



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta stavební  
Katedra geomatiky**

**Tvorba digitálního modelu hradu Seeberg a jeho vizualizace**

**Creating a digital model of castle Seeberg and its visualization**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Studijní program: Geodézie a kartografie

Studijní obor: Geodézie a kartografie

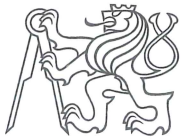
Vedoucí práce: Ing. Petr Soukup, Ph.D.

**Bc. Petr Lavička**

---

**Praha**

**2015**



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

studijní program: Geodézie a Kartografie  
studijní obor: Geodézie a Kartografie  
akademický rok: 2014/2015

Jméno a příjmení diplomanta: Bc. Petr Lavička  
Zadávající katedra: Katedra geomatiky  
Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Soukup, Ph.D.  
Název diplomové práce: Tvorba digitálního modelu hradu Seeberg a jeho vizualizace  
Název diplomové práce  
v anglickém jazyce: Creating a Digital Model of the Castle Seeberg and its Visualization

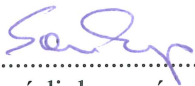
Rámcový obsah diplomové práce: Využití programu SketchUp pro tvorbu digitálního modelu hradu Seeberg. Umístění vytvořeného modelu hradu na digitální model terénu. Možnosti interaktivní webové prezentace modelu a dalších připojených textových a grafických informací. Tvorba animace.


Datum zadání diplomové práce: 22. 9. 2014 Termín odevzdání: 19. 12. 2014  
(vyplňte poslední den výuky přísl. semestru)

Diplomovou práci lze zapsat, kromě oboru A, v letním i zimním semestru.


Pokud student neodevzdal diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat diplomovou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu diplomovou 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).

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

  
.....  
vedoucí diplomové práce

  
.....  
vedoucí katedry

Zadání diplomové práce převzal dne: 9. 10. 2014

  
.....  
diplomant

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

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

DP zadává katedra nejpozději 1. týden semestru, v němž má student DP zapsanou.

(Směrnice děkana pro realizaci stud. programů a SZZ na FSv ČVUT čl. 5, odst. 7)



## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá problematikou tvorby 3D modelů v prostředí SketchUp, možnostmi jejich interaktivní prezentace na internetu a vizualizací dosažených výsledků. Práce je dále věnována možnostem pokročilého modelování v prostředí SketchUp a možnostem modelování terénu. Výsledek práce bude prezentován na webových stránkách a dále využit Městským muzeem ve Františkových Lázních pro propagační účely.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Seeberg, prostorový model, digitální model terénu, SketchUp, vizualizace, webové stránky

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the creation of 3D models in SketchUp, the possibilities of their presentation on the internet and visualization of results. The thesis is paid to the possibility of advanced modeling in SketchUp and terrain modeling capabilities. The outcome of the work will be presented on the website and will be used by Franz's spa museum for presentation purposes.

## **KEY WORDS**

Seeberg, spatial model, digital terrain model, SketchUp, visualization, website



## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma „Tvorba digitálního modelu hradu Seeberg a jeho vizualizace“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce za použití v práci uvedených pramenů a literatury.

V Praze dne .....

.....

Bc. Petr Lavička





## PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval těm, kteří mi vypomohli svými radami při zpracování této diplomové práce a těm, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia. Především bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Soukupovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při formulaci stěžejních cílů diplomové práce a při zpracování diplomové práce. Dále děkuji Mgr. Tomáši Šamatovi, za umožnění přístupu do prostor hradu Seeberg a za poskytnuté materiály. V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu během celého studia.



# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1 STRUČNÁ HISTORIE 3D GRAFIKY</b> .....	<b>13</b>
<b>2 TROJROZMĚRNÉ MODELY</b> .....	<b>15</b>
2.1 REPREZENTACE TĚLES .....	15
2.1.1 Trojúhelníkové sítě .....	16
2.1.2 Hraniční reprezentace těles .....	17
2.1.3 Konstruktivní geometrie těles .....	19
2.1.4 Objemová reprezentace těles .....	20
<b>3 RENDERING</b> .....	<b>23</b>
3.1 PROMÍTÁNÍ .....	24
3.1.1 Rovnoběžné promítání .....	24
3.1.2 Středové promítání .....	26
3.2 SVĚTLO V POČÍTAČOVÉ GRAFICE .....	27
3.2.1 Definice světla a základní pojmy .....	28
3.2.2 Odraz světla .....	29
3.2.2.1 Difúzní odraz .....	30
3.2.2.2 Zrcadlový odraz .....	30
3.2.2.3 Lesklý odraz .....	31
3.2.3 Světelné zdroje .....	32
3.2.4 Stínování .....	33
3.2.4.1 Konstantní stínování .....	33
3.2.4.2 Gouraudovo stínování .....	34
3.2.4.3 Phongovo stínování .....	34
3.3 TEXTURY .....	35



3.3.1	Mapování textur .....	36
3.3.1.1	<i>Inverzní mapování rovinné textury</i> .....	36
3.3.1.2	<i>Mapování prostorové textury</i> .....	37
3.3.1.3	<i>Bump mapping</i> .....	37
3.3.1.4	<i>Mip-mapping</i> .....	38
<b>4</b>	<b>ANIMACE</b> .....	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>SKETCHUP</b> .....	<b>42</b>
5.1	HISTORIE PROGRAMU SKETCHUP .....	42
5.2	ZÁKLADNÍ FUNKCE PROGRAMU SKETCHUP .....	43
5.2.1	Pracovní prostředí a panely nástrojů .....	44
5.2.2	Funkce Push/Pull .....	46
5.2.3	Funkce Follow Me .....	47
5.2.4	Funkce Make Group, Make Component .....	48
5.2.5	Barvy a textury .....	49
5.2.6	Tvorba terénu .....	51
5.2.6.1	<i>From Contours</i> .....	51
5.2.6.2	<i>From Scratch</i> .....	52
5.2.6.3	<i>Umístování objektů na terén</i> .....	53
5.3	DOPLŇUJÍCÍ MODULY PRO PROGRAM SKETCHUP .....	54
5.3.1	Modul Mirror .....	55
5.3.2	Modul Weld .....	55
5.3.3	Modul Round Corner .....	55
5.3.4	Modul Drop GC .....	56
5.3.5	Modul Sphere .....	56
5.3.6	Modul Curviloft .....	57
5.3.7	Modul Tools On Surface .....	58
<b>6</b>	<b>DIGITÁLNÍ MODEL HRADU SEEBERG</b> .....	<b>60</b>



6.1	LOKALIZACE HRADU SEEBERG.....	60
6.2	HRAD SEEBERG.....	60
6.2.1	Historie hradu Seeberg.....	61
6.2.2	Stavební vývoj hradu Seeberg.....	65
6.3	PODKLADOVÁ DATA .....	68
6.3.1	Stavební dokumentace objektu.....	68
6.3.2	Vlastní měření .....	69
6.3.3	Dokumentační fotografie .....	70
6.4	TVORBA DIGITÁLNÍHO MODELU HRADU SEEBERG.....	71
6.4.1	Digitální model kůlny .....	72
6.4.2	Digitální model sýpky.....	74
6.4.3	Digitální model stodoly.....	77
6.4.4	Digitální model čeledníku.....	79
6.4.5	Digitální modely technologických objektů.....	83
6.4.6	Digitální model hradu .....	83
6.4.7	Modely vytvořené pomocí 123D Catch.....	89
6.5	UMÍSTĚNÍ MODELU NA DIGITÁLNÍ MODEL TERÉNU.....	91
6.6	DOPLNĚNÍ POPISNÝCH INFORMACÍ DO MODELU .....	94
<b>7</b>	<b>PREZENTACE MODELU .....</b>	<b>96</b>
7.1	3D WAREHOUSE .....	96
7.2	INTERAKTIVNÍ PREZENTACE NA INTERNETU .....	97
7.3	VIZUALIZACE DIGITÁLNÍHO MODELU.....	98
7.4	ANIMACE DIGITÁLNÍHO MODELU .....	100
7.5	TVORBA WEBOVÝCH STRÁNEK .....	102
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>103</b>
	<b>POUŽITÉ ZDROJE.....</b>	<b>105</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>111</b>



