.

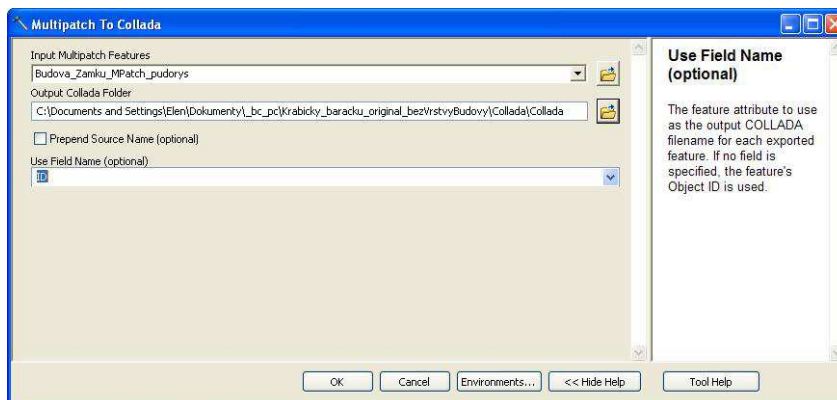
³⁹ <http://www.khronos.org/collada/>

Konverze prostorových dat do formátu COLLADA byla provedena také v programu ArcScene. Nástroj pro konverzi souboru typu Multipatch do souboru typu COLLADA lze najít v *ArcToolbox* → *Conversion Tools* → *To Collada* → *Multipatch to Collada* (obr. 21).



Obr. 21 Nástroj Multipatch To Collada

Otevře se dialogové okno *Multipatch To Collada* (viz obr. 22). V 1. políčku byl vybrán vytvořený soubor Multipatch, v 2. políčku byla založena nová složka, do které se uloží výsledný soubor COLLADA a ve 3. políčku byl vybrán atribut ID (atribut, podle kterého se identifikuje vrstva).



Obr. 22 Dialogové okno Multipatch to Collada

Po ukončení konverze se otevře dialogové okno *Multipatch To Collada*, kde se ukáže název složky, kam byl soubor uložen, a další informace o procesu. Vytvoří se soubor

COLLADA s příponou *.dae a soubor s příponou *.kmz⁴⁰. Soubor typu COLLADA byl importován do Google SketchUp.

3.2.5 Tvorba 3D modelu zámku v programu Google SketchUp

3.2.5.1 Google SketchUp

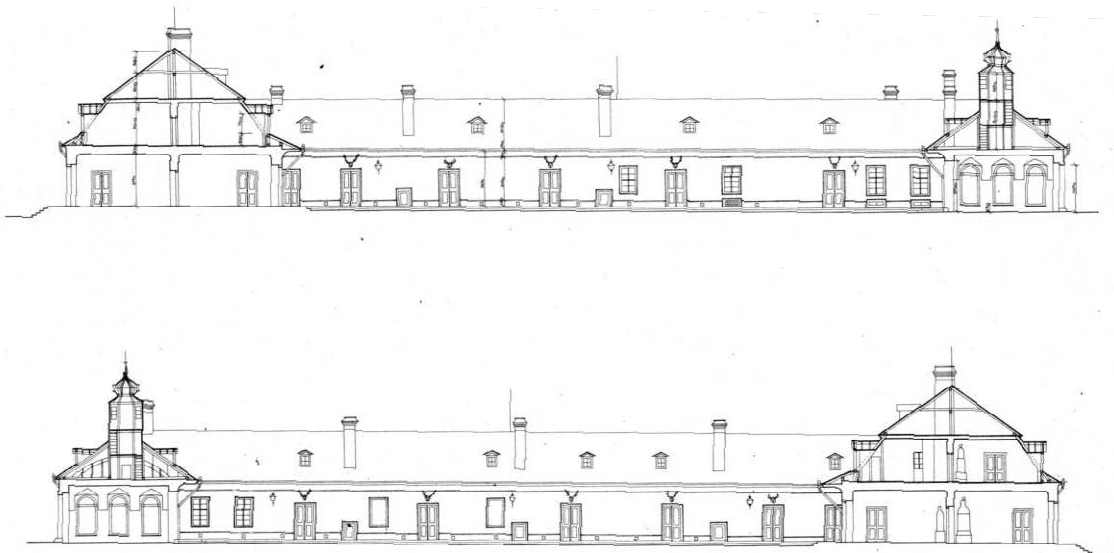
3D model zámku Kozel byl vytvořen v programu Google SketchUp 8 (dále Google SketchUp) dostupný na <http://sketchup.google.com/gsu8/download.html>. Program je přímo určen pro tvorbu, editaci 3D modelů a jejich vizualizací v aplikaci Google Earth. Verze Google SketchUp 8 umožňuje import následujících typů souborů:

