

**VYUŽITÍ GEOINFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ A DAT DPZ K TVORBĚ HISTORICKÉHO  
MODELU ÚZEMÍ: 3D REKONSTRUKCE OSTROVSKÉHO KLÁŠTERA V GOTICKÉ A  
ROMÁNSKÉ PODOBĚ**Josef LAŠTOVIČKA<sup>1</sup>, Přemysl ŠTYCH<sup>1</sup>, Tomáš PALATÝ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Albertov 6,  
128 43, Praha, Česká republika  
*lastovj1@natur.cuni.cz*

**Abstrakt**

Hlavním tématem této studie je 3D rekonstrukce zaniklého kláštera sv. Jana Křtitele na Ostrově u Davle. Pro účely této práce byla vybrána dvě modelová období: románské období a vrcholně gotické. V době husitských tažení byl klášter i s okolím vypleněn a znovu již neobnoven, postupem času klášter chátral až do nynější podoby. Referát shrnuje metodický postup 3D rekonstrukce za pomoci současných GIS a PDZ technologií. Pro počítačovou rekonstrukci bylo v práci použito mnoho datových zdrojů, jako je laserové letecké snímání, historické mapy, konzultace s archeology, detailně zaměřené geodetické plány a další materiály. Výsledkem práce jsou dva detailní modely a jejich vizualizace zobrazující stav krajiny v 12. století a také ve 14. století. Spojení historických dat a moderních počítačových metod přináší velmi reálný pohled do minulosti krajiny. Pomocí těchto atraktivních a užitečných technologií můžeme propojit dějepisné a geografické vědomosti s počítačovými dovednostmi. Umožňují nám tedy analyzovat významné úryvky historie a archivovat je tak pro další generace.

**Klíčová slova:** 3D modelace; DMR5G; SRTM; středověk; archeologie, metodika.

**Abstract**

The main theme of this study is 3D reconstruction of the defunct monastery of St. John the Baptist on Ostrov near Davle. For the purpose of this thesis, two model periods were selected: the Romanesque period and the Gothic period. At the time of the Hussite campaign, the monastery and the surrounding area were destroyed and not renewed again, as the monastery collapsed to the present phase. This article is focusing on relevant GIS and EO methods. Numerous data sources such as laser aerial data, historical maps, archaeological consultations, detailed geodetic plans and other materials were used for computer reconstruction. The results of this work are two detailed models and their visualizations showing the state of the landscape in the 12th century and also in the 14th century. The combination of historical data and modern computer methods brings a very realistic view of the country's past. Using these attractive and useful technologies, we can connect historical and geographic knowledge with computer skills. This allows us to analyze important snippets of history and archive them for future generations.

**Keywords:** 3D reconstruction; DMR5G; SRTM; middle ages; archeology, methods.

## ÚVOD

Moderní vědní část geoinformatiky urazila za poslední dvě desetiletí obrovskou cestu. Ve spojení s vývojem dálkového průzkumu Země, navigačních systémů, kartografie a geodézie se stává jednou z nejvíce a nejrychleji se rozvíjející vědní oblastí přírodních věd. Již dávno nelze o moderní geoinformatice hovořit jako o problematice zabývající se pouze tvorbou digitálních a tištěných map. Zejména vývoj počítačových technologií zapříčinil zájem široké veřejnosti o zvýšení aplikací geoinformatiky v běžném životě. Mnohdy v dnešní uspěchané době pozapomínáme na přítomnost geoinformačních technologií například v mobilních zařízeních, které se geometrickou řadou rozšířili mezi miliardy lidí. Denně je pak využíváme v navigacích, při cestování, při lokalizování fotografií či postů na sociálních sítích či pro práci na internetu. Vedle vědní oblasti se tedy markantně rozšiřuje i mezi neodbornou veřejnost. Vývoj ze strany vědní oblasti je pak tedy nenahraditelnou složkou výzkumu moderních věd. Jednou z velmi významných součástí geoinformatiky je právě rozvíjející se oblast 3D modelací. Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy má svůj výzkumný tým specializující se na tvorbu historických 3D modelů území. Jejich posledním nejvýznamnějším počinem byla detailní rekonstrukce historického středověkého Ostrovského Kláštera. Jeho trosky lze nalézt na ostrově u sv. Kiliána u soutoku řek Vltavy a Sázavy poblíž obce Davle. Na rekonstrukci členové týmu spolupracovali s archeology z Regionálního muzea Jílové u Prahy, kteří se této oblasti detailně věnují. Právě v muzeu v Jílovém u Prahy vznikla nová stálá expozice věnovaná Ostrovskému klášteru. V uplynulých staletích se česká krajina na mnoha místech změnila k nepoznání. Významné historické budovy či celá památná místa jsou velmi populárními objekty pro tvorbu 3D modelací. 3D modely lze tvořit nejen pro existující historické památky, ale též rekonstruovat místa zaniklá či značně změněná. Odborníci dávají přednost 3D modelům z důvodu lepší pochopitelnosti prostorových vztahů a to zejména u objektů, které dnes již neexistují. V mnohých případech jsou krajina a objekty v pozorovaném prostředí změněny natolik, že nelze jiným způsobem řádně pochopit prostorové vztahy v krajině nežli se zanořit do virtuálního trojrozměrného světa. Široké veřejnosti se atraktivní formou prezentují významné objekty často spojené se zajímavou historií a moderní počítačové technologie pak napomáhají k osvětě týkající se místních dějinných událostí. Virtuální 3D modely mají zejména prezentační funkci a jsou vhodné pro laické bádání a odborné seznámení se se zeměpisnými a historickými objekty. Jinými slovy, slouží jako atraktivní interaktivní prostředek, který v mnohých případech dokáže zaujmout uživatele mnohem více než klasická grafická média. 3D rekonstrukce však nelze vnímat pouze jako „hračku“ technicky zdatných odborníků. Pokročilejší 3D modely mají kromě prezentační funkce také možnosti výpočtů a možnost zkoumání mnohých fyzikálních procesů, jako je např. odhad povodňových škod či modelace znečištění ovzduší.