<b>SEZNAM ZKRATEK .....</b>	<b>115</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH NA DVD.....</b>	<b>116</b>
<b>SEZNAM TIŠTĚNÝCH PŘÍLOH .....</b>	<b>117</b>
<b>TIŠTĚNÉ PŘÍLOHY.....</b>	<b>I</b>
P.1 VRSTEVNICOVÝ PLÁN POUŽITÝ PRO TVORBU TERÉNU.....	I
P.2 UKÁZKY STYLŮ VE SKETCHŮPU .....	II
P.3 UKÁZKY RENDEROVANÝCH OBRÁZKŮ.....	V
P.4 POROVNÁNÍ VYBRANÝCH ČÁSTÍ MODELU SE SKUTEČNOSTÍ.....	IX



## Úvod

Za posledních pár desítek let došlo k velkému technologickému pokroku, a tak není divu, že se digitální svět posunul ze 2D do 3D. Od dob, kdy Martin Newell vytvořil první 3D model, jehož objektem byla konvice na čaj, zaznamenala 3D grafika obrovský vzestup a už nezasahuje pouze do sféry vědecké, jak tomu bylo v začátcích, ale dotýká se každého z nás. Využití 3D grafiky je velmi široké. Na konci minulého století začaly vznikat celovečerní animované filmy, které vznikly pouze za pomoci počítače a 3D grafiky. Ta se využívá například i ve vědě (počítačové simulace), ve stavebnictví a architektuře (modelování a vizualizace architektonických studií a návrhů) a dále v reklamě a prezentaci, kdy 3D model a jeho vizualizace slouží k přiblížení výrobku či objektu zákazníkovi. Možnosti 3D dále rozšiřuje poměrně nová metoda 3D tisku, díky které už nemusí být model pozorován pouze na obrazovce počítače, tedy ve 2D, ale je vytisknut jako prostorový objekt.

S problematikou 3D modelování se autor seznámil během studia spíše okrajově. Nicméně po prvním zpracovaném projektu, 3D model kaple pro projekt Photopa, kdy byla pro vytvoření modelu použita fotogrammetrická metoda a program MicroStation, získal větší rozhled, a tak další projekt, model vybraného objektu vytvořený v rámci předmětu Vizualizace a distribuce prostorových dat pomocí programu SketchUp, a konzultace s vyučujícím předmětu Ing. Petrem Soukupem, Ph.D. jej dovedly k rozhodnutí zpracovat diplomovou práci právě z oblasti 3D grafiky. Lze konstatovat, že využití 3D grafiky je vhodné zejména k vytváření 3D modelů historických objektů, k jejich prezentaci různými způsoby, např. pomocí webu, nebo jinými dostupnými metodami. Objekty jsou tak prezentovány veřejnosti poutavým způsobem a navíc díky 3D modelu vzniká určitý typ dokumentace, který může být v budoucnu využit například při rekonstrukci této historické budovy. Pod vedením Ing. Petra Soukupa, Ph.D. vzniká v rámci studentských prací kompletní 3D model Svaté hory v Příbrami. A právě tato práce se stala inspirací této diplomové práce.

Cílem bylo v rámci diplomové práce navázat jménem katedry geomatiky kontakt s jakoukoliv organizací, která by uvítala a podpořila studentskou aktivitu z oblasti 3D modelů.



