

Dokumentace moderní architektury moderními technologiemi

Hana HASNÍKOVÁ; Jiří KUNECKÝ; Kateřina KULAWIECOVÁ

ANOTACE: Digitalizace kulturního dědictví je velmi aktuální téma stejně jako památková ochrana moderní architektury. Na příkladech významných budov z období 60. a 70. let 20. století je prezentována tvorba digitální dokumentace existujících staveb, která využívá informační modelování budov (BIM) v kombinaci s jednoduchými metodami sběru dat, jako je fotogrammetrie. Součástí výzkumu je také efektivní forma zpřístupnění 3D dynamických modelů veřejnosti.



1

I. Úvod

Předmětem péče o kulturní dědictví jsou objekty movité i nemovité. Kromě osvědčené snahy uchovat památky v dobrém fyzickém stavu je dnes možné, a u některých objektů dokonce žádané, aby byly zachovány pro různé potřeby i v digitální podobě. Příkladem může být architektura před demolicí, které hrozí zánik, nebo výjimečné předměty z muzejních sbírek, jejichž vhodná prezentace pomůže zvýšit povědomí o jejich existenci. Zkoumání možností věrného zachycení reálných objektů ve virtuálním světě, vytvoření jejich vizualizací nebo digitálních modelů je rychle se rozvíjejícím oborem památkové péče.^{1, 2, 3}

Téma památkové ochrany architektury z období 60. až 80. let minulého století v poslední době získalo širší pozornost zejména v důsledku plánovaných i již uskutečněných demolí několika zajímavých budov (Transgas, hotel Praha). Stavby z tohoto období mohou nenávratně zmizet, aniž by si společnost předomyslela, zda si zaslouží památkovou

ochranu, či nikoli. Z tohoto důvodu také vznikl projekt *Analýza a prezentace hodnot moderní architektury 60. a 70. let 20. století jako součásti národní a kulturní identity ČR*, podpořený programem NAKI Ministerstva kultury ČR. Jedním z témat projektu je i ověření možnosti digitálního zachycení objektů s pomocí moderních technologií.

Architektura zmíněného období představuje v památkové péči poměrně nové pole působnosti. Vzhledem ke své relativně nedávné výstavbě nebyly tyto stavby dlouhodobě vnímány širokou veřejností jako cenné, jako je tomu u historických staveb z dřívějších období. V současnosti se trend částečně mění. Budování povědomí a sdílení znalostí o moderní architektuře je věnováno značné úsilí a v posledních letech význam železobetonových konstrukcí v oblasti ochrany kulturního dědictví roste. Výzkum v rámci zmíněného projektu přispívá k hlubšímu poznání staveb a měl by ukázat nový směr ve způsobu jejich památkové ochrany a obnovy. Zároveň otevírá možnost

Obr. 1. Národní sportovní hala Jojogi v Tokiu. Foto: Hana Hasníková, 2015.

■ Poznámky

1 Filiberto Chiabrando – Andrea Lingua – Francesca Noardo – Antonia Spanò, 3D modelling of Trompe l'oeil decorated vaults using dense matching techniques, in: *ISPRS Annals of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, volume II-5, 2014, s. 97–104.

2 Irene Aicardi – Filiberto Chiabrando – Andrea Lingua – Francesca Noardo, Recent trends in cultural heritage 3D survey: the photogrammetric computer vision approach, *Journal of Cultural Heritage* XXXII, 2018, s. 257–266.

3 Pavel Tobáš, BIM, GIS and semantic models of cultural heritage buildings, *Geoinformatics FCE CTU XV*, 2016, č. 2, s. 27–41.

digitálního zpracování dokumentace a alespoň virtuálního uchování objektů, jejichž autentická podoba či dokonce samotná existence jsou ohroženy. Data získaná z plošného terénního průzkumu území ČR budou spolu s výstupy aplikovaného výzkumu (např. 3D dynamické modely vybraných objektů) ukládána do veřejně přístupných databází ve správě Národního památkového ústavu (dále NPÚ), z nichž nejvýznamnější aplikací je Památkový katalog (dále jen PK).⁴ Podrobněji jsou témata a další úkoly projektu, stejně jako představení spoluřešitelů k nahlédnutí na webové stránce <https://www.ma6070.cz>.

Součástí úkolu *Technologie a postupy pro ochranu kulturního dědictví* je i tvorba specializovaných map s odborným obsahem. Na vybraných reprezentativních stavbách z 60. a 70. let 20. století (železniční nádraží v Ostravě-Vítkovicích, OD Prior/Kotva v Praze, hotel InterContinental v Praze) se specifickým konstrukčním a materiálovým řešením je zkoumána možnost dokumentace staveb ve formě dynamického 3D modelu, který funguje jako informační databáze pro zachycení různorodých dat – údajů o historii a geometrii stavby i záznamů o materiálových změnách a způsobu konzervace, restaurování a rekonstrukce. K vytvoření modelů je využito nových možností digitalizace projektové dokumentace, které se zatím v ČR běžnou součástí památkové péče nestaly. Jedná se především o koncept BIM (z anglického *Building Information Modeling* – informační modelování budov) v kombinaci s použitím finančně dostupných technik sběru dat v terénu – konkrétně fotogrammetrie. Modely výše zmíněných vybraných staveb by měly fungovat jako ukázka možností dokumentace, prezentace a popularizace objektů architektonického dědictví.

II. Architektura 60. a 70. let 20. století ve světě a v Česku

Specifický architektonický styl druhé poloviny minulého století, známý pod pojmem brutalismus, má ve světě jak nadšené příznivce, tak vášnivě odpůrce. Existují nejrůznější platformy upozorňující na význam i ohrožení brutalistních staveb, např. SOSBrutalism,⁵ částečně Docomomo International,⁶ stejně jako projekty na jejich dokumentaci a záchranu, např. evropský InnovaConcrete.⁷ Níže uvedené příklady staveb jsou dokladem péče o dědictví brutalismu ve světě.

Stavby nositelů Pritzkerovy ceny mají, zdá se, ochranu zaručenu. Patří mezi ně Metropolitní katedrála Zjevení Panny Marie v Brasílii od architekta Oskara Niemeyera, který Pritzkerovu cenu⁸ získal v roce 1988. Katedrála z let 1958–1970 má železobetonovou hyper-

Obr. 2. Výsíláč s hotelem na Ještědu v Jizerských horách. Foto: Tereza Hamouzová, 2017.

bolickou konstrukcí a sklolaminátovou střechu a jako součást světového kulturního a přírodního dědictví UNESCO, do něhož byla Brasília jako mimořádný příklad městského plánování zapsána v roce 1987,⁹ ji ročně navštíví okolo milionu lidí.¹⁰

Pritzkerovou cenou byl oceněn také Jørn Oberg Utzon,¹¹ autor vítězného návrhu na budovu opery v Sydney. Budova byla slavnostně otevřena v roce 1973 a na Seznam světového kulturního a přírodního dědictví UNESCO byla v roce 2007 zapsána jako ukázka vynikající architektury 20. století, která reprezentuje kreativitu v architektonické formě i konstrukčním návrhu.¹² Nejvýznamnějšími částmi konstrukce jsou železobetonové skořepiny kryté bílými dlaždicemi. Prvotní geometrie tvaru skořepin způsobovala konstrukční problémy, které byly vyřešeny alternativním návrhem, při němž inženýři použili k vytvoření kulových ploch prefabrikovaná železobetonová žebra a střešní panely.¹³ Budova má jako památka mimořádného významu a symbol města zpracován předpis údržby¹⁴ a např. ke kontrole dlaždic fasády se používají holografické brýle v kombinaci se speciálně vyvinutým kladívkem pro nedestruktivní zkoušky.¹⁵

Národní sportovní hala v Jojogi pro olympijské hry v Tokiu z let 1961–1964 je dílem nositele Pritzkerovy ceny z roku 1987, architekta KENZA TANGEHO.¹⁶ Zavěšená střecha, po dokončení největší na světě, a mohutné kotevní bloky nosných lan jsou dominantními elementy budovy (obr. 1). Hala by měla být místem současných klání v házené na příštích letních olympijských hrách v roce 2020, tj. 56 let po hrách, pro které byla navržena.¹⁷

I v bývalém Československu se po 2. světové válce stal železobeton rozšířeným stavebním materiálem. Příklady moderní architektury, které kvůli své výjimečnosti usilují o památko-

■ Poznámky

4 Aplikace *Památkový katalog*, <https://www.pamatkovy-katalog.cz>, vyhledáno 8. 2. 2019.

5 *SOSBrutalism*, <http://www.sosbrutalism.org>, vyhledáno 8. 3. 2019.

6 *Docomomo International*, <https://www.docomomo.com/mission>, vyhledáno 13. 3. 2019.

7 *InnovaConcrete*, <http://www.innovaconcrete.eu>, vyhledáno 8. 3. 2019.

8 The Hyatt Foundation, *Announcement of the 1988 laureate*, <http://www.pritzkerprize.com/laureates/1988-niemeyer>, vyhledáno 7. 3. 2019.

9 UNESCO Headquarters, Cultural and Natural Properties



2

inscribed on the World Heritage List, in: *Report of the World Heritage Committee 11th Session*, 1987, http://whc.unesco.org/archive/1987/sc-87-conf005-9_e.pdf, vyhledáno 7. 3. 2019.

10 *Brasília Cathedral*, <http://www.aboutbrasilia.com/travel/brasilia-cathedral.php>, vyhledáno 7. 3. 2019.

11 The Hyatt Foundation, *Announcement of the 2003 laureate*, <https://www.pritzkerprize.com/laureates/2003>, vyhledáno 7. 3. 2019.

12 UNESCO, Decision: 31 COM 8B.31, in: *Decisions adopted at the 31st Session of the World Heritage Committee (Christchurch, 2007)*, <http://whc.unesco.org/archive/2007/whc07-31com-24e.pdf>, s. 160, vyhledáno 7. 3. 2019.

13 Sydney Opera House. Chapter 11: The spherical solution (Part 2), PART ONE: Concept, design and architecture, in: *The Opera House Project. Experience the story of an Australian icon*, <http://theoperahouseproject.com>, vyhledáno 7. 3. 2019.

14 Alan Croker, *Respective the vision: Sydney Opera House – a conservation management plan*, 4th ed. 2017, <https://www.sydneyoperahouse.com/our-story/conservation-management/conservation-management-plan.html>, vyhledáno 7. 3. 2019.

15 Gianluca Ranzi – Osvaldo Vallati - Ian Cashen, A methodology for the inspection and monitoring of the roof tiles and concrete components of the Sydney Opera House, in: *Digital heritage – progress in cultural heritage: documentation, preservation, and protection*, 2018, s. 689–699.

16 The Hyatt Foundation, *Announcement of the 1987 laureate*, <http://www.pritzkerprize.com/laureates/1987>, vyhledáno 7. 3. 2019.

17 Olympic venues, Tokyo 2020, <https://tokyo2020.jp/en/games/venue/olympic/>, vyhledáno 7. 3. 2019.



3

vou ochranu nebo již chráněny jsou, můžeme najít i u nás, je jich však zatím minimum. Nejznámější realizací uváděného období je hotel a televizní vysílač na Ještědu od architekta Karla Hubáčka. Za návrh, který byl zpracováván v období let 1963–1966, byl architekt také v roce 1969 oceněn prestižní cenou Augusta Perreta udělovanou Mezinárodní unií architektů.¹⁸ Stavba probíhala v letech 1966–1973. Hotel a televizní vysílač jsou integrovány do jedné věže, která je již nedílnou součástí panoramat na severu Čech (obr. 2). Hlavním nosným prvkem stavby je železobetonové jádro tvořené dvěma koncentrickými válci s různými poloměry a jednotlivá podlaží jsou z jádra vyvěšena. Konstrukce je obalena speciálně navrženým laminátovým pláštěm ve tvaru štíhlého rotačního hyperboloidu, který musí odolávat extrémním klimatickým podmínkám, a v devátém podlaží je umístěno kyvadlo, které věži pomáhá vyrovnat se s kmitáním způsobeným dynamickým zatížením větrem. České Radio-komunikace, a. s., jako vlastník budovy jsou zodpovědné za údržbu. Provozovatelem hotelu je společnost Ještěd, spol. s r. o., která se spolu se spolkem JEŠTĚD 73 snaží o obnovu původních interiérů podle návrhu Otakara Binara.¹⁹ Stavba je od 1. ledna 2006 národní kulturní památkou²⁰ a v květnu 2007 byla dokonce přidána na tzv. Indikativní seznam UNESCO.²¹

Do speciální skupiny staveb z období brutalismu spojených s dopravní infrastrukturou patří nádraží v Ostravě-Vítkovicích (obr. 3). Budování železniční sítě v Československu bylo součástí rozsáhlého plánu průmyslového vývoje, ve kterém byla zahrnuta i nová nádraží. Autorem řady z nich, včetně toho vítkovického, je architekt Josef Danda, který se na návrhy železničních nádraží specializoval.²² Budova reprezentuje typický příklad konstrukce navržené v 60. letech 20. století. Má velkorysou odjezdovou halu dimenzovanou až na 7 000 cestujících za hodinu a stylová umělecká výzdoba interiéru dobře odpovídá industriálnímu

charakteru města a obzvlášť jeho předměstí, které mělo nádraží obsluhovat. Nosná konstrukce je tvořena kombinací železobetonového skeletu a elegantních ocelových vazníků umožňujících překlenout velké rozpětí charakteristické pro otevřený prostor odbavovací haly. Útlum těžkého průmyslu v regionu v 90. letech 20. století zapříčinil i radikální pokles provozu na vítkovickém nádraží, jehož velikost je při dnešních nárocích na údržbu na obtíž. Počet cestujících se rapidně snížil a otevřela se otázka, jak naložit s chátrajícím objektem dále. V roce 2010 bylo vítkovické nádraží prohlášeno ministerstvem kultury kulturní památkou, toto rozhodnutí však bylo vícekrát zpochybněno.²³ Podle záznamu v PK je objekt, nyní spadající pod Správu železniční dopravní cesty (SŽDC), opět kulturní památkou.²⁴ Ochrana však nenabyla právní moci, neboť řízení stále probíhá, jak potvrzuje i záznam z katastru nemovitostí.²⁵ O čištění povrchů a květinovou výzdobu se stará skupina dobrovolníků z řad studentů a milovníků architektury.²⁶ O vítkovickém nádraží vyšla i z důvodu aktuálního ohrožení v roce 2017 rozsáhlá publikace.²⁷

Jedním z fenoménů brutalismu je i obchodní dům Prior/Kotva v centru Prahy navržený Věrou a Vladimírem Machoninovými. Od počátku měl sloužit jako exkluzivní obchodní dům s luxusním zbožím, měl se stát jedničkou na domácím trhu a také upoutat pozornost na mezinárodní scéně – v době vzniku byl pátým největším obchodním domem v Evropě. Architektonický návrh musel respektovat charakter okolní historické zástavby a omezený prostor, parametry budovy jsou přesto unikátní. Autoři ji pojali jako shluk hexagonálních hranolů, kterým velmi dobře zaplnili pozemek nepravidelného tvaru. Jednotlivé šestiúhelníkové moduly jsou tvořeny betonovým sloupem se vzpěrami vyztuženými prefabrikovaným ocelovým svařencem, který lokálně podepírá šestiúhelníkovou stropní desku s rozpětím 14,2 m. Tento konstrukční systém umožnil snížit počet vertikálních podpor i konstrukční výšku podlaží

Obr. 3. Budova železničního nádraží v Ostravě-Vítkovicích s charakteristickým pilovitým tvarováním průčelí haly. Foto: Hana Hasníková, 2017.

a otevřít prostor pater. Fasáda, členěná v průčelí slunolamy a částečně zasklená velkoformátovými termálními skly, je tvořena panely s vnější vrstvou z tmavě eloxovaného hliníkového plechu.²⁸ Obchodní dům se stal nedílnou součástí města a svému účelu slouží dodnes. Objekt byl prohlášen kulturní památkou v roce 2018, což balo po drobných peripetiích potvrzeno v roce 2019.²⁹ Nedávno se pozornost odborníků věnovaná tomuto obchodnímu domu zhmotnila do podoby obsáhlé publikace.³⁰

■ Poznámky

¹⁸ Rostislav Švácha, Karel Hubáček, Praha, 1996, s. 13.

¹⁹ Historie Ještědu, *Ještěd*, <https://www.jested.cz/cs/historie>, vyhledáno 7. 3. 2019.

²⁰ Sbírka zákonů č. 422/2005, *Nařízení vlády ČR o prohlášení Horského hotelu a televizního vysílače Ještěd u Liberce a některých movitých kulturních památek za národní kulturní památky a o změně některých dalších předpisů*, 2005, částka 146, s. 7906.

²¹ UNESCO, Mountain-top hotel and television transmitter Ještěd, *Tentative lists*, <https://whc.unesco.org/en/tentativelists/5152/>, vyhledáno 7. 3. 2019.

²² Karel Hájek, *Architekt Josef Danda*, Praha 2007, 206 s.

²³ Informace o řízení o prohlášení výpravní budovy č. p. 27, U nádraží č. o. 25, na parc. č. 1331, k. ú. Vítkovice, obec Ostrava, část obce Vítkovice, okres Ostrava-město, Moravskoslezský kraj, za kulturní památku, <http://www.nadrazi-vitkovice.cz/wp-content/uploads/2016/05/dokument.pdf>, vyhledáno 11. 3. 2019.

²⁴ Záznam o památkové ochraně železniční stanice Ostrava-Vítkovice, <https://www.pamatkovykatolog.cz/?legalState=493639792&mode=fulltext&keywords=vitkovice&order=relevance%3Adesc&action=legalState&presenter=LegalStatesResults>, vyhledáno 11. 3. 2019.

²⁵ Informace o pozemku p. č. 1331 (budova č. p. 27, Ostrava-Vítkovice) v katastru nemovitostí, <https://nahlizeni-dokn.cuzk.cz>, vyhledáno 11. 3. 2019.

²⁶ Nádraží Vítkovice, <http://www.nadrazivitkovice.cz>, vyhledáno 11. 3. 2019.

²⁷ Martin Strakoš et al., *Nádraží Ostrava-Vítkovice. Historie – architektura – památkový potenciál*, Praha 2017.

²⁸ Petr Klíma, Obchodní dům Prior Kotva, in: Pavel Směták – Klára Pučerová (edd.), *Věra a Vladimír Machoninovi*, Praha 2010.

²⁹ Obchodní dům Kotva je znovu prohlášen za kulturní památku, <https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/obchodni-dum-kotva-je-znovu-prohlasen-za-kulturni-pamatku/1744061>, vyhledáno 10. 9. 2019.

³⁰ Petr Ulrich (ed.), *Obchodní dům Prior/Kotva. Historie – urbanismus – architektura*, Praha 2018, 255 s.

Obr. 4. Interiér železničního nádraží v Ostravě-Vítkovicích, vlevo: hodinová věž ze skla, foto: Roman Poláček, 2017; vpravo: její 3D rekonstrukce ze setu fotografií v softwaru Photoscan Agisoft, autor: Hana Hasníková, 2018.

Obr. 5. Použití dronu při sběru podkladů pro fotogrametrii umělecké výzdoby železničního nádraží v Ostravě-Vítkovicích – skleněné hodinové věže v odjezdové hale nádraží. Foto: Jiří Kunecký, 2017.

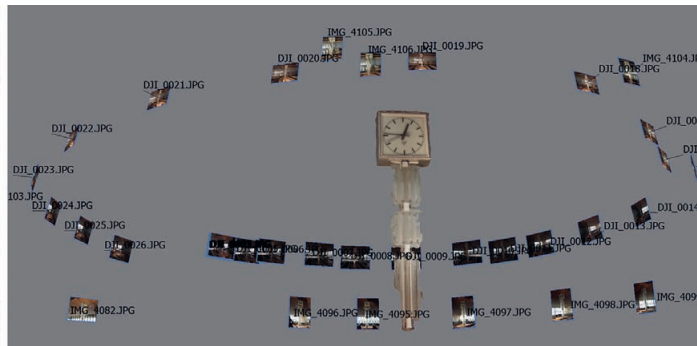
III. Digitální dokumentace objektů

Jednou z cest, jak rozšířit povědomí veřejnosti o kvalitách svébytné, ale stále ještě rozporuplně vnímané architektury 60. a 70. let minulého století, a také velmi účinným nástrojem alespoň virtuální ochrany ohrožených staveb z tohoto období může být digitalizace dostupných podkladů a dokumentace těchto objektů.

Tvorba pokročilé dokumentace staveb historie, jejímž příkladem je vytváření 3D dynamických modelů, se bohužel potýká s problémy v podobě nedostatku podkladů. Projektová dokumentace sice byla v příslušném období provedena velmi kvalitně, její kompletní dochování v archivech či poskytnutí soukromým vlastníkům zkoumaného objektu k vědeckým účelům však zdaleka není samozřejmé, což je i případ tří vybraných staveb. Další komplikací představuje i chybějící podklad v podobě geodetického zaměření aktuální podoby stavby. Autoři specializované mapy tak museli najít vhodný způsob tvorby dynamického modelu, který by umožnil naplnit vizi projektu. Jednou z inspirací byla metodika NPU³¹ a publikace o průzkumu památek ČVUT.³²

Prvním krokem je vymezení přesného účelu modelu a jeho funkce. Podle tohoto zadání se pak volí metody sběru dat *in situ*, vhodný software nebo forma zveřejnění a zpřístupnění výsledku veřejnosti. Důležité je rovněž rozhodnout o úrovni detailu modelu, která se v závislosti na účelu může měnit. Pokud je model připravován např. jako podklad pro vytvoření virtuální reality, která je v současnosti v prezentaci památkové péče populární,³³ je nutné tomu přizpůsobit kvalitu zobrazovaných dílčích částí tak, aby byly dostatečně věrné, ale zároveň aby byla jejich datová náročnost únosná. V přípravné fázi je velmi důležitá spolupráce technika tvořícího model a historika, který je díky své specializaci schopen definovat důležité části objektu hodné zaznamenání. Pro potřeby projektu byl účel modelů definován následovně:

- databáze obsahující nejružnější informace, např. geometrické údaje (rozměry nosných prvků), konstrukční materiál (typ, mechanické vlastnosti, stav), dodatečné fotografie (unikátní umělecké prvky, zajímavé povrchy) atd.,
- podklad pro případnou revitalizaci objektu,



– uchování stavby ve virtuální podobě (důležitě především u ohrožených památek).

Aby bylo možné naplnit všechny požadavky i přes zmíněné komplikace, byla využita moderní technologie tvorby 3D databázových modelů BIM, která je doplněna o data získaná při průzkumu objektu *in situ* a zpracovaná fotogrammetricky. Výsledný 3D dynamický model je syntézou geometrie budovy a historických souvislostí, tj. je tvořen geometrií nosné železobetonové konstrukce, která je doplněna o dílčí 3D síťové modely jednotlivých prvků, představujících uměleckou výzdobu nebo (ne)typická stavební řešení, případně povrchy, a o databázi informací. Jednotlivé kroky tvorby budou náhorně ukázány na modelech výše zmíněných budov z období 60. a 70. let 20. století.

Informační model stavby – BIModel

Technologie BIM umožňuje vytvořit a spravovat databázi informací o budově během celého období její existence, od výstavby přes užívání, rekonstrukci až k případné demolici. Součástí databáze jsou také údaje o geometrii stavby ve formě 3D modelu. Tento trend ve zpracování projektové dokumentace běžně využívaný u novostaveb se ve světě v posledních letech uplatňuje i v kontextu památkové péče ve formě tzv. HBIM (*Historical Building Information Modeling*).³⁴ BIM model je možné exportovat ve standardizovaném ISO formátu *.ifc* (*Industry Foundation Classes*),³⁵ umožňují-

cím jeho prohlížení i uživateli, kteří nevlastní licenci softwaru, v němž byl vytvořen. K tomu lze využít buď volně šiřitelných programů nainstalovaných na kterémkoli počítači, nebo běžného internetového prohlížeče a technologie WebGL, která dovoluje prohlížet modely online, a neklade tak na uživatele žádné další finanční nároky. Model je také možné sdílet v originálním formátu a prezentovat jej pomocí

■ Poznámky

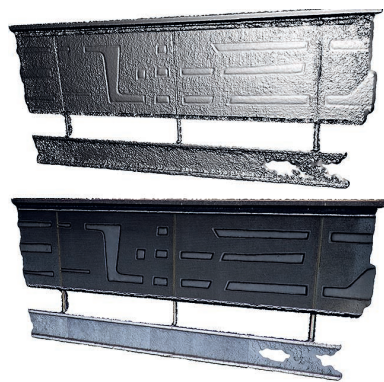
³¹ Marcel Brejcha – Vladimír Brůna – Zdeněk Marek – Bára Větrovská, *Metodika digitalizace, 3D dokumentace a 3D vizualizace jednotlivých typů památek*, Ústí nad Labem 2015.

³² Karel Pavelka et al., *Exaktní metody průzkumu památek s využitím geodetických a geofyzikálních metod*, Praha 2017.

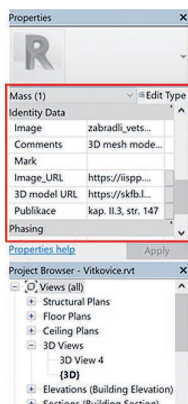
³³ Thomas Kersten – Felix Tschirschwitz – Simon Degging – Maren Lindstaedt, *Virtual reality for cultural heritage monuments – from 3D data recording to immersive visualisation*, in: *Digital heritage – progress in cultural heritage: documentation, preservation, and protection*, 2018, s. 74–83.

³⁴ Maurice Murphy – Eugene McGovern – Sara Pavia, *Historic building information modelling (HBIM)*. *Structural Survey* XXVII, 2009, č. 4, s. 311–327.

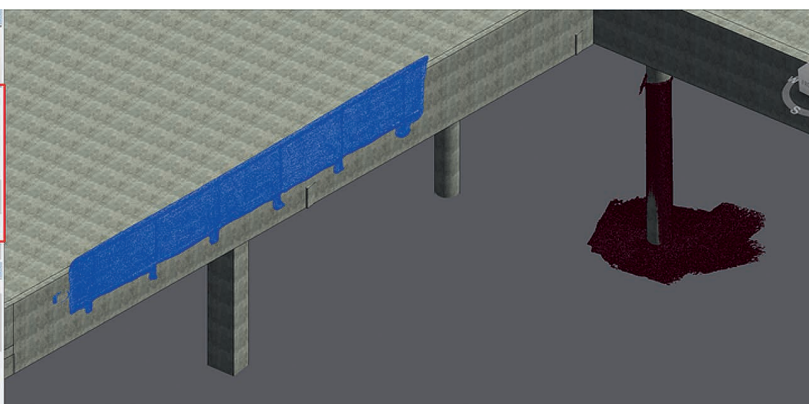
³⁵ ČSN EN ISO 16739, *Datový formát Industry Foundation Classes (IFC) pro sdílení dat ve stavebnictví a ve facility managementu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.



6



7



8

Obr. 6. Železniční nádraží v Ostravě-Vítkovicích, část zábradlí z drátoskla v 2. NP odbavovací haly od výtvarníků Františka Buranta a Benjamina Hejlka – nahoře: polygonální síť reprezentující povrch, dole: finální vizualizace s texturami. Autor: Jiří Kunecký, 2018.

Obr. 7. Železniční nádraží v Ostravě-Vítkovicích, stíový model zábradlí z drátoskla a jemu příslušné parametry v prostředí BIM softwaru Revit. Autor: Hana Hasníková, 2018.

Obr. 8. BIM model nádraží v Ostravě-Vítkovicích vytvořený v softwaru Revit a prezentovaný pomocí cloudové služby A360 firmy Autodesk; vlevo: mobilní aplikace, vpravo: sloup zvýrazněný ve vybraném řezu a jeho materiálové vlastnosti. Autor: Hana Hasníková, 2018.

cloudové služby poskytované provozovatelem modelovacího softwaru.

Pro tvorbu BIModelů v projektu je využíván software Revit 2017 od společnosti Autodesk. Zaměření programu na databázovou část modelu má vliv na jistou těžkopádnost v modelování složitější geometrie (např. klenby, zakřivené objekty). Vytvářené konstrukční prvky spadají do softwarem předdefinovaných „rodin“ (anglicky „Family“) dle logiky konstrukce (sloupky, stropní desky, trámy atd.), které jsou zároveň shodné s dělením využívaným ve 2,5D mapových podkladech NPÚ,³⁶ do nichž bude model v budoucnu integrován. Díky parametrizaci BIModelu je možné k jednotlivým částem konstrukce vkládat specifická data. Na konkrétní konstrukční prvky tak lze navázat odkazy do vnitřní databáze modelu nebo do libovolné externí informační databáze. Důležitou funkcí BIModelů je také možnost vytvářet „výkazy“ (anglicky „Schedule“), se kterými je možno dále pracovat ve formě tabulek s vybranými parametry (např. výměry ploch, cena, seznam externích odkazů, fotografií).

Základním stavem 3D dynamického modelu železničního nádraží v Ostravě-Vítkovicích, který je v rámci projektu prvním zveřejněným, je kombinace strukturálního modelu, přes parametry propojeného s informačními databázemi (např. MIS NPÚ,³⁷ Sketchfab³⁸), a digitál-

ních síťových modelů unikátních prvků vybraných v rámci objektu jeho garantem-památkářem. Míra detailu modelu je dána jeho účelem. Geometrický model nosné železobetonové konstrukce vznikl vzhledem k nedostupnosti kompletní projektové dokumentace stavby na základě kombinace informací z různých zdrojů: jednak z archivních podkladů, zejména dostupné části původní projektové dokumentace, jednak z podrobné fotodokumentace současného stavu a měření na místě. Skeletová konstrukce je jak ve skutečnosti, tak i v modelu dělená dle dilatačních celků.

Plně funkční variantu modelu ve formátu .rvt lze prohlížet i bez přístupu k softwaru Revit v cloudové službě A360, vyvíjené a poskytované zdarma společností Autodesk (obr. 4). Po označení konkrétního konstrukčního prvku se v okně „Vlastnosti“ objeví všechny zadané údaje včetně nově definovaných parametrů s hypertextovými odkazy do externích databází. Data v modelu lze na základě nových poznatků kdykoli doplňovat či měnit a uživatel změnu uvidí okamžitě. Model je dostupný na webové adrese <https://a360.co/20i8BA2>.

Fotogrammetrie a mračna bodů

Rychle se rozvíjející optické metody lze velmi efektivně využít k záznamu specifických detailů objektu nebo uměleckých děl stojících jako solitéry. Fotogrammetrie je metoda spadající do oblasti analýzy digitálního obrazu a geomatiky, která se zabývá rekonstrukcí tvaru předmětů zachycených na fotografiích. Dnes pracuje

s metodami digitálního zpracování obrazu a využívá obvykle sekvence fotografií k vytvoření trojrozměrného modelu.³⁹

Výsledkem fotogrammetrického zpracování obrazových dat je kolorované mračno bodů (tzv. *pointcloud*), které se svou přesností může vyrovnat podrobnému geodetickému zaměření nebo laserovému skenování. Jedná se o metodu levnou a je možno ji aplikovat i na fotografie neprofesionální kvality. Pro správné vytvoření 3D reprezentace objektu (budovy, sochy, šperku atd.) je však nutné vhodně nasnímat cílový objekt, tj. ideálně ze všech stran v několika úrovních, s čímž pomáhá moderní technika (obr. 5). Zároveň je nezbytné znát minimálně jednu délkovou míru na dokumentovaném objektu, aby bylo možné u výsledného digitálního 3D modelu definovat jeho měřítko, tzn. rozměry. Problematické může být zobrazení lesklých nebo transparentních objektů. Příkladem tohoto úskalí je digitální rekonstrukce

■ Poznámky

36 Zuzana Syrová – Jiří Syrový, Zpracování odborných GIS dat v podrobnostech zaměření jednotlivých objektů 1 : 200 – 1 : 25, *Zprávy památkové péče* LXXIV, 2014, č. 5, s. 407–410.

37 Metainformační systém NPÚ – centrální část, https://iispp.npu.cz/mis_public/homepage.htm, vyhledáno 13. 3. 2019.

38 Virtuální online knihovna 3D modelů Sketchfab, Sketchfab, <https://sketchfab.com/ma6070>, vyhledáno 13. 3. 2019.



9a



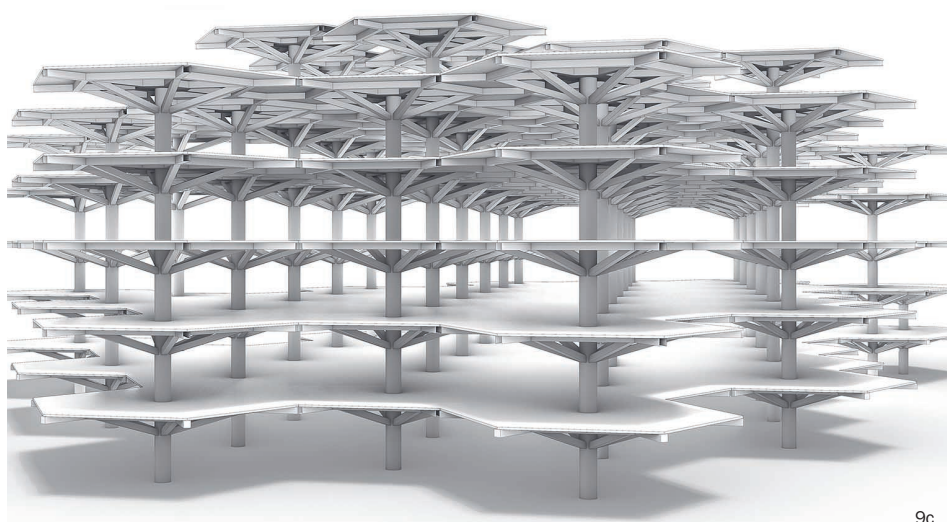
9b

Obr. 9a, b, c. Postupné kroky při tvorbě digitální dokumentace na příkladu obchodního domu Prior/Kotva – použití inovativního SCAN-to-BIM postupu; a) skutečnost, b) mračno bodů z fotogrammetrie tvořící podklad pro 3D model sloupu ve vzpěrám, c) výsledný digitální model skeletové konstrukce. Autor: Hana Hasníková, 2019.

části výzdoby vítkovického nádraží – hodinové věže od Vladimíra Kopeckého se spodní částí vyrobenou ze skleněných prvků, jejichž přesnou geometrii není možné postihnout (obr. 6).

Při zpracování fotogrammetrických dat byl použit software *Photoscan Agisoft*. Výsledná digitální trojúhelníková síť, která je vytvořena spojením bodů v mračnu, reprezentuje povrch objektu. Software umožňuje nastavit skutečné rozměry rekonstruovaného objektu, pokud existují spolehlivá referenční data z měření *in situ*. Export takového 3D síťového modelu je umožněn v několika formátech a výběr vhodného formátu se odvíjí od účelu dílčího modelu, formy jeho použití a dalšího zpracování. Důležitou roli hraje datová náročnost a interoperabilita mezi používanými softwary. Jako nejvhodnější byl na základě zkušenosti v tomto případě pro další kroky vybrán formát *.obj*, který obsahuje geometrii sítě a je doplněn rastrovým obrázkem s tzv. UV mapou textury. Přesnost nahrazení skutečného povrchu polygonovou sítí je ovlivněna množstvím bodů v mračnu. Obecně lze říci, že čím hustější mračno, tím více trojúhelníků a přesnější rekonstrukce. Znamená to však také větší objem dat a vyšší nároky na hardware při dalším používání takových modelů.

Příklad zdařilé rekonstrukce můžeme vidět na obr. 7. Z mračna bodů získaného z 9 fotografií, pořízených fotoaparátem CANON EOS 80D s objektivem s ohniskovou vzdáleností 105 mm, byla vytvořena síť popisující povrch



9c

objektu, nakonec doplněná texturou. Získání kvalitních fotografií komplikovaly kromě faktu, že se jednalo o objekt s částečně transparentním a lesklým povrchem, také proměnlivé světelné podmínky. Decimovaný síťový model (tj. model se sníženým počtem trojúhelníků reprezentující povrch objektu) byl následně použit jako samostatný prvek v BIM modelu železničního nádraží stejně jako další síťové 3D modely unikátních prvků – hodinová věž, žulová sedátka, pokladny s travertinovým obkladem nebo interierový sloup s mozaikovým obkladem typickým pro dané období.

Síťové modely vybraných detailů jsou do BIM modelu vloženy pomocí typu „rodiny“ „Hmota“ (anglicky „Mass“). Díky tomu je možné je později parametrizovat a přidat k nim odkazy na externí databáze. BIM softwary nejsou schopné zobrazit správně textury 3D síťových modelů generovaných z fotogrammetrických dat, protože to není jejich primární funkce, a tak jsou v 3D dynamickém modelu viditelné pouze samotné sítě popisující povrch. Na obr. 8 je že-

lezobetonová konstrukce doplněná o síťové modely zábradlí a sloupů. V rámečku jsou zvýrazněny přiřazené parametry, např. odkaz do externí databáze Sketchfab („3D model URL“) nebo na kapitolu o umělecké výzdobě v publikaci o železničním nádraží v Ostravě-Vítkovicích.

V průběhu tvorby specializované mapy byla podrobně zkoumána interoperabilita a kompatibilita formátů výstupních souborů z používaných softwarů. Aby bylo možné 3D síťový model vložit do BIM modelu v softwaru *Revit*, bylo nutné jej v mezikroku upravit v modelovacím softwaru *Rhinoceros*. Jako výstupní soubor byl poté použit transportní CAD formát *.dxf*, který je možné do softwaru *Revit* naimportovat.

SCAN-to-BIM proces

Další komplikací je vedle nekompatibility formátů nedostatečná přesnost rekonstruovaného povrchu ve srovnání s realitou reprezentovanou mračnem bodů. Síťové modely tvořené



10a

trojúhelníky občas skutečný tvar příliš aproximují. Platí to především u zakřivených povrchů (např. klenby). V takových případech lze využít pro tvorbu BIM modelu tzv. SCAN-to-BIM postup, který je však časově náročnější. Lze pro něj jako vstupní data použít přímo mračno bodů, které se vloží do softwaru s velkou škálou modelovacích nástrojů (např. výše zmíněný software *Rhinoceros*). Jednotlivé body jsou poté prokládány hladkými NURBS (z anglického *Non-Uniform Rational Basis Spline*) křivkami, které pomocí dalších funkcí vytvářejí přesnější povrchy než polygonální síť.⁴⁰ Tyto povrchy lze poté importovat do BIM softwaru ve vhodném formátu (např. *.sat*), kde tvoří podklad pro parametrické modelování.⁴¹

Příklad použití postupu je ukázán na tvorbě modelu skeletové konstrukce obchodního domu Prior/Kotva na obr. 9. Ze sady fotografií bylo fotogrammetrickým zpracováním získáno barevné mračno bodů, které posloužilo jako podklad pro určení geometrie železobetonových vzpěr a navazujících nosných prvků, které nebyly fyzicky přístupné. Rozměrem, který určil měřítko celé snímané šestiúhelníkové stavební jednotky sloupu se vzpěrami, byl průměr sloupu. Mračno bodů bylo po vytvoření v softwaru *Agisoft Photoscan* vyčištěno od nežádoucích chybně umístěných bodů v softwaru *ReCap 360 2017* společnosti Autodesk a naimportováno do softwaru *Rhino 6 Evaluation*. V tomto prostředí bylo rozděleno na dílčí části odpovídající konstrukčním elementům – sloup, vzpěry, podhled. Hraniční body jednotlivých částí byly proloženy hladkými křivkami. Z těch a z příslušných bodů byly poté genero-

vány odpovídající povrchy sloupu a vzpěr, jak je naznačeno ve střední části obr. 9, kde je vidět současně mračno bodů spolu s výslednými konstrukčními prvky. Díky předchozímu zaměření skutečného profilu sloupu mohl být digitální model správně škálován a rozměry dalších konstrukčních prvků odečteny z něj. Model celé nosné konstrukce následně vznikl opakováním takto vytvořené stavební jednotky podle půdorysů jednotlivých pater.

Sdílení dat

První zveřejněný 3D dynamický model dokumentuje železniční nádraží v Ostravě-Vítkovicích. Přes odkazy umístěné ve speciálně vytvořených parametrech je BIM model navázán na externí databáze. Tato forma je velmi efektivní, protože umožňuje spojit model s databázemi NPÚ obsahujícími zajímavé a užitečné informace o historii objektu a jeho památkové hodnotě. Jsou využívány především páteřní PK a na něj navazující databáze MIS. Řešiteli z jednotlivých krajských územních pracovišť NPÚ jsou postupně, na základě předchozího průzkumu, zakládány a naplňovány karty vybraných staveb nebo stavebních celků ze zkoumaného období 60. a 70. let 20. století. Zveřejněné informace z databází mohou prohlížet i běžní uživatelé (např. turisté) bez speciálního přístupu – takové odkazy jsou v modelu použity především. Tím, že PK a MIS jsou propojeny s mapovými podklady, je i v nich lokalizován model pomocí tzv. přírůstkových bodů.

Další parametry v databázi BIM modelu odkazují na výsledky materiálového průzkumu,⁴² parametr „Experimental results“ (česky „Vý-

Obr. 10a, b, c. Obchodní dům Prior/Kotva, a) skutečnost, b) digitální NURBS model, c) vytisknutý 3D hmotový model. Autor: Hana Hasníková, 2019.

sledky experimentu“) nebo příslušné kapitoly v monografii věnované objektu, parametr „Publikace“. Parametr „3D model URL“ odkazuje na populární veřejnou online databázi 3D modelů Sketchfab, kde jsou pod profilem MA6070 speciálně vytvořeným pro potřeby projektu publikovány sítové modely unikátních prvků včetně textur. Uživatelé si je zde mohou libovolně prohlížet a sdílet pomocí sociálních sítí. Tato taktika reflektuje aktuální společenskou situaci, kdy přílišné množství informací a dlouhé texty publikum odrážejí, naopak interaktivní obrázky je atraktivnější formou prezentace poznatků. Modely jsou zveřejněny spolu se základními popisnými údaji tak, aby poskytl nejpodstatnější informace a zájemce o problematiku navadily k četbě odborné publikace, která v rámci projektu vznikla.

IV. Závěrem

Vzhledem k náročnosti tvorby digitálních modelů existujících staveb je vždy nutné uvážit daný účel modelu, volit k němu vhodné prostředky modelování a odpovídající úroveň detailu. BIM je z pohledu památkové péče v České republice inovativní a vyhotovení modelu vyžaduje vzhledem k často nekompletní původní projektové dokumentaci a potenciálním problémům se zaměřením objektu značnou kreativitu. Pilotní model železničního nádraží v Ostravě-Vítkovicích byl vytvářen systematicky a použitá metodika může sloužit jako návod pro tvorbu dalších 3D dynamických modelů. Ty mohou díky propojení s externími databázemi sloužit jako speciální dokumentace památkových objektů, která

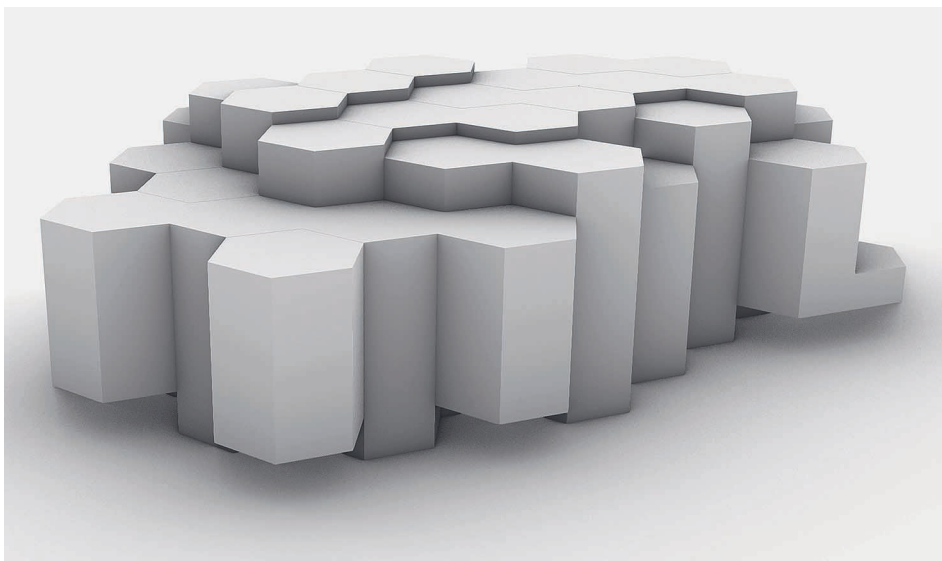
■ Poznámky

39 Jan Veselý, *Měřická dokumentace historických staveb pro průzkum v památkové péči*, Praha 2014.

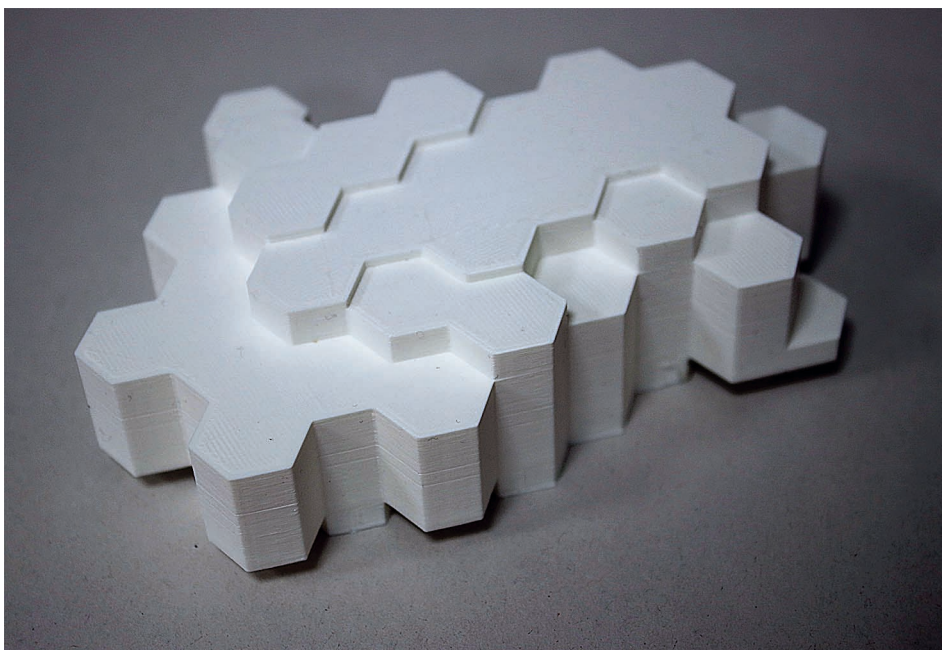
40 Fabrizio Banfi, BIM Orientation: Grades of generation and information for different type of analysis and management process, in: *The international archives of the photogrammetry, remote Sensing and spatial information sciences*, 2017, XLII (2/W5), s. 57–64.

41 Luigi Barazzetti – Fabrizio Banfi – Raffaella Brumana – Mattia Previtali, Creation of parametric BIM objects from point clouds using NURBS, *The Photogrammetric Record* XXX, 2015, č. 152, s. 339–362.

42 Petr Cikrle – Ondřej Anton – Ámos Dufka, Nádraží Vítkovice – výsledky šetření, *Hodnocení výsledků experimentálních prací*, <https://www.ma6070.cz/cs/zpravy/17975-probeh-workshop-hodnoceni-vysledku-experimentalnich-praci>, vyhledáno 13. 3. 2019.



10b



10c

bude průběžně doplňována o poznatky výzkumu nebo stavebněhistorických a stavebnětechnických průzkumů.

Vývoj v oblasti softwaru je neustálý a spolu s ním se vyvíjejí i možnosti, jak dosáhnout lepší dokumentace staveb a jejich prezentace. S každou novou verzí je potřeba ověřit interoperabilitu výstupních formátů, což je sice nepříjemné, ale může to přinášet i překvapivé výhody. Koncept BIM s možností užívat standardizovaný ISO formát .ifc je velmi aktuální především v oblasti novostaveb, o čemž svědčí jeho postupné pronikání do českého prostředí, které je v poslední době konečně významněji podpořeno i akcemi státní správy (např. vznik odborné platformy Koncepte BIM 2022⁴³ pod hlavičkou Ministerstva průmyslu a obchodu

ČR, vize Stavebnictví 4.0). Zároveň je trendem digitalizace kulturního dědictví, a to v celosvětovém měřítku. Kombinaci obou jevů ve formě HBIM lze využít nejen pro stavby moderní architektury s jejich přesnými liniemi, ale také pro dokumentaci starších objektů se zakřivenými povrchy. Proto je pilotní specializovaná mapa ve formě dynamického 3D modelu důležitým počinem, který bude v budoucnu sloužit jako odrazový můstek pro tvorbu dalších, a jistě propracovanějších 3D modelů zajímavých a historicky cenných objektů.

Digitální modely historických staveb se také stále více uplatňují při prezentaci památek odborné i laické veřejnosti a v budoucnu budou možnosti jejich využití ještě mnohem širší. V současnosti je již velmi jednoduché vrátit

model památky z virtuálního světa do toho reálného pomocí 3D tisku (obr. 10). V digitálním světě se síťové modely, ať už z fotogrammetrie nebo vytvořené sofistikovaněji pomocí NURBS křivek nebo technologie BIM, používají jako součást prostředí virtuální reality⁴⁴ nebo virtuálních prohlídek.⁴⁵ Nová média se vhodnou formou snaží ke zvýšení své atraktivity a přilákání návštěvníků využívat čím dál více muzeí a správců památek.⁴⁶ Aktuálně se jako perspektivní jeví také možnost využití síťových modelů konstrukcí jako geometrických podkladů pro konečněprvkové výpočtové modely (FEM) pro statické analýzy konstrukcí.⁴⁷

Digitalizace kulturního dědictví, v tomto případě moderní architektury, je progresivní disciplína. Existuje široké spektrum metod, které lze kombinovat a s úspěchem použít k vytvoření funkčního modelu s konkrétním účelem.

Článek vznikl v rámci výzkumného projektu „Analýza a prezentace hodnot moderní architektury 60. a 70. let 20. století jako součásti národní a kulturní identity ČR“ (kód projektu DG16P02R007), financovaného z programu NAKI Ministerstva kultury ČR.

■ Poznámky

43 Konceptce zavedení metody BIM v ČR, <https://www.koncepcebim.cz/koncepce>, vyhledáno 11. 3. 2017.

44 Francesco Fassi et al., VR for cultural heritage – A VR-WEB-BIM for the future maintenance of Milan's Cathedral, in: Lucio Tommaso De Paolis – Antonio Mongelli (edd.), *Augmented reality, virtual reality, and computer graphics*, Lecce 2016, s. 139–157.

45 Rebecca Napolitano – George Scherer – Branko Glisic, Virtual tours and informational modeling for conservation of cultural heritage sites, *Journal of Cultural Heritage*, 2018, č. 29, s. 123–129.

46 Petr Hudec – Anna Šubrtová, Content is King. Příklady uplatnění tabletů a chytrých telefonů při prezentaci kulturního dědictví, *Zprávy památkové péče* LXXVIII, 2018, č. 3, s. 234–241.

47 Pietro Crespi et al., From BIM to FEM: The analysis of a historical masonry building, *WIT Transactions on The Built Environment*, 2015, CXLIX, s. 581–592.