Cílem této studie je vytvořit za pomoci nejmodernějších počítačových technologií trojrozměrnou rekonstrukci a vizualizaci zaniklého území Ostrovského kláštera, který se nacházel u soutoku Vltavy se Sázavou. Jako modelová období posloužily dvě historické fáze – románská a gotická, které byly z historického hlediska velmi odlišné a z vývojového hlediska území velmi významné či přelomové. Pro účely atraktivní prezentace výsledků jsou použity průletové animace a pohledové snímky pozorovaného území. Hlavní část projektu prezentuje soudobé technologie a možné metody rekonstrukce, které jsou možné využít na i na jiné územní studie.

Řešeným územím je oblast bývalého Ostrovského kláštera. Trosky kláštera se nacházejí na ostrově (uprostřed Vltavy) jižně od Prahy u soutoku řek Vltavy a Sázavy. Historie kláštera sahá do roku 999, kdy byl oficiálně založen knížetem Boleslavem II. Velký rozkvět zažila tato oblast zejména v době 13. století, kdy na skalním ostrohu nad klášterem a oběma řekami existovalo středověké město, které je dnes nazýváno Sekanka podle staré cesty, jejíž část je vysekána ve skalnatém úbočí brodu, jímž pokračovala na druhý, západní břeh. Mezi břehy se nacházel honosný klášter, z něhož byly dochovány do dnešního dne pouze jeho základy. Klášter byl ve své době navštěvován významnými osobnostmi a představoval zdroj pro vzdělanost a kulturu celé tehdejší krajiny. Původní dřevěné objekty kláštera roku 1137 podlely velkému požáru. Při následné obnově proto bylo přistoupeno k budování nových staveb z kamene, v románském slohu, poměrně krátkou dobu od svého založení někdy kolem roku 1250 až do vyplenění města a kláštera Branibory po roce 1278. Za císaře Karla IV. byl klášter přestavěn do vrcholné gotické fáze. Město Sekanka

již z neznámých důvodů obnoveno nebylo. Gotický klášter byl několikrát vydrancován a zapálen v dobách husitských válek. Tentokrát se již nepodařilo zajistit dostatek finančních prostředků na opravu a klášter postupně chátral, až se jej v roce 1517 rozhodla řeholní komunita opustit a přesunout se do svého probošství ve Svatém Janu pod Skalou.

## METODIKA

Již na počátku rekonstrukce bylo nutné čelit celé řadě problémů. Vzhledem k tomu, že se jedná o historický objekt, u něhož není dochován dobový vzhled a také tím, že se celá terénní oblast proměnila v čase. Největších změn zaznamenalo území zatopením Vranskou vodní nádrží, jež způsobila zatopení původního ostrova (zvednutím hladiny obou řek), na němž byl klášter vybudován. Tudiž má ostrov dnes zcela jinou podobu. Bylo tedy nejprve nutné nalézt ve starých mapách jeho původní podobu území. To se podařilo ve vojenských mapování, Mapě zastupitelských a soudních okresů Kr. Vinohradského a Jílovského, ve Stabilním katastru a též v Podrobné mapě okolí města Pražského. Následně bylo nutné provést rekonstrukci zbytku okolního území. Zde bylo využito nejmodernějších technologií. U hlavní zkoumané oblasti byly využity data leteckého laserového skenování území DMR 5G. Výhodou lidarů byly i prohlubně základů původních budov a také valu v jižním předměstí Sekanky. Pro širší okolí pak bylo využito radarového snímání od USGS/NASA, konkrétně pak dat s menší prostorovou rozlišovací schopností SRTM, která jsou využívána například v aplikaci Google Earth (zde v kombinaci s ASTER a dalšími zdroji). Výhodou těchto dat je pak jejich nízká velikost pro zachování kompaktního modelu území a pro účely rekonstrukce byla tato data širšího okolí zcela postačující. U běžných modelů současnosti a minulého století se pak nejčastěji používají současné nebo historické letecké snímky nebo ortofoto. Těchto dat však nemohlo být užito v našem případě. Proto byly pro naše účely využity vlastní textury prostředí. Když již byl vytvořen detailní terén s vymodelovaným původním ostrovem a okolními skalami a též s méně detailnějším okolím, bylo možné započít tvorbu ruční modelace jednotlivých objektů. V první řadě byly prozkoumány trosky společně s archeology muzea Jílové u Prahy a také bylo provedeno jejich GPS zaměření a fotografování. Na základě publikací docenta Richtera, archeologa, který věnoval zkoumané oblasti značnou část svého osobního i vědeckého života, byly využity texty, materiály a plány s přesným geodetickým zaměřením dochovaných trosk kláštera a města z archeologického průzkumu. Následoval průzkum okolních klášterů a sakrálních staveb, jež byly dochovány do dnešní doby. Konkrétně pak kláštera v Milevsku, u něhož archeologové odhadují obdobný vzhled s Ostrovským klášterem, avšak menších rozměrů. Dále byl navštíven klášter v Sázavě, Jindřichově Hradci a dalších okolních městech, například Strakonících. Kromě klášterů se výzkum zaměřil i na okolní kostely a jejich výmalbu interiérů, které dnes již po proběhlém renesančním období nejsou zcela obvyklé (sakrální stavby byly vymalovány běžnou bílou barvou, případně ponechány některé dochované fresky). Během průzkumů byly pořizovány vlastní textury pro „oblepení“ vymodelovaného terénu a jednotlivých budov. Vertikální část modelu byla vytvořena na základě velikostí ostatních klášterů vzhledem k poměrové velikosti obvodů základů nalezených v troskách. K modelování detailních částí pak napomohlo i Národní muzeum, zejména pak jeho lapidárium věnované fragmentům Ostrovského kláštera. Zde můžeme nalézt zlomky sloupů, oblouků a dalších ozdobných prvků, které byly nalezeny při archeologických průzkumech v 50. letech minulého století pod vedením docenta Richtera. Depozitář Muzea Jílové u Prahy nabídl též možnost naskenování dochovaných dlaždic z kláštera, které byly využity při tvorbě interiérů, společně s jinými ozdobnými prvky a také náhrobky kněžích, jejichž kosterní pozůstatky byly nalezeny v místech základů původní baziliky společně s jejich náhrobky. Mnoho odborných konzultací a průzkumů sakrálních staveb pak napomohlo vybudovat modelaci kláštera ve dvou fázích – románské a gotické. Pro vymodelování města, které bylo součástí pouze románské fáze, bylo využito zrekonstruovaných archeologických parků a skanzenů. Zejména pak skanzen u Liboc u Prahy. Poslední modelovanou částí byl kostel sv. Kiliána, který se nachází na západním Břehu Vltavy. Kostel, který byl sice dochován, je dnes přestavěn do moderní podoby. Za pomoci dochované Altmanovy kroniky se povedlo vytvořit vrcholně gotickou fázi kostela, z níž byl odvozen i model v románské fázi, kdy gotickou dostavbu závěru lodi kostela nahradila apsida a též ubyl sanktusník, který ve své době nahrazoval dnešní kostelní věž. Mimo samotných kompletních exteriérů s okolím byly vytvořeny detailní modelace dvou interiérů - kvadratury a baziliky kláštera ve vrcholně gotické fázi. Na základě nasnímaných fotografií výmalby okolních kostelů a kvadratur

byla vytvořena i dobová výmalba, u níž proběhla počítačová rekonstrukce za pomoci stylusu a speciálního grafického tabletu, zejména pak u maleb, které byly během času nějakým způsobem poničeny. Terén byl vytvořen pomocí interpolace SRTM dat a DMR 5G v programu AutoCAD Civil 3D (TIN model a následné shlazení hran pomocí extenze AMS Soften Edges v programu SectchUp). Budovy pak byly vymodelovány programem SketchUp s upravenými texturami v GIMP. Na závěr byla provedena vizualizace v programu Lumion. Konkrétně mnoho dobových snímků a videí. Následně pak i sestřihání krátkého filmu pro stálou expozici pro Regionální muzeum Jílové u Prahy (v programu iMovie).

## VÝSLEDKY

Tato práce se zabývala jak samotnou tvorbou 3D modelů zaniklých území, tak i metodickými možnostmi využití počítačových technologií (GIS a CAD) při vytváření takovýchto modelů. Zpracovávaným územím byla oblast bývalého Ostrovského kláštera ve dvou odlišných historických obdobích. V modelech bylo snahou zachytit co nejlépe dobovou středověkou atmosférou, proto byla práce konzultována s mnoha odborníky. Pečlivě také byla vybrána i vegetace, která koresponduje s typy rostlin, keřů a stromů, jež byly v této pozorované době na území Čech k vidění.

Výsledkem práce jsou dva detailní dobové modely zkoumaného klášterišťe a okolí – románské období (obr. 1 a 2) a gotické období (obr. 3 a 4). V rámci gotického období byly detailně vymodelovány také interiéry baziliky a kvadratury, kde bylo využito dochovaných materiálů nalezených při archeologických průzkumech (obr. 5 a 6). Díky možnosti použít při vypracovávání práce historické materiály, bylo možné vytvořit zcela realistickou středověkou podobu modelu území. Většina těchto materiálů pocházela z kronik, archeologických materiálů a obdobných vzhledů dochovaných staveb, případně pak z fragmentů lapidária Národního muzea. V modelu území byly detailně zrekonstruovány všechny budovy, které se nejspíše v území nacházely v době románské a gotické fáze. Konkrétními výstupy práce jsou jak samotné vytvořené modely v SW SketchUp a Lumion, tak i nad ním vygenerované snímky a průletové animace s filmem. Jak je vidět z výsledných vizualizací, program Lumion umožňuje vytvářet vizualizace i v různých ročních obdobích, které umožňují pozorovatelům si lépe představit modelovou situaci.



**Obr. 1.** Románská verze rekonstrukce kláštera v období jara (zdroj: vlastní zpracování / SW Lumion)





**Obr. 2.** Vymodelované město Sekanka na ostrohu mezi řekami Vltava a Sázava v románské době v období jara (zdroj: vlastní zpracování / SW Lumion)



**Obr. 3.** Gotická podoba kláštera v letním období (zdroj: vlastní zpracování / SW Lumion)





Obr. 4. Pohled z jihozápadu na vymodelovanou oblast bývalého kláštera v gotické podobě v zimním období (zdroj: vlastní zpracování / SW Lumion)



Obr. 5. Modelace interiéru gotické kvadratury (zdroj: vlastní zpracování / SW Lumion)



Obr. 6. 3D rekonstrukce interiéru gotické baziliky (zdroj: vlastní zpracování / SW Lumion)

## ZÁVĚR

Pomocí výše jmenovaných dat a softwarů byl splněn hlavní cíl práce, a to rekonstrukce zaniklého území a jeho sídel Ostrovského kláštera. Všechny vytvořené 3D modely území byly reprezentovány pomocí průletových animací a fotografií, které tak čtenáři či zájemci poskytnou lepší a dynamičtější představu o modelovaném území. Dále byly vytvořeny i náhledy, které nám mohou sloužit pro srovnání se současným stavem, jež byl znázorněn v úvodu článku. Existuje však i mnoho dalších možností, jak toto či podobná témata a metody dále rozvíjet. Například použitím jiných technologií pro modelaci budov, jakým je třeba volně stažitelný software True Space, Blender, CityEngine či GRASS GIS. Samotná studie obsahuje dvě pozorované období daného území, a jak již bylo zmíněno, je tedy pouze prvotním krokem, který povede ke kompletnímu zpracování zájmové lokality (časově i metodicky). Dále tedy zůstává otevřena otázka zpřístupnění výsledků pomocí webových či jiných aplikací, což by jistě v dnešní době uvítala široká veřejnost. Webové GIS aplikace skýtají celou řadu možností pro publikaci výsledků tak, aby byly dostupné prostřednictvím internetu. Dalšími možnostmi jsou i reprezentace pomocí augmented reality – skrze mobilní aplikace s gyroskopem a GNSS snímačem, případně pomocí virtuální reality – například skrze VR technologie umožňující uživateli navštívit dané území v daném období pomocí specializovaných brýlí. Poslední možností reprezentace 3D prostorových dat je i samotná možnost 3D tisku pomocí specializovaných tiskáren.

## PODĚKOVÁNÍ

Rádi bychom poděkovali kolegům podílejícím se na projektu. Zejména Pavlu Kryshenykovi, který pracoval na tvorbě 3D modelu v první etapě projektu a také všem členům muzea Jílové u Prahy, jmenovitě pak panu Mgr. Janu Víznerovi a paní Mgr. Šárce Juřinové. Také bychom rádi poděkovali sponzorům projektu Mitsubishi a týmu Lumion CZ (jmenovitě panu Valachovi a panu Woytelovi, kteří byli naší velkou oporou v průběhu rekonstrukce a poskytli nám podporu se SW Lumion). Projekt vznikl za pomoci grantu Mitsubishi. Dále bychom rádi poděkovali Univerzitě Karlově (Přírodovědecká fakulta), za jejíž pomoci byl projekt podpořen Univerzitním výzkumným centrem UK UNCE/HUM/018.

## LITERATURA



BRŮHA, L. (2017): Modely prostorových dat v GIS: od 2D k 3D. *Geografické rozhledy*, 2017, roč. 26, č. 4, p. 18-19.

BRUNO, F., BRUNO, S., DE SENSI, G., LUCHI, M. L., MANCUSO, S., MUZZUPAPPA, M. (2010): From 3D reconstruction to virtual reality: A complete methodology for digital archaeological exhibition. *Journal of Cultural Heritage*, 1, 11, 42–49.

ERVIN, S. M. (2001): Digital landscape modeling and visualization: A research agenda. *Landscape and Urban Planning*, 1–4, 54, 49–62.

JELÉNEK, J. (2010): 3D rekonstrukce krajiny na příkladu zaniklých obcí v českém pohraničí a vojenských újezdech. Bachelor thesis, UK v Praze, PŘF, Praha, 80 p.

KRYSHENYK, P. (2013): 3D vizualizace rekonstruovaných sídel ve webovém prostředí. Bachelor thesis, UK v Praze, PŘF, Praha, 57 p.

LEE, J., ZLATANOVA, S. (2008): *3D Geo-Information Sciences*. Berlin: Springer Verlag, 2008. 435 p. ISBN 978-3-540-87394-5.

MACEŠKA, D. (2018): Analýza software pro tvorbu 3D modelů interiérů. Bachelor thesis, UK v Praze, PŘF, Praha, 67 p.

MUHAR, A. (2001): Three-dimensional modelling and visualization of vegetation for landscape simulation. *Landscape and Urban Planning*. 2001, Vol. 54, Issues 1-4, pp.5-17.

OOSTEROM, P., ZLATANOVA, S., PENNINGA, F., FENDEL, E. (Eds.) (2008): *Advances in 3D geoinformation systems*. Berlin: Springer Verlag, 2008. 441 p. ISBN 978-3-540-72134-5.

PILOUK, M. (1996): *Integrated Modelling for 3D GIS*. Disertační práce, ITC Enschede, Nizozemí.

RAHMAN, A., PILOUK, M. (2007): *Spatial Data Modelling for 3D GIS*. Springer, 290 p.

RAPER, J. (1989): *Three dimensional applications in Geographical Information Systems*. London: Taylor & Francis, 1993. 189 p. ISBN 0-85066-776-3.

RICHTER, M. (1982): *Hradištko u Davle – městečko ostrovského kláštera*. Academia Praha, 324 p.

RODRÍGUEZ-GONZÁLVEZ, P., GUERRA CAMPO, Á., MUÑOZ-NIETO, Á., SÁNCHEZ-APARICIO, L., GONZÁLEZ-AGUILERA, D. (2019): Diachronic Reconstruction and Visualization of Lost Cultural Heritage Sites. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2, 8, 61.

ŽÁRA, J., BENEŠ, B., SOCHOR, J., FELKEL, P. (2005): *Moderní počítačová grafika*. 2. vyd. Computer Press, 2005, 608 p.