DOKUMENTACE PAMÁTKOVĚ CHRÁNĚNÝCH OBJEKTŮ Z POHLEDU GEODETA DOCUMENTATION OF LISTED BUILDINGS FROM A SURVEYOR'S POINT OF VIEW

Vystavěl Ondřej, Kuruc Michal, Berková Alena, Volařík Tomáš

Klíčová slova: *Building Information Modelling (BIM); památkově chráněné objekty; závazné referenční systémy; případová studie; herní prostředí*

Abstrakt: *Vyhotovení dokumentace památkově chráněných staveb v komplexní digitální podobě je důležitým krokem v procesu záchrany kulturního dědictví a umožňuje zachování co nejvíce informací o nemovitých kulturních památkách pro budoucí generace. Jednou z možností, jak k této problematice přistoupit, se jeví vyhotovení informačního modelu stavby nemovité kulturní památky. Vlastnímu modelování předchází sběr podkladových dat. Za tuto činnost by měl být v rámci procesu BIM zodpovědný geodet. V současné době se často jedná o geometrické zaměření daného objektu pomocí technologií laserového skenování s následným zpracováním do tzv. mračna bodů, které tvoří základní prostorový podklad pro tvorbu informačního modelu naskenovaného objektu. Standardem by mělo být připojení měření do závazného souřadnicového a výškového systému. Pro tvorbu BIM je obecně třeba zvolit software, který mj. umožňuje modelovat z předem nadefinovaných prvků. Pro projektování nových konstrukcí těchto prvků existuje celá řada. Jinak je tomu ale u historických staveb. Ty obsahují prvky zcela jiných a často komplikovaných geometrických tvarů, které se v současnosti v dostupných knihovnách nenachází, tudíž je třeba si je vytvořit, protože bývají pro každou stavbu jiné, často unikátní. Za účelem vizualizace výsledného informačního modelu pro širokou veřejnost se v současnosti stále více uplatňují nástroje herního vývojového prostředí, které umožňují vytvářet výstupy pro běžné uživatele. Uvedená problematika je v příspěvku popsána na případové studii vzniku informačního modelu památkově chráněného objektu Maxmiliánův dvůr v Kroměříži postavené v polovině 19. století olomouckým arcibiskupem Maxmiliánem Sommerau Beckem.*

Ing. Ondřej Vystavěl
vystavel.o@fce.vutbr.cz

Since 2022 he has been a PhD student at the Institute of Geodesy, Faculty of Civil Engineering, BUT. BIM is the theme of his doctoral thesis.

Ing. Michal Kuruc, Ph.D.
kuruc.m@fce.vutbr.cz

Since 2008 he has been working on GNSS technologies and since 2018 on laser scanning and information modelling of existing buildings. He works as an assistant professor at the Institute of Geodesy, Faculty of Civil Engineering, BUT.

Ing. Alena Berková
berkova.a@fce.vutbr.cz

Since 1989 she has been an academic employee at the Institute of Geodesy, Faculty of Civil Engineering, BUT. Since 2018 she has been working on laser scanning and building information modelling (BIM).

Ing. Tomáš Volařík, Ph.D.
volarik.t@fce.vutbr.cz

Since 2013 he has been working on 3D data acquisition technologies and BIM of existing buildings and digitization of spatial information. He works as an assistant professor at the Institute of Geodesy, Faculty of Civil Engineering, BUT.

Institute of Geodesy
Faculty of Civil Engineering
Brno University of Technology
Veveří 331/95, 602 00 Brno, Czech Republic

Recenze | Review
prof. Ing. arch. Bohuslav Fuchs
prof. Ing. arch. Bedřich Rozehnal

Úvod

Na území České republiky, ač malé rozlohou, se nachází mnoho vzácných architektonických památek. Některé z nich jsou evropskými a dokonce světovými, unikáty. Každá tato památka nám prozrazuje vyspělost společnosti, ve které vznikala. Tento fakt nás zavazuje k tomu, abychom se snažili naše kulturní dědictví zachovat i dalším generacím, které přijdou po nás. Tyto skutečnosti je třeba si uvědomovat a vynakládat finanční prostředky na údržbu a obnovu památek. Kromě běžné údržby je také třeba vědeckého výzkumu jednotlivých objektů, který má význam pro konzervaci architektonických památek, odstranění možných nevhodných zásahů, rekonstrukce částečně zaniklých památek apod.

Každé stavební dílo by mělo mít svoji dokumentaci, zvláště pak památkové objekty. Pouhé optické pozorování a zkoumání památky nestačí. Exaktní zaměření takové památky umožňuje cestu k pochopení jejího smyslu a tím i k poznání dávných generací. Pro úplné poznání památkového objektu je ale bezpodmínečně nutné pořízení jeho dokumentace, bez níž není zpravidla možná ani odpovídající památková péče. Fázi zpracování dokumentace památkově chráněné budovy musí zpravidla předcházet fáze jejího zaměření. Na výběr vhodné metody měření má, kromě vlastní dispozice objektu a jeho rozlohy, vliv nezadržitelný technický pokrok, který se týká využívání nových měřických metod, které jsou od těch dřívějších značně produktivnější/efektivnější. Nelze opomenout ani požadavky na použití některého ze závazných referenčních systémů na území našeho státu, které se vždy řídí

Obrázek 1 – Fotografie současné podoby průčelí Maxmiliánova dvoru (zdroj: vlastní archiv autora **[1]***)*

platným nařízením vlády. S volbou metody sběru dat samozřejmě souvisí i forma a metoda grafického zpracování pořízených dat. Forma je z pohledu geodeta v současné době jednoznačná, a to digitální. Metoda se volí podle požadavků objednatele, může se jednat o tzv. 2D dokumentaci, kterou představují výkresy půdorysů, řezů a pohledů nebo o 3D dokumentaci, jejíž výsledkem je prostorový model zaměřeného objektu. V posledních letech bývá stále častějším požadavkem objednatele vyhotovení informačního modelu zadaného objektu. V tomto případě je vlastní model obohacen i o negeometrické vlastnosti prvků, ze kterých se skládá, a tyto vlastnosti mohou vyjadřovat určitou, předem zadanou, úroveň jejich detailu. Z prostorového modelu lze kdykoliv poměrně jednoduše pořídit 2D dokumentaci, která může být doplněna výkazy libovolných prvků, obsažených v modelu, přesně podle požadavku objednatele.

Historie Hubertcentra

Maxmiliánův dvůr (Obrázek 1) tvoří součást známé Podzámecké zahrady v Kroměříži. Byl postaven v letech 1844 a 1845 arcibiskupem Maxmiliánem Sommerau Beckem podle návrhu architekta Antonína Arche jako vzorové hospodářské stavení pro potřeby arcibiskupství. Jednalo se o tehdy moderní mlékárnu s kravínem, ovšem ve smyslu anglické ornamental farm či francouzské ferme ornée, kdy byla skloubena krása s účelností, estetická funkce s funkcí hospodářskou. Z dochované dokumentace lze usuzovat, že výstavba proběhla ve dvou fázích. Arche původně zamýšlel postavit pouze hlavní objekt s přilehlým dvorem obehnaným zdí. Časem došlo k rozšíření areálu o dva pavilony v rozích dvora, čímž vznikl čestný dvůr (cour d'honneur) a stavba dostala vznešenější charakter. Hlavní budova má obdélníkový půdorys a můžeme ji podélně rozdělit na tři části zhruba v poměru 1:3:1, kde v ústřední nejdelší části se nacházela stáj. Přízemní nárožní pavilony mají tvar písmene L se stejně dlouhými rameny a jsou zrcadlově obráceny. Fasády celého souboru jsou slohově jednotné. Budova stájí z let 1844 a 1845 si zachovala historickou podobu dodnes. Zvenku stavba působí honosně a elegantně. **[2]**

Za dob socialismu dvůr sloužil jako veterinární nemocnice, dnes jeho část využívá Střední škola hotelová a služeb jako pracoviště s názvem Hubertcentrum. V původních Maxmiliánových stájích pro skot mají ustájené koně, potřebné pro výuku žáků v oboru chovatel koní. V části je pak hipologické muzeum s ojedinělou sbírkou kopyt a podkov. Název Maxmiliánův dvůr se dnes používá jen pro stáje a prostor před nimi.

Legislativa a normativy o BIM

V rámci legislativního procesu je chystán nový zákon o informačním modelování staveb. V současné době je ukončeno připomínkové řízení. Tento zákon bude stanovovat povinnost použití metody BIM pro nadlimitní veřejné zakázky na stavební práce financované z veřejných rozpočtů. Tato povinnost by měla začít platit v červenci 2023.

Jak už to bývá běžné, legislativa zpravidla nedokáže predikovat vývoj moderních technologií, tak i v tomto případě nám nové technologie poskytují řadu možných variant prostorových modelů, produktů a dalších specifických výstupů, kterými je možné kvantitativně i kvalitativně popsat dané objekty. Aby bylo možné tyto produkty prakticky využívat, je nutné standardizovat jejich datové formáty, strukturu atributů, hodnoty parametrů a řadu dalších vlastností. To je nutné z hlediska potřeby předávání dat mezi jednotlivými profesemi a účastníky v rámci procesu výstavby nových staveb nebo dokumentace stavu stávajících staveb. V současné době jsou tyto požadavky na datové standardy splněny pouze částečně. Existují standardní datové formáty, v nichž lze ukládat prostorové modely zahrnující nejen informace o geometrických parametrech daného objektu, ale také informace o fyzikálních a dalších vlastnostech a parametrech charakterizujících jednotlivé vlastnosti daného objektu. Stále zatím chybí jednoznačná struktura informačního modelu, který by měl daný objekt popisovat. V České republice se touto problematikou zabývá mimo jiné Agentura ČAS (Česká agentura pro standardizaci), která se snaží definovat jednotnou strukturu dat pro informační modely staveb. V současné době se

vyvíjí soubor těchto definicí zvlášť pro pozemní stavby a zvlášť pro dopravní stavby. Datová struktura je definována v rámci dokumentu nazvaného Datový standard staveb (DSS), přičemž je kladen důraz také na další důležitý aspekt, a sice jednotnou terminologii, což je nutnost pro praktické používání datového standardu. Jednotná terminologie bude zajištěna prostřednictvím klasifikačního systému CCI (Construction Classification Internatinal), který bude zjednodušeně řečeno zajišťovat, aby se stejné věci pojmenovávaly stejně. Toho bude docíleno prostřednictvím jednoznačných kódů, které budou přiřazeny jednotlivým prvkům nebo objektům. Tyto prvky tedy budou jednoznačně interpretovatelné i přesto, že se mohou v různých státech, profesích nebo odvětvích nazývat nebo označovat odlišně.

