

# Virtuální studie

## poutního kostela sv. Jana Nepomuckého na Zelené hoře

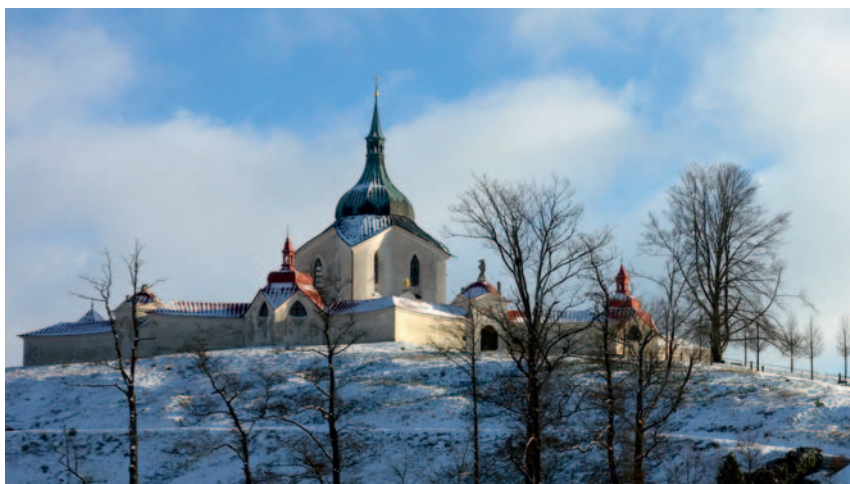
Petr Fořt

Poutní kostel sv. Jana Nepomuckého na Zelené hoře patří mezi nejvýznamnější stavby barokního stavitele Jana Blažeje Santiniho Aichela. Kostel je považován za vrcholné dílo architekta Santiniho. Díky unikátnímu propojení gotiky a baroka v jediné stavbě, byla tato památka roku 1994 zařazena na seznam světového kulturního a přírodního dědictví UNESCO. Dominanta kostela uchvátí každého návštěvníka. Její siluety a nezapomenutelná nadčasová geometrie je z pohledu architektury ukázkou geniality jeho tvůrce a stavitelů.

Správcem této významné památky je Římskokatolická farnost Žďár nad Sázavou II, která je územním společenstvím římských katolíků v rámci děkanátu Žďár nad Sázavou brněnské diecéze s bazilikou Nanebevzetí Panny Marie a svatého Mikuláše jako farním kostelem. Rádi bychom na začátku našeho povídání o velmi zajímavé studii poděkovali farnosti za podporu projektu a poskytnuté historické informace.

### Od historie k novým technologiím

V závěru loňského roku jsme na VOŠ a SPŠ ve Žďáru nad Sázavou uvedli do provozu pracoviště virtuální reality. Po prvních ukázkách aplikačního nasazení této technologie a opravdovém nadšení



Podklady v podobě fotografické dokumentace byly pořízeny během podzimních a zimních měsíců.

zájemců na dnech otevřených dveří jsme hledali zajímavá témata pro zpracování. Vedle čistě technicky směřovaných maturitních projektů jsme chtěli připravit i zajímavé téma spojené neoddělitelně s naším regionem.

Poutní kostel sv. Jana Nepomuckého na Zelené hoře byl od začátku myšlenkou, která láká k realizaci již svou blízkou vazbou k našemu regionu, ale uchopení tohoto problému, navíc v prostředí virtuální reality, nebylo vůbec snadné. Po hledání v archívech jsme našli část modelu, který byl vytvořen na naší škole před řadou let jako studentský projekt. Model utrpěl řadu srámů při různých výstavních akcích, ale i tak se staly jeho artefakty ve spojení s nejmodernější technologií základem virtuální prezentace významné památky.

Stavbu geometrie budovy kostela jsme začali tvorbou detailní fotodokumentace a digitalizací referenčních bodů. Získali jsme tak cenná data pro kalibraci fotografických podkladů kostela z hlediska jeho proporcí. Na rozdíl od technologie 3D tisku se ovšem v reálných vizuálních pohledech neodpouští detailní nepřesnosti a chyby. Bylo tedy dále nutné najít cestu, jak model zpracovat až na kvalitativní úroveň využitelnou pro virtuální realitu.