- 2D soubory (*.jpg, *.png, *.psd, *.tif, *.tga, *.bmp),
- 3D soubory (*.skp, *.3ds, *.dem, *.ddf),
- Google Earth/COLLADA soubory (*.kmz, *.dae).

3.2.5.2 Existující dokumentace

Podkladem pro tvorbu 3D modelu pro tuto bakalářskou práci byly geodeticky zaměřené body a klasická výkresová dokumentace v tištěné podobě (příklad obr. 23), která obsahuje všechny pohledy na budovu zámku, podélné a příčné řezy a půdorysy krovu. Chyběly jen půdorysy podlaží zámku. Výkresy laskavě zapůjčil pan Karel Bobek, kastelán státního zámku Kozel.

⁴⁰KMZ je komprimovaná verze KML formátu. Oba formáty používá program Google Earth. Více o KML/KMZ na <http://earth.google.com/kml>

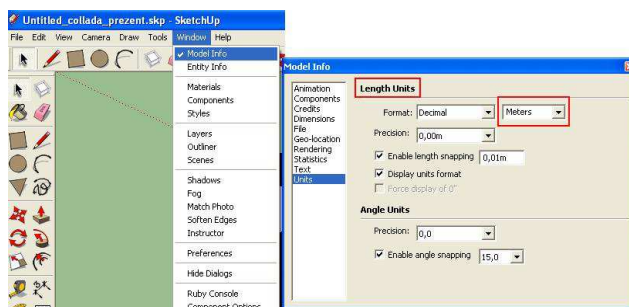


Obr. 23 Příčné řezy

Pro kreslení modelu se používaly délkové (např. vzdálenost mezi vikýři, komíny) a výškové (např. výška krovu) údaje uvedené ve výkresu.

3.2.5.3 Tvorba 3D modelu

Nejprve byl do programu SketchUp naimportován soubor COLLADA výběrem z menu File položky Import. Soubor obsahuje přesně naměřený půdorys budovy zámku. Před importem je třeba v novém souboru správně nastavit délkové jednotky na metry. Toto lze provést např. na hlavní liště v nabídce Window → Model Info → Units → Format → Meters (obr. 24)



Obr. 24 Nastavení délkových jednotek na metry

Půdorys budovy se naimportoval inverzně (plocha byla vybarvena černě) a bylo třeba ho správně otočit reverzně následujícím postupem. Označíme objekt a po kliknutí

pravým tlačítkem myši se rozbalí kontextové menu, ze kterého vybereme volbu *Reverse Faces*. Otočení ploch lícem nahoru je velmi důležité, protože po exportu COLLADY zpátky do ArcScene se neotočené plochy nebudou zobrazovat. Plocha otočená lícem nahoru má světlou barvu. Tím byla plocha připravena k dalšímu zpracování.

3D model vznikl s použitím následujících nástrojů:



nástroje: Select, Make Component, Paint Bucket, Eraser



nástroje: Rectangle, Line, Circle, Arc, Polygon, Freehand



nástroje: Move, Push/Pull, Rotate, Follow Me, Scale, Offset



nástroje: Orbit, Pan, Zoom, Zoom Window, Previous, Next, Zoom Extents,



nástroje: Tape Measure, Dimensions, Protractor, Text, Axes, 3D Text



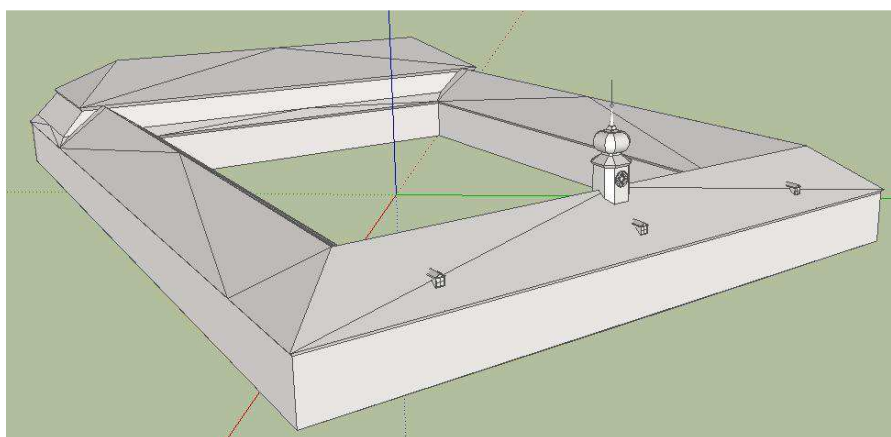
Standard Views



Face Style

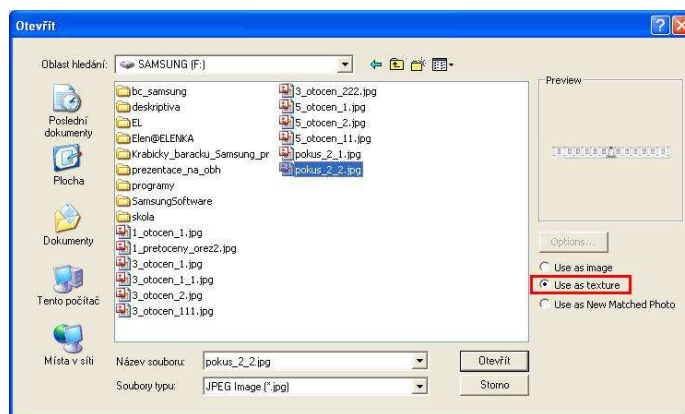
Budova, střecha a další prvky objektu byly vytvořeny vytahováním do výšky nebo do stran. Po vytažení budovy bylo třeba smazat nadbytečné linie a plošky, které se vytvořily v důsledku nerovnosti půdorysu, a stěnu budovy tak tvořily jen 4 body v jedné

rovině. Problémy při kreslení působil fakt, že půdorys nebyl přesně pravoúhlý. Některé prvky, zejména u střech, bylo proto třeba dokreslit nástrojem *Line*. Aby plocha střechy přesně seděla na plochu budovy, bylo nejlepší ji dostavět přímo na ploše budovy, nikoliv zvlášť. Věž, vikýře a komíny byly kresleny odděleně. Vikýře a komíny byly uloženy jako komponenty a pak byly jen kopírovány. Ale toto není jediné možné řešení „rozmnožování“ objektů složených z více prvků. Takový objekt se dá také jednoduše označit dvojklikem a přemísťovat nebo kopírovat. Ale v tom případě, přijdeme o možnost následně editovat a provádět změny ve všech „klonech“ najednou. Na obr. 25 je ukázka rozpracované verze modelu budovy zámku bez textur.



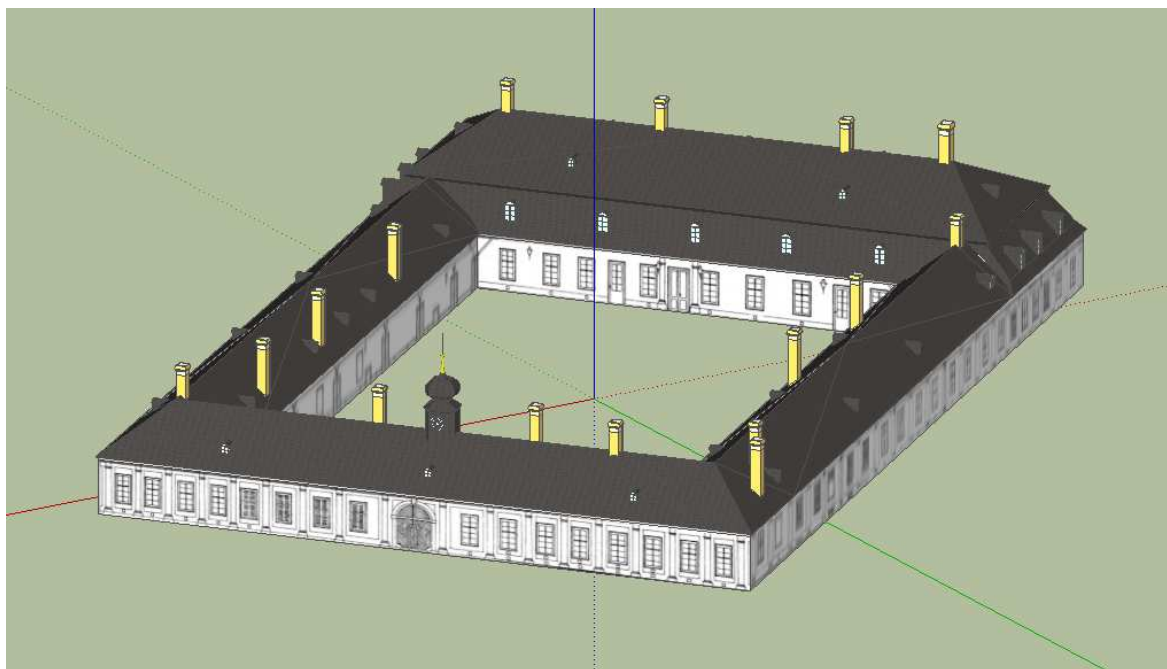
Obr. 25 Hrubá konstrukce 3D modelu zámku Kozel v Google SketchUp

Dále následovalo umístění textur na jednotlivé plochy modelu. Textury na střechy byly vybrány z nabídky v programu Google SketchUp. Položka *Materials*, vybraná z menu *Window*, otevře dialogové okno *Materials*. Pomocí kapátka, které se nachází vpravo nad seznamem knihoven, byla nabrána ploška s vyznačenou projekční texturou. Kurzor automaticky přejde do režimu výplně a textura se kliknutím promítne na plochu střechy. Umístění textur na plochy stěn budovy probíhalo jiným způsobem. Jako podkladový materiál pro texturu sloužily výkresy zámku (viz kap. 4.2.5.2). Výkresy pro texturování byly upraveny v programu IrfanView a uloženy ve formátu *.jpeg. Výkresy musely být naimportovány do programu pomocí volby *File* → *Import*. Důležité je zvolit možnost *Use a texture*. Ukázka dialogového okna importu souboru je na obr. 26 níže.



Obr. 26 Dialogové okno importu souboru pro texturování

Po otevření zvoleného souboru se zobrazil nástroj *Paint bucket* a obrázek a ten byl výběrem 1. levého dolního rohu a 2. pravého horního rohu byl umístěn na plochu. Po umístění textury nastala situace, že textura se neumístila na plochu správně. To lze změnit pomocí pravého tlačítka myši a z kontextového menu vybrat volbu *Texture* → *Position*. Na ploše se objeví čtyři barevné připínáčky. Červený připínáček umožňuje texturu posouvat, zelený otáčet, žlutý připínáček texturu zdeformuje v lichoběžníkovém směru a modrý připínáček umožňuje zkosení textury. Na obr. 27 je výsledný 3D model zámku s texturami.



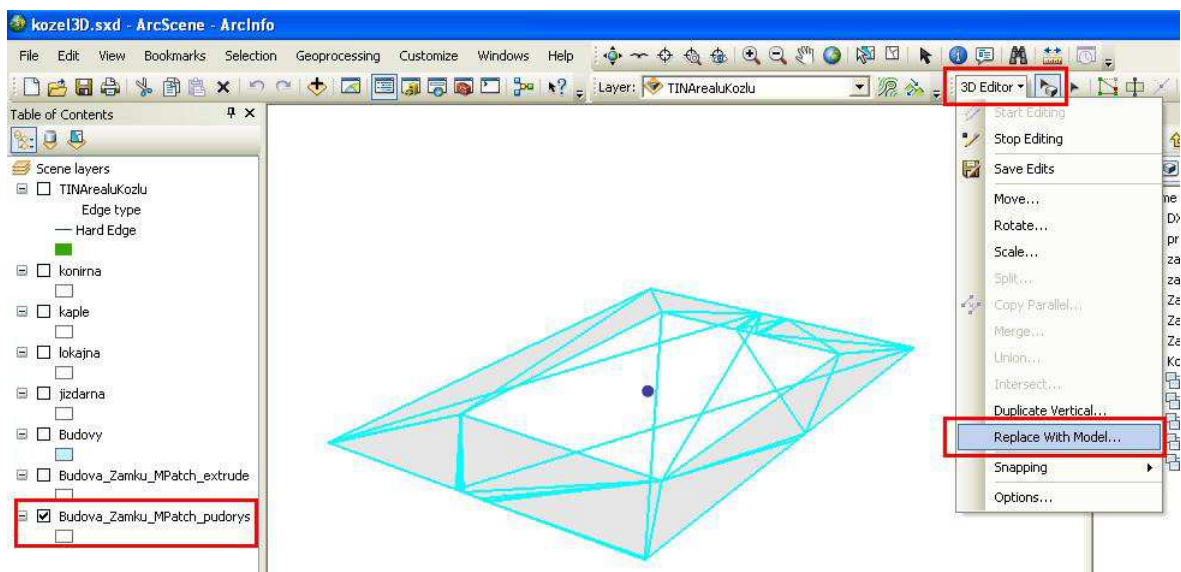
Obr. 27 Hotový 3D model zámku Kozel

Dále následoval export 3D modelu do formátu COLLADA. Z menu *File* byla vybrána volba *Export* → *3D Model*. V dialogovém okně *Export Model* byl jako *Export*

type nastaven formát COLLADA. Důležité je zkontrolovat, zda byla zaškrtnuta možnost *Export Texture Maps*. Najdeme ji v dialogovém okně *DAE Export Options*, když klikneme na tlačítko *Options*. Potvrzením zvoleného byl vytvořen soubor typu COLLADA, který byl následně umístěn do programu ArcScene.

3.2.6 Umístění 3D modelu zámku do programu ArcScene

Nejprve bylo třeba se ujistit, zda máme otevřený Multipatch. Aby bylo možné stávající Multipatch nahradit 3D modelem, je nutné zapnout panel nástrojů *3D Editor* kliknutím na menu *Customize* → *Toolbars* → *3D Editor*. Proces editování spustí položka *Start Editing*. Tlačítkem *Edit Placement Tool* byl označen Multipatch půdorysu zámku a tím byla zaktivněna položka *Replace With Model* (obr. 28). Kliknutím na tuto položku se otevře dialogové okno, ve kterém byl otevřen exportovaný soubor COLLADA (*.dae) a nahrazen stávající Multipatch (obr. 29).



Obr. 28 Nahrazení Multipatch 3D modelem v ArcScene



Obr. 29 3D modely budov v ArcScene; Belai Elena (zámek), Chlup Ondřej (konírna), Krňoul Roman (lokajna), Pavlík Tomáš (kaple), Šuba Radan (jízdárna)

Závěr

Snahou bakalářské práce bylo seznámit čtenáře s problematikou současného 3D modelování památkově chráněných objektů.

První část je věnována rešerši současného stavu 3D modelování památkově chráněných objektů. Před přípravou rešerše bylo třeba vyhledat tzv. „rozcestník“, ze kterého je možné se vydat dál podle zvoleného směru, což jsou možnosti využití 3D modelování v oblasti památkové péče. Jako „rozcestník“ posloužil odkaz na konferenci CIPA, kde bylo možné vybrat z předložených článků některá zajímavá témata a projekty, podle kterých pokračovalo hledání odkazů dál. Vybrané projekty byly pečlivě prostudovány a stručně popsány.

V další části bakalářské práce byly důkladně porovnány dva způsoby tvorby 3D modelu, a to z architektonického a z geodetického měření. Pro porovnání sloužila kritéria jako např. způsob sběru a zpracování dat, časová nebo finanční náročnost. Dále byl navržen postup tvorby 3D modelu. Zde je nutné uvést, že pro porovnání a návrh postupu tvorby modelu byly použity i znalosti, získané při studiu projektů předložených na konferenci CIPA.

Ve třetí části byla popsána historie prací všech studentů, kteří se podíleli na tvorbě datového modelu zámku Kozel, vypracovaného pro účely ochrany a zachování jeho kulturního dědictví. Dále byl vytvořen 3D model zámecké budovy státního zámku Kozel. 3D model je vytvořen pro 3D tisk budov do existujícího vytištěného modelu terénu. Půdorys zámku byl převeden v programu ArcGIS do formátu COLLADA. 3D model hradu byl vytvořen z importovaného půdorysu (formát COLLADA) v programu SketchUp a vizualizován v programu ArcGIS. Tento postup se ukázal být z hlediska rychlosti tvorby nejvhodnější pro 3D modelování objektu na základě architektonické dokumentace.

Seznam zkratek

- CAD - Computer Aided Desing
- CDW - Close-Range Digital Workstation
- CIPA - The International Scientific Committee for Documentation of Cultural Heritage
- COLLADA - COLLABorative Desing Activity
- DMT - Digitální model terénu
- DPZ - Digitální průzkum země
- ESRI - Environmental Systems Research Institute
- GIS - Geografický informační systém
- GPS - Global positioning system
- IISPP - Integrovaný informační systém památkové péče
- IS - Informační systém
- KML - Keyhole Markup Language
- KMZ - Keyhole Markup language Zipp
- NPÚ - Národní památkový ústav
- paGIS - GIS památkově chráněných území a nemovitých kulturních památek
- RAM - Random Access Memory
- TIN - Triangulated irregular network

Seznam obrázků a tabulek

Obrázky:

Obr. 1 Základní možnosti využití 3D modelu památkové péče	10
Obr. 2 3D model Castel del Monte; zdroj Angelini et al. (2011)	12
Obr. 3 3D model kostela San Jose v Peru vizualizovaný v Google Earth.....	12
Obr. 4 3D model města Brno v době obléhání švédskými vojsky roku 1645	13
Obr. 5 Digitálně rekonstruovaný 3D model části komínu; zdroj Lin et al.(2011).....	14
Obr. 6 Porovnání 3D modelu s archeologickým nalezištěm; zdroj He (2011).....	14
Obr. 7 Perspektivní pohled na 3D datový model zámku Kozel; zdroj Bobek et al. (2011)	17
Obr. 8 Perspektivní pohled na 3D datový model areálu univerzity YTU Davutpaşa; zdroj Durdag (2011).....	17
Obr. 9 3D datový model historického města	19
Obr. 10 Propojení geometrie a externích souborů, vlevo ve 2D a vpravo ve 3D prostoru; zdroj Kaskampas (2011)	20
Obr. 11: vpravo – fotogrammetrické zaměření fasády zámku Červený Hrádek u Jirkova; vlevo – geodetické zaměření svislého řezu – Terezín, Kasárna Prokopa Holého; zdroj AGM (2012)	25
Obr. 12: Obarvená mračná bodů; zdroj Hrádková (2009)	34
Obr. 13 3D modely budov zobrazené v ArcScene.....	36
Obr. 14: Multipatch-reprezentace hranic 3D objektů; zdroj (ESRI, 2008).....	37
Obr. 15: Multipatch budovy; zdroj ESRI (2008).....	37
Obr. 16: 3D model zámeckého areálu v ArcScene	38
Obr. 17: Nástroj Interpolate Polygon to Multipatch	39
Obr. 18 Dialogové okno nástroje Interpolate Polygon to Multipatch.....	39
Obr. 19 Dialogové okno informující o průběhu a ukončení procesu Interpolate Polygon to Multipatch.....	40
Obr. 20 Hotový Multipatch otevřený v programu ArcScene.....	40
Obr. 21 Nástroj Multipatch To Collada	41
Obr. 22 Dialogové okno Multipatch to Collada	41
Obr. 23 Příčné řezy	43
Obr. 24 Nastavení délkových jednotek na metry.....	43
Obr. 25 Hrubá konstrukce 3D modelu zámku Kozel v Google SketchUp.....	45
Obr. 26 Dialogové okno importu souboru pro texturování	46
Obr. 27 Hotový 3D model zámku Kozel	46
Obr. 28 Nahrazení Multipatch 3D modelem v ArcScene	47
Obr. 29 3D modely budov v ArcScene; Belai Elena (zámek), Chlup Ondřej (konírna), Krňoul Roman (lokajna), Pavlík Tomáš (kaple), Šuba Radan (jízďárna).....	48

Tabulky:

Tab. 1 Přehled IS některých z evropských zemí a Izraele; zdroj Kioussi (2011).....21

Použitá literatura a zdroje

AGM. (2012). *Ukázky geodetického zaměření*. [online]. [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.agm-geo.cz/ukazky.html>

Alby, E., Poitevin, V., Grussenmeyer, P. (2011). From 3D recording to virtual visit of archeological sites: Methodology applied to the medieval fortress of Chalel sur Mosell (France)). *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/004.pdf>

Angelini, M., G., Costantino, D., Milan, N. (2011). 3D and 2D documentation and visualization of architectural historic heritage. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/008.pdf>

ARCDATA PRAHA. (2012). *ArcGIS Desktop*. [online]. [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/software/arcgis/arcgis-desktop/>

Bartoš, K., Pukanská, K., Gajdošík, J., Krajňák, M. (2011). The issue of documentation of hardly accessible historical monuments by using of photogrammetry and laser scanner techniques. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/018.pdf>

Bezděk, L., Bobek, K., Jedlička, K. (2010). *Metodika pro elektronický pasport zpřístupněné památky*. Národní památkový ústav. Interní zdroj.

Bobek, K., Jedlička, K. (2004). *Koncept GIS Kozel*. Národní památkový ústav. Interní zdroj.

Bobek, K., Jedlička, K. (2011). 3D data model for purposes of cultural heritage custody – case study at the kastle Kozel. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/022.pdf>

ČSN 013410 (1990). *Mapy velkých měřítek. Základní a účelové mapy*. Praha.

Diamanti, E., Georgopoulos, A., Vlachaki, F. (2011). Geometric documentation of underwater archeological sites. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/057.pdf>

Durdag, U., M., Batuk, F. (2011). Implementation of campus cultural heritage database with support of photogrammetry. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/044.pdf>

Eismann, Š. (2007). *Integrovaný informační systém památkové péče – konsolidace IS / GIS NPÚ IISPP*. Národní památkový ústav. Interní dokument NPÚ. Praha. 2007

ESRI. (2008). *The Multipatch Geometry Type*. [online]. [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/multipatch-geometry-type.pdf>

Fiala, A. (2004). *Geodetické zaměření a vyhotovení dokumentace skutečného provedení budovy*. [diplomová práce]. Praha. České vysoké učení technické v Praze, Stavební fakulta. Dostupné z: <http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/dp/2004/adam-fiala-dp-2004.pdf>

Girsa, V., Holeček, J., Jerie, P., Michoinová, P. (2004). *Předprojektová příprava a projektová dokumentace v procesu péče o stavební památku*. Národní památkový ústav, ústřední pracoviště. Odborné a metodické publikace, svazek 27. Vydáno jako příloha časopisu Zprávy památkové péče, roč. 64. Praha. ISNB 80-86234-36-3.

GIS NPÚ. (2012). *Geografické informační systémy*. NPÚ. [online]. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://gis.up.npu.cz/>

Google SketchUp [online]. [cit. 2012-01-25]. Dostupné z: <http://sketchup.google.com/>

He, Y. (2011). Re-Relic/Yuanmingyuan: an effective practice in virtual restoration and visual representation of cultural heritage. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/071.pdf>

Hrádková, M. 2009. *Studie možností sběru a zpracování podrobných 3D dat pro účely památkové péče*. [diplomová práce]. Plzeň. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/ZaverecnePrace/>

Kaskampas, N., Spirou-Sioula, K., Ioannidis Ch. (2011). Development of a 3D information system for the old city centre of Athens. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/085.pdf>

Kioussi, A., Labropoulos, K., Karoglou, M. (2011). Recommendations and strategies for the establishment of a guideline for monument documentation harmonized with the existing European standards and codes. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/087.pdf>

Kopejtková, B. (2009). *Digitální model hradu Švihov a návrh archeologické databáze pro NPÚ*. [diplomová práce]. Plzeň. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/ZaverecnePrace/>

Lin, Y., Ch., Wu, T., Ch., Hsu, M., F. (2011). The digital reconstruction of a large - scale construction simulated by using 3D laser scanning technology – a brick kiln's chimney in Kaohsiung city of Taiwan as an example. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z:

<http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/164.pdf>

Linhartová, J., (2010). *Google SketchUp Pro 8*. Architecture Desing School, v.o.s. 1. vydání. Praha. 234 stran. ISBN: 978-80-254-8917-8.

Luňák, T. (2009). *Geografická datová báze Státního Zámku Kozel*. [diplomová práce]. Plzeň. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/ZaverecnePrace/>

Macek, P. (2001). *Standardní nedestruktivní stavebně-historický průzkum*. Státní ústav památkové péče. Odborné a metodické publikace, svazek 23., příloha časopisu Zprávy památkové péče, ročník 61.

Matoušková, E., Hanzalová, K. (2011). Simplified photogrammetrical documentation and visualization of historic objects in Peru. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z:

<http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/069.pdf>

Ning, Y., Y., Hua, W., K., Ming Ch., H., Shan, H., W. (2011). The standard og management and application of cultural heritage documentation. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z:

<http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/102.pdf>

NPÚ. (2010). *Informační systémy a ICT v NPÚ*. [online]. Aktualizace 26. 04. 2012. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.npu.cz/pro-odborniky/narodni-pamatkovy-ustav/informacni-systemy-a-ict-v-npu/#iispp>

Pavelka, K. (2006). *Laserové skenování – nová technologie sběru prostorových dat*. Habilitační přednášky, č. 14. Praha: Vydavatelství ČVUT.

Pierrot-Deseilligny, M., De Luca, L., Remondino, F. (2011). Automated image-based procedures for accurate artifacts 3D modeling and orthoimage generation. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z:

<http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/113.pdf>

Rauch, S. (2006). *Velkoměřítková databáze pro účely památkové péče*. [diplomová práce]. Plzeň. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd. Dostupné z:

<http://gis.zcu.cz/studium/ZaverecnePrace/>

Strejcová, J. 2010. *Digitální 3D model zámku Nečtiny*. [bakalářská práce]. Plzeň. Západočeská univerzita v Plzni. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/ZaverecnePrace/>

Studnicka, N., Zach, G., Amon, Ph. (2011). Grand canal's palaces' facade maps based on mobile scanning data acquired by boat. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/106.pdf>

Šuba, R. (2010). *3D model exteriérů Státního zámku Kozel*. [diplomová práce]. Plzeň. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/ZaverecnePrace/>

Thompson, S. (2011). Reclaiming histories and the virtual museum: a proposal to preserve al Jazeera al Hamra. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/142.pdf>

Tláskal, L. (2006). *Prostorové digitální modely v dokumentaci lidové architektury*. Juniorstav. Brno. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2007/pdf/Sekce_6.2/Tlaskal_Lubomir_CL.pdf

Wikipedie: Otevřená encyklopedie. (2012). *CIPA (instituce)*. [online]. Aktualizace 15. 01. 2012. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/CIPA_%28instituce%29

Yan, H., Limin, C. (2011). 3D-GIS Application in Information Management and Conservation Planning of Historic City. *XXIIIth CIPA Symposium*. Praha, Česká Republika, Zář 12 – 16, 2011. Dostupné z: <http://cipa.icomos.org/fileadmin/template/doc/PRAGUE/157.pdf>

Státní zámek Kozel. (2006). *Historie a popis*. [online]. [cit. 2012-06-03]. Dostupné z: <http://www.zamek-kozel.cz/historie-a-popis/zakladni-informace/>

Příloha: Struktura přiloženého CD

