

3D model Karlových Varů pohledem i pohmatem

Ing. Jakub Vynikal^a

^a ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra geomatiky, Thákurova 7, 166 29, Praha 6

ABSTRAKT

Podobně jako Praha, i Karlovy Vary již mají svůj 3D model ve webovém prostředí. Ve spolupráci s tamější Kanceláří architektury města byl kombinací fotogrammetrie a procedurálního modelování vytvořen 3D model města a publikován v prostředí ArcGIS Online. Kromě virtuálního světa byla část modelu i vytisknuta technologií 3D tisku a vystavena v Zámecké Věži na expozici k příležitosti vstupu Karlových Varů do UNESCO.

KLÍČOVÁ SLOVA

3D model, 3D tisk, ArcGIS online, procedurální modelování, Blender, CityEngine, mesh, Level of Detail

ÚVOD

S pokračujícím vývojem technických možností vyvstávají nové výzvy pro jejich použití. Jedním z trendů je sbírání různých dat o městech a následné řízení na jejich základě. Městské odbory typu IPR Praha [1], Mappa Ostrava [2], nebo právě KAM KV [3] se starají o komplexní rozvoj města na základě moderních architektonických a urbanistických přístupů. Jednou z jejich zbraní je sbírání dat, jejich analýza a vizualizace. Instituce tohoto typu používají například Územně analytické podklady, data ČSÚ, dopravní proudy, RÚIAN a katastr k dosažení svého cíle.

V posledních letech sledujeme vzestup 3D technologií, na poli stavebnictví (BIM) i GIS. Kromě specializovaných firem a technologií se tento svět otevírá i laikům bez takové erudice i techniky, neboť 3D výtvořky se dají snadno zobrazit i ve webovém prostředí. Rychlé prohlížení 3D modelů nabízí třeba Sketchfab [4] a Constructed [5]. V prostředí map nabízí v určitém detailu Mapy.cz i Google Maps. Na poli GIS vládne webovému 3D prostředí ArcGIS Online a jeho 3D scény. Ty nabízejí mnohé pokročilé možnosti, včetně analýz viditelnosti, měření vzdáleností a převýšení a výškových profilů napříč strukturami.

V Karlových Varech vznikl záměr vytvořit 3D model města a vizualizovat ho v prostředí dostupném pro všechny. Inspirací sloužil 3D model města Prahy od IPR Praha [6]. Kromě webového prostředí padl i požadavek na převedení modelu do reálného světa formou 3D tisku pro expozici UNESCO, do kterého Karlovy Vary nedávno vstoupily.

Příspěvek popisuje praktický postup a úskalí tvorby takového modelu.

METODIKA

Vytyčení cílů

Jedním z prvních rozhodnutí, před kterým stojíme, je požadovaná úroveň detailu (level of detail, LOD) [7]. LOD jako veličina je stále poněkud nejasně definována, pro tyto účely uvažujeme jednoduché dělení podle OGC CityGML 2.0 [8]. Toto rozhodnutí závisí na finančních/technických prostředcích k dispozici a naší vůli dělat kompromisy. Kupříkladu model Prahy (obrázek 1) je v LOD3, jelikož zobrazuje kromě střech i některé další struktury (komíny, vikýře).



Obrázek 1 - 3D model Prahy

Vytisknutý model lázeňského centra, konkrétně zóny zapsané do UNESCO, má být kruhový s průměrem 165 cm. Vzhledem k průměru zájmového území cca 3500 m a výslednému měřítku okolo 1:2000 bylo rozhodnuto, že stačí LOD2, tedy hrubé budovy se střechou bez dalších struktur. Pro model do webového prostředí je samozřejmě vhodný nejvyšší možný detail.

Dostupná data

Bylo nutné provést rešerši dostupných dat, tedy co je k dispozici, co chybí, kolik je toho třeba dopracovat a jaká bude finanční a časová náročnost.

Magistrát města Karlovy Vary na svých stránkách nabízí fotogrammetrický model [9], který je ale pouze pro prohlížení, bez možností atributů a s veškerou vegetací. Pro použití GIS i 3D tisku nevhodný.

Nicméně byl nalezen i podrobný 3D model části města, zpracován společností TopGIS před pár lety. LOD je velice podobný pražskému modelu. Model vznikl (podle TopGISu) vektorizací fotogrammetrických leteckých dat v softwaru Microstation. V různých vrstvách jsou rozříděné struktury obvodových stěn, komínů, vikýřů atd. Vzhledem k tomu, že každá plocha je samostatný prvek, nebyla původní data tisknutelná na 3D tiskárně a bylo nutno je automatizovaně uzavřít do watertight struktur.

V modelu bohužel z neznámého důvodu chybí značná část města mimo lázeňské centrum, a dokonce i mnohé budovy v centru. Doplnění modelu společností TopGIS bylo mimo rozpočtové i časové možnosti, bylo tedy nutno doplnit chybějící data jinak.

Modelování

Procedurální modelování je automatizovaný způsob tvorby budov na základě předem určených pravidel [10]. Tento postup je často používán pro vizualizaci neexistujících struktur, kde není třeba klást nároky na věrnost rekonstrukce. V našem případě jsme se chtěli přiblížit realitě, tedy jediné parametry předem určené jsou půdorys, výška budovy a tvar střechy. Pro potřebný LOD zpravidla stačí pouze vytáhnout (extrudovat) budovy do požadované výšky a přidat střechu, která se blíží realitě.

Níže jsou uvedené možnosti procedurálního modelování, zdroje dat a konkrétní postupy.

Zdroje dat

Neexistující budovy byly vytipovány a jejich půdorysy byly převzaty z RÚIANu. Kromě geometrických rozměrů RÚIAN obsahuje informaci o počtu podlaží. Za použití určitého zjednodušení, kdy určíme výšku jednoho podlaží na 3 metry, získáme i výšku budovy. Počty podlaží jsou ale mnohdy uváděny značně nepřesně a mnohé budovy tento atribut vůbec nemají.

Další možností, jak získat výšku struktury, je rozdílový rastr digitálních modelů reliéfu a povrchu od ČÚZK [11]. Hustota bodů DMR5G a DMP1G je pro takový účel dostatečná.

Kromě tvorby vlastních domů ještě existuje možnost pouze připojit online vrstvu OpenStreetMap 3D Buildings [12]. Tato vrstva obsahuje 3D modely budov po celém světě, v případě Karlových Varů jde ale jen o extrudované půdorysy bez střech a s možnými nepřesnostmi. Například Praha je v této otevřené vrstvě zpracována detailněji.

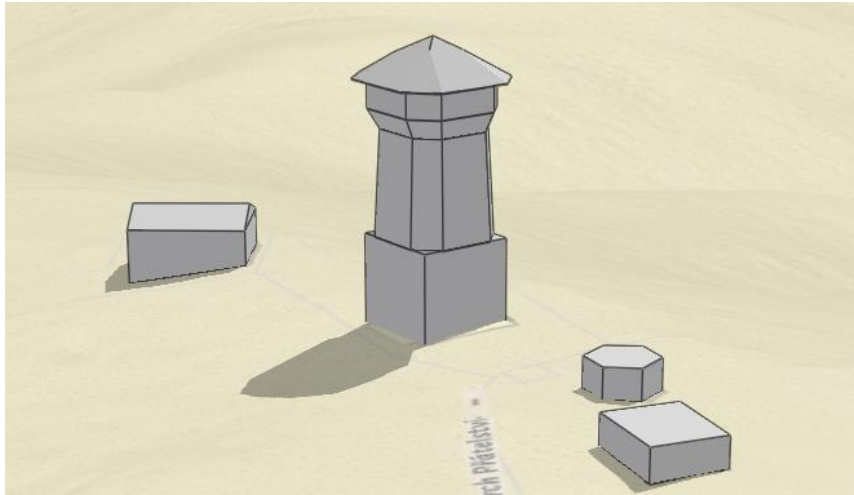
Metody

Kde to bylo možné, byl použit přesný fotogrammetrický model od TopGISu. Pro zbývající budovy v oblasti, která měla jít do tisku, bylo nutné vytvořit alespoň přibližné procedurální modely.

ArcGIS nově nabízí více možností přímo pro tento účel a integruje funkcionality z jiného produktu společnosti Esri, CityEngine. ArcGIS umožňuje pomocí toolboxu 3D Basemaps vytvořit budovy z rozdílového rastru kompletně automatizovaně, včetně nejpravděpodobnějšího tvaru střechy. Od verze 3.1 (leden 2023) bude možné tyto střechy jednoduše upravovat přímo v ArcGISu. Kromě komerčních řešení lze podobné operace provádět například v Blenderu s addonem GIS pomocí uživatelských skriptů. V tomto případě byly budovy tvořeny jednoduchou extruzí na základě doplněných podlažností z RÚIANu a doplněním základních střech.

Pro některé významné památky, nedostupné v detailním modelu, bylo procedurální modelování v tomto měřítku málo věrné a bylo nutné modelovat ručně. Především šlo o rozhledny (Diana, Goethova) a kostely. Postačilo je charakterizovat několika základními tvary. Modely byly tvořeny na základě fotografií, případně 3D modelu Mapy.cz.

Zbývající části města, které nebylo třeba tisknout, jsou reprezentovány pouze jednoduchou vrstvou z OpenStreetMaps. Ve Scéně ArcGIS Online je polygonem ohraničen prostor, ve kterém se budovy nemají vykreslovat, tedy tam, kde jsou k dispozici detailnější data.



Obrázek 2 - Příklad ručně modelované stavby (rozhledna Diana)

Publikování modelu

ArcGIS Online

Model byl nahrán na ArcGIS Online organizace KAM KV, kde byl publikován jako 3D Scéna. Jako podklad byl použit DMR5G připojen jako online vrstva, což je z hlediska nákladů levnější, než za kredity publikovat vlastní model reliéfu. Barvy budov odlišují jejich zdroj, bílé jsou budovy od TopGIS, světle šedě jsou budovy procedurální a ručně modelované a tmavě šedě jsou budovy z OpenStreetMaps. Jako podkladová mapa byla použita historizující s patkovými popisy, kterýžto vzhled se k historii města hodí.

Veřejnosti je model přístupný jako odkaz z ArcGIS Hubu, který funguje jako domovská stránka a rozcestník [13].

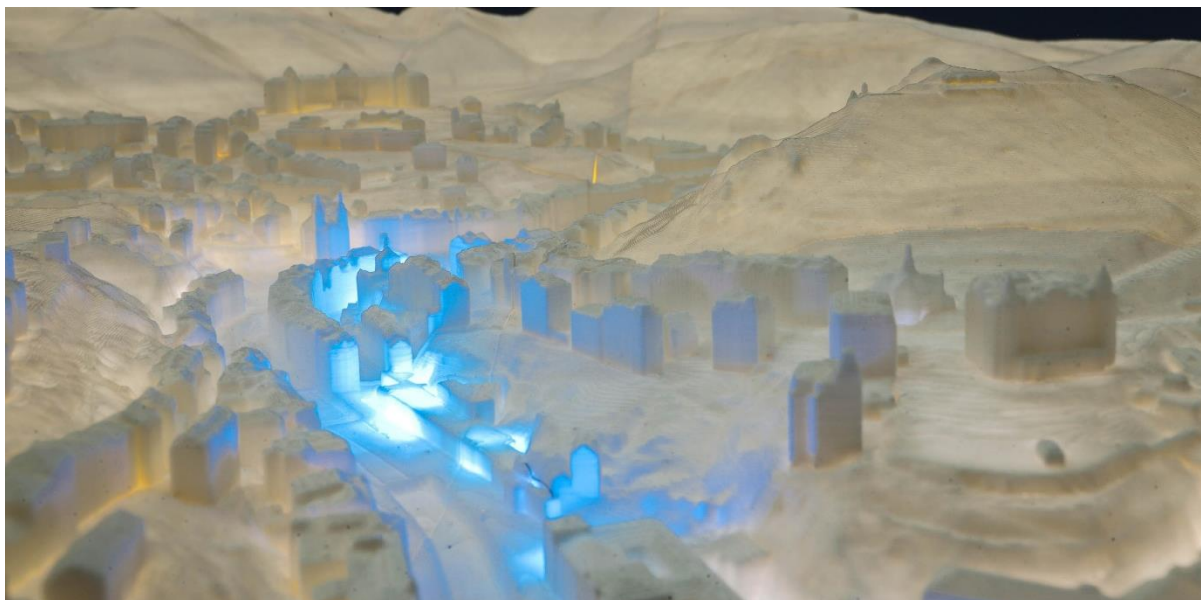


Obrázek 3 - Porovnání budov od TopGISu s procedurálně vytvořenými v ArcGIS Online (různá barva)

3D tisk

Pro účely 3D tisku byl vytvořen vlastní rastr na základě DMR5G, s drobnými editacemi pro eliminaci viditelných chyb, které se vyskytovaly třeba v korytech řek, nebo na skalách. Tento rastr byl oříznut kruhem zájmové oblasti spolu s ostatními strukturami.

Pro účely 3D tisku je nutné, aby model byl takzvaně watertight, čili jednovrstevný bez děr, a nesmí obsahovat tzv. non-manifold hrany. V zásadě jde o to, aby z každé jedné hrany vystupovaly právě dvě plochy. Model jako celek tento požadavek nesplňoval a bylo nutné jej upravit v Blenderu funkcí Remesh s módem Voxel, která vytvoří nový manifold mesh, přičemž se snaží udržet původní objem a křivost a zároveň redukuje počet nutných trojúhelníků [14].



Obrázek 4 - Vytisknutý 3D model v Zámecké věži

Samotný 3D tisk, tak jako celá expozice, byl zajištěn firmou 3Dsense. Ta použila PrusaSlicer a infrastrukturu firmy Prusa Research pro výtisk modelu. Model byl složen z jednotlivých vytisknutých částí (s řezy pokud možno mimo struktury) a následně slepen dohromady. Jako estetický bonus jsou významné budovy podsvíceny LED světly s barvou podle funkce a přiloženou legendou pro orientaci v modelu.

ZÁVĚR

Model ve webovém prostředí není v nejlepším detailu, ale v současné době postačuje. Pro vytvoření detailního modelu celého města jsou nutné finance a čas. Model může být použit kupříkladu pro architektonické vizualizace nebo jako mapa stavebních záměrů pro veřejnost, jako je již používán ve městech jako Jihlava a Ostrava.

Vytisknutý model je vystaven na stálé expozici Great Spa Towns of Europe ke příležitosti vstupu Karlových Varů (a dalších lázeňských měst) do UNESCO. Expozice je veřejně přístupná v Zámecké věži v lázeňském centru.

REFERENCE

- [1] *Geoportál IPR Praha* [online]. [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: <https://www.geoportalpraha.cz/>
- [2] *Mappa Ostrava* [online]. [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: <https://www.mappaostrava.cz/>
- [3] *Kancelář architektury města Karlovy Vary* [online]. [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: <https://www.mappaostrava.cz/>
- [4] *Sketchfab* [online]. [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: <https://sketchfab.com/>
- [5] *Construkted* [online]. [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: <https://onstrukted.com/>
- [6] *3D model Prahy* [online]. [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: <https://app.iprpraha.cz/apl/app/model3d/>
- [7] BILJECKI, Filip, Hugo LEDOUX, Jantien STOTER a Junqiao ZHAO. Formalisation of the level of detail in 3D city modelling. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2014, **2014**(48), 1-15. Dostupné z: doi:10.1016/j.compenvurbsys.2014.05.004
- [8] BILJECKI, Filip, Hugo LEDOUX a Jantien STOTER. An improved LOD specification for 3D building models. *Computers, Environment, and Urban Systems*. 2016, **2016**(59), 25-37. Dostupné z: doi:10.1016/j.compenvurbsys.2016.04.005
- [9] Vizualizace centra Karlových Varů. *Magistrát města Karlovy Vary* [online]. [cit. 2022-11-04]. Dostupné z: <https://mmkv.cz/cs/3d-vizualizace-centra-mesta-karlovy-vary-zkusebni-provoz>
- [10] Procedural modeling of buildings. *SIGGRAPH*. 2006, **2006**(ACM SIGGRAPH 2006 Papers), 614-623. Dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1145/1179352.1141931>
- [11] DMR 5G. ČÚZK [online]. 2016 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: https://geoportal.cuzk.cz/Dokumenty/TECHNICKA_ZPRAVA_DMR_5G.pdf
- [12] *OSM Buildings* [online]. [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: <https://osmbuildings.org/>
- [13] *Data o městě* [online]. Karlovy Vary, 2022 [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: <https://data-kam-kv.hub.arcgis.com/>
- [14] *Blender Docs* [online]. [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/generate/remesh.html>