

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

2015

Daniel Šabart



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

studijní program: Stavební inženýrství  
studijní obor: Management a ekonomika ve stavebnictví  
akademický rok: 2014/2015

Jméno a příjmení studenta: Daniel Šabart  
Zadávací katedra: Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví  
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Matějka  
Název bakalářské práce: Porovnávání modelovacích nástrojů pro potřeby vizualizace a jejich výstupů  
Název bakalářské práce v anglickém jazyce: Comparison of visualization modeling tools and their outputs

Rámcový obsah bakalářské práce: Úvod do problematiky tvorby modelů a vizualizací.  
Teoretické srovnání modelovacích nástrojů.  
Zpracování vizualizací pomocí vybraných nástrojů.  
Posouzení kvality výstupů a jejich srovnání.  
Průzkum odborné veřejnosti z hlediska porovnání výstupů.

Datum zadání bakalářské práce: 12.2.2015 Termín odevzdání: 15.5.2015  
(vyplňte poslední den výuky příslušného semestru)

Pokud student neodevzdal bakalářskou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu bakalářskou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č. 111/1998. (SZŘ ČVUT čl. 21, odst. 4)

*Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.*

M. Matějka  
vedoucí bakalářské práce

P. Matějka  
vedoucí katedry

Zadání bakalářské práce převzal dne: 12.2.2015

Daniel Šabart  
student

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x student, 1x studijní odd. (zašle katedra)

Nejpozději do konce 2. týdne výuky v semestru odešle katedra 1 kopii zadání BP na studijní oddělení a provede zápis údajů týkajících se BP do databáze KOS.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího bakalářské práce Ing. Petra Matějky.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

12.5.2015



.....

Daniel Šabart

# **Porovnávání modelovacích nástrojů pro potřeby vizualizace a jejich výstupů**

**Comparison of visualization modeling tools and their outputs**

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá porovnáním vybraných modelovacích nástrojů pro potřeby vizualizací. Teoretická část je zaměřena na obecnou problematiku modelování a tvorby vizualizací. V praktické části bylo zkoumáno 5 různých typů programů. Cílem bylo charakterizovat jejich vlastnosti a ohodnotit kvalitu práce s nimi a tím vytvořit jejich srovnání. Na závěr byla sestavena tabulka se slovním ohodnocením jednotlivých vlastností. Srovnání programů proběhlo také pomocí ankety, jejíž odpovědi byly v závěrečné kapitole vyhodnoceny. Práce může sloužit k podpoře rozhodování o investici do modelovacích nástrojů.

## **Klíčová slova**

Modelovací programy, vizualizace, porovnání

## **Annotation**

The bachelor thesis deals with the comparison of selected modelling tools for visualization. The theoretical part is focused on general issues of modelling and visualization. Five different kinds of programs were investigated in the testing part. The main goal was to describe their features and to evaluate the quality of their workflow and thereby to compare them. In the end, table with a literal evaluation of each feature was compiled. The comparison has also been done via a poll. Answers were analysed in the last chapter. This thesis can be used to enhance decision-making about investment in modelling tools.

## **Key words**

Modelling tools, visualisations, comparison

# OBSAH:

1	POPIS DÍLČÍCH ÚKOLŮ .....	8
1.1	Popis stavby .....	8
1.2	Propočet stavby .....	9
1.3	Založení a struktura stavební firmy.....	10
1.4	Studie proveditelnosti .....	10
1.5	Položkový rozpočet.....	11
1.6	Předvýrobní příprava .....	12
2	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE .....	13
2.1	Úvod do problematiky modelování .....	13
2.1.1	Historie.....	13
2.1.2	Co je to model?.....	14
2.1.3	Typy 3D modelů staveb .....	15
2.1.3.1	Jednoduchý model.....	15
2.1.3.2	Informační model .....	16
2.1.4	Použití modelu z hlediska vizualizací.....	18
2.1.4.1	Tvorba skic ručně.....	18
2.1.4.2	Moderní zpracování .....	19
2.1.5	Renderování .....	19
2.1.5.1	Globální osvětlovací metody.....	19
2.1.5.2	Srovnání globálních osvětlovacích metod .....	21
2.1.5.3	Vlastnosti povrchů.....	22
2.2	Porovnání modelovacích nástrojů .....	23
2.2.1	Informace o projektu .....	23
2.2.2	Použitý software.....	24
2.2.2.1	ArchiCAD .....	24
2.2.2.2	Revit.....	29
2.2.2.3	SketchUp .....	34
2.2.2.4	V-Ray for SketchUp .....	38
2.2.2.5	Lumion 3D.....	40
2.2.3	Srovnání programů .....	42
2.2.4	Anketa.....	44
2.2.4.1	Vyhodnocení odpovědí .....	45
3	ZÁVĚR.....	51
4	CITOVANÁ LITERATURA .....	53
5	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ .....	55
6	SEZNAM DÍLČÍCH ÚKOLŮ .....	57
7	SEZNAM PŘÍLOH .....	58

# ÚVOD

Cílem bakalářské práce je porovnání programů pro tvorbu vizualizací a počítačových modelů. Práce se nejprve zabývá obecnou problematikou počítačového modelování a zobrazování. Posléze se věnuje vybraným programům a jejich vlastnostem.

V první části je práce zaměřena na seznámení s problematikou modelování. Po stručném přehledu historie je věnována kapitola obecné definici a popisu pojmu model. V dalších částech je práce již zaměřena na trojrozměrné modely ve stavebním oboru a jejich použití. Poslední kapitola se zabývá počítačovému vykreslování, metodami renderování a jejich srovnání.

Druhá část práce se zabývá porovnáním modelovacích nástrojů pro potřeby vizualizací a počítačových modelů staveb. V současnosti je odbornou veřejností používáno široké spektrum programů, které umožňují vytvoření modelu stavby. Pro potřeby této práce byly vybrány nástroje, které zastupují různé formy softwarových aplikací a které jsou hojně využívány. Bylo porovnááno celkem 5 programů. V jednotlivých kapitolách byly popsány charakteristické vlastnosti nástrojů. Většina programů je však komplexních a jsou si tak velmi podobné. V rámci porovnávání bylo snahou vybrat takové funkce, kterými se programy odlišují nebo jsou pro ně typické. Text obsahuje komentáře, které doplňují obecné informace o poznatky autora.

Pro porovnání kvality práce s programy byl v každém nástroji zpracován stejný model stavby podle výkresové dokumentace rodinného dvojdomku. V průběhu modelování byl zaznamenáván čistý čas práce. Poté byly, dle náročnosti programů a hloubky detailu modelů, stanoveny hodinové sazby modelovacích prací. Všechny modelovací programy byly následně porovnány. V každém programu byly zpracovány dvě vizualizace - scéna interiéru a exteriéru. Důraz byl kladen na využití pouze používaných programů. Poté byla sestavena tabulka s přehledem cen a slovně okomentovaných vlastností nástrojů. Práce obsahuje také průzkum veřejnosti z hlediska hodnocení zpracovaných vizualizací ve vztahu k jejich použití i k nákladům na jejich pořízení. V závěru bylo zpracováno vyhodnocení tohoto průzkumu.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo porovnání programů, cen, kvality jejich výstupů a jejich využití ve stavebním projektu. Ceny softwaru jsou poměrně vysoké. Tato práce tak může sloužit i jako podklad pro rozhodování při investování.

# 1 POPIS DÍLČÍCH ÚKOLŮ

Během bakalářského studia byly zpracovávány dílčí úkoly na projekt bytového domu Obytný soubor Pampeliška 2 v ulici Vrábská v Brandýse nad Labem.

## 1.1 Popis stavby

Součástí projektu jsou dva obytné stavební objekty – Objekt JIH (SO 01 – OBJEKT JIH) a Objekt Sever (SO 02 – OBJEKT SEVER). Dílčí úkoly byly zpracovávány pouze na jeden z těchto objektů – Objekt JIH.

Jedná se o nepodsklepenou stavbu se třemi nadzemními podlažními a plochou střechou. Obsahuje celkem 33 byty pro 54 obyvatel – má výhradně obytnou funkci. Stavba je rozdělena do tří schodišťových sekcí (A, B a C), z nichž každá má vlastní vstup a vlastní železobetonové schodiště.

Konstrukční systém stavby je příčný, stěnový, z cihelných tvárnic POROTHERM. Vodorovné konstrukce jsou železobetonové o rozponu 4000 resp. 5000 mm. Standardní sekce B a C se skládají ze čtyř příčných modulů (délka standardní sekce je 16,0m), přičemž mezi dva vnitřní konstrukční moduly je na SV straně vloženo schodiště. Vzhledem k situačním omezením (svažitý terén, omezená výška domu) se výšková úroveň přízemí přizpůsobuje terénu (0,5 m výšky na 8 metrů délky domu), tudíž se každá sekce výškově dělí na dvě poloviny. Jejich výškový rozdíl je překonáván schodištěm. Střecha objektu je plochá. Relativní výškovou úrovní  $\pm 0$  se rozumí čistá podlaha přízemí vstupní části sekce C:  $\pm 0,00 = 189,14$  m n.m. Bpv. Zastavěná plocha domu je 782 m<sup>2</sup>. Obestavěný prostor 7050 m<sup>3</sup>

Autorem projektu je Ing.arch. Zbyněk Kabelík.



Obrázek 1: Fotografie objektu JIH Obytného souboru Pampeliška 2, Brandýs nad Labem, zdroj: Google Maps, 25.4.2015



## 1.2 Propočet stavby

Pro uvedenou stavbu byl podle Technicko-hospodářských ukazatelů (THU), Výkonového a honorářového řádu a internetových zdrojů zpracován propočet investora. Tím byly stanoveny orientační náklady investora:

Základní rozpočtové náklady (ZRN) všech stavebních objektů v projektu byly v rámci propočtu zaznamenány do tabulky (tabulka 1).

Tabulka 1: Rekapitulace stavebních objektů, zdroj: vlastní tvorba

REKAPITULACE STAVEBNÍCH OBJEKTŮ					
#	Stavební objekty		bez DPH	DPH	s DPH
SO 01	Bytový dům		26 853 450,00 Kč	15%	30 881 467,50 Kč
SO 03	Veřejné komunikace a chodníky		1 095 724,21 Kč	21%	1 325 826,29 Kč
SO 04	Areálové parkoviště a chodníky		643 569,23 Kč	21%	778 718,77 Kč
SO 05	Dešťová kanalizace		773 443,75 Kč	15%	889 460,31 Kč
SO 06	Vodovodní přípojka		512 070,00 Kč	15%	588 880,50 Kč
SO 07	Plynovodní přípojka		454 608,40 Kč	15%	522 799,66 Kč
SO 08	Kabely NN		80 761,23 Kč	15%	92 875,41 Kč
SO 09	Oplocení		475 585,88 Kč	21%	575 458,91 Kč
SO 10	Veřejné osvětlení		116 503,01 Kč	15%	133 978,46 Kč
SO 11	Splašková kanalizace		627 715,00 Kč	15%	721 872,25 Kč
SO 12	Sadové úpravy		351 712,48 Kč	21%	425 572,10 Kč
SO 13	Kabely VN		275 367,00 Kč	15%	316 672,05 Kč
SO 14	Trafostanice		168 750,00 Kč	15%	194 062,50 Kč
SO 15	Telefonní přípojka		39 260,00 Kč	15%	45 149,00 Kč
		<b>Celkem</b>	<b>32 468 520,19 Kč</b>		<b>37 492 793,73 Kč</b>

Z následující tabulky lze vyčíst celkové náklady na realizaci stavby (tabulka 2).

Tabulka 2: Celkové náklady na realizaci stavby, zdroj: vlastní tvorba

		bez DPH	DPH	s DPH
I.	Projektové a průzkumné práce	2 326 391,44 Kč	21%	2 814 933,64 Kč
II.	Provozní soubory	0,00 Kč	15%	0,00 Kč
III.	Stavební objekty (ZRN)	32 468 520,19 Kč	15%	37 492 793,73 Kč
IV	Stroje, zařízení a inventář investiční povahy	0,00 Kč	15%	0,00 Kč
V	Umělecká díla	0,00 Kč	15%	0,00 Kč
VI	Náklady na umístění stavby	1 621 463,01 Kč	15%	1 864 682,46 Kč
VII	Ostatní náklady neuvedené v jiných hlavách	487 027,80 Kč	21%	589 303,64 Kč
VIII	Rezerva - nepředvídatelné náklady	2 759 824,22 Kč	15%	3 173 797,85 Kč
IX	Jiné investice - nákup pozemku	7 344 202,20 Kč	21%	8 886 484,66 Kč
X	Náklady hrazené z provozních prostředků	0,00 Kč	21%	0,00 Kč
<b>CELKOVÉ NÁKLADY NA REALIZACI STAVBY</b>		<b>47 007 428,86 Kč</b>		<b>54 821 995,98 Kč</b>

### **1.3 Založení a struktura stavební firmy**

V tomto úkole byl zpracován návrh na založení stavební firmy *Stavoss s.r.o.* Jedná se o společnost, která spojuje realizaci staveb, ekonomické znalosti z oboru stavebnictví a vysoké technické zázemí. Hlavním předmětem činnosti firmy je tak realizování stavebních projektů za podpory metodiky BIM. Takto by se měla firma odlišit od většiny stavebních společností v České republice. Tímto přístupem bychom chtěli podpořit rozvoj BIM projektování v České republice.

Problémem může být počáteční neochota klientů investovat více financí do projektu. V České republice je problematika BIM zatím ve fázi rozvoje a informovanost veřejnosti je relativně malá. Firma se tedy zpočátku zaměří na klasickou realizaci staveb a BIM projekty bude prosazovat postupně. Jejím cílem je částečná eliminace reklamací a dosažení co největší kvality u provedených staveb.

Naším cílovým typem staveb jsou zejména administrativní budovy, větší bytové komplexy a bytové domy vyšších standardů. U všech těchto staveb se hodláme zaměřit na kvalitní a moderní technologické postupy a zejména co nejnižší realizační náklady.

Firma *Stavoss s.r.o.* sídlí v Praze, kde má i svou provozovnu a kanceláře. Společnost má celkem 134 zaměstnanců, z toho 27 v administrativě. V čele stojí výkonný ředitel společnosti, který má pod sebou 3 oddělení – ekonomické, oddělení přípravy a obchodu a technicko-výrobní oddělení. Technicko-výrobní oddělení je pak rozděleno na oddělení logistiky a oddělení hlavní výroby.

Firma disponuje nákladními i osobními automobily, dvěma rypadly, lešením, autojeřábem, stavebními buňkami, bedněním, hutnícím prostředkem a dalším vybavením. Minimální roční obrat je odhadován na 160 milionů korun ročně.

### **1.4 Studie proveditelnosti**

Na projekt byla zpracována studie proveditelnosti, jako analýza návratnosti investičních prostředků. Analýza měla vazby na způsob financování, náklady a předpokládané výnosy z prodeje bytů. Doba návratnosti byla stanovena na 3 roky. Investorem požadovaná výnosnost byla stanovena na 15% celkových nákladů na stavbu. Pro vyhodnocení proveditelnosti byla zkoumána lokalita projektu, vytvořena analýza okolí a provedena finanční analýza. Ve finanční analýze se provedlo

vyhodnocení pomocí IRR, DPP a NPV (tabulka 3). Projekt splnil požadovaná kritéria v rámci všech zmíněných analýz. Tudiž byl shledán přijatelným a bylo doporučeno jeho provedení.

Tabulka 3: Vyhodnocení finanční analýzy pomocí NPV, DPP a IRR, zdroj: vlastní tvorba

<b>Vyhodnocení pomocí NPV, DPP a IRR</b>		
<b>IRR</b>		
<b>NPV - čistá současná hodnota</b>		
<i>Nulové čisté hodnoty NPV = 0, dosáhneme ve 2,93 pololetí.</i>		
	NPV(3 roky) >	
NPV (3 roky): 6 741 646 Kč	-> 0	-> <b>projekt je přijatelný</b>
<b>DPP - Diskontovaná doba návratnosti</b>		
<i>Požadovaná doba návratnosti: 6 pololetí</i>		
<i>Diskontovaná doba návratnosti:</i>	6 > 3,11	<b>projekt je přijatelný</b>
	3,11 pololetí	->
<b>IRR - Vnitřní výnosové procento</b>		
<i>IRR pro návratnost 6 pololetí je 35,95%.</i>		
	35,95 > 15	<b>projekt je přijatelný</b>
<i>Investorem je požadovaná návratnost 15 %</i>		->

## 1.5 Položkový rozpočet

Na hlavní stavební objekt (SO01 bytový dům) byl zpracován položkový rozpočet. K vytvoření položkového rozpočtu a výrobní kalkulace byl použit software KROS plus s ceníky ÚRS PRAHA 2013 01.KD.

Celkové náklady na stavební objekt stanovené položkovým rozpočtem činí: **28 207 057 Kč bez DPH.**

Stejně celkové náklady byly propočtem stanoveny na: **26 853 450 Kč bez DPH.**

Náklady stanovené rozpočtem jsou vyšší. Rozdíl je **1 353 607 Kč**, což je cca **5%**. Tato odchylka byla pravděpodobně způsobena pohybem cen stavebních prací a materiálů. Tolerance byla stanovena na  $\pm 15\%$ . Odchylka byla tedy splněna.