Jelikož autor pochází z Františkových Lázní, bylo ve spolupráci s Ing. Petrem Soukupem, Ph.D. osloveno vedení tohoto města, zda by mělo zájem o spolupráci a podpořilo tuto studentskou aktivitu. Odpověď byla pozitivní a vstřícná. Po schůzce s vedoucím stavebního odboru města Ing. Tomášem Jiřinou se autor setkal s ředitelem Muzea ve Františkových Lázních Mgr. Janem Šamatou. Ten možnost spolupráce v této oblasti přivítal a poté, co mu byly prezentovány možnosti 3D modelování a vizualizace, vyjádřil zájem o zpracování 3D modelu hradu Seeberg, nacházejícího se nedaleko Františkových Lázní a spadajícího pod správu města. Následovala návštěva, obhlídka hradu a poté autor rozhodl, že předmětem této diplomové práce se stane právě tento objekt, hrad Seeberg, a to i pro svou bohatou historii i atraktivnost. Významným aspektem tohoto rozhodnutí se stala i informace o dřívějším spojení hradu Seeberg s Fakultou stavební ČVUT v Praze, kdy katedra architektury pod vedením Doc. Ing. Kibiceho zpracovala první studii rekonstrukce hradu, která se následně stala jakousi předlohou pro pozdější skutečnou rekonstrukci hradu.

Přínosem této diplomové práce je možnost využití již navázaných kontaktů mezi Fakultou stavební ČVUT v Praze a městem Františkovy Lázně a otevření cesty k jejich další spolupráci spojenou zejména s praktickým využitím studentských prací z oblasti 3D modelování a vizualizace v prostředí města, kde se dosud nevyužívají tyto moderní způsoby prezentace.

Diplomová práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. První přináší v pěti kapitolách nejdříve vhléd do historie 3D grafiky, poté se zmiňuje o trojrozměrných modelech, kde v podkapitolách popisuje základní principy 3D modelování, následuje detailnější rozbor renderingu, zobrazení prostorových modelů do dvourozměrné obrazové podoby, a vysvětlení animace jako metody, kde je pomocí snímků vytvářena iluze pohybujících se objektů. Pátá kapitola je věnována 3D programu SketchUp. Na tento teoretický základ plynule navazuje praktická část, která popisuje jednotlivé kroky od sběru dat přes modelování až k prezentaci vytvořeného modelu hradu Seeberg. Pozornost je věnována také možností modelování terénu v programu SketchUp a umístění vytvořeného modelu na terén. Na závěr byly vyzkoušeny možnosti renderingu vytvořeného modelu.



## Cíle práce

- Zajištění vhodných podkladů pro vyhotovení 3D modelu.
- Vytvoření detailního 3D modelu hradu Seeberg.
- Vyhledání vhodných rozšiřujících modulů pro program SketchUp.
- Možnosti modelování nepravidelného objektu v programu SketchUp.
- Vytvoření digitálního modelu terénu v programu SketchUp.
- Prezentace výsledného modelu různými dostupnými metodami.
- Vytvoření webových stránek prezentujících tuto práci.





# 1 **Stručná historie 3D grafiky**

Výzkum 3D grafiky probíhal od 60. let 20. století převážně ve Spojených státech amerických. Nejvýznamnější podíl na rozvoji tohoto oboru má Univerzita v Utahu, kde probíhal hlavní výzkum pod vedením významných odborníků. Tato skutečnost, že se vše odehrávalo právě na tomto místě, ovšem není náhoda. Univerzitě se totiž povedlo získat více než dostatečné finanční prostředky, a tak zde roku 1968 byl založen projekt pro rozvoj počítačové grafiky pod vedením Davida Evanse. V průběhu let se pak univerzitě povedlo dosáhnout značných výsledků, mezi které patří zejména:

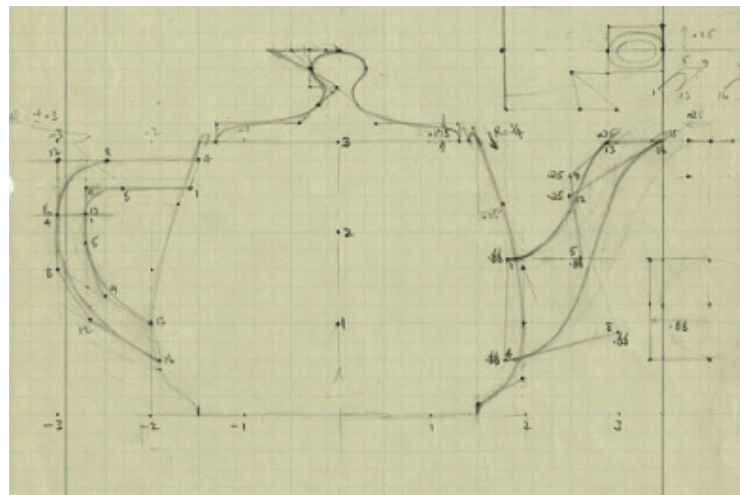
- algoritmy renderování (z-buffer, anti-aliasing a další);
- texturování objektu (potažení povrchu tělesa obrázkem);
- algoritmy pro stínování těles (Gouraudovo stínování, Phongovo stínování a další).