Základním zdrojem informací pro parametrizaci se staly 3D geometrické referenční body zachycené z původních artefaktů modelu pomocí MicroScribe

3D Digitizer a sada fotodokumentace. Zdlouhavou procedurou byla optimalizace pozic referenčních bodů. Síť bodů byla kalibrována na měřítko 1:1 podle historických podkladů a kreseb.

Výběr softwarových technologií pro zpracování studie byl volen s ohledem na značný rozsah a podobu vstupních informací. S ohledem na proces zpracování 3D modelu byla využita řada produktů Autodesk Inventor pro parametrizaci konstrukčních částí modelu, Autodesk 3ds max 2017 pro rekonstrukci kombinovaného modelu, aplikace Autodesk Showcase 2017 pro průběžnou kontrolu a vizualizaci modelu a Autodesk VRED pro přípravu virtuální reality ve vazbě na HTC Vive. Pro experimentální ověření cesty k virtuální cloud technologii Live byl využit Autodesk Revit.

### Parametrizace geometrie stavby

Následným krokem v přípravě modelu stavby bylo rozložení jeho jednotlivých 3D partií na segmenty realizovatelné pomocí postupů parametrického navrhování. Parametrizace byla využita se záměrem získat vysoce přesná a modifikovatelná prostorová data. Navíc práce v konstrukčních nástrojích na jednotlivých segmentech modelu jsou i našim žákům bližší. Ať se jedná o PLM, nebo BIM aplikace, je vždy parametrické modelování kvalitním základem tvorby projektu. Postupy jsou sice určeny primárně pro aplikaci

ve strojírenských oborech, ale i ve stavebnictví mohou být nápomocny především svou vysokou precizností a detailním popisem rozměrových a geometrických charakteristik. Postupně tak vznikl hybridní model, u kterého byly nahrazeny chybějící části, případně detaily pomocí jejich parametrických prezentací. Využitím parametrických dat je možné navíc získat technickou dokumentaci, což může mít obecně při případných opravách a rekonstrukcích historických staveb poměrně zásadní význam.

Předem musela být ovšem otestována vzájemná přenositelnost 3D geometrie mezi jednotlivými typy aplikací. Jako nejvýraznější pomoc v exportech 3D dat se nakonec ukázal jak nativní formát \*.ipt, tak multiplatformní \*.fbx. Je velmi zajímavé při zpětné rekonstrukci tvarů jednotlivých stavebních prvků přemýšlet nad tím, jak si Jan Blažej Santini Aichl úžasně pohrával s geometrickými tvary při návrhu kostela. Jeho genialita magické pětky je patrná v každém detailu.

### Sestavení polygonálních a parametrických dat

3ds max 2017 je aplikací, se kterou se v běžné konstrukční práci uživatel CAD aplikací příliš neseťká. Přes své směřování především do oblasti animace a vizualizace obsahuje tato aplikace řadu užitečných funkcí pro práci s polygonální grafikou, kterou v technické PLM nebo BIM aplikaci běžně nenajdeme. Jedná se především o funkce pro precizní optimalizaci polygonálních sítí modelu. Velmi důležitým prvkem je také možnost aplikace postupů reverzního inženýrství, kdy lze jednotlivé artefakty modelu vzájemně poskládat a doplnit jeho chybějící části běžnými modelovacími postupy ať na úrovni polygonů, nebo lépe parametrických ploch a těles. Lze tak efektivně nahradit poškozená místa, případně vytvořit zcela nové geometrické objekty nahrazující původní chybná, případně neexistující detaily.

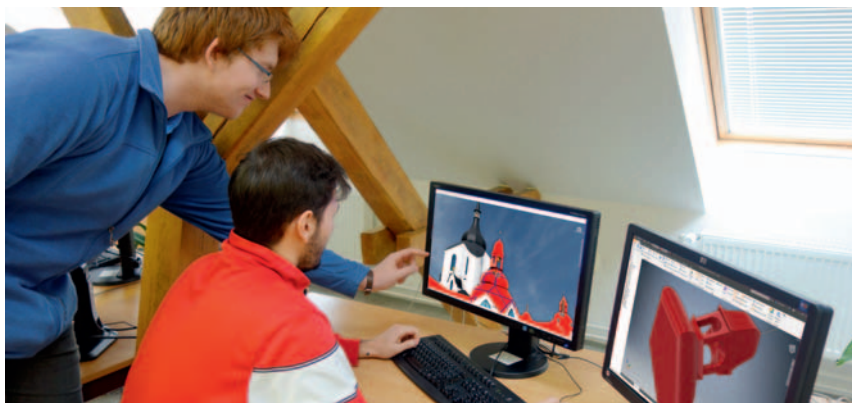
Postup je hodně blízký například rekonstrukci historických vykopávek v archeologii. Zde ovšem často narazíme na problém, kdy je nutné chybějící část geometrie často vymyslet. Fragmenty polygonálního modelu byly postupně sestaveny a doplněny o importovaná \*.ipt data. Zde je jistě pozitivním pomocníkem možnost načtení nativních dat z CAD aplikací.

### Vizualizace a zpracování pomocí technologie virtuální reality

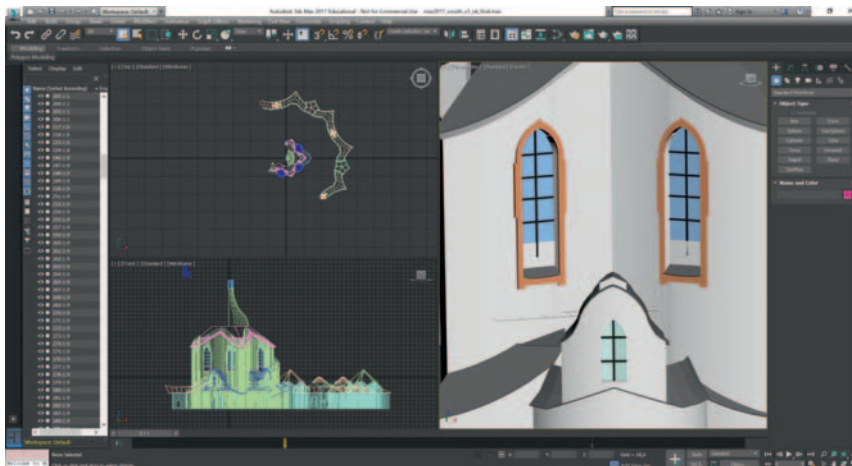
Již v počátku práce na virtuální prezentaci bylo nutné stanovení priorit. Základní představou byla precizní dynamická vizualizace památky s vazbou na nejnovější prezentační možnosti virtuální reality. Pro průběžnou kontrolu nad vizuální podobou modelu využíváme v rámci projektů na škole aplikace Autodesk Showcase 2017. Poskytuje možnost flexibilní dynamické vizualizace řízené



Jindřich Dítě a Jakub Melichar při digitalizaci dostupných podkladů z archivu školy pro zachycení referenčních bodů stavby, které byly základem pro kalibraci fotografií



Zpracování věží ambítů kostela s využitím parametrického modelování



Postupná rekonstrukce modelu a doplnění stavebních detailů



Detaily památky zpracované dynamickou vizualizací v raytrace módu

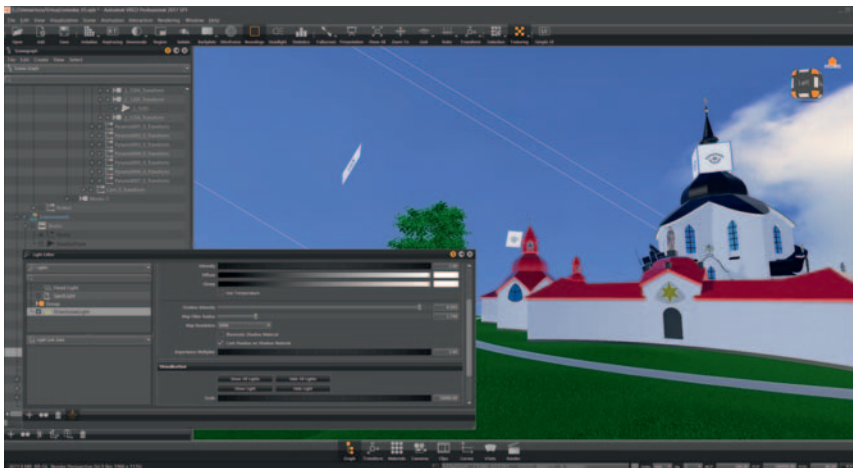




Diagnostika optimalizovaného modelu a unifikace normálových vektorů



Vizuální podoba modelu poutního kostela sv. Jana Nepomuckého na Zelené hoře ve Žďáru nad Sázavou v letní podvečer před exportem do virtualizačního nástroje



Pracovní definice směrového osvětlení a jeho skriptování pro HTC Vive

3D akcelerací se zobrazováním v reálném čase. Lze tak i na školní úrovni grafických akceleračních dosáhnout vykreslování výstupů zobrazovaných v reálném čase. Je tak možné vytvořit desítky vizuálních scénářů a upravit detaily geometrie modelu s ohledem na jeho budoucí využití.

Prakticky celou dobu je možné připravovat model v akceleračním 3D prostředí a až na finální pohledy aplikovat raytracing. Pro studenty je tato práce atraktivní. Dává rychle vizuálně precizní prezentace a model doslova ožívá

před očima. Osobně za nejcennější funkčnost v aplikaci považuji možnost práce s mapováním textur v reálném čase, a to i na úrovni běžných grafických akceleračních. Stejný postřeh lze říci i o kvalitě grafického výstupu a materiálů jak pro stavebnictví, tak pro průmyslové návrhy. Tyto nástroje výrazně urychlují práci a zjednodušují celou proceduru.

Modely pro virtuální realitu nelze přímo použít. Musí být upraveny pro její aplikaci a přizpůsobeny pro API konkrétního interaktivního

virtuálního hardwarového řešení. Pro tyto účely lze využít řadu vývojových prostředí. Představa programování aplikace ovšem byla po několika večerech uložena na příští časy jako poznámky do kroužkového bloku. Ve finále byl použit techničtější přístup, který aplikujeme na škole především u PLM a BIM modelů a vychází z aplikačního nasazení virtuální reality v průmyslovém designu a automobilovém průmyslu.

Virtuální prohlídka byla vytvořena pomocí skriptování pro virtuální realitu v aplikaci Autodesk VRED. S tímto řešením máme již několik pozitivních zkušeností, i když se jedná v podstatě pouze o pracovní verze příslušné technologie ve stadiu vývoje. Základní představou virtuální prohlídky bylo vytvoření virtuální procházky a vytvoření pohledů z prostoru mezi ambity a vlastní budovou kostela. Tento prostor nabízí jedinečný pohled na úžasné křivky kostela. Pro prezentaci virtuální reality a její propojení s výukou CAD aplikací jsme zakoupili v závěru loňského roce sadu HTC Vive. Rozlišení 2k na každý z páru zobrazovačů a interaktivní ovladače se snímanou pozicí čidel poskytují s odpovídajícím výkonným grafickým hardwarem slibný základ využití technologie při práci na projektu.

Jedním z nejtěžších úkolů se ve finále stala konverze 3D studie kostela na virtuální budovu. Chyby, které na malém modelu prakticky nepostřehnete, jsou v systému zobrazování pomocí virtuální reality výrazné a musely být postupně upraveny, případně doplněny. Ne příliš snadným úkolem byla tvorba virtuální vizualizace, kdy je hodně patrné, že aplikace je především určena pro automobilový průmysl a průmyslový design. Zcela zde chybí připravené materiály pro stavebnictví a architekturu. Ty bylo nutné vytvořit na základě textur zpracovaných z detailních fotografií.

HTC Vive vyžaduje pro precizní zobrazování výkon 90 snímků na jeden zobrazovač v celkovém rozlišení přibližně 4k. Jedná se o velké množství grafických dat, které je nutné předávat synchronně pro každé oko. Cesta SLI módu grafických akceleračních v prostředí školy nebyla finančně možná. Optimalizován byl proto postupně každý detail stavby s ohledem na jeho vizuální kvalitu a geometrickou složitost. Po následném vložení ovládacích prvků pro HTC Vive a úpravě pozic výchozích pohledů bylo již nutné pouze zadat vhodné vzdálené osvětlení a pozadí. Správná volba výchozích pohledů se vzhledem k poměrně rozsáhlým měřítkům stavby ukazuje strategickou.

Projekt virtuální prezentace Poutního kostela sv. Jana Nepomuckého na Zelené Hoře, ukazuje velmi zajímavé možnosti propojení regionální historie s výukou na technické škole. Pro svůj rozsah je aktuálně studie rozpracována do detailů na základě konzultací a návštěv této významné památky. Více informací můžete získat na [www.spszr.cz](http://www.spszr.cz) nebo na [www.zelena-hora.cz](http://www.zelena-hora.cz). ■