Největší rozdíly byly zaznamenány v oddílech HSV: (3) *Svislé a kompletní konstrukce* (+1,6 milionu), (4) *Vodorovné konstrukce* (+1,1 milionu) a *Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní* (+2,64 milionu), a v oddíle PSV: (767) *Konstrukce zámečnické* (-1,3 milionu), (775) *Podlahy skládané* (+0,9 milionu) a (766) *Konstrukce truhlářské* (+0,8 milionu).

## 1.6 Předvýrobní příprava

V rámci úkolu byly zpracovány tři větší části: výběr subdodavatelů, zařízení staveniště a časový plán dodavatele.

Nejnáročnější a nejsložitější částí byl časová plán, který vznikl na základě agregace položek. Ty byly použity z výrobní kalkulace exportovanou programem KROS plus. Výrobní kalkulace byla zpracována na výše uvedený položkový rozpočet. Položky byly seskupeny do balíčků souvisejících činností a následně byla celá agregace importována do programu MS Project. Základními zpracovávanými hodnotami byly: Cena celkem, Náklady celkem (odečtení celkového zisku od celkové ceny z kalkulace) a Práce celkem (celkový počet normohodin +20%). Pomocí logických vazeb mezi činnostmi byl sestaven celkový časový plán.

Z celkového harmonogramu lze vyčíst, že stavba všech stavebních objektů bude trvat od 1. 7. 2017 do 17.8.2018.

V další části byly kalkulovány náklady na zařízení staveniště. Následně byly porovnány s NUS z rozpočtu a propočtu. Celkový rozdíl oproti je 8,5%, kdy kalkulované náklady jsou nižší.

Výsledky jsou celkově příznivé. Stavební objekty by měly být realizovány v termínu. Náklady na umístění stavby by měly mít rezervu oproti podrobnější kalkulaci nákladů na zařízení staveniště.

## **2 BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

V první části této bakalářské práce jsou shrnuty základní informace, týkající se problematiky modelování a vizualizace budov. Důraz je kladen na seznámení s pojmy model, vizualizace, renderování. Kapitola začíná letmým shrnutím historie počítačového modelování. Pokračuje obecným popisem a definicí pojmu model. V následující části je uvedeno rozdělení a využití 3D modelů staveb. Předposlední část je věnována tvorbě vizualizací klasickým způsobem, nebo za použití modelu. Kapitulu zakončuje pohled na grafické metody a techniky počítačového zobrazování v teoretické rovině a jejich srovnání.

Druhá část práce je věnována porovnávání vybraných grafických softwarů. Byly vybrány jak komplexní softwary pro 2D kreslení a 3D modelování s možností tvorby renderů, tak i specializované aplikace určené výhradně pro potřeby vizualizace. V jednotlivých kapitolách jsou popsány základní údaje a charakteristika zkoumaných programů. Srovnání se zaměřuje pouze na některé vlastnosti, kterými se dané programy odlišují, nebo v nich vynikají. Na konci kapitoly je uvedena tabulka s jednoduchým srovnáním uvedených nástrojů, doplněná o grafy s časovou náročností modelování a orientačním finančním ohodnocením. Za účelem průzkumu odborné i laické veřejnosti byly zpracovány vizualizace vybraného domu ve všech porovnávaných programech. Kapitulu uzavírá shrnutí provedené ankety.

Praktická část této bakalářské práce byla zpracována na jiný projekt, než dílčí úkoly v průběhu studia. Důvodem je značná komplikovanost projektu Obytný soubor Pampeliška 2. Z časových i kapacitních důvodů byl proto zvolen jednodušší projekt, který lépe odpovídá požadavkům této práce.

### **2.1 Úvod do problematiky modelování**

#### **2.1.1 Historie**

Od roku 1950, kdy bylo vyrobeno první světelné pero, se samotná tvorba počítačové grafiky mnohonásobně zdokonalila. Prvním programem v historii CAD (Computer Aided Design – počítačem podporované projektování) byl Sketchpad, vytvořený Ivanem Sutherlandem v roce 1963 [1]. V této době se ovšem nedala srovnávat efektivita a rychlost počítačového projektování a klasického ručního rýsování.

Jednoduché úkony, jako odmazání jednoho prvku z výkresu podléhalo dlouhému procesu mazání všech objektů a jejich následného nahrávání zpět na monitor. Dlouho se používala grafika vektorová. Teprve po příchodu grafiky rastrové v roce 1978 [1] se začaly zdokonalovat různé algoritmy a procesy na vykreslování.

Tvorba digitální dokumentace staveb byla ještě donedávna výsadou programů, kde se projektant pohybuje pouze ve dvourozměrném prostředí. Začlenění trojrozměrných objektů do počítačového modelování se objevilo až v roce 1980 v programu ARCH MODEL [1]. Tato možnost byla zahrnuta pouze jako doplňková funkce. Model existoval v drátěné podobě a vykreslování ploch se používalo jen pro pouhou vizuální kontrolu projektu.

### **2.1.2 Co je to model?**

V praxi se setkáváme s širokou škálou různých modelů. Tímto termínem lze označit fyzické, matematické, parametrické, grafické nebo informační objekty a mnohé další. Smyslem vytváření modelů je možnost simulace skutečností bez nutnosti nákladného hmotného simulování reálných podmínek. V některých případech dokonce není možné požadované podmínky vůbec vytvořit. Při vhodném použití můžeme simulovat výsledný vzhled objektu, únosnost konstrukce, tepelné ztráty, atd. Tato práce se zabývá elektronickými modely staveb. Jde tedy převážně o vícerozměrné grafické objekty, často obohacené o různé další údaje.

Pro jednoduché rozdělení samotných objektů můžeme použít dimenzionální vyjádření (tabulka 4). Vyšší dimenze než 3D nejsou jednoznačně definovány pro všechny vědní obory. Tyto informace se označují jako negeometrické [2]. Ve stavebnictví (hlavně u informačních modelů) se používá jiná interpretace než v moderní fyzice. Čtvrtý rozměr tak velmi často zahrnuje časové informace. Pátým rozměrem se rozumí údaje o ceně. Ostatními rozměry je možné definovat další přidané hodnoty nebo parametry. Často jsou zadávány údaje o energetické náročnosti k následnému provedení energetické analýzy. Tento druh modelování se někdy označuje jako vícerozměrné modelování.

Tabulka 4: Rozdělení modelů dle dimenzí, zdroj: vlastní tvorba

Označení dimenze	Obsažené informace, grafická interpretace
0D	Body
1D	Úsečky, Přímký
2D	Plošné útvary
3D	Prostorové objekty
4D	Časové informace
5D	Informace o ceně
6D,7D,...,nD	Další informace – energie, zdroje,...

### 2.1.3 Typy 3D modelů staveb

Digitální modely staveb je možné rozdělit na dva základní typy:

- *Jednoduchý*
- *Informační*

Oba typy mají své výhody i úskalí. Upřednostnění konkrétního modelu záleží na cílech modelování a požadavku investora či objednatele. Zjednodušeně lze říci, že se liší úrovní detailů (*LOD – Level Of Details*). Samotná tvorba modelů je však zásadně odlišná.

#### 2.1.3.1 Jednoduchý model

Jedná se o přenesení dokumentace stavby do trojrozměrné podoby pouze pro účely prezentace, vizualizace nebo kontroly vzhledu objektu. Jako zástupce jednoduchého modelovacího nástroje je v této bakalářské práci uveden program *Trimble SketchUp*.

Jednoduchý model se vyznačuje velmi nízkou úrovní detailů. Podstatné jsou pouze objemové, tvarové a vizuální charakteristiky jednotlivých částí modelů. Všechny prvky jsou tvořeny výhradně stejným způsobem. Často se jedná o tzv. *2 ½ D modelování*. [3] V praxi to znamená, že uživatel nejdříve definuje 2D průmět objektu a potom ho pomocí příslušných nástrojů přemění na komplikovanější 3D objekt. Tomu je možné následně upravit vlastnosti povrchu, hmoty nebo osvětlení.

Zadávání objektů může být intuitivní i parametrické. Parametrickým modelováním v rámci definování tvaru objektů rozumíme tvorbu prvků pomocí číselného vyjádření jednotlivých rozměrů. Intuitivní tvorba je oproti parametrickému založena na

libovolném vytváření a úpravě prvků podle fantazie. Výsledek obou metod je stejný, avšak jednotlivé metody mohou zásadně ovlivnit srozumitelnost a ovladatelnost jednotlivých modelářských programů.

Obecně je tvorba jednoduchého modelu méně časově a finančně náročná. Nejsou vyžadovány pokročilé znalosti grafického modelování. Využití těchto modelů je ovšem značně omezené. Používají se ve fázi konceptuální tvorby (hmotové skici, studie) a posléze jen pro tvorbu vizualizací a prezentací objektů. V drtivé většině případů jejich uplatnění končí již v předinvestiční fázi, nebo na začátku fáze investiční. Další využití přichází při zobrazování změn v projektové dokumentaci, nebo pro upřesnění rekonstrukcí.

### **2.1.3.2 Informační model**

Tvorba digitálního, informačního BIM (*Building Information Modeling*) modelu je charakteristická značně vyšším obsahem informací. Tento způsob dokumentace se neomezuje pouze na samotnou budovu. Součástí jsou také informace o stavbě, stavebních procesech, časovém plánování, dodavatelích stavebních prvků, jejich ceny a mnohém dalším. Tudíž lze hovořit o vytváření 4D, 5D až nD modelů.

V rámci tvorby vizualizací hraje trojrozměrný model zcela zásadní roli. Pokud jsou ale do modelu zahrnuty další informace (zejména pak časové), zobrazení projektu se tak dostává na vyšší úroveň. Programy pracující s metodikou BIM umožňují využít časové údaje k vytvoření názorných animací, simulujících kompletní průběh výstavby v čase. Takové materiály se posléze dají využít jako velmi kvalitní marketingový materiál.

Informační model má ideální využití ve všech fázích životního cyklu stavby ( obrázek 2). Veliké uplatnění nachází především ve fázi provozní. Součástí jsou totiž informace o stavebních prvcích, jako je jejich umístění, dodavatel, cena, životnost a ostatní parametry. V případě, že provozovatel stavby zjistí závadu na konkrétním prvku, má možnost nahlédnutí do dat v BIM modelu a velice rychle a efektivně určit, jakým způsobem, s jakými náklady, a u jakého dodavatele bude objednána oprava či údržba.

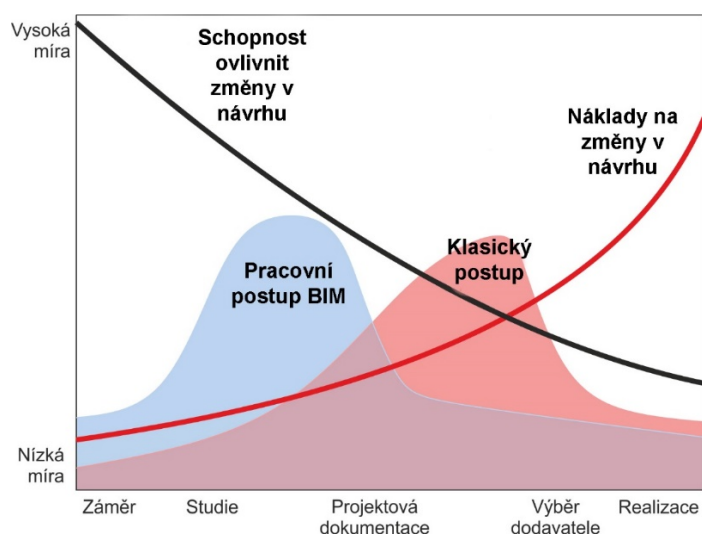




Obrázek 2: Využití BIM, zdroj: bexelconsulting.com [4]

Výhody BIM metodiky ocení většina profesí, zapojených do stavebního procesu. Zobrazení návazností jednotlivých konstrukčních prvků usnadňuje komplikovanější projektované práce. Možnosti generování výměr a různých tabulek zefektivní tvorbu rozpočtů. Využívají se pomocné nástroje na projektování TZB. Do jisté míry je umožněno sestavení časových plánů.

Jednou z hlavních výhod BIM projektování je možnost detekce kolizí. Jednotlivé programy mají k dispozici funkce ke kontrole průchodů, křížení nebo napojení jednotlivých stavebních prvků. V ideálním případě je tímto možné vyřešit konstrukční problémy již ve fázi tvorby dokumentace. To vede ke značné úspoře finančních prostředků, neboť čím později se v projektu provádějí změny, nebo odstraňují chyby, tím se celá stavba prodražuje (graf 1).



Graf 1: Náklady na změny projektu, zdroj: vlastní s využitím grafu [5], původní autor Patrick Macleamy

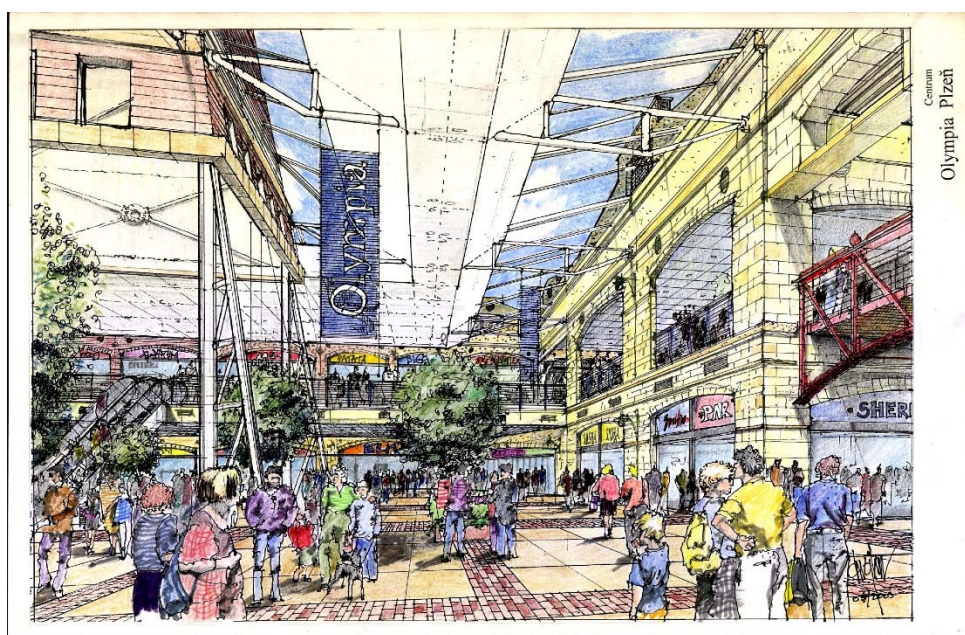
## 2.1.4 Použití modelu z hlediska vizualizací

Při výkonu své práce se projektanti, architekti, designéři, rozpočtáři, přípraváři, a obecně technici často potýkají s problémy, vycházejícími z jistých nedostatků představivosti. V takovýchto případech může snadno dojít k rozporům a neshodám. Při komunikaci s klienty, nebo mezi technikami samotnými, se často využívá různých vizualizačních pomůcek a metod. Můžeme se tak i v dnešní době setkat s různými rychlými náčrtky, skicami a jednoduchými schémata. Jejich účelem je jasné a názorné vysvětlení daného problému, jelikož grafická interpretace výrazně napomáhá lidské představivosti. Při podrobnějším zpracování lze jednoduše využít počítačových modelů, nebo vizualizace vytvářet ručně.

### 2.1.4.1 Tvorba skic ručně

Jednou z dovedností, kterou by měl technik disponovat, je tvorba jednoduchých kreseb a črtů. Většinou se jedná o velmi prosté a ořezané ilustrace. V těchto případech je však kladen důraz na detail, který chce technik vyzdvihnout. Celková úroveň detailů je spíše nízká, nicméně pro rychlé sdělení naprosto dostačující.

Ruční skicování není tak propracované, jako výstupy z vizualizačních programů. Jeho výhodou je převážně rychlost zpracování a minimální technologické nároky – ilustrátor si hravě vystačí pouze s papírem a tužkou. Je však nutno podotknout, že na ruční tvorbu co nejpůsobivější vizualizace je potřeba notná dávka talentu, umu a grafických zkušeností.



Obrázek 2: Ukázka ručního skicování, zdroj: Ing. Arch Ivo Chvojka

#### **2.1.4.2 Moderní zpracování**

Při zobrazování komplexnějších pohledů na stavbu nebo objekt se už výhody ručního kreslení ztrácí. Vytvořit řez budovou nebo pohled v axonometrii s dostatečnou úrovní detailů zabere i zručnému kreslíři neadekvátní množství času a úsilí.

Zde nacházejí své uplatnění grafické programy a jimi zpracované digitální modely. Vymodelováním budovy v digitální podobě se otevírají nové možnosti vizualizace. Na rozdíl od klasického postupu, kdy je na papír pracně zobrazován jeden pohled, je možné v relativně krátkém časovém úseku získat mnohem kvalitnější obraz. Následně je možné nechat zobrazit tentýž objekt, ale z jiného úhlu pohledu. To vše nesrovnatelně rychleji, než ruční metodou. Čas, po který počítač zpracovává a vykresluje model, závisí jak na hardwarové konfiguraci, tak na požadované úrovni detailů konečného výstupu.