Po ukončení výzkumu na univerzitě byly některými z významných osobností univerzity založeny známé firmy z oblasti počítačové grafiky, jako jsou např. Silicon Graphics, Adobe Systems nebo Pixar. [7]

Právě z tohoto univerzitního prostředí té doby pochází nejslavnější model počítačové grafiky tzv. konvice z Utahu. Model konvice byl vytvořen v roce 1975 a bývá občas nazýván jako Newellova čajová konvice podle svého tvůrce Martina Newella, jednoho z průkopníků počítačové grafiky. Na počátku byl jednoduchý podnět. Newell potřeboval nějaký model, na kterém by testoval různé metody a nové poznatky, a žádný z dosavadních modelů mu nevyhovoval. To, že vytvoří právě model konvice, ho napadlo, když seděl se svojí ženou u čaje a před ním stál celý čajový servis. Konvici nejprve načrtl na papír a v laboratoři přepočítal svoji skicu na souřadnice bodů. Tvar konvice je pro experimenty v oblasti 3D grafiky vhodný z několika důvodů; obsahuje body zlomu, je konvexní i konkávní, může sám na sebe vrhat stíny a sám sebe odrážet. Data popisující konvici byla zpřístupněna i dalším vědcům, kteří ji také často pro své experimenty používali. I dnes je model konvice oblíbený pro testování různých grafických technik. Konvice, která byla předlohou pro model, se dnes



nachází v Muzeu počítačové historie v Kalifornii. S objevováním prvních animací a animovaných celovečerních filmů se stalo zajímavým zpestřením a vtipem skrývání Newellovy konvice do nějaké scény filmu. Konvice se například objevuje i v prvním celovečerním animovaném filmu z roku 1995 Toy Story nebo v oblíbeném seriálu Simpsonovi. Sám Martin Newell prohlásil, že si ho svět 3D grafiky bude pamatovat spíše díky jeho modelu konvice, než za jeho celkový přínos oboru 3D grafiky [7].



Obrázek 1: Náčrt konvice Martina Newella [40]



Obrázek 2: 3D model konvice Martina Newella [41]



## 2 Trojrozměrné modely

Počítačová grafika je obor, který se zabývá od postupů zpracování fotografie až po 3D grafiku. S 3D grafikou se dnes setkáme poměrně často např. ve filmech, hrách, CAD<sup>1</sup> programech a vizualizacích. Musíme si však uvědomit, že zobrazovacím zařízením 3D grafiky je stále nejčastěji obrazovka, tedy prostor. Zobrazení 3D objektů na 2D ploše je realizováno určením vlastností materiálů a dopadajícího světla na objekt. Tato oblast grafiky, kdy jsou prostorové objekty zobrazeny ve 2D prostoru pomocí výše popsaných vlastností se nazývá *3D rendering*.

Následující kapitoly popisují základní principy 3D modelování od vzniku drátového modelu přes vlastnosti základních těles a matematické operace s nimi až po vytvoření stínovaného modelu.

### 2.1 Reprezentace těles

Lidské smysly jsou adaptovány převážně na 3D prostor, a tak právě 3D přístup zaujímá výsadní postavení v počítačovém zpracování prostoru. Kdybychom se nezaměřili pouze na geometrii tělesa, mohli bychom zavést jako čtvrtý rozměr čas a jako pátý teplotu atd. I takovýto prostor o pěti složkách by bylo možné modelovat, protože všechny popisující složky jsou nějakým způsobem kvantifikovatelné.