Tvorba výkresové dokumentace

Tvorba stavební výkresové dokumentace se provádí zejména ve dvou případech. Za prvé v rámci projektování nové stavby a za druhé v rámci vyhotovování dokumentace stávající stavby za účelem rekonstrukce, dodatečné kolaudace apod. Veškerá koncepce CAD/BIM je vyvíjena především k prvnímu účelu, a sice projektování staveb. V tomto případě jsou totiž veškeré stavební prvky matematicky, technicky a všeobecně parametricky jednoznačně specifikovány. Je tedy možné je jednoduše znázornit, popsat, resp. vymodelovat pomocí těchto technologií. Ve druhém případě, kdy vytváříme dokumentaci ke stávající stavbě, musíme řešit celou řadu geometrických nepřesností, kdy reálné zdivo není nikdy ideálně rovinné ani svislé, tloušťka omítky není v celé ploše stejná, každý stavební otvor je do jisté míry individuální. S ohledem na přesnost, s jakou jsou jednotlivé stavební prvky a konstrukce vytvářeny, není prakticky reálné jejich rozměry dokumentovat na milimetry, i když normy pro tvorbu stavební výkresové dokumentace to vyžadují. Stejně tak není možné v knihovnách BIM objektů dohledat objekt, který by měl přesně znázorňovat daný reálný stavební prvek. S ohledem na tento fakt je nutné vždy pracovat s určitou mírou generalizace, a sice zaokrouhlovat rozměry stavebních prvků dle přesnosti, která odpovídá metodě jejich výroby, stavu opotřebení, případně metodě zaměření skutečného stavu.

Dokumentace stávajících staveb není v současné legislativě specifikována, postupuje se podle norem určených pro dokumentaci nových staveb, tedy pro účely projektování staveb. Tímto vznikají nerealistické požadavky na dokumentaci stávajícího stavu staveb. Tento problém se nejvíce projevuje u historických staveb, které už v době svého vzniku často nebyly vytvářeny jako pravoúhlé konstrukce. Historické stavby se vyznačují specifickými konstrukcemi jako jsou klenuté stropy, nesvislé stěny ve smyslu např. zužující se tloušťky zdiva s rostoucím podlažím a obecně méně jemnou finální úpravou povrchů, kdy například nelze mluvit o rovinnosti hliněných podlah nebo kamenného zdiva s ohledem na současné normy. Z tohoto pohledu se požadavek na vytváření dokumentace ve formátu BIM zdá jako přehnaný. Prakticky se tento problém řeší specifikací úrovně detailu, který má výsledný model splňovat. Jedná se o konkrétní hodnoty předem stanovených odchylek BIM modelu od skutečnosti, které nebudou považovány za chybné zpracování, tedy jakousi mírou generalizace. Tato úroveň detailu se označuje pojmem LOD resp. LOIN.

Pokud bychom nahlédli do minulosti, dříve byla dokumentace stávajících staveb, především historických staveb, dokumentována dle Směrnice pro zaměřování památkových objektů a chráněných částí přírody z roku 1966 **[3]** a Směrnice pro zaměřování nemovitých kulturních památek z roku 1976 **[4]**, které specifikovaly přesnost geodetického měření, úpravu měřických náčrtů a vzhled stavebních výkresů. Na rozdíl od výkresů vyhotovovaných v rámci projektování staveb byly tyto výkresy kótovány s centimetrovou přesností. Tím bylo na první pohled jasné, že se nejedná o projekt nové stavby. Ostatní náležitosti jsou totiž s ohledem na jednoznačnou interpretovatelnost téměř identické s náležitostmi při projektování nových staveb. Tyto směrnice pro zaměřování stávajících staveb nebyly převedeny do formy závazných norem, na rozdíl od požadavků na tvorbu stavební výkresové dokumentace v procesu

projektování staveb, které jsou aktuálně specifikovány v rámci normy ČSN 01 3420 Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části **[5]**. Tato norma je často vyžadována při vyhotovování dokumentace stávajících staveb, i přesto, že pro tyto účely nebyla tvořena. Podobná analogie se ukazuje i v požadavcích na vytváření BIM modelů stávajících staveb, kdy jednotlivé BIM formáty a BIM knihovny jsou tvořeny pro účely projektování nových staveb. Naštěstí jednotlivé softwary, ve kterých se BIM modely vytvářejí, umožňují uživatelsky modifikovat celou řadu prvků, objektů a jejich parametrů, takže je možné vyhotovit stavební dokumentaci, která znázorňuje danou stavbu s požadovanou úrovní zobrazení detailu. Jednotlivé stavební prvky lze totiž kdykoliv (i dodatečně) vymodelovat s jakoukoliv podrobností, tedy i takovou, která odpovídá přesnosti zaměření.

Závazné referenční systémy

BIM model je uložen v paměti počítače v modelovém souřadnicovém systému. Poloha objektů na zemském povrchu je vyjádřena v geodetickém souřadnicovém systému. Georeferencování je proces určení vztahu mezi polohou dat v modelovém souřadnicovém systému a geografickou, resp. mapovou polohou vyjádřenou v geodetickém souřadnicovém systému. Problémem je netotožnost matematické definice modelového a geodetického souřadnicového systému, která se projevuje s rostoucí velikostí stavby. Modelový souřadnicový systém je kartézský pravotočivý 3D systém a poloha modelu je v něm poblíž počátku. Oproti tomu geodetický souřadnicový systém je levotočivý a navíc netvoří 3D systém, výšky nejsou kolmé na rovinu použitého kartografického zobrazení. Použití kartografického zobrazení je nutné, protože jinak není možné zobrazit 3D svět (ve zjednodušení elipsoid) do 2D roviny. Mírně nepříjemnou vlastností je deformace vodorovných rozměrů, rozměr v terénu je jiný než vypočtený ze souřadnic v rovině kartografického zobrazení. Přímé použití geodetických 3D geocentrických referenčních systémů (WGS84, ETRS-89) bez jejich zobrazení do roviny je nepraktické, protože osa Z nesměřuje nahoru a pro potřeby modelování je nezbytné, abychom chápali vodorovné jako rovné.

Georeferencování má tedy daleko větší význam pro rozsáhlé stavby (ať už liniové nebo plošné). Má však význam i u menších staveb, a to zejména pro snazší, přesnější a rychlejší koordinaci BIM modelů jednotlivých stavebních objektů.

V České republice jsou závazné geodetické referenční systémy definovány Nařízením vlády č. 430/2006 Sb. Jedná se zejména o (rovinný) souřadnicový systém jednotné trigonometrické sítě katastrální (S-JTSK) a výškový systém baltský – po vyrovnání (Bpv). Všem těmto nastíněným problémům geodeti rozumí a jsou připraveni pomoci.

Případová studie

Pohled geodeta na informační modelování staveb je v článku představen na případové studii tvorby informačního modelu stavby kroměřížského Hubertcentra, který byl vytvořen v rámci pilotního projektu pro Zlínský kraj, na které se autoři podíleli. Praktické aspekty tvorby modelu byly čerpány z **[6][7][8]**. Samotný proces lze rozdělit na několik etap, které na sebe vzájemně navazují.

Měření v terénu

Začátek procesu vytváření stavební výkresové dokumentace stávající stavby tvoří její geodetické zaměření. V dřívější době tvořily základní měřické pomůcky pásmo na měření délek, teodolit na měření úhlů a nivelační přístroj na měření výškového převýšení. V současné době je k dispozici řada dalších měřických technologií. Totální stanice pro současné měření úhlů, délek i převýšení, družicové aparatury pro určování prostorové polohy bodů nebo laserové skenery pro získávání bodových mračen. Tyto technologie umožňují přesnější a podrobnější zmapování celé stavby, připojení do závazných referenčních systémů a zachycení nejen geometrických, ale i fotometrických a dalších vlastností řešeného

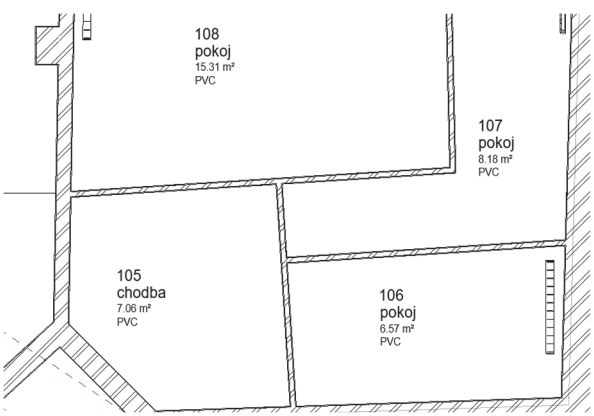
objektu jako je barva, odrazivost atd. **[9]** Výstupy z těchto měření jsou nejen stavební výkresy, ale prostorové modely dané stavby včetně informací o vlastnostech konkrétních prvků. Výsledkem je tzv. informační model stavby. Výkresy půdorysů, řezů a pohledů je možné pomocí příslušných softwarů vygenerovat z tohoto modelu, přičemž jakákoliv změna v modelu je automaticky promítnuta do příslušných výkresů. Automaticky lze také zpracovat výkazy libovolných skupin prvků, nacházejících se v modelu. Jako příklad lze uvést např. výkazy místností, oken, dveří atd.

Při zaměření historické stavby Maxmiliánova dvoru byly použity tyto moderní technologie. Okolo budovy byla zřízena síť pomocných měřických bodů, jejichž souřadnice v závazném souřadnicovém systému JTSK a závazném výškovém systému Bpv byly určeny technologií GNSS, konkrétně metodou RTK. Pomocí totální stanice byly z těchto pomocných bodů určeny souřadnice tzv. vlícovacích bodů, které byly signalizovány pomocí šachovnicových terčů přímo na stěnách dokumentované stavby. Tím bylo zajištěno, že terče byly zaměřeny také při následném laserovém skenování všech vnitřních a venkovních prostor stavby. Pomocí známých souřadnic vlícovacích bodů bylo možné bodové mračno z laserového skenování umístit do závazného souřadnicového a výškového systému. Tímto je bodové mračno tzv. georeferencováno, tedy každý bod mračna má definované globální souřadnice. Toto mračno bylo použito jako podklad pro vytvoření informačního modelu budovy. Jedná se o prostorový model, který popisuje jak geometrický tvar a dispozice předmětné stavby (stěny, podlahy, okna, dveře, schodiště atd.), tak jednotlivé prvky technického zařízení budovy (svítidla, topení, hasicí přístroje apod.).

Informační modelování

Pro tvorbu informačního modelu byl zvolen software Autodesk Revit. Nejprve je nutné definovat souřadnicový a výškový systém. Tento krok je v Autodesk Revit lehce komplikovaný, neboť ho lze definovat pouze zadáním souřadnic, v software není možnost definice směru os, či přiřazení kódu EPSG (který jednoznačně definuje použitý souřadnicový systém včetně jeho definice). Dále je nezbytné definovat výškové úrovně podlaží, které se budou v modelu nacházet. Následujícím krokem je referenční připojení mračna bodů. Jelikož je georeferencované, je importováno dle nastaveného souřadnicového a výškového systému na odpovídající místo.

Prvními prvky, které jsou standardně vkládány do modelu jsou stěny. Při vytváření modelů již existujících staveb je nezbytné očekávat, že stěny nebudou dokonale pravoúhlé (Obrázek 2). Revit, který byl vytvořen primárně pro projektování novostaveb, tuto vlastnost předpokládá. Jakékoliv mírné odklony od vodorovného či svislého směru kresby v půdorysu nejsou podporovány, což vede k nutnosti generalizovat, případně zdokonalovat a zkreslovat skutečný tvar.



Obrázek 2 – Ukázka nekolmosti stěn u historických památek (zdroj: vlastní archiv autora **[1]***)*

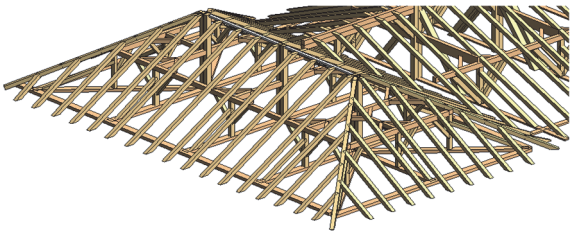
Dalším problémem je nestejná tloušťka stěny v celém jejím průběhu. Opět je nutná generalizace a idealizace. Modelování skutečného průběhu by bylo a) složité na realizaci a za b) neúčelné (s ohledem na strávený čas).

Okna a dveře jsou v daném software řešeny pomocí BIM objektů, tzv. rodin (Revit Family), což si lze představit jako knihovnu „podobných“ komponent. Tyto rodiny jsou parametrické, například určitý typ okna se vyrábí v různých rozměrech. Jelikož má celá rozměrová řada stejný vzhled, je výhodné vytvořit rodinu tak, že pouhou změnou parametru (např. šířka) dojde k automatického přizpůsobení. U historických budov je však nezbytné vytvořit rodinu okna v podstatě na míru (Obrázek 3).

Z geometrických prvků lze rozhodně za nejnáročnější na tvorbu považovat krovy (Obrázek 4). Model krovu je opět nutné idealizovat, zub času se na konstrukci projevil a je nemyslitelné modelovat jednotlivé trámy prohnutě.

U historických budov může být stejně náročné i modelování kleneb. Na závěr byly do modelu přidány objekty technického zařízení budov jako osvětlení a topení (Obrázek 5). Tyto prvky jsou opět řešeny jako parametrické rodiny.

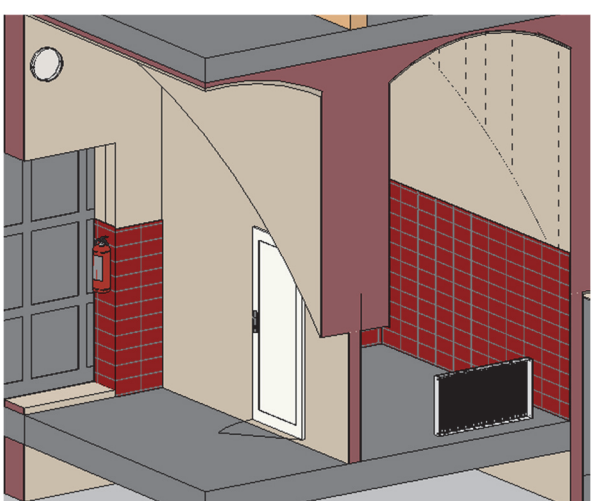
Obrázek 3 – Ukázka tzv. rodin – dveří a oken (zdroj: vlastní archiv autora **[1]***)*



Obrázek 4 – Model části krovu (zdroj: vlastní archiv autora **[1]***)*

Obrovským přínosem bude stav, kdy výrobci TZB objektů budou poskytovat BIM rodiny a budou k dispozici ke stažení a zavedení do modelu budovy. Toto předpokládá také dokonalou standardizaci.

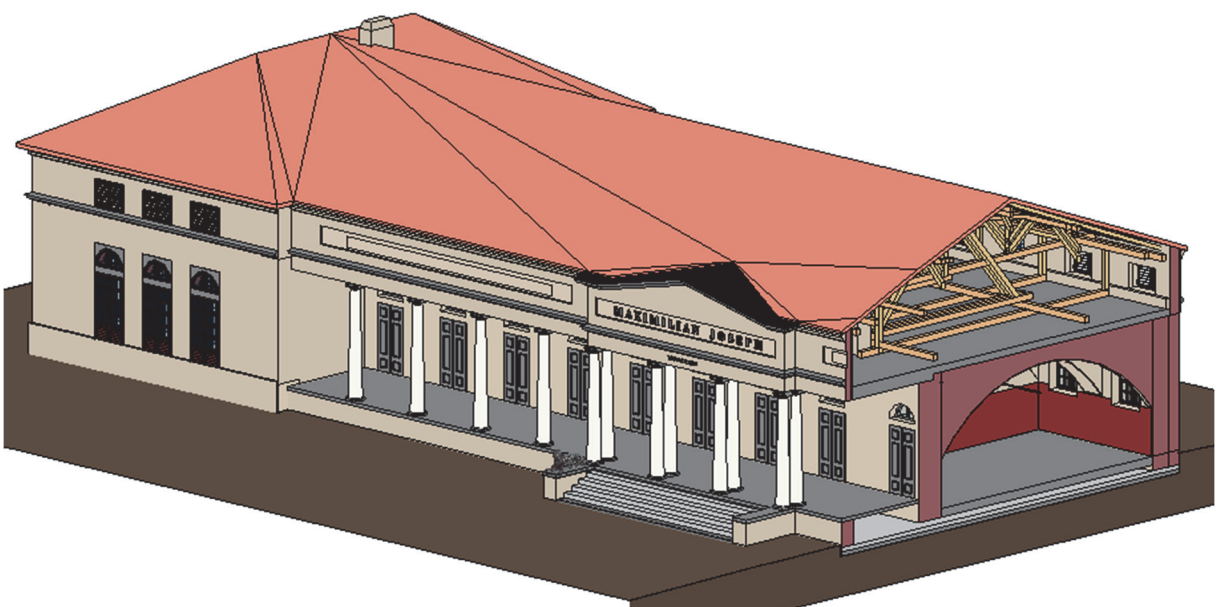
V rámci budovy dnešních stájí se nachází velká řada specifických a historicky zajímavých stavebních detailů. Jedním z nich jsou sochy krav při arkádě na jihovýchodní fasádě budovy, které odkazují na původní účel budovy. Tyto sochy, které nejsou sice zachovalé v původním stavu, představují podstatný stavební detail celé



Obrázek 5 – Ukázka prvků TZB – svítidlo, hasicí přístroj, topné těleso (zdroj: vlastní archiv autora **[1]***)*

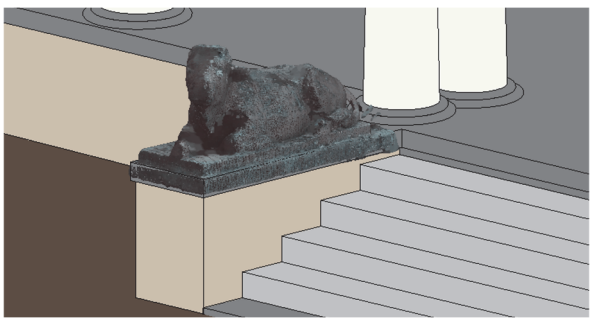
budovy. Při tvorbě modelu budovy jsme se snažili zakomponovat i tyto sochy tak, aby historická hodnota včetně detailů byla zachována. Jakékoliv sochy (prostorově a geometricky složité objekty) jsou poměrně náročné na modelování v Autodesk Revit. Proto jsme se rozhodli vytvořit detailní mesh model (trojúhelníkovou síť) pro každou sochu z mračna bodů (Obrázek 6), kterou jsme do BIM modelu přidali přes Autodesk NavisWorks jako model koordinace, tedy referenčně v souřadnicích S-JTSK a výšce v Bpv. Tento přístup nás opět utvrzuje v nutnosti používání závazných referenčních systémů.

Obrázek 6 – Mesh model sochy krávy (zdroj: vlastní archiv autora **[1]***)*

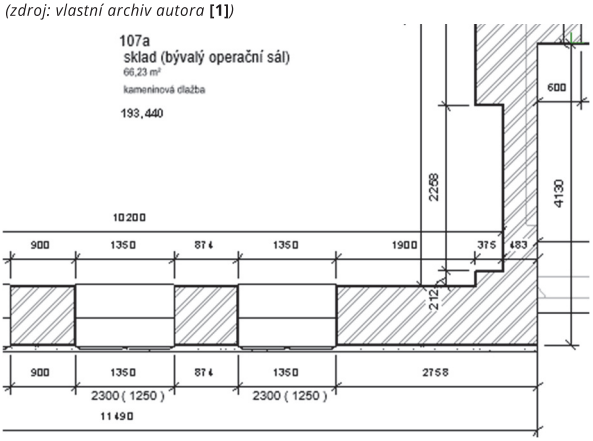


Obrázek 7 – Výsledný 3D model vyhotovený v prostředí Autodesk Revit (zdroj: vlastní archiv autora **[1]***)*

Výsledný 3D model je prezentován na Obrázku 7. Detail umístění mesh modelu krávy do modelu je patrný z Obrázku 8. Z tohoto 3D modelu je pak jednoduché vytvořit výkresovou dokumentaci, kterou je nutné pouze okótovat a doplnit ostatními popisky (Obrázek 9).



Obrázek 8 – Mesh model druhé sochy krávy umístěny do modelu (zdroj: vlastní archiv autora **[1]***)*

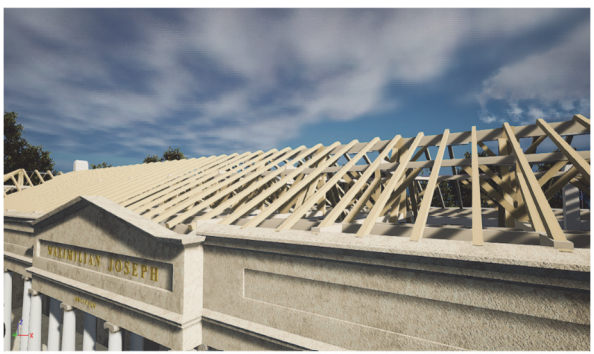


Obrázek 9 – Ukázka 2D výkresové dokumentace – půdorys 1NP (zdroj: vlastní archiv autora **[1]***)*

Výhodou práce v BIM je fakt, že se jedná o tvorbu objektově orientované databáze. Pokud tedy změníme něco v 3D pohledu, tak dojde k automatické změně ve výkresové dokumentaci. Samozřejmě dojde i ke změně okótování dle skutečnosti.

Modelování v herním vývojovém prostředí

Vizualizace modelu lze vytvořit pomocí různých softwarů, nicméně v poslední době se stále více uplatňují nástroje herního vývojového prostředí. Tyto prostředky (např. Unity nebo Unreal Engine), původně určené pro vývoj videoher, se stále více uplatňují i v dalších sektorech – filmový průmysl, architektura a stavebnictví nebo výroba automobilů. Zároveň umožňují daleko vyšší interakci s digitálním světem (v našem případě BIM modelem), např. průlet/průchod budovou, zobrazení informací o prvcích, doplnění realistických materiálů nebo umělého osvětlení. Výstupem z herního vývojového prostředí nemusí být jen vizualizace v podobě obrázků, ale také videosekvence nebo desktopová aplikace, případně aplikace do brýlí virtuální reality. Všechny tyto možnosti, které jsou známé z titulů AAA videoher, jsou díky volně dostupným herním vývojovým prostředím k dispozici široké odborné komunitě. Dá se říct, že propojením těchto herních prostředí v kontextu BIM vzniká nový sektor, který umožní změnu paradigma v práci s informacemi ve stavebnictví. Příklady aplikace BIM a herního prostředí v konkrétních úlohách uvádějí např. **[10], [11]**.



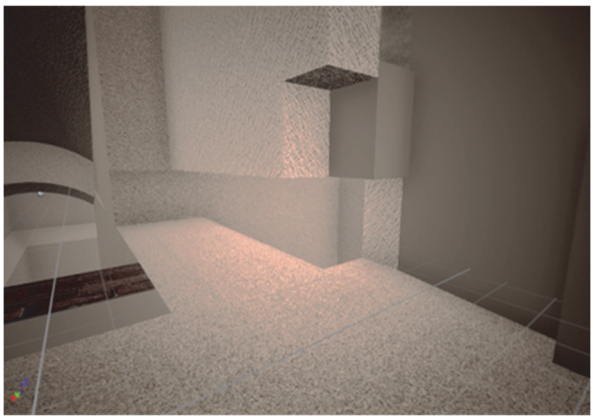
Obrázek 10 – Model krovu se skrytou střechou vizualizovaný v prostředí Unreal Engine (zdroj: vlastní archiv autora **[1]***)*

Na dokumentaci skutečného provedení stavby navazuje vizualizace modelu, která dává vyniknout historické hodnotě budovy Hubertcentra (Obrázek 10 a Obrázek 11). V rámci pilotního projektu dokumentace této budovy bylo využito herní vývojové prostředí Unreal Engine. V tomto prostředí byla vytvořena scéna s vlastním modelem BIM a okolím včetně povrchů a vegetace. Dále byly doplněny realistické materiály a otisky vad na fasádách a sloupech, aby výsledná podoba odpovídala skutečnému stavu budovy.

Obrázek 11 – Model krovu se skrytou střechou vizualizovaný v prostředí Unreal Engine (zdroj: vlastní archiv autora **[1]***)*

Mimo vizualizace bylo v našem projektu herní prostředí použito pro průchod modelu BIM a iterativní kontrolu stavebních konstrukcí a prvků z hlediska správnosti vymodelování. Díky interaktivnímu ovládání je možné si model budovy projít místnost po místnosti a odhalit chyby a nedodělky. Tímto postupem jsme odhalili např. nesprávné spojení podlahy se stěnou při vstupu do suterénu (Obrázek 12).

V jednotlivých fázích modelování BIM v software Revit se ukázalo výhodné kontrolovat kvalitu modelu v aplikaci z herního vývojového prostředí, která umožnila průchod modelem a vizuální kontrolu kvality modelu.



Obrázek 12 – Vada spojení podlahy se stěnou (zdroj: vlastní archiv autora **[1]***)*

Závěr

Tvorba výkresů půdorysů, řezů a pohledů je dlouhodobým standardem v rámci dokumentace stavebních objektů. Ať už máme na mysli dokumentaci ve fázi projektové nebo v průběhu životního cyklu stavby. S rozvojem moderních technologií i v této oblasti dochází k vývoji, a sice je možné vytvářet prostorové modely, které znázorňují původní objekt v digitálním formátu, případně fyzicky jako zmenšený model. Současné technologie nám umožňují vytvářet prostorové modely, které rozměrově, tvarově, barevně a celkově opticky věrně zachycují původní předmět, čímž nám umožňují určitým způsobem uchovat jeho věrný popis. V případě budov, dopravních staveb a jiných nemovitých objektů je možné z těchto prostorových modelů vygenerovat výkresovou dokumentaci ve formě vodorovných a svislých řezů daným objektem. Po doplnění příslušných náležitostí je tedy možné zajistit stavební výkresovou dokumentaci ve standardním formátu.

Definice výše uvedených standardů (DSS, CCI) stále není v současné době stanovena definitivně, na jejich definici se podílí řada profesí, což není jednoduchá situace. Nedá se očekávat, že by v dohledné

době vznikl jednotný standard, který by obsáhl celou šíři stavební problematiky a zároveň byl odbornou veřejností všeobecně přijatý. Situace je taková, že každý účastník tohoto procesu si nějakým způsobem vytvoří nebo upraví strukturu informačního modelu k obrazu svému a postupně se stanoví jednotlivé definice datových struktur, které budou vyhovovat co nejširšímu spektru uživatelů a postupně se stanou standardem ve stavebním odvětví.

S využíváním informačních modelů budov se zvyšují požadavky na vizualizaci hotových modelů pro širokou veřejnost. Za tímto účelem se v poslední době stále více uplatňují nástroje herního vývojového prostředí, které umožňují např. průlet/průchod budovou, zobrazení informací o prvcích, doplnění realistických materiálů nebo umělého osvětlení. Výstupem může být videosoubor, webová aplikace, příp. jiný standardizovaný výstup, který je zobrazitelný pro běžné uživatele. Pro vizualizaci Hubertcentra bylo použito prostředí Unreal Engine.

Na závěr je důležité zmínit, že geodet se svou kvalifikací podílí na zachycení objektu a vytvoření geometrie 3D modelu. Naplnění negeometrických vlastností jednotlivých objektů zajišťují ostatní odborné profese. Spolupráce jednotlivých odborníků a zainteresovaných osob nad BIM modelem je žádoucí v celém životním cyklu stavby.

Použité zdroje:

[1] Vlastní archiv autora.

[2] Maxmiliánův dvůr a Muzeum. Jezdec a chovatel koní [online]. Kroměříž [cit. 2023-01-19]. Dostupné z: https://chovatelekoni.webnode.cz/maxmilianuv-dvur-muzeum/

[3] Směrnice pro zaměřování památkových objektů a chráněných částí přírody, Praha: Ústřední správa geodézie a kartografie, 1966, 56 stran, 29-901-66.

[4] Směrnice pro zaměřování nemovitých kulturních památek, Praha: Český úřad geodetický a kartografický, 1976, 13 stran, 29-902-76.

[5] ČSN 01 3420 Výkresy pozemních staveb – Kreslení výkresů stavební části, Praha: Český normalizační institut, 2004, 72 stran, 70625

[6] NOVOTNÁ, Helena. Základy BIM – Revit Architecture, Seznámení s programem, 1. vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014, 190 stran, ISBN 978-80-214-5023-3.

[7] NOVOTNÁ, Helena. Základy BIM – Revit Architecture, pokročilé kapitoly, 1. vydání, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2015, 77 stran, ISBN 978-80-214-5199-5.

[8] ERHART Daniel. Autodesk REVIT, stavařův průvodce Revitem, seznamte se s BIM, 1. vydání, Praha: Arkance Systems CZ s.r.o., 2022, 822 stran, ISBN 978-80-907740-8-7.

[9] VESELÝ, Jan. Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči. Praha: Národní památkový ústav, územní odborné pracoviště středních Čech v Praze ve spolupráci s Národním památkovým ústavem, generálním ředitelstvím, 2014, 126 stran, ISBN 978-80-86516-79-0.

[10] GETULI, Vito, Pietro CAPONE, Alessandro BRUTTINI a Shabtai ISAAC. BIM-based immersive Virtual Reality for construction workspace planning: A safety-oriented approach. Automation in Construction [online]. 2020, 114 [cit. 2023-01-23]. ISSN 09265805. Dostupné z: doi:10.1016/j.autcon.2020.103160

[11] POTSELUYKO, Lilia, Farzad POUR RAHIMIAN, Nashwan DAWOOD, Faris ELGHAISH a Aso HAJIRASOULI. Game-like interactive environment using BIM-based virtual reality for the timber frame self-build housing sector. Automation in Construction [online]. 2022, 142 [cit. 2023-01-23]. ISSN 09265805. Dostupné z: doi:10.1016/j.autcon.2022.104496