Další výhodou je možnost virtuální manipulace s jednotlivými prvky a prohlížení částí modelu. Zde se naplno projeví výhody trojrozměrného modelu. Projektant je v zásadě intuitivním způsobem schopen prezentovat objekt ze všech stran, nebo s různými úpravami.

#### **2.1.5 Renderování**

Výraz *renderování* vzniknul počeštěním anglického slova *rendering* (*interpretace, provedení*), kterým se označuje vykreslování a tvorba reálného obrazu počítačového, 3D modelu. Jedná se tedy o přechod mezi trojrozměrným a dvojrozměrným zobrazením. Cílem této techniky je co nejrealističtější grafický výstup (tzv. *render*). Takové počítačové zobrazování nachází uplatnění v mnoha vědních odvětvích, simulacích, filmové tvorbě, vojenství, při vývoji počítačových her, atd.

Renderování nezahrnuje pouze samotný model. Vyžaduje mnoho dalších informací a parametrů popisujících vlastnosti materiálů, jejich vzhled, světelné zdroje a obecné světelné podmínky. Při správném nastavení všech atributů je, v ideálním případě, velmi těžké rozeznat kvalitní render od fotografie z reálného světa. Jako klíčový aspekt se zde jeví tzv. *Globální osvětlovací metody* [6].

##### **2.1.5.1 Globální osvětlovací metody**

Jsou to takové metody, které se zabývají výpočtem osvětlení v prostředí, kde se objekty navzájem osvětlují. Tyto metody simulují skutečný svět a dělí se na: [6]

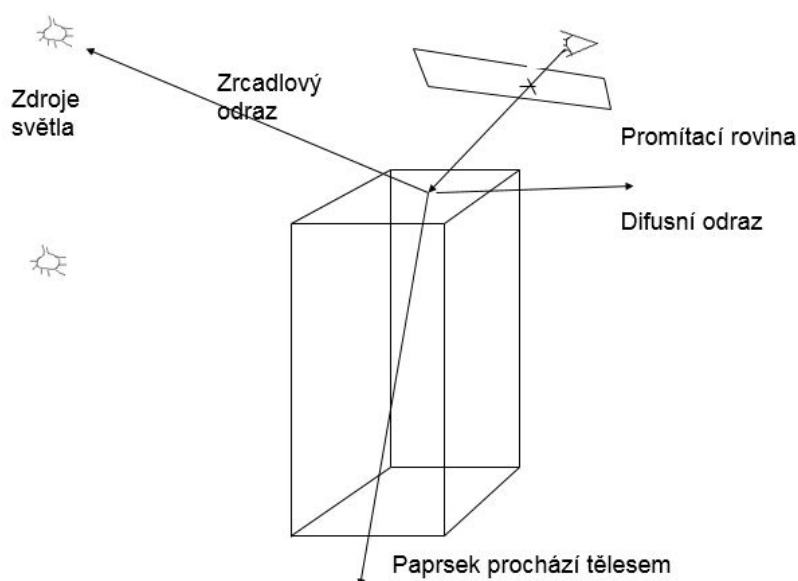
- Pohledově závislé – sledování paprsku
- Pohledově nezávislé – radiozita

### Sledování paprsku

Velmi rozšířenou technikou renderování je *sledování paprsku* (z *anglického ray tracing*). Jedná se o globálně osvětlovací, pohledově závislou metodu, což znamená, že určuje viditelnost pro konkrétní polohu kamery [6]. Zobrazuje průhlednost, odrazivost a veškeré další optické vlastnosti pomocí sledování paprsků vycházejících z virtuální kamery.

Dopadající paprsek může být pohlcen tělesem (z toho vychází barva tělesa), může se odrazit (zrcadlově, difusně nebo kombinovaně), nebo může projít tělesem (rovně, se zlomem) (obrázek 3).

Zobrazení scény pomocí ray-tracing klade vysoké nároky na výpočetní výkon. Nevýhodou je také nutnost nového výpočtu při změně polohy kamery. Je ale zásadní metodou pro vytvoření realistických scén.



Obrázek 3: Chování paprsku při ray-tracing, zdroj: RNDr. Tomáš Vaniček, Ph.D. [7]

### Radiozita

Metoda, která vychází ze zákona zachování energie a primárně se zabývá rozdělením světla ve scéně, se nazývá *radiozita* [6]. Principem je rozdělení polygonů ve scéně na menší plošky a následný výpočet celkově produkovaného světla všech ploch pomocí rovnice radiozity. Do výpočtu je zahrnut vlastní světelný zdroj plošky a vlivy ostatních ploch ve scéně.

$$e_i = z_i + o_i * \sum_j v_{ij} e_j \text{ [7]}$$

$e_i$  = veškeré světlo, které ploška  $i$  vyzařuje a odráží

$z_i$  = světlo, které je produkováno ploškou  $i$

$o_i$  = parametr odrazivosti plochy  $i$

$v_{ij}$  = faktor vlivu plošky  $j$  na plošku  $i$

$e_j$  = světlo přicházející od plošky  $j$

Touto metodou však nelze správně zpracovávat průhledné objekty, zrcadla, ani samotné textury. Využívá se tak jako podpurná metoda a nástroj při osvětlování scén. Oproti výše zmíněné metodě sledování paprsku není potřeba opětovného vykreslování při změně úhlu pohledu, nebo polohy kamery.

### 2.1.5.2 Srovnání globálních osvětlovacích metod

Porovnání výše uvedených metod lze nalézt v tabulce (tabulka 5).

Tabulka 5: Srovnání globálních osvětlovacích metod, zdroj: vlastní tvorba

Metoda	Sledování paprsku	Radiozita
Vhodné pro osvětlení	Přímé.	Nepřímé.
Zpracování stínů	Ostré, méně přirozené.	Měkké, přirozenější.
Používané světelné zdroje	Bodové, plošné jsou tvořeny jako skupiny bodových.	Bodové, plošné a rozptýlené (ambientní).
Provedení realistických povrchů	Velmi kvalitní odrazy, lom světla, průhlednost.	Počítá pouze osvětlení scény. Díky radiozitě však mohou vznikat matné materiály.
Změna umístění kamery	Nutný další náročný výpočet celé scény.	Používá již vypočtené hodnoty.

Metody je poměrně obtížné porovnávat jako samostatné celky, protože se v praxi často kombinují mezi sebou. Obě dvě jsou výpočetně značně náročné. Při renderování realistických obrazů se využívá ray tracing pro realistické odrazy, průhlednost a lom světla, ve stejném procesu se však využívá i radiozita, a to pro dosažení přirozeného osvětlení a matných povrchů. Renderovací programy tedy používají obě metody najednou, ale každou pro jiné vlastnosti scény.

### 2.1.5.3 Vlastnosti povrchů

Již při modelování objektů je vhodné nějakým způsobem odlišit jednotlivé povrchy, a to hlavně z hlediska orientace v modelu. Postupem času je však podstatné definovat další optické vlastnosti povrchů, kterými jsou především vzhled, odrazivost, průhlednost, zářivost nebo plastičnost. Je možné tedy vytvořit takové povrchy, které vypadají jako zrcadlo, sklo, železo, cihly, televizní obrazovka, nebo huňatý koberec. To vše jen vhodným nastavením optických vlastností.

Nejdůležitější složkou je však textura. Uživatel pomocí textury udává základní vzhled povrchu. Aby se z původní bílé zdi modelu stala zeď cihlová, je třeba přiřadit této ploše barvu – *difuzní složku materiálu* [8], která je tvořena obrazem kolmého pohledu na cihlovou zeď. V rámci textury materiálu dochází k úpravě dalších vlastností povrchu: odraz světla z okolí, *displacement* (výšková mapa), průhlednost, apod. [8]. Standardní výbavou grafických programů je tzv. *knihovna materiálů*. Taková knihovna je databází nejčastěji používaných materiálů, jejich textur a dalších vlastností.

Texturování má tak zásadní vliv na konečnou podobu renderu. Vyžaduje veliké množství vzorků materiálů a pečlivé grafické nastavení.





## 2.2.2 Použitý software

Během práce s podobnými softwarovými nástroji je vyžadován poměrně vysoký výpočetní výkon. Ten se odráží jak v čase, který zabere modelování a následné renderování, tak v pohodlnosti práce. Čím vyšší výkon počítačové sestavy, tím stoupá komfort a snižuje se časová náročnost. Pro zajištění objektivitu při srovnávání jednotlivých nástrojů byl použit jeden počítač s následujícími relevantními parametry: procesor – *Intel Core i5, 4x2,35 GHz*, velikost paměti RAM: 4 GB, grafická karta: *AMD Radeon HD 6370M - 512 MB*, operační systém – *Microsoft Windows 7*.

Při modelování byly použity tři grafické programy: *ArchiCAD*<sup>1</sup>, *Revit Architecture*<sup>2</sup> a *SketchUp*<sup>3</sup>. Jako vizualizační nástroje byly zvoleny zástupci různých softwarových typů programů: *Lumion 3D*<sup>4</sup>, *V-Ray for SketchUp*<sup>5</sup> a integrované renderovací *enginy*: *CineRender* (*ArchiCAD*) a *Mental Ray* (*Revit*).

### 2.2.2.1 ArchiCAD

- Vývojář: *Graphisoft SE*
- Verze: 18.0.0 (2014)
- Cena plné verze: 138 800,- Kč, bez DPH [10]

Program *ArchiCAD* vzniknul na základě 3D nástroje pro navrhování potrubních systémů, který vyvinula v roce 1982 maďarská společnost *Graphisoft* [11]. Velkými novinkami v oblasti projektování v podání *ArchiCADu* bylo uvedení „chytrého kurzoru“, který zpřístupňuje rychlé možnosti úprav prvků, v roce 1989 a *Technologie ArchiCAD Teamwork* v roce 1995 [11]. *Teamwork* umožňuje souběžnou práci na projektu více projektantům. Obzvláště při velkých projektech se tato technologie začala hojně využívat s příchodem *ArchiCADu 13 (2009)*. S rozvojem metodiky BIM totiž značně vzrostl význam spolupráce a koordinace profesí. Společnost *Graphisoft* je jedním z lídrů na poli BIM projektování. Do svých produktů zapojila různé nadstavby za účelem rozšíření informačního modelování. Velkou výhodou je také přímá podpora datového formátu *IFC (Industry Foundation Classes)*, který je vyvíjen společností *BuildingSMART* jako formát, který není závislý na konkrétní platformě či programu.

---

Více informací na:

<sup>1</sup> <http://www.graphisoft.com/archicad/>

<sup>2</sup> <http://www.autodesk.cz/products/revit-family/overview>

<sup>3</sup> <http://www.sketchup.com/>

<sup>4</sup> <http://lumion3d.com/>

<sup>5</sup> <http://www.vray.cz/produkty/chaos/vray-for-sketchup/>



Účelem IFC je odstranění bariér při používání programů a datových formátů od různých vývojářů.

ArchiCAD nabízí velké množství standardních grafických nástrojů a funkcí. V této kapitole jsou vybrány pouze funkce, kterými se program v jistém ohledu odlišuje, nebo jsou v jeho podání lépe použitelné, než v ostatních srovnávaných programech.

Uživatelské rozhraní klade maximální důraz na efektivitu práce při projektování a navrhování staveb. Tímto se ArchiCAD výrazně odlišuje od ostatních programů, určených k počítačovému modelování. Největší výhodou oproti ostatním grafickým nástrojům je kreslení a vkládání stavebních prvků s parametry. Díky tomu není nutné kreslit například stěnu jen pomocí čar a šraf, ale rovnou se upravuje její skladba a další atributy. Pomocí myši se jen určí začátek a konec, respektive umístění konstrukce a program sám vytvoří kompletní prvek. Navíc lze konstrukcím přiřazovat různé parametry a specifikační informace. Program je tak zaměřený na tvorbu informačních modelů staveb (obrázek 5).



Obrázek 5: Ukázka rozdělení konstrukčních prvků v ArchiCADu, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu ArchiCAD)

*Základní zobrazení na mne zprvu působilo poměrně komplikovaně a méně přehledně, než u konkurenčních nástrojů, které nabízejí mnohdy mnohem více intuitivní prostředí. Část funkcí je zastoupena pouze ikonkami bez popisů. Programy od firmy Autodesk navíc nabízí přímou nápovědu po najetí kurzorem na danou funkci. Během práce jsem si však na tento způsob zvyknul.*

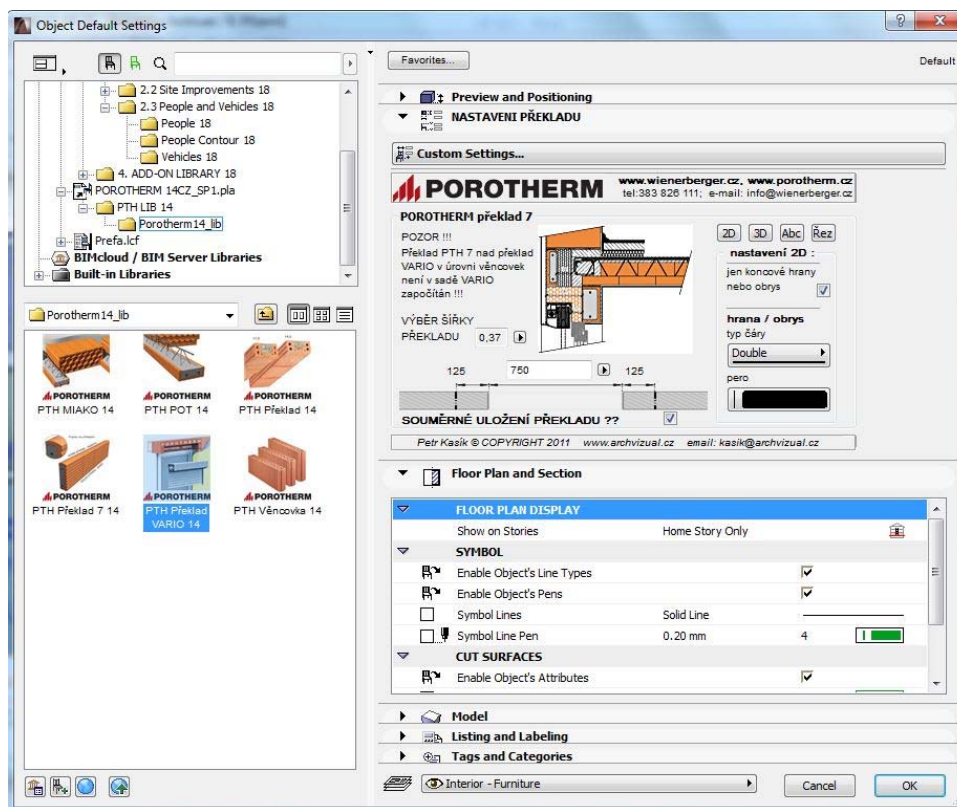
Modelování lze provádět jak v klasickém 2D zobrazení, tak v pokročilém 3D pohledu. Standardním postupem a smyslem uvedeného rozhraní je vykreslení konstrukčních prvků nejdříve v půdorysném průmětu konkrétního podlaží a posléze jejich upravování a kontrolování v trojrozměrném zobrazení. To napomáhá celkové orientaci v projektu. Projektanti ocení automatické generování a úpravu výkresů jakéhokoliv půdorysu, řezu, detailu nebo pohledu. Výkresy lze libovolně tvořit a přiřazovat jim základní hlavičky s různými údaji. ArchiCAD také podporuje zadávání obecných informací, týkajících se projektu. Tyto údaje mohou obsahovat kontakt na projektanta, adresu objektu, světové souřadnice, fázi projektu, informace o dodavateli, investorovi a mnoho dalších.

Při tvorbě rozpočtů lze významně urychlit tvorbu výkazu výměr využitím další funkce ArchiCADu, která umožňuje automatické generování počtu jednotlivých prvků, jejich vlastností a popisů. Jednoduše tak lze vytisknout například tabulku oken, dveří, seznam použitého zdiva s plochou a objemem, soupis veškerých použitých komponent, nebo seznam konstrukčních prvků krovu i s jejich délkami. V každé fázi projektu se výkazy automaticky aktualizují (obrázek 6).

Door Name	Door 18	Door 18	Door 18	Door 18	Door 18
Quantity	1	1	1	1	1
Zone Number	1.01	1.01	1.03	1.03	1.06
W x H Size	1,000x2,100	1,000x2,100	0,900x2,020	0,900x2,020	0,700x1,970
Orientation	L	R	L	R	L
Door sill height	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Door head height	2,100	2,100	2,020	2,020	1,970
2D Symbol					
View from Side Opposite to Opening Side					

Obrázek 6: Ukázka tabulky dveří vygenerované ArchiCADem, zdroj: vlastní tvorba (výstup z programu ArchiCAD)

Hlavní částí při tvorbě prvků je okno *Nástrojová paleta (Toolbox)*, ve kterém se nachází základní nástroje, jako například *stěna, okno, dveře*, atd. Tímto způsobem je umožněno vkládat jednotlivé objekty a postupně z nich skládat celou stavbu. Program disponuje velice rozsáhlou a snadno rozšiřitelnou *knihovnou prvků*. Velké množství výrobců stavebních materiálů a konstrukcí nabízí své výrobky v kompatibilní digitální podobě volně ke stažení (obrázek 7).



Obrázek 7: Ukázka vložení prvků firmy POROTHERM, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu ArchiCAD)

Samotným prvkům je možné upravovat jak základní, tak pokročilé atributy a tím je ve velké míře přizpůsobit projektové dokumentaci. Z hlediska vizualizací je to velice užitečná funkce, jelikož umožňuje velmi rychlou a snadnou úpravu v jakékoli fázi výkresu. Navíc je možné upravovat objekty samostatně. Pokud je třeba hromadné změny, nabízí ArchiCAD další funkci – kopírování vlastností. Pomocí té se dají snadno přenášet vlastnosti mezi prvky.

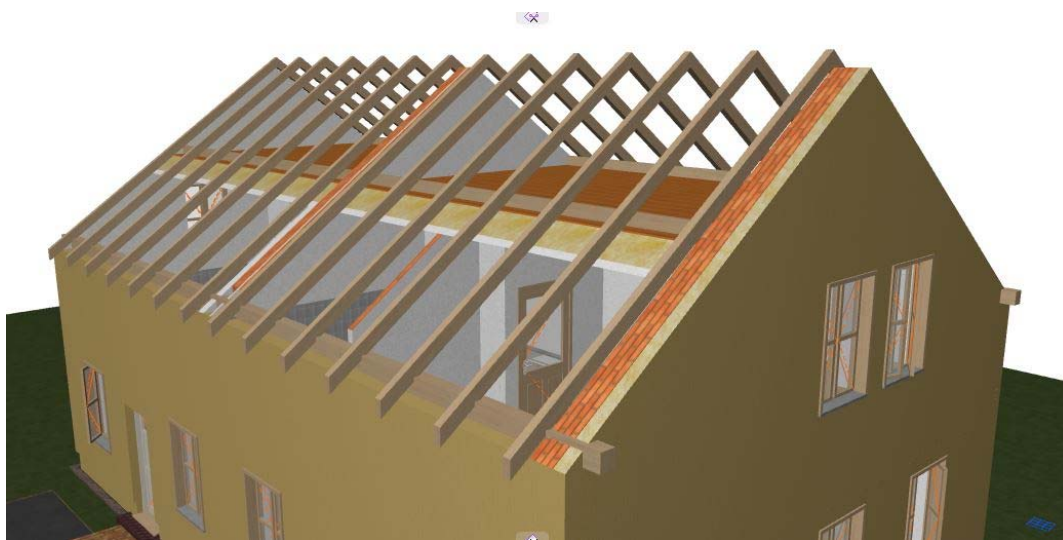
*Možnost úpravy objektů jsem velmi ocenil. Převážně u oken a dveří jsem tuto funkci použil, abych docítil co největší podobnosti s návrhem projektu. Také kreslení stěn bylo velmi pohodlné a nesrovnatelně rychlejší, než například v programu AutoCAD nebo při ručním rýsování.*

Program podporuje systém odděleného kreslení a pohybu ve více výškových úrovních. Na začátku projektu se tak definují výšky podlaží a ArchiCAD již sám vytvoří příslušné půdorysy, ve kterých je pak možné dále kreslit. Zároveň je umístění v rámci podlaží zahrnuto v attributech objektů. Tím je umožněn jednoduchý pohyb a manipulace s objekty ve více patrech.

Užitečná funkce na upravování tvaru již hotových konstrukcí je *Operace s tělesy (Solid element operations)*. Slouží k modifikacím prvku č. 1 (*Target*) ve vztahu k prvku č. 2 (*Operator*). V rámci této funkce se nachází klasické modelovací operace jako: *Sloučení (Addition)*, *Průnik (Intersection)*, *Rozdíl (Subtraction)*. Hlavním přínosem je usnadnění a variabilita úprav při snaze vytvoření modelu, který obsahuje atypické tvary konstrukcí.

Během modelování složitějších konstrukcí je u některých programů možná instalace doplňkových aplikací (*pluginů*). Velmi často jsou tato rozšíření poskytována ve zpoplatněných verzích. Jedna z konstrukcí, která běžně vyžaduje podobné aplikace je konstrukce krovu. ArchiCAD má však podobnou funkci již integrovanou funkcí.

*Tvorba konstrukce krovu je z hlediska správného modelování velmi komplikovaná. ArchiCAD nabízí upřesněnou užitečnou pomocníka „Roof Maker“. V porovnání s dalším zkoumaným programem Revit Architecture byla tvorba krovu intuitivní, rychlá a velmi jednoduchá (obrázek 8).*



Obrázek 8: Ukázka konstrukce krovu, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu ArchiCAD)

## CineRender

ArchiCAD ve verzi 18 disponuje vestavěným renderovacím enginem *CineRender*. Tento softwarový doplněk byl převzat z profesionálního vizualizačního programu *Cinema4D*.

Nastavení tohoto nástroje je velice podrobné a nabízí mnoho možností. Důležité je nejen samotné nastavení renderu, ale také správné definování materiálů ve scéně. K tomu slouží funkce *Povrchy (Surfaces)*. Pokud je potřeba, aby se sklo lesklo, je nutné

nastavit hodnoty parametru *Odrazivosti (Reflections)* tak, aby vyhovovaly požadavkům. Tato funkce je ekvivalentem *Material Editoru*, který se často používá v mnoha grafických softwarech.

V samotném nastavení se po zaškrtnutí *Detailní nastavení (Detailed settings)* otevírá spousta prostoru pro úpravy scény a výsledného renderu. Jsou to úpravy osvětlení, stínů, okolí scény, různé efekty (viněta, hloubka pole, deformace čočky fotoaparátu, odrazy), velice důležitého globálního osvětlení a dalších parametrů.

Výhodou je možnost využít malé okénko náhledu (*Preview*), které po kliknutí okamžitě renderuje zmenšenou verzi scény. To značně urychluje, jinak zdlouhavé nastavování všech parametrů.

Zajímavou funkcí je volba rozměrů renderu. Jako jeden z mála renderovacích programů umožňuje export do velikostí výkresových formátů. Lze tu tedy najít, kromě klasických rozlišení v pixelech (od 160x120 po 1680x1050) i velikosti papírů jako A4, A3, až do velikostí A0, B0.

*Zprvu se mi zdál CineRender nepřehledný a špatně ovladatelný. Obsahuje totiž stejné nastavení, jako ostatní programy, ale všechny nabídky jsou strukturovány úrovnově. Atributy jsou tak hůře dosažitelné a v některých případech není jasné, jak se vlastně dá konkrétní atribut upravovat. Během práce jsem si však na toto zobrazení zvyknul, tudíž práce s nastavováním již nebyla tak náročná. Při nastavování scény jsem velice ocenil ono zmiňované okénko náhledu.*

#### **2.2.2.2 Revit**

- Vývojář: *Autodesk, Inc.*
- Verze: 2015
- Cena plné verze: 167 008,- Kč, bez DPH [12]

První verze programu *Revit* byla vydána v roce 2000 americkou firmou *Revit Technology Corporation* (dříve *Charles River Software*) [13]. Smyslem tohoto nástroje bylo usnadnění a zefektivnění práce při projektování staveb. Již od počátků se vývojáři zaměřovali hlavně na návrh a dokumentaci budov pomocí trojrozměrných, parametrických modelů, které měly obsahovat informace geometrického i negeometrického typu. Tímto se *Revit* stal jedním z nejpoužívanějších nástrojů pro BIM projektování. V roce 2002 koupila program firma *Autodesk* a udělala z něj svůj hlavní nástroj pro BIM [13]. Zároveň je také zajištěna podpora formátu IFC a zahrnutí

do portfolia, které umožňuje využití výstupů i dalších produktech společnosti Autodesk, jako je například: *Quantity Takeoff* nebo *NavisWorks Manage*, které je možné využít, mimo jiné pro rychlou a přehlednou tvorbu výkazů výměr, nebo podrobných animací výstavby.

Do verze 2013 byl program rozdělen do několika nástrojů podle oborů projektování. V každém dalším vydání jsou už všechny tyto funkce zahrnuty: [14]

- *Revit Architecture* – pro tvorbu projektové dokumentace
- *Revit Structural* – pro statiky - návrh stavebních konstrukcí
- *Revit MEP* – pro návrh systémů TZB

Prostředí Revitu 2015 je řešeno klasickým vzhledem, který Autodesk používá ve svých programech (známým hlavně z novějších verzí *AutoCADu*). Veškeré funkce jsou na kartách zastoupeny poměrně velkými ikonami s názvy. Při najetí kurzorem myši se pak zobrazí okno se stručnou nápovědou k dané funkci. Karty, záložky a jednotlivé nástroje je možné libovolně upravovat. Program obsahuje jak klasické nástroje k modelování stavebních konstrukcí, tak nástroje k tvorbě systémů. Lze tak modelovat rozvody potrubí, elektroinstalace nebo vzduchotechniku.

Model je možné analyzovat z hlediska statiky nebo využít detekce kolizí. Jedná se už o velmi pokročilé a složité nástroje používané při BIM projektování. Detekce kolizí je využívána například pro zjištění, zda navržené systémy TZB nezasahují do konstrukcí. Tímto lze snadno předejít mnohým problémům nebo předělávání projektu a ušetřit tak finance.

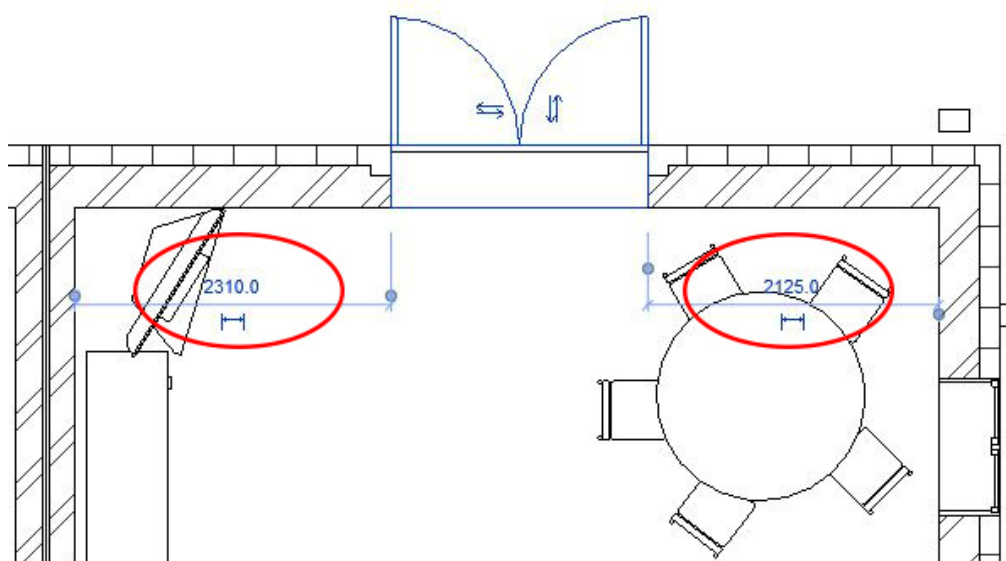
Revit, podobně jako konkurenční ArchiCAD, využívá výhod parametrického modelování. Kromě vkládání nadefinovaných konstrukcí tak lze určit i vazby mezi nimi. V praxi to tedy znamená, že při vykreslení dvou stěn, které se půdorysně překrývají, program automaticky stěny spojí a v místě překrytí vytvoří jednu konstrukci. Nespojí však stěny v jeden celek, tudíž zachovává možnost je nezávisle na sobě upravovat. To se kladně promítá při automaticky generovaných výkazech výměr a výkresech. Tento princip je oproti klasickému rýsování (ruční, AutoCAD, ...) velikým pomocníkem. Oproti ArchiCADu je však tvorba vazeb značně zautomatizována. V ArchiCADu se při spojování bere v ohled priorit materiálů. Takže je v podstatě možné upravit materiál příčku tak, aby měla vyšší prioritu a automaticky se prodloužila a přerušila obvodovou



zed'. To ale z technologického hlediska není příliš žádoucí. Revit nic takového neřeší, čímž ve většině případů značně usnadňuje modelování.

*Při modelování v Revitu jsem byl spojováním svislých konstrukcí velmi příjemně překvapen. Stačilo jen nakreslit příčku až k obvodové zdi a program již všechno zařídil. Předchozí vazby v podání ArchiCADu jsou až moc komplikované, byť zajisté nabízejí větší variabilitu při řešení atypických konstrukcí.*

Velmi dobře je řešeno zadávání počátečních bodů při kreslení konstrukcí. Program sám uživateli vizuálně nabídne umístění konstrukce ve vzdálenosti od jiného, již nakresleného prvku (obrázek 9). Automaticky preferuje obvodové zdivo. Celkově se tak zrychluje kreslení příček, dveří, oken a dalších objektů. Zároveň lze tyto hodnoty měnit u již nakresleného prvku a upravovat referenční body, od kterých se měří vzdálenosti. Tyto změny se následně projevují v modelu a ve všech výkresech půdorysů, řezů, detailů, atd.



Obrázek 9: Ukázka nastavení umístění dveří v Revitu, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu Revit)

Zobrazení půdorysů, pohledů a řezů je v Revitu řešeno prakticky totožně, jako v ArchiCADu. Oproti němu navíc automaticky vytváří výkresy stropů. To může být velice užitečné při návrhu stropní konstrukce. Z hlediska vizualizací se tato funkce skvěle doplňuje s dalším užitečným nástrojem. Tím je funkce *Malba*. Ta uživateli umožňuje velice jednoduché, rychlé a intuitivní vizuální změny povrchů. Stačí jen vybrat povrch a pomocí *Malby* definovat jeho vnější vzhled. To vše bez nutnosti změny povrchu jako takového. Výběr lze provádět z vestavěné knihovny, kde je možné najít

základní typy materiálů, standardně používaných ve stavebnictví. Materiály neobsahují pouze textury a grafické vlastnosti, ale často jsou u nich uvedeny informace, týkající se jejich fyzikálních nebo tepelných vlastností (pevnost, hustota, tepelná vodivost, měrné teplo, atd.) (obrázek 10).

Identita	Vzhled	Fyzikální	Tepelné
Beton 20 MPa			
<b>▼ Informace</b>			
Název	Beton 20 MPa		
Popis	Beton f'c = 20 MPa		
Klíčová slova	konstrukční, beton		
Typ	Beton		
Podtřída	Standardní		
Zdroj	Autodesk		
URL zdroje			
<b>▼ Základní tepelné</b>			
Koeficient tepelné roztažnosti	0,00001 inv. °C		
<b>▼ Mechanické</b>			
Chování	Izotropní		
Youngův modul	20 500,0 MPa		
Poissonova konstanta	0,20		
Modul pružnosti ve smyku	10 300,0 MPa		
Hustota	2 406,45 kg/m <sup>3</sup>		
<b>▼ Beton</b>			
Zhutnění betonu	20,0 MPa		
Úprava pevnosti ve smyku	1,00		
	<input type="checkbox"/> Lehké		
Mez pružnosti	2,0 MPa		
Pevnost v tahu	2,0 MPa		

Obrázek 10: Ukázka fyzikálních vlastností materiálu v Revitu, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu Revit)

Dalším, velmi kvalitně zpracovaným nástrojem, je funkce *Schodiště*. Zadáním základních půdorysných rozměrů a tvarů je tak možné vytvořit téměř libovolné schodiště. Poté se upravují další parametry, jako výška a šířka stupňů, umístění výstupní čáry, orientace schodiště, styl točení, připojení na patro nebo relativní horní výška, atd. Dalším samostatným nástrojem je pak jednoduše řešeno zábradlí.

*Na tvorbě schodiště v Revitu se mi líbila její variabilita. Byl jsem tak schopen vymodelovat schodiště, které téměř přesně odpovídalo projektové dokumentaci. V konkurenčním ArchiCADu jsem se bohužel na tuto úroveň nedostal.*

Vkládání prvků, jako jsou dveře, okna, nábytek, a mnohé další, je v Revitu řešeno *rodinami*. Jedná se o parametrické komponenty, které si může uživatel libovolně upravovat přímo v prostředí Revitu. Software zahrnuje základní knihovnou rodin, ke



keré lze libovolně stahovat další. Jistou nevýhodou však je minimální možnost nastavení pomocí samotných parametrů. Konkurenční ArchiCAD umožňuje měnit vlastnosti v jednoduchém prostředí pomocí několika hodnot. V Revitu je nutné prvky upravovat ručně.

*„Parametrické komponenty mohou představovat libovolné prvky od jednotlivých dílců po sestavy vybavení interiérů jako např. kancelářského nábytku stejně jako pro vytváření uživatelských prvků stěn a sloupů. Tyto prvky lze vytvářet s malým množstvím detailů i vysoce propracovanými podrobnostmi prvků - přesně podle požadavku projektanta.“ [15]*

*Úpravy rodnin v Revitu mne velice zklamaly. Z hlediska tvorby vizualizací jsem uvítal možnost téměř kompletní přeměny prvků. Samotné úpravy jsou však celkem komplikované a zdouhavé. Při opakovaných změnách se tak práce na projektu značně prodlužuje. Například korektní tvorba překladů je poměrně náročná a z hlediska tvorby vizualizací až neekonomická. Nepřišel jsem na způsob jednoduchého vkládání překladů, jako tomu bylo v ArchiCADu.*

Revit je možno rozšiřovat *zásuvnými moduly (pluginy)*. Některé jsou zdarma, u jiných je stažení zpoplatněno. Těmito *pluginy* je možné vytvářet konstrukce, počítat nebo například analyzovat konstrukci. Některá tato rozšíření také umožňují nahrávat a přidávat objekty z webových serverů. Jedním z nich je *BIMobjekt*.

### **Mental Ray**

Renderovacím enginem Revitu je *Mental Ray* od firmy *NVIDIA* (původně vyvinut německou firmou *Mental Images*). Je využíván i dalšími grafickými programy, jako například: *Autodesk Maya*, *3D Studio Max* nebo *AutoCAD* [16].

V programu Revit je možné automaticky nastavovat kvalitu výstupu, osvětlení a pozadí scény, rozlišení a základní grafické vlastnosti obrazu (expozice, zvýraznění, střední tóny, stíny, nasycení a bílý bod). *Mental Ray* všechny tyto informace vyhodnotí a vyrenderuje zvolenou scénu s objekty a materiály, které jsou v ní definovány.

Definování pozadí scény nabízí automaticky generovanou oblohu s nastavitelným počtem mraků. Nebo je možné nastavit jako pozadí pouze barvu či obrázek. Osvětlení je rozděleno na styly podle toho, kde se scéna nachází a jaké zdroje světla obsahuje. Uživatel tedy může použít automatické nastavení osvětlení pro exteriér nebo interiér s osluněním, umělým osvětlením, nebo obojím zároveň. Kvalitu výstupu lze opět

nastavit na předvolené stupnici (nízké, střední, vysoké a nejlepší), nebo lze jednotlivé parametry nastavit ručně (přesnost obrázku – tzv. *antialiasing*, odrazy, průsvitnosti, stíny a nepřímé osvětlení). Vyrenderované obrázky je možné uložit do projektu nebo je exportovat na disk do grafických formátů JPEG, BMP, PNG a TIFF.

### 2.2.2.3 SketchUp

- Vývojář: *Trimble Navigation, Ltd.*
- Verze: 2015
- Cena plné verze: 14 300,- Kč, bez DPH [17]

V srpnu roku 2000 představila americká firma *Last Software* první verzi programu SketchUp [18]. Software byl prezentován jako velice jednoduchý a snadno ovladatelný nástroj pro tvorbu 3D modelů. Hlavní myšlenkou autorů bylo co možná největší přiblížení klasické práci s tužkou a papírem. SketchUp sklidil úspěch již na své první předváděcí akci, kde získal ocenění *Community Choice Award* [18]. V roce 2003 pak získal *U. S. Patent 6,628,279*, díky jeho technologii „*Push/Pull*“ [18]. O tři roky později byla firma odkoupena společností *Google*. Programu, co do jeho popularity, změna ohromně prospěla. Zakomponováním svých nových funkcí a následným vypuštěním betaverze *Google SketchUp*, nastartovala firma celosvětový boom [18]. Současný vývojář, *Trimble Navigation*, odkoupil program v roce 2012 a v současnosti podporuje jeho rozvoj [18].

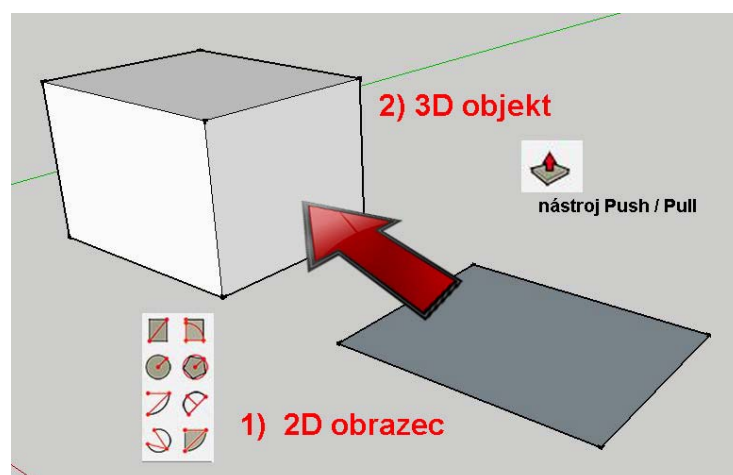
Na rozdíl od prvních dvou zkoumaných programů nepracuje SketchUp přímo s informačními modely a nemá konkrétní zaměření. Je však možné importovat modely v IFC formátu. V poslední době se objevují různá BIM rozšíření, která mohou usnadnit modelování pomocí parametrického zadávání atributů některých objektů. Většinou jsou ale ve fázi vývoje, tudíž je jejich využití zatím značně omezené. Díky variabilitě programu však můžeme očekávat postupné zlepšování podpory BIM projektování.

Velice často tak SketchUp slouží pouze jako pomůcka pro zlepšení orientace a pro demonstrování či předvedení navrhovaného objektu v konceptuální fázi. V dnešní době je využíván mnoha profesemi: architektky, strojaři, designéry, atd.

Zásadní výhodou programu je jeho snadné ovládání. Základní uživatelské rozhraní je už od prvních verzí řešeno velice jednoduše. Nástroje jsou zastoupeny ikonkami, a po najetí kurzorem následně doplněny stručným popisem. SketchUp je tak velice dobře pochopitelný a jeho ovládání je natolik svižné a přirozené, že je mezi designéry používán i jen jako rychlý skicář a prohlížeč modelů.

Znatelným rozdílem, oproti porovnávaným programům, je absence výkresových rozhraní. SketchUp pracuje pouze v jednom prostředí, a to ve 3D pohledu – perspektivě. Nelze se tedy pohybovat mezi výkresy jednotlivých podlaží nebo řezů. Rýsování a modelování se tak provádí pouze v jednom pohledu. To ovšem neznamená, že by nebylo možné tvořit 2D výkresy. Společně s verzí Pro je zpřístupněna aplikace *LayOut* na tvorbu a tisk výkresů přímo ze SketchUp modelů. Pomocí *LayOut* může uživatel přidávat šrafy, popisky nebo tabulky a následně vše použít při velkoformátovém tisku vysoké kvality.

Hlavním způsobem tvorby objektů je 2 ½D modelování (viz. kapitola 2.3.1) a již zmíněná funkce *Push/Pull*. V praxi tak lze, pomocí této unikátní metody, nakreslit 2D obrazec (obdélník) a poté ho „vytáhnout“ přes *Push/Pull* do určité výšky a vytvořit tak kvádr (obrázek 11). Stejným způsobem je možné vytvářet otvory do stěn, nebo upravovat jejich tvar.



Obrázek 11: Ukázka 2 ½ D modelování ve SketchUpu, zdroj: vlastní tvorba s využitím prostředí programu SketchUp

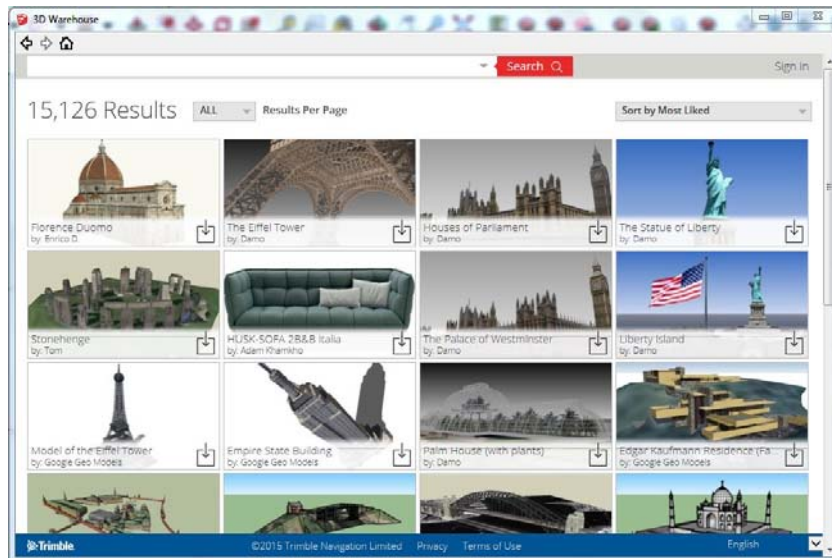
SketchUp obsahuje mnoho dalších funkcí, které umožňují kreslení ve 2D nebo modelování ve 3D. Například nástroj *Scale* umožňuje jednoduše zvětšit nebo zmenšit objekt ve všech směrech, a to i diagonálně, kdy zachovává poměr stran. I přes svou jednoduchost tak SketchUp nabízí téměř neomezené možnosti vytváření a úpravy modelů a tím se maximálně přiblížit navrženému vzhledu. Tvorba komplikovanějších objektů však může být zdlouhavější a složitější, než u programů, jako je ArchiCAD nebo Revit.

*SketchUp se mi z hlediska možností modelování velice zamlouvá. Umožňuje uživateli prakticky jakoukoliv úpravu objektu. Avšak například při modelování dveří a oken, jsem shledal tuto technologii pomalou a komplikovanou. V předchozích programech (hlavně pak v ArchiCADu) stačilo vložit objekt a změnit několik parametrů. SketchUp podporuje pouze manuální a intuitivní úpravy.*

Výhodou však je tvorba skupin a tzv. *komponent*, kdy lze jakýkoliv vymodelovaný objekt definovat jako komponentu, uzavřít ho a následně jej libovolně kopírovat. Při jakékoliv změně se stejným způsobem upraví i ostatní objekty, které nesou označení té samé komponenty. U uzavřených skupin pak SketchUp uvádí některé z jejich vlastností. Nejužitečnější bývá objem skupiny. Tuto informaci lze do jisté míry využít například při počítání výkazu výměr.

Přiřazování materiálů je ve SketchUpu přímo zajištěna nástrojem *Paint Bucket*. Tato funkce funguje na stejném principu, jako tomu bylo u Revitu. Disponuje však pomocnými klávesovými zkratkami, které umožňují rychlejší barvení více ploch najednou. Uživatel tedy místo postupného klikání na jednotlivé plochy stiskne kombinaci kláves SHIFT a CTRL a označí pouze jednu plochu. Výsledkem může být nabarvení všech ploch, nebo jen těch, které jsou navzájem spojené. SketchUp nabízí základní verzi knihovny materiálů. Oproti ostatním srovnávaným programům je však poměrně malá.

Zajímavé je propojení SketchUp s online knihovnou *3D Warehouse*. Do této databáze lze volně nahrávat a stahovat jakékoliv vytvořené modely. Uživatelé z celého světa se tak mohou podělit o své výtvořky a často si tak ušetřit čas při dlouhém modelování objektů. (obrázek 12) Podobně jako 3D Warehouse funguje i databáze *Extension Warehouse*, díky které je možné rozšiřovat SketchUp o další, mnohdy pokročilé nástroje (podobně jako pluginy u Revitu). Velmi často používaným rozšířením je *1001bit Tools*, které nabízí mnoho nástrojů pro modelování a navrhování stavebních konstrukcí (tvorba střechy, schodišť, pilířů, atd.). Součástí SketchUpu je konzole, která umožňuje uživatelům vytvářet rozšíření pomocí speciálního programovacího jazyka *Ruby*. Vytvořené nástroje pak mohou sdílet pomocí *Extension Warehouse*.



Obrázek 12: Ukázka databáze 3D Warehouse, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu SketchUp)

Další užitečnou funkcí je *Sandbox*. Tento nástroj umožňuje jednoduchou tvorbu terénu. Zvláštním prvkem však je možnost vytvoření terénu z předem nahraných vrstevnic (*Contours*). Nabízí však také individuální úpravy, kdy uživatel může pomocí několika nástrojů upravovat programem vytvořenou síť (*Scratch*) a tím vytvořit téměř jakýkoliv tvar terénu.

Propojení na Google ve SketchUpu zůstalo i po odkoupení společností Trimble. Modeláři tak mohou nahrávat své modely na server Googlu, přiřazovat jim informace o lokalitě nebo okolí a následně si je prohlížet v aplikaci *Google Earth*. V rámci této podpory je také možné přidávat textury z fotografií, které Google poskytuje prostřednictvím svého nástroje *Street View*.

SketchUp je velice často používán pro svou kompatibilitu a schopnost importovat a exportovat celou škálu datových formátů. Dokáže načíst jak rastrovou a vektorovou 2D grafiku (formáty JPG, DWG, PNG, dokonce i PSD – formát *Photoshopu*), tak komplexní 3D modely v nejpoužívanějších formátech (3DS, DWG, DAE nebo DEM). Podporuje také import zmiňovaných IFC formátů. Při exportování souborů nabízí SketchUp ještě větší výběr formátů, jak pro 2D, tak 3D formu.

*Funkci exportu ze SketchUpu jsem použil pro následnou tvorbu vizualizací v programu Lumion 3D. Při několika exportech jsem zaznamenal nedokonalosti ve struktuře modelu. S největší pravděpodobností tak dochází ke ztrátové kompresi. Použitím vhodných metod a správného nastavení bylo však možné tyto nedostatky eliminovat. Je pravděpodobné, že se tento jev bude vyskytovat i u jiných programů.*

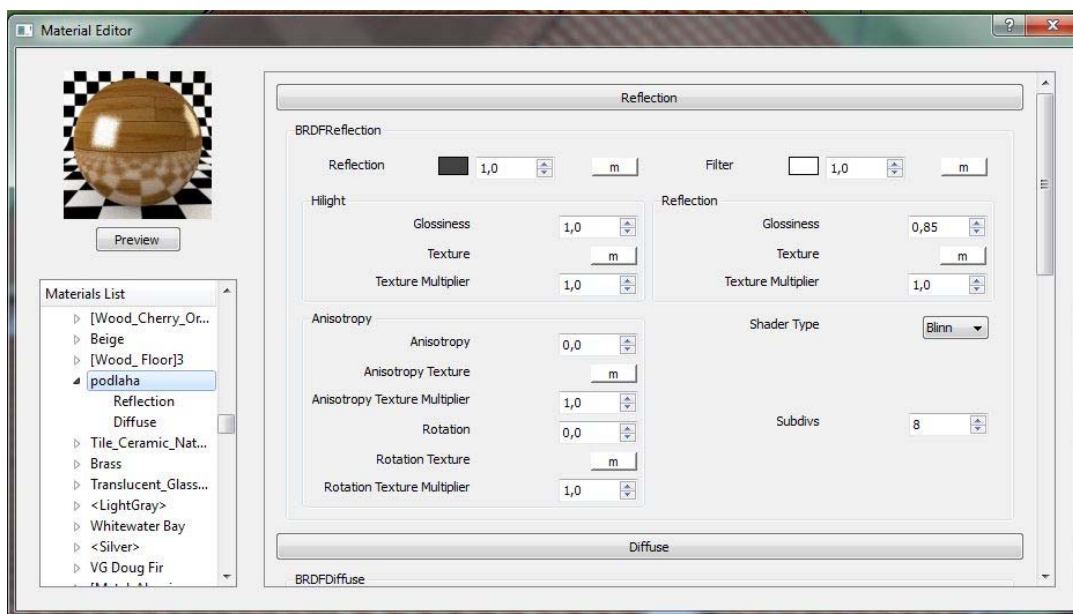
SketchUp je ve své podstatě velice nenáročný program, který nevyžaduje vysoký výpočetní výkon. Pokud se ale v modelu vyskytuje velké množství ploch, textur nebo stínů, plynulost programu rapidně klesá. Nástroje, zkoumané v předchozích kapitolách - Revit a ArchiCAD, takovým neduhem netrpí, neboť jsou programovány na daleko větší a komplikovanější typy modelů, než SketchUp.

#### **2.2.2.4 V-Ray for SketchUp**

- Vývojář: *Chaos Group*
- Verze: 1.49.01
- Cena plné verze (2.0): 15 940,- Kč, bez DPH [17]

Jedním z nejpoužívanějších nástrojů pro tvorbu fotorealistických vizualizací je bezpochyby *V-Ray* od bulharské firmy *Chaos Software Ltd.* Společnost vyvíjí moduly pro tvorbu vizualizací do různých grafických programů. Nejznámějšími jsou: *3DsMax*, *Maya*, *Rhinoceros*, *Blender* a *SketchUp*. Na rozdíl od ArchiCADu a Revitu, nemá SketchUp vlastní vestavěný renderovací engine. Vizualizace se tak tvoří za pomoci doplňkových aplikací, nebo exportem do samostatného vizualizačního programu. Tato kapitola je zaměřena na plugin *V-Ray for SketchUp*.

Prvním krokem k vytvoření co nejrealističtějšího obrazu ze SketchUp modelu je správné definování použitých materiálů. Nejprve se „nabarví“ plocha pomocí SketchUp funkce *Paint Bucket* a posléze se přes *V-Ray* editor upravuje. Ten nabízí podrobné nastavení vlastností materiálu v rámci čtyř hlavních atributů (v rozhraní programu jsou označeny jako hladiny – „*layers*“): Vyzařování – „*Emissive*“, Odrazivost – „*Reflection*“, Rozptýlená barva – „*Diffuse*“ a Lom světla – „*Refraction*“. Vytvořením těchto čtyř záložek v editoru materiálů *V-Ray* se otevírá mnoho možností úpravy vlastností materiálu. V této fázi se tak odlišuje matný dřevěný povrch podlahy od lesklého kovu příborů nebo průhledné, ale odrazivé skleněné výplně oken. Veškeré změny materiálu je možné sledovat přímo v náhledovém okně editoru (obrázek 13).



Obrázek 13: Ukázka editoru materiálů V-Ray for SketchUp, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu V-Ray for SketchUp)

Vzhledem k možnosti ukládání materiálů do souborů, postupně vznikaly celé knihovny materiálů, které začali uživatelé po celém světě poskytovat ke stažení. Některé jsou zdarma, jiné zpoplatněny. Obsáhlejší knihovny mohou zabírat až několik gigabajtů na disku. Výhodou je ale snadná aplikace. V editoru materiálů lze jednoduše aplikovat materiál, který máme uložený v počítači.

Druhým a nejdůležitějším krokem je nastavení scény a hlavně jejího osvětlení. Tento krok je klíčovým k dosažení co nejlepších výstupů. Nastavuje se tu osvětlení, vlastnosti kamery, vlastnosti stínů, hloubka podrobností, rozlišení výstupu a spousta dalších faktorů. Na tomto místě se hojně používá metoda osvětlení pomocí speciálních HDRI obrazů. Zpravidla se jedná o bitmapy, které ve své sférické podobě tvoří pozadí modelu, a dá se jimi osvětlovat celá scéna.

V první fázi se většinou nastavení uzpůsobuje tak, aby bylo renderování rychlé a uživatel mohl rychle za sebou kontrolovat změny v osvětlení. Pokud je s výsledkem spokojen, nastavuje stejným způsobem i další atributy. Ve finále nastaví rozlišení na požadovanou hodnotu a nechá V-Ray renderovat.

Časy renderování závisí na podrobnosti scény, na použitých materiálech a hlavně na jejím nastavení. Pokud je například použito hodně lesklých materiálů a tím i hodně odrazů světla, bude výpočet trvat výrazně déle než u scén bez lesklých povrchů.

Posledním krokem je částečná grafická úprava výstupu a jeho uložení na disk. V-Ray nabízí základní grafické operace, kterými lze do jisté míry render vzhledově

vylepšit. U vizualizací z V-Raye se však zpravidla používá následná celková úprava (*post-processing*) v dalších grafických programech (např. *Photoshop*). Export obrázku je možný do velkého množství formátů. Často se využívá formát PNG, který umožňuje dodatečné přidání pozadí, protože pracuje s tzv. *alfa kanály*, které zaručují průhlednost původního, nespecifikovaného pozadí.

### **2.2.2.5 Lumion 3D**

- Vývojář: *Act-3D B.V.*
- Verze: 5.0
- Cena plné verze: 2 999 € (cca 82 068,- Kč<sup>6</sup>), bez DPH [19]

Do této bakalářské práce byl *Lumion 3D* vybrán jako zástupce samostatné aplikace na tvorbu vizualizací. Je produktem holandské firmy *Act-3D B.V.* a je používán hlavně v architektuře, krajinářské tvorbě, zahradní architektuře a designu obecně.

*Lumion* byl vyvinut pro tvorbu fotorealistických vizualizací a videosekvencí. Od ostatních programů se liší tím, že zatěžuje hlavně procesor grafické karty. Výše zmíněné programy řídí převážně procesor počítače. Tato vlastnost může tak výrazně urychlit práci s programem.

*Během práce s Lumionem jsem musel pracovat s maximálně sníženými detaily. Na vině je slabá grafická karta v mém počítači.. Práce tak nebyla plynulá. Avšak při samotném renderování byl Lumion vskutku mnohonásobně rychlejší než ostatní programy. Je to také jediný program, který mi umožnil kvalitně zpracovat velmi podrobné objekty, jakými jsou například stromy, keře nebo stébla trávy.*

Program se vyznačuje unikátním uživatelským prostředím, které se blíží spíše počítačovému hrám, než standardním grafickým programům. Uživatel se v modelu pohybuje pomocí klávesnice a doslova létá nad povrchem. To je jeden z důvodů, proč se *Lumion* využívá hlavně pro vizualizace exteriérových scén. Pomocí několika málo ikon může uživatel nahrávat objekty z poměrně rozsáhlé knihovny. Vložené modely jsou zpravidla kvalitně zpracovány, avšak jejich počet není tak rozsáhlý, jak by většina projektů vyžadovala.

---

<sup>6</sup> Pro přepočítání byl použit kurz 1 € = 27,365 Kč, dle ČNB ke dni 4. 5. 2015.



Hlavní výhodou tohoto nástroje je práce v reálném zobrazení renderu. To znamená, že uživatel se pohybuje v modelu a při tom může pozorovat, jak bude zhruba vypadat výsledná vizualizace. Snaha vývojářů je minimalizovat potřeby *post-processingu*. Lumion je tak vybaven poměrně pokročilými grafickými úpravami konečného výstupu, jako například zakřivení obrazu, změna perspektivy, úprava expozice, sytosti, a další.

Pohyb ve scéně v reálném čase znamená, že si uživatel může intuitivně nastavit, jakou podobu budou mít stíny, osvětlení, obloha s mraky nebo zda se scéna bude odehrávat ve dne nebo v noci. Navíc je spousta prvků z knihovny animována a ozvučena, což zvyšuje působivost animací. Unikátní funkcí je pak vytvoření plně animované trávy s možností změny jejich parametrů, jako jsou: délka stébla, hustota porostu, rozmístění a velikost kamenů nebo menších rostlin.

*Pohyb uvnitř objektů se mi v podání Lumionu vůbec nezamlouval. Ovládání je přizpůsobeno létání nad povrchem a snímání scén s větším záběrem. Takový styl je pro pohyb v interiérech dle mého názoru nevhodný. I přesto lze vytvořit poměrně slušné vizualizace interiérových scén. Většinou je však potřeba dodatečného importu objektů, kvůli menší knihovně.*

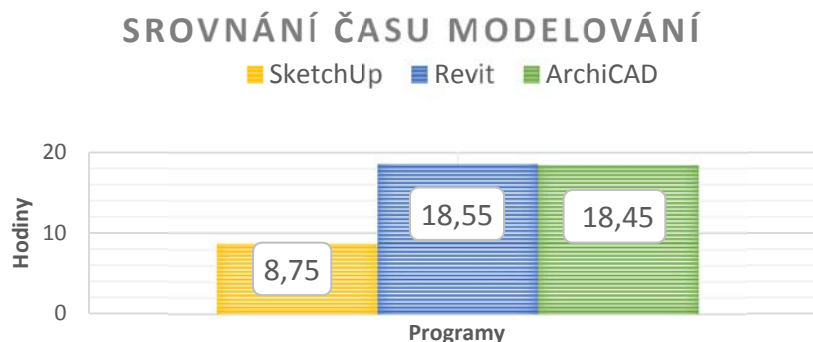
Co se týče materiálů, je Lumion vybaven svojí vlastní knihovnou. Ta však není tak obsáhlá jako u předchozích programů a hlavně ji nelze rozšiřovat. Pokud uživatel nenajde v knihovně požadovaný materiál, je nucen si ho vytvořit sám. Vlastností, kterými se nový materiál definuje, však není mnoho. Lumion nenabízí žádný nástroj na nanášení barev. Vše se upravuje pouze přes vlastnosti objektů

*Materiály jsou v Lumionu řešeny poněkud nešťastně. Při importování modelu je nutno mít všechny potřebné plochy již nabarvené. Lumion je potom pouze načte a uživatel je může zaměnit za materiály z vestavěné knihovny. Bohužel jsem narazil na problém při importu ze SketchUpu, kdy některé materiály byly z jedné strany průhledné (což neměly být). Samotný vzhled materiálů je ale velmi kvalitní.*

V praxi se tedy Lumion využívá jako doplněk k již vytvořeným modelům. Je možné do něj nahrát soubory z většiny grafických programů. Přímou podporu mají formáty DAE, SKP (SketchUp), DWG, 3DS nebo OBJ. Podporovanými programy jsou například: SketchUp, ArchiCAD, Revit, AutoCAD, Maya nebo 3DS Max. Jako export lze zvolit statický obrázek s rozlišením až 33.2 Mpx (7680×4320) nebo video v rozlišení 1440p (2560×1440).

### 2.2.3 Srovnání programů

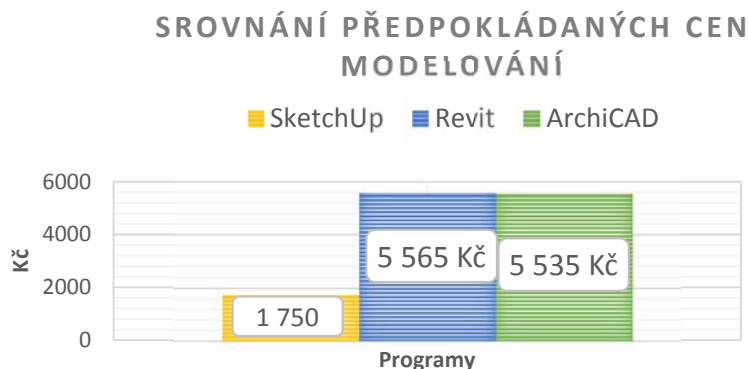
Během modelování byl zaznamenáván čas práce v jednotlivých programech. Srovnání se týká pouze tvorby modelu projektu, zvoleného pro potřeby této bakalářské práce. Celkový čas strávený modelováním byl zhruba 45 hodin a 45 minut. Porovnání časové náročnosti v programech ArchiCAD, Revit a SketchUp (graf 2):



Graf 2: Srovnání časů modelování, zdroj: vlastní tvorba

Na základě časové náročnosti byly stanoveny orientační hodinové sazby práce v modelovacích programech. Výsledné ceny modelů byly mezi sebou porovnány:






- SketchUp: 200 Kč/h
- ArchiCAD: 300 Kč/h
- Revit: 300 Kč/h



Graf 3: Srovnání předpokládaných cen modelování, zdroj: vlastní tvorba

Celkové srovnání nástrojů bylo zaznamenáno v jednoduché tabulce (tabulka 6). Srovnávány byly pouze některé funkce. Vlastnosti programů byly krátce okomentovány.

Tabulka 6: Srovnání základních vlastností porovnávaných programů, zdroj: vlastní tvorba

<b>Srovnání programů na tvorbu modelů a vizualizací.</b>					
<b>Název</b>	<b>ArchiCAD 18</b>	<b>Revit 2015</b>	<b>SketchUp 2015</b>	<b>V-Ray for Sketchup</b>	<b>Lumion 3D</b>
<b>Logo</b>					
<b>Cena plné verze (Kč bez DPH)</b>	138 800,-	167 008,-	14 300,-	15 940,-	82 068,-
<b>Vývojář</b>	Graphisoft SE	Autodesk, Inc.	Trimble Navigation, Ltd.	Chaos Software, Ltd.	Act-3D B.V.
<b>Země sídla vývojáře</b>	Maďarsko	USA	USA	Bulharsko	Nizozemí
<b>Typ softwaru</b>	CAD/BIM nástroj	CAD/BIM nástroj	3D modelář	Plugin na tvorbu vizualizací.	Tvorba vizualizací a scén.
<b>Zaměření</b>	Projektování staveb, architektura, systémy TZB.	Projektování staveb, architektura, systémy TZB.	Obecný design.	Bez zaměření	Architektura, design, krajinářská tvorba a zahradní architektura.
<b>Tvorba 2D</b>	Plná podpora CAD. Tvorba profesionálních výkresů	Plná podpora CAD. Tvorba profesionálních výkresů	Částečná podpora. Tvorba podpůrné 2D dokumentace.	Pouze součástí importu.	Pouze součástí importu.
<b>Tvorba 3D</b>	Parametrická. Generování z 2D prostředí.	Parametrická. Generování z 2D prostředí.	Plná podpora. Tvorba libovolných objektů.	-	Pouze vkládání a upravování již hotových modelů.
<b>BIM</b>	Plná podpora BIM projektování a práce více profesí.	Plná podpora BIM projektování a práce více profesí.	Import IFC souborů. Velmi omezená podpora BIM pluginů.	-	-
<b>Podpůrné exporty</b>	Tabulka oken, dveří, objektů. Výkazy materiálů. Animace.	Tabulka oken, dveří, objektů. Výkazy materiálů. Animace.	Jednoduché animace.	-	Velmi kvalitní videosekvence. Možnost animace objektů.
<b>Kvalita renderů obecně</b>	Vyšší kvalita. Vhodný post-processing.	Vyšší kvalita. Vhodný post-processing	Potřeba externích aplikací, či pluginů. Pouze jednoduchý výstup.	Velmi vysoká. Nutný post-processing.	Velmi vysoká kvalita, bez nutnosti následných úprav.
<b>Rendery interiéru</b>	Složitější nastavení. Kvalitní výstupy.	Složitější nastavení. Kvalitní výstupy.	Bez renderování, pouze jednoduchý výstup.	Velmi kvalitní. Dobrá práce s osvětlením.	Špatná manipulace. Nevhodný.
<b>Rendery exteriéru</b>	Složitější nastavení. Kvalitní výstupy.	Složitější nastavení. Průměrné výstupy.	Bez renderování, pouze jednoduchý výstup.	Kvalitní výstupy. Složitější nastavení.	Velmi vysoká kvalita. Skvělá manipulace. Mnoho možností nastavení scény.

## 2.2.4 Anketa

V rámci průzkumu veřejnosti byla zpracována anketa, která byla zaměřena na porovnání výstupů zkoumaných programů. Za tímto účelem byly vytvořeny reprezentativní vizualizace objektu. Byl kladen důraz na vynaložení stejného úsilí na přípravu a úpravu renderů ve všech programech. Tím by měla být zajištěna co největší objektivita výsledků.

Průzkum sestával ze dvou anket pro dvě různé cílové skupiny s odlišnými otázkami. V anketách byl od každého softwaru použit jeden render scény interiéru a druhý zachycující exteriér objektu. Pro objektivitu hodnocení bylo nutné ponechat vizualizace bez konečných úprav. Tedy využít pouze konkrétní program a jeho nástroje. Cílem ankety bylo srovnání jednotlivých programů nezávisle na sobě.

### **Odborná veřejnost**

V této části průzkumu byla oslovena odborná veřejnost. Cílovou skupinu zde tvořili hlavně architekti, projektanti, přípraváři, developeri nebo manažeři projektů a prodeje. Cílem otázek bylo zjistit, jaký dojem udělaly vizualizace na respondenty, zda by vyhovovaly prezentaci jejich projektů a zda považují cenové ohodnocení za adekvátní.

Výstupem ankety měl být částečný průzkum názorů cílové skupiny na programy jako nástroje k tvorbě obchodní dokumentace a pro použití v reklamě. V rámci vyhodnocení tak bylo možno vytvořit pořadí oblíbenosti programů a z toho následně určit, který nástroj nejvíce respondenty zaujal. Takový výstup má potenciální využití jako podklad pro rozhodování, v jakém programu zpracovávat projekty nebo marketingové materiály.

Předpokladem bylo, že odpovědi se budou lišit z hlediska různých faktorů. Hodnocení mohla například ovlivnit skutečnost, že vizualizace nebyly zpracované dalšími grafickými programy (*post-processing*) a nemusely tak být poutavé, jako při standardním zpracování. Další možným faktorem mohl být fakt, že hodnotící sami běžně používají nějaké z porovnávaných programů, tudíž se dalo očekávat, že preferovali právě ty. Případně se dotazovaní často setkávali (či je dokonce vytvářejí) s velmi kvalitními vizualizacemi, a tak byli zvyklí na vyšší standard provedení.

### **Laická veřejnost**

Cílovou skupinu tvořila koncová klientela trhu s nemovitostmi nebo interiérovým vybavením. Otázky byly sestaveny z jiného úhlu pohledu než v předchozí anketě.

Jejich cílem bylo zjistit, jak lidé reagovali na vizualizace a jaký na ně měly rendery účinek. Dotazy tak byly zaměřeny na to, zda se nechali hodnotící vizualizacemi ovlivnit a v jaké míře, jak se jim líbily vzhledově a zda by si dokázali představit dané rendery v nějaké publikaci či na billboardu.

Očekávalo se, že hodnocení bude velmi různorodé. Každý člověk má svůj vkus, tudíž bylo pravděpodobné, že se názory budou diametrálně lišit. Nabízela se však možnost, že některý z programů bude vyčnívat a získá tak nejvíce kladných odpovědí. Opět je zde však nutno podotknout, že hodnocení mohlo být značně ovlivněno nedokonalou úpravou renderů. Lidé jsou zvyklí se denně setkávat s kvalitními vizualizacemi, takže při srovnání s nimi mohli přiložené obrázky hodnotit spíše negativně.

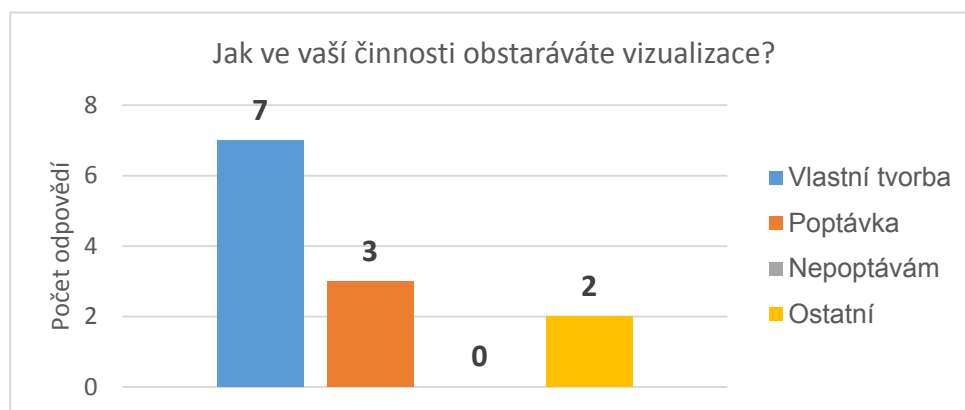
#### 2.2.4.1 Vyhodnocení odpovědí

Obě ankety dohromady vyplnilo 40 respondentů, z čehož 10 odeslalo odpovědi na odbornou a 30 na laickou variantu. Průzkum probíhal výhradně ve formě elektronických dotazníků šířených přes sociální sítě a elektronickou poštu. Formuláře byly vytvořeny pomocí webové služby *Formuláře Google*. Byly také zahrnuty do příloh této práce.

##### Odborná anketa

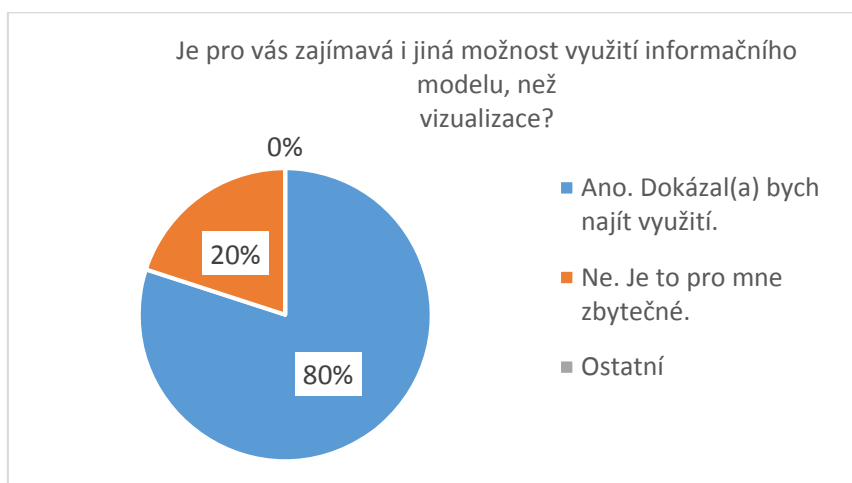
První otázka mířila na profesi dotázaných. Předpokládalo se, že většina dotázaných budou architekti, projektanti, rozpočtáři, nebo přípravaři. Zastoupení profesí hovořilo jednoznačně ve prospěch architektů (9/10). Zbývající dotazovaný zastává více profesí.

Dále se průzkum zabýval tím, zda hodnotící obstarávají ve své profesi vizualizace. A pokud ano, jakým způsobem. Bylo možné zvolit kombinaci odpovědí. Výsledky jsou patrné z grafu (graf 4).



Graf 4: Graf odpovědí na dotaz způsobu obstarávání vizualizací, zdroj: vlastní tvorba

Další graf ukazuje, jak velká část dotázaných by dokázala najít využití pro další výhody, které některé z modelů poskytují. Jedná se například o výkazy výměr, tabulky prvků, výkresy, atd.



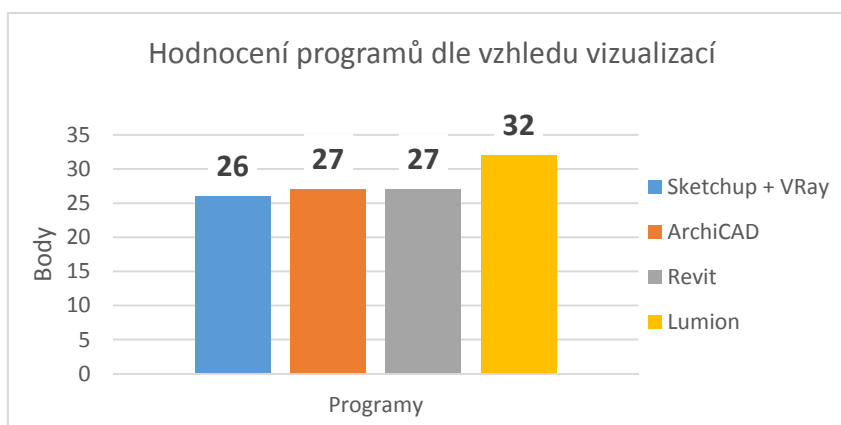
Graf 5: Graf odpovědí na dotaz ohledně využití informačních modelů, zdroj: vlastní tvorba

V další části byly promítnuty vždy dva rendery (exteriér a interiér) ke každému z programů. Respondentům byly u každého softwaru kladeny 3 dotazy: zda se jim rendery vzhledově líbí, jestli by vyhovovaly prezentaci jejich projektů a zda se jim zdá finanční ohodnocení adekvátní. Výsledky byly zaznamenány do grafů.

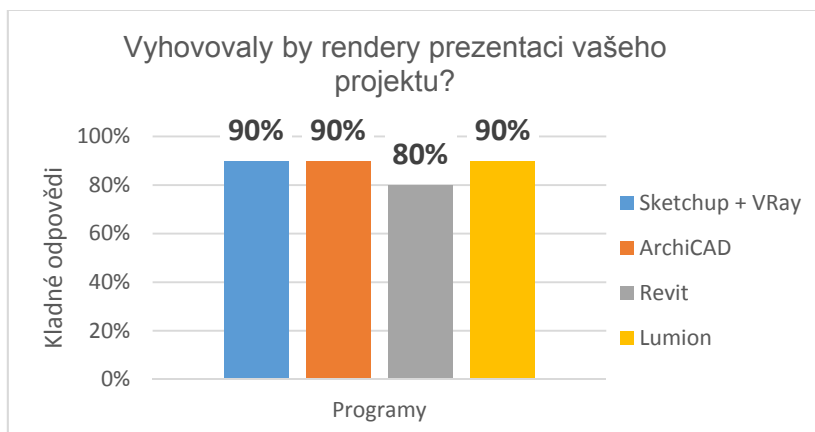
Odpovědi na první dotaz byly převedeny na body podle stupnice uvedené v tabulce (tabulka 7). Výsledky lze nalézt v následujícím grafu (graf 6).

Tabulka 7: Tabulka bodového ohodnocení odpovědí na otázku vzhledu vizualizací, zdroj: vlastní tvorba

Odpovědi	bodové ohodnocení
Líbí se mi.	4
Líbí se mi, ale mám k nim jisté výhrady.	3
Jsou průměrné a mohly by být podstatně lepší.	2
Moc se mi nelíbí.	1



Graf 6: Graf hodnocení programů dle vzhledu vizualizací, zdroj: vlastní tvorba

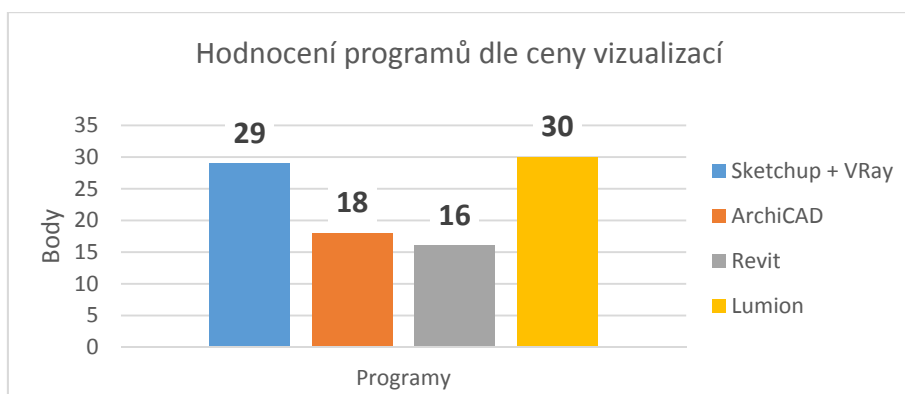


Graf 7: Graf použitelnosti vizualizací v praxi, zdroj: vlastní tvorba

Odpovědi na poslední otázku byly opět převedeny na body dle uvedené tabulky (tabulka 8). Výsledky lze nalézt v grafu (graf 8).

Tabulka 8: Tabulka bodového ohodnocení odpovědí na cenovou přijatelnost renderů, zdroj: vlastní tvorba

Odpovědi	bodové ohodnocení
Super! Připadá mi to levné.	4
Tak akorát. Přiměřená cena.	3
Rendery pěkné. Cena by mohla být nižší.	2
Obrázky neodpovídají ceně, ale budiž.	1
Tolik bych za ně nikdy nedal(a)!	0

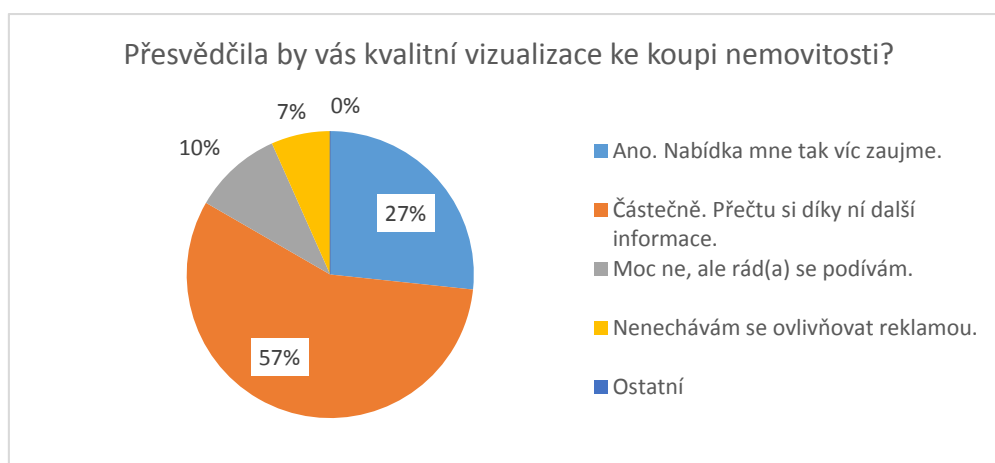


Graf 8: Graf odpovědí na cenovou přijatelnost renderů, zdroj: vlastní tvorba

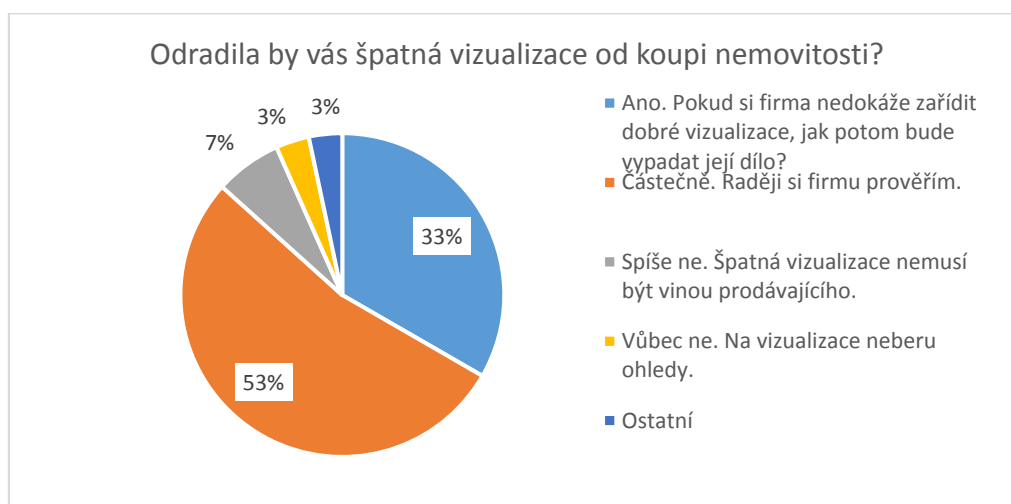
Z výsledků vyplývá, že většina hodnotících jsou architekti, často sami tvoří vizualizace a většina z nich by dokázala využít možnosti informačních modelů. Z hlediska programů se nejvíce líbil Lumion, většina vizualizací by vyhovovala prezentaci projektu, a finančně nejpříjemnějším programem byl Lumion 3D.

## Laická anketa

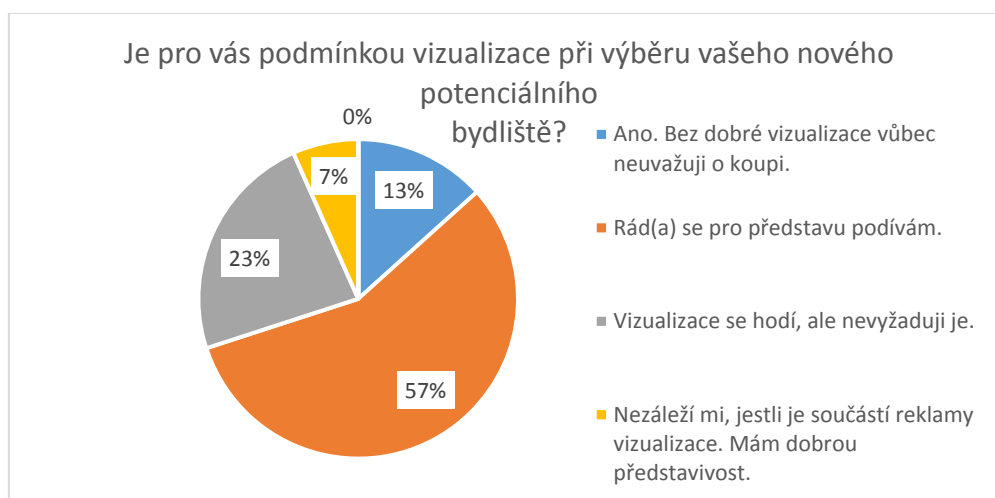
První část průzkumu se zabývala otázkou, jaký mají dobré a špatné vizualizace vliv na respondenty a zda jsou vizualizace podmínkou při výběru nového bydliště.



Graf 9: Graf odpovědí na otázku kladné ovlivnitelnosti dotazovaných vizualizacemi, zdroj: vlastní tvorba



Graf 10: Graf odpovědí na otázku negativní ovlivnitelnosti dotazovaných vizualizacemi, zdroj: vlastní tvorba



Graf 11: Graf názorů na potřebnost vizualizací při rozhodování, zdroj: vlastní tvorba

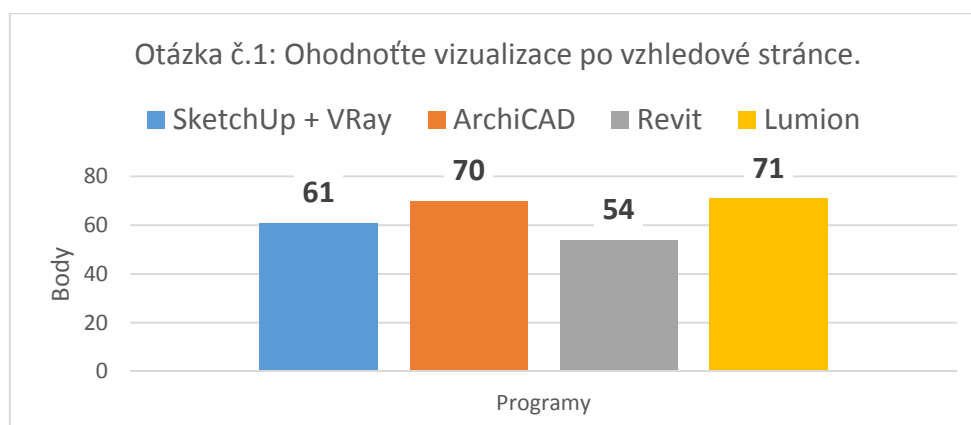


V druhé části byly otázky podobné jako v případě odborné ankety. I zde byly promítnuty vždy dva rendery na program. S těmi souvisely opět 3 dotazy: zda se dotazovaným rendery líbí, jestli by je přesvědčily ke koupi stavby a zda by si vizualizace dovedli představit v časopise nebo na billboardu. Z odpovědí byly opět sestaveny grafy.

Při porovnávání byl použit přepočtení odpovědí na body dle následující tabulky (tabulka 9). Po sečtení bodů byl sestaven graf hodnocení programů dle vzhledu vizualizací (graf 12).

Tabulka 9: Bodové ohodnocení odpovědí na otázku vzhledu vizualizací, zdroj: vlastní tvorba

Odpověď	Bodové ohodnocení
Líbí se mi.	3
Docela se mi líbí.	2
Moc se mi nelíbí	1
Vůbec se mi nelíbí	0

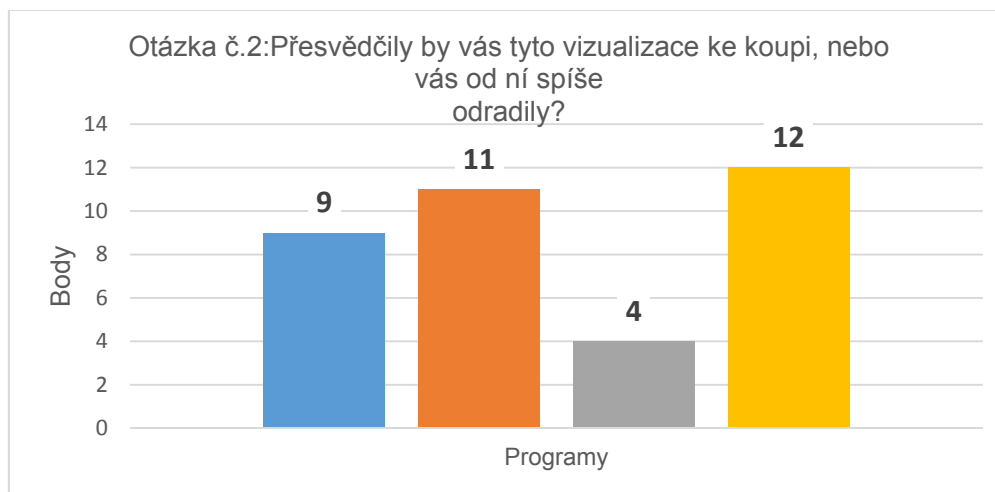


Graf 12: Graf hodnocení programů dle vzhledu vizualizací, zdroj: vlastní tvorba

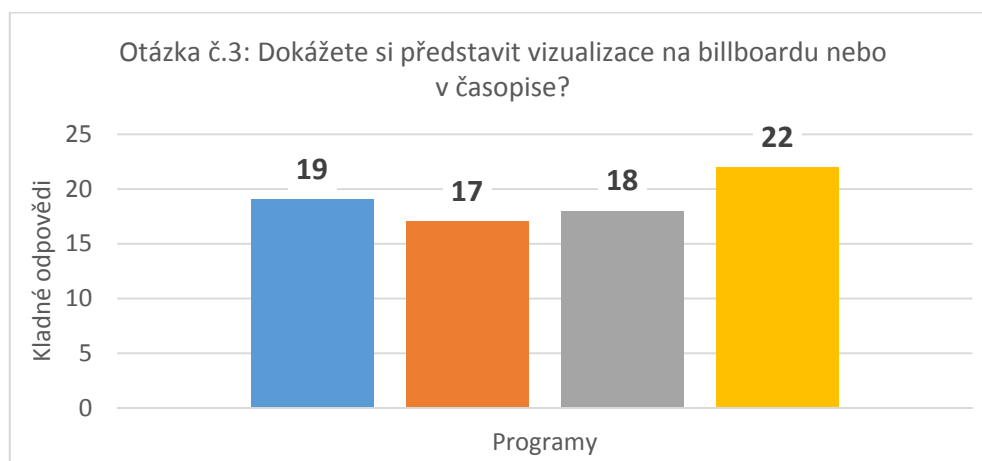
Odpovědi na druhou otázku byly opět převedeny pomocí bodové stupnice. Převod je uveden v tabulce (tabulka 10). Sečtené body byly zaneseny do sloupcového grafu (graf 13).

Tabulka 10: Bodové ohodnocení odpovědí otázky přesvědčivosti renderů, zdroj: vlastní tvorba

Odpověď	Bodové ohodnocení
Jsou pěkné. Přesvědčily by mne.	1
Neměly by na mou volbu vliv.	0
Nelíbí se mi. Jednoznačně by mne odradily.	-1
Jiná odpověď.	0



Graf 13: Hodnocení programů dle přesvědčivosti renderů, zdroj: vlastní tvorba



Graf 14: Graf kladných odpovědí na otázku reprezentativnosti renderů, zdroj: vlastní tvorba

Po vyhodnocení této ankety bylo zjištěno, že dobrá vizualizace většinu lidí přesvědčila ke koupi (27%) nebo by si díky ní přečetli další informace o nabídce (57%). Naopak špatný render by je často od koupě odradil (33% procent odpovědí), nebo by je přiměl si firmu ještě prověřit (53%). Jako nutnost považuje vizualizace 13% dotázaných. V hodnocení softwarů se nejvíce líbily rendery programu Lumion, nejpřesvědčivějším nástrojem byl opět Lumion a nejvíce hodnotících označilo vizualizace stejného nástroje jako nejvhodnější pro použití do časopisů nebo billboardů. Z těchto výsledků lze tedy usoudit, že u laické veřejnosti byl nejvíce hodnocený poslední zkoumaný program: Lumion 3D.

### 3 ZÁVĚR

V rámci praktické části této bakalářské práce bylo ve zkoumaných programech zpracováno několik modelů podle téhož projektu. Následně byly vytvořeny vizualizace, které byly hodnoceny prostřednictvím tabulky a anket.

Snahou bylo co nejobektivněji charakterizovat jednotlivé programy a popsat styl a náročnost základních prací s nimi. Porovnávání modelovacích nástrojů má však mnoho úskalí. Velice často totiž nabízí prakticky totožné, nebo jen minimálně odlišné funkce. K tvorbě vizualizací se používá velké množství softwarů, často v různých kombinacích. Tato práce se zabývala pouze vybranými nástroji, které jsou přímo určeny nebo různými způsoby upraveny pro práci s modely staveb a jejich zobrazování. Mohou se tak výrazně lišit z hlediska jejich hlavního zaměření či účelu, ale možnost tvorby modelů a vizualizací mají společnou. Zkoumaný software často nabízel mnoho dalších možností a funkcí, které mohly vést ke zkvalitnění modelů, avšak to již přesahovalo rámec této práce.

Během práce bylo často využíváno osobních zkušeností s konkrétními programy. To se mohlo negativně promítnout na porovnání časové náročnosti modelování. V některých programech bylo často zapotřebí hledat nápovědy nebo návody, jak dosáhnout požadované podoby modelu. Snahou bylo maximální využití možností programů s nasazením srovnatelného úsilí a času u každého nástroje. Postup tvorby vizualizací neodpovídal standardnímu zpracování, kdy se k přímým výstupům z programů přidávají ještě dodatečné grafické úpravy. Všechny obrázky by po vhodných úpravách vypadaly podobně a to by však zásadně potlačilo objektivitu porovnání.

Výsledky obou anket se ve většině případů shodují na celkovém úspěchu programu Lumion 3D. Problémem však je, že se jedná pouze o nástroj k tvorbě vizualizací a úpravě modelu, nikoliv k jejich vytváření. Potom je tedy potřeba zmínit nástroj, který byl také velice kladně hodnocen a který se zabývá hlavně tvorbou modelů a navrhováním. Tímto programem je ArchiCAD. Během samotného zpracovávání modelů byl jako nejkompexnější program pro návrh a modelování shledán tentýž program.

Na práci lze navázat průzkumem nových verzí programů, zahrnutím dalších grafických nástrojů, vytvářením i jiných než stavebních modelů, podrobnější analýzou

možností programů a modelování s větší úrovní detailu. Na práci by tak mohli navázat architekti a projektanti (z hlediska návrhu konstrukcí, jejich vzhledu a vlastností) nebo stavební ekonomové (tvorba výkazu výměr, podpora sestavování časových plánů), případně statici nebo projektanti TZB (hlavně u BIM nástrojů obsahujících detekci kolizí a analýzu modelu).

Tato práce, společně s provedeným průzkumem může sloužit jako podklad při rozhodování o investici do grafického, modelovacího a vizualizačního nástroje.

## 4 CITOVANÁ LITERATURA

- [1] FAKULTA INFORMATIKY MASARYKOVY UNIVERZITY. *Web FI Masarykovy univerzity* [online]. 2002 [cit. 2015-Březen-12]. Dostupné z: [http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2\\_CAD-CAM.htm](http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2_CAD-CAM.htm)
- [2] ČERNÝ, M. a KOL. *BIM příručka*. Praha: Odborná rada pro BIM o.s. 2013. ISBN 978-80-260-5296-8.
- [3] RNDR. TOMÁŠ VANÍČEK, P. D. *Přednáška z Informačních systémů: Vektorová grafika, 3D modelování*. [prezentace]. Praha: Katedra inženýrské informatiky, ČVUT FSv, 2014 [cit. 2015-04-17].
- [4] web Bexel Consulting. *VDC/BIM - Bexel Consulting* [online]. 2015 [cit. 2015-04-28]. Dostupné z: <http://www.bexelconsulting.com/technology/vdcbim.aspx>
- [5] ING. MATĚJKA, P. *Základy informačního modelování* [prezentace]. Praha: Fakulta Stavební ČVUT v Praze, 2015 [cit. 2015-04-28].
- [6] FELKEL, P. *Přednáška Zobrazování a osvětlování* [prezentace]. Praha: Katedra počítačové grafiky a interakce, ČVUT FEL, 2015, verze 15.2.2015 [cit. 2015-03-22].
- [7] RNDR. TOMÁŠ VANÍČEK, P. D. *Přednáška z Informačních systémů - Zobrazování a vizualizace* [prezentace]. Praha: Katedra inženýrské informatiky, ČVUT FSv, 2014 [cit. 2015-03-21].
- [8] FELKEL, P. J. SLOUP a V. HAVRAN. *Přednáška: Textury* [prezentace]. Praha: Katedra počítačové grafiky a interakce, ČVUT FEL, 2015, verze 15.2.2015 [cit. 2015-03-22].
- [9] ING. ARCH. KNAPPOVÁ, I. *Dokumentace pro stavební a územní řízení, Novostavba dvojdomku Počaply, Králův dvůr* [Výkres]. Praha: BRAND - RHS s.r.o. 2012 [cit. 2015-20-02]. Výkres půdorysu přízemí.
- [10] CEGRA. Přehled softwaru/ceník. *Web Centrum pro podporu počítačové grafiky ČR* [online]. [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://www.cegra.cz/38-produkty-software-prehled-softwarucenik.aspx>
- [11] CEGRA. Software - ArchiCAD. In: *CEGRA* [online]. [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.cegra.cz/216-produkty-software-archicad.aspx>
- [12] CAD STUDIO A.S. Eshop firmy CAD Studio. *Web CAD Studio a.s.* [online]. [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://shop.cadstudio.cz/search.asp?Prod=Revit>

- [13] AMR, S. Revit History. In: *Ökoplan LinkedIn profile* [online]. 7. 9. 2011 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/groups/Revit-History-4095283.S.74433134>
- [14] ING. MATĚJKA, P. *BIM: Nástroje BIM* [prezentace]. Praha: 2013.
- [15] AUTODESK CLUB. Revit Families. *Autodesk Club* [online]. 2010 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.autodeskclub.cz/revit-architecture-parametricke-komponenty-revit-families>
- [16] NVIDIA CORPORATION. NVIDIA mental ray. *Web NVIDIA Corporation* [online]. [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: <http://www.nvidia-arc.com/products/nvidia-mental-ray/>
- [17] CADSYS S.R.O. Ceník Sketchup PRO 2015. *Web CADSYS s.r.o.* [online]. 2015 [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: [http://sketchup.cadsys.cz/sketchup\\_cenik.php](http://sketchup.cadsys.cz/sketchup_cenik.php)
- [18] 3E PRAHA ENGINEERING, A.S. Web Earch. In: *SketchUp PRO - 1. díl: Historie vzniku* [online]. 1. 9. 2014 [cit. 2015-04-17]. Dostupné z: <http://www.earch.cz/cs/it/sketchup-pro-1-dil-historie-vzniku>
- [19] ACT-3D B.V. Order Lumion Online. *Web Act-3D B.V.* [online]. 2015 [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://lumion3d.com/buy>

## 5 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ

### Seznam obrázků:

Obrázek 1: Fotografie objektu JIH Obytného souboru Pampeliška 2, Brandýs nad Labem, zdroj: Google Maps, 25.4.2015 .....	8
Obrázek 2: Využití BIM, zdroj: bexelconsulting.com [4] .....	17
Obrázek 3: Chování paprsku při ray-tracing, zdroj: RNDr. Tomáš Vaníček, Ph.D. [7].....	20
Obrázek 4: Půdorys projektu, zdroj: Brand-RHS s.r.o. [9].....	23
Obrázek 5: Ukázka rozdělení konstrukčních prvků v ArchiCADu, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu ArchiCAD).....	25
Obrázek 6: Ukázka tabulky dveří vygenerované ArchiCADem, zdroj: vlastní tvorba (výstup z programu ArchiCAD) .....	26
Obrázek 7: Ukázka vložení prvků firmy POROTHERM, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu ArchiCAD) .....	27
Obrázek 8: Ukázka konstrukce krovu, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu ArchiCAD).....	28
Obrázek 9: Ukázka nastavení umístění dveří v Revitu, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu Revit) .....	31
Obrázek 10: Ukázka fyzikálních vlastností materiálu v Revitu, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu Revit) .....	32
Obrázek 11: Ukázka 2 ½ D modelování ve SketchUpu, zdroj: vlastní tvorba s využitím prostředí programu SketchUp .....	35
Obrázek 12: Ukázka databáze 3D Warehouse, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu SketchUp).....	37
Obrázek 13: Ukázka editoru materiálů V-Ray for SketchUp, zdroj: vlastní tvorba (print screen z programu V-Ray for SketchUp) .....	39

### Seznam tabulek:

Tabulka 1: Rekapitulace stavebních objektů, zdroj: vlastní tvorba.....	9
Tabulka 2: Celkové náklady na realizaci stavby, zdroj: vlastní tvorba .....	9
Tabulka 3: Vyhodnocení finanční analýzy pomocí NPV, DPP a IRR, zdroj: vlastní tvorba ....	11
Tabulka 4: Rozdělení modelů dle dimenzí, zdroj: vlastní tvorba .....	15
Tabulka 5: Srovnání globálních osvětlovacích metod, zdroj: vlastní tvorba.....	21
Tabulka 6: Srovnání základních vlastností porovnávaných programů, zdroj: vlastní tvorba ..	43
Tabulka 7: Tabulka bodového ohodnocení odpovědí na otázku vzhledu vizualizací, zdroj: vlastní tvorba .....	46

Tabulka 8: Tabulka bodového ohodnocení odpovědí na cenovou přijatelnost renderů, zdroj: vlastní tvorba .....	47
Tabulka 9: Bodové ohodnocení odpovědí na otázku vzhledu vizualizací, zdroj: vlastní tvorba .....	49
Tabulka 10: Bodové ohodnocení odpovědí otázky přesvědčivosti renderů, zdroj: vlastní tvorba.....	49

### **Seznam grafů:**

Graf 1: Náklady na změny projektu, zdroj: vlastní s využitím grafu [5], původní autor Patrick Macleamy .....	17
Graf 2: Srovnání časů modelování, zdroj: vlastní tvorba.....	42
Graf 3: Srovnání předpokládaných cen modelování, zdroj: vlastní tvorba .....	42
Graf 4: Graf odpovědí na dotaz způsobu obstarávání vizualizací, zdroj: vlastní tvorba.....	45
Graf 5: Graf odpovědí na dotaz ohledně využití informačních modelů, zdroj: vlastní tvorba ..	46
Graf 6: Graf hodnocení programů dle vzhledu vizualizací, zdroj: vlastní tvorba .....	46
Graf 7: Graf použitelnosti vizualizací v praxi, zdroj: vlastní tvorba .....	47
Graf 8: Graf odpovědí na cenovou přijatelnost renderů, zdroj: vlastní tvorba .....	47
Graf 9: Graf odpovědí na otázku kladné ovlivnitelnosti dotazovaných vizualizacemi, zdroj: vlastní tvorba .....	48
Graf 10: Graf odpovědí na otázku negativní ovlivnitelnosti dotazovaných vizualizacemi, zdroj: vlastní tvorba .....	48
Graf 11: Graf názorů na potřebnost vizualizací při rozhodování, zdroj: vlastní tvorba .....	48
Graf 12: Graf hodnocení programů dle vzhledu vizualizací, zdroj: vlastní tvorba .....	49
Graf 13: Hodnocení programů dle přesvědčivosti renderů, zdroj: vlastní tvorba .....	50
Graf 14: Graf kladných odpovědí na otázku reprezentativnosti renderů, zdroj: vlastní tvorba .....	50



## 6 SEZNAM DÍLČÍCH ÚKOLŮ

1. 126KAN2 – Propočet – Orientační stanovení celkových nákladů stavby
2. 126TERI - Struktura stavební firmy
3. 126RVP1 – Studie proveditelnosti
4. 126KNPR - Položkový rozpočet stavby
5. 126PJPR - Nabídková příprava zhotovitele

(u příloh je uveden předmět, v rámci kterého byl dílčí úkol zpracován)

## 7 SEZNAM PŘÍLOH

1. Zpracované vizualizace.
2. Ukázky ruční tvorby vizualizací.
3. Odborná anketa.
4. Laická anketa.
5. Odpovědi na odbornou anketu.
6. Odpovědi na laickou anketu.