Základem pro prezentaci 3D prostoru je model kartézské soustavy souřadnic navržený v 17. století René Descartem<sup>2</sup>. Je popsán pomocí tří os běžně označovaných  $x$ ,  $y$  a  $z$ . Bod, jako základní prvek počítačového pojetí trojrozměrného prostoru, je definován třemi souřadnicemi, které určují polohu na každé ze tří zmíněných os. Body, určené svými souřadnicemi  $x$ ,  $y$ , a  $z$ , zhmotňují geometrii obsahu v trojrozměrném prostoru. Následující podkapitoly rozkrývají základní metody pro reprezentaci těles ve 3D prostoru.

---

<sup>1</sup> Computer Aided Design (počítačem podporované projektování).

<sup>2</sup> Francouzský filosof, matematik a fyzik (\* 31. března 1596, La Haye – † 11. února 1650, Stockholm).



### 2.1.1 Trojúhelníkové sítě

Pro reprezentaci těles je často základem právě trojúhelník, a to především díky své jednoduchosti. Jeho výhodou je především to, že ve srovnání s jinými mnohoúhelníky je konvexní a jeho vrcholy leží v rovině. Navíc pro vyplnění plochy trojúhelníku existují poměrně rychlé algoritmy. Síť, což je množina trojúhelníků, je popisována pomocí dvou částí – *geometrické* a *topologické*. Geometrická část nese údaje o souřadnicích vrcholů jednotlivých trojúhelníků sítě, zatímco topologická popisuje vztahy mezi jednotlivými trojúhelníky např. informace o tom, které trojúhelníky spolu sousedí. Toto rozdělení sítě do dvou složek datové struktury je výhodné zejména při provádění geometrických transformací sítě, kdy jsou přepočítávány nové souřadnice vrcholů sítě, které jsou poskytovány geometrickou částí sítě nezávislé na topologické části. Při vytváření trojúhelníkové sítě jsou sledovány především tyto požadavky:

- přesné a úsporné vyjádření tvaru, který síť vyjadřuje;
- volba vhodného uspořádání pro další zpracování.

Kritérium na přesné a úsporné vyjádření tvaru se týká geometrie, a to především při převodu z jiné reprezentace na trojúhelníkovou síť. Převod musí být proveden tak, aby byl modelovaný tvar popsán co nejpřesněji při co nejmenším počtu trojúhelníků v síti. Kritérium na vhodné uspořádání se týká topologie tělesa. Výše popsané rozdělení do dvousložkové datové struktury není vždy vyhovující a musí být nalezen jiný způsob jak síť popsat. Cílem je, aby docházelo k minimálnímu počtu operací s každým vrcholem. Řešením je například uspořádání trojúhelníků do tzv. *triangle strip* (pruh trojúhelníků), čímž je zajištěno, že bude každý vrchol zpracován právě jednou. Další možností je uspořádání do tzv. *triangle fan* (vějíř) [2].

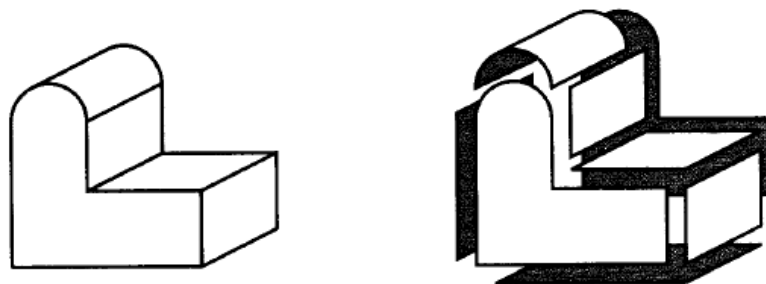


Obrázek 3: Vlevo triangle strip a vpravo triangle fan [2]

### 2.1.2 Hraniční reprezentace těles

Hraniční reprezentace je asi nejobvyklejším způsobem zápisu tvaru tělesa. Je to reprezentace, která spočívá v popisu hranice tělesa pomocí souřadnic hraničních bodů, přičemž informace o vnitřním prostoru a bodech v něm nejsou uchovány. V hraniční prezentaci vytváříme v programu na 3D modelování pouze obálku objektu, se kterou lze dále manipulovat a například na ni nanášet textury.

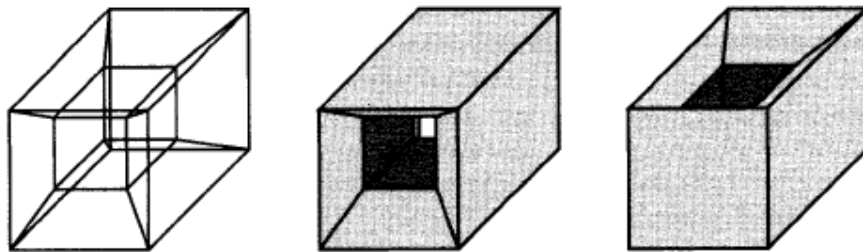
Uvedená definice tělesa určeného svými hraničními body je vhodná pro modelování tvaru tělesa v CAD systémech. Nevýhodou však je, že dovoluje definovat i nevyrobitelné předměty. Tělesa, která existují v reálném světě, se nazývají *manifolds*, naopak tělesa, která nelze vyrobit, se nazývají *nonmanifolds*.



Obrázek 4: Popis tělesa popisem jeho pláště v hraniční prezentaci [2]



Hranice tělesa je popisována pomocí základních prvků, kterými jsou *body*, *úsečky* a *části rovinných ploch*. Nejjednodušším způsobem popisu povrchu tělesa je zápis jeho hran a vrcholů, a proto se tato reprezentace nazývá *hranová*. Bývá též nazývána jako drátový model a pro tuto podstatu není třeba provádět rasterizaci<sup>3</sup> plošek a řešit jejich viditelnost. Díky tomuto zjednodušení je hranová reprezentace výpočetně poměrně nenáročná. Nevýhodou drátového modelu je jeho nejednoznačnost, kdy jeden drátový model může být interpretován jako několik těles (viz obrázek 5).

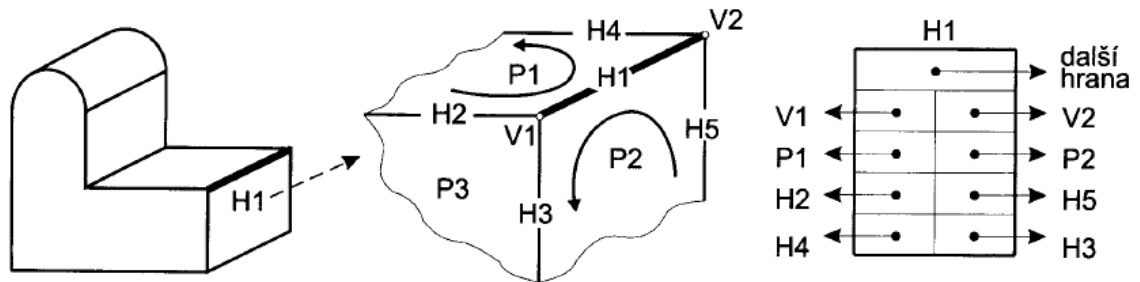


Obrázek 5: Příklad drátového modelu a jeho nejednoznačnosti [2]

Dalším způsobem hraniční reprezentace tělesa je hranice tvořená plochami tzv. *plošková reprezentace*. Ta rozšiřuje předchozí typ, tedy popis pomocí vrcholů a hran, o vrstvu ploch. Plochy jsou tvořeny buď sítí trojúhelníků, nebo pomocí obecných polygonů. Nejznámější strukturou pro hraniční prezentaci je tzv. *okřídlená hrana*, nebo-li strukturovaná plošková reprezentace, navržená Bumgartem. Název okřídlená hrana je odvozen z faktu, že znázornění hrany a sousedících prvků připomíná křídélka. Jedno těleso tvoří tři seznamy. Nejnižší úroveň v hierarchii záznamu zaujímá seznam vrcholů. Nad seznamem vrcholů je seznam okřídlených hran a nad ním, na nejvyšším stupni, je seznam ploch tělesa.

---

<sup>3</sup> Převod vektoru na rastr.

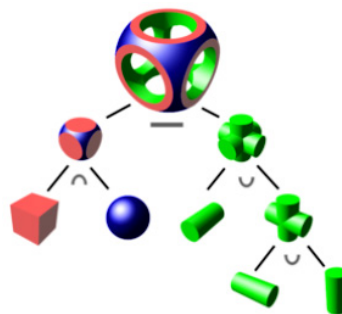


Obrázek 6: Příklad datové struktury okřídlená hrana [2]

Jak je možno vyčíst z *obrázku 6*, struktura okřídlená hrana podává mnoho informací o topologii tělesa např. plochy stýkající se v daném vrcholu, plochy sousedící s danou plochou atd. Další vlastností této struktury je fakt, že geometrické údaje (souřadnice vrcholů) zabírají 25 % paměti, zatímco popis topologie tělesa zaujímá 75 %. Toto rozložení je typické pro struktury používaných pro zápis v trojrozměrném prostoru.

### 2.1.3 Konstruktivní geometrie těles

Konstruktivní geometrie těles tzv. *CSG (Constructive Solid Geometry)* je metoda nejvíce používaná v oblasti CAD, metoda založena na principu prezentace těles pomocí struktury tzv. CSG stromu (*viz obrázek 7*). Výsledný tvar je tvořen z *objektových primitiv*, množinovými operacemi (sjednocení, průnik a rozdíl) a transformacemi. Objektovým primitivem jsou jednoduché geometrické objekty jako např. kvádr, koule, válec, kužel a jehlan.



Obrázek 7: Princip modelování z CSG primitiv [8]

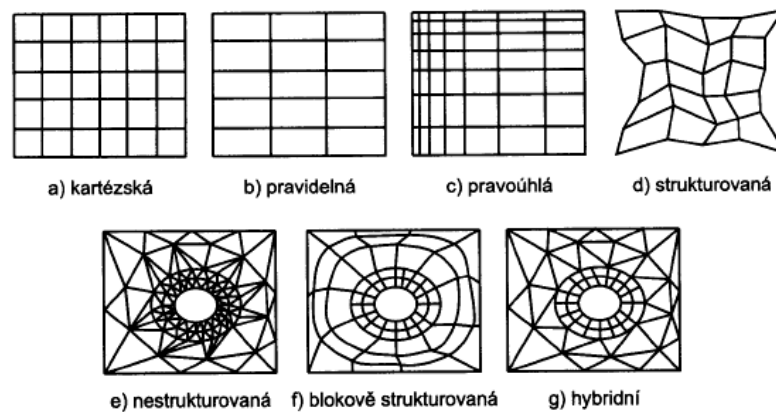


Reprezentace CSG je vhodná především ve fázi vytváření modelu. Pro zobrazení je častěji CSG strom převáděn na hraniční prezentaci, protože sám neobsahuje přímo vykreslitelné geometrické prvky.

### 2.1.4 Objemová reprezentace těles

Jak již napovídá název, objemová reprezentace se používá při zobrazování objemových dat. Taková data mohou být *nepravidelná* (data získaná při simulaci proudění kapaliny), *rozptýlená* (výsledky meteorologických měření) a *pravidelná* (data získaná tomografiem). Na rozdíl od předchozích reprezentací těles je v tomto případě popsána plocha tělesa i jeho objem. Objemová reprezentace se obecně používá spíše v technických oborech a medicíně, neboť pro zobrazení s estetickým účelem stačí reprezentace hraniční, protože v tomto případě nás objem tělesa a to, co je uvnitř, příliš nezajímá.

Jedním z přístupů, jak objekty definovat, je rozmístění jednotlivých vzorků do mřížky. U dat, která jsou uspořádána do mřížky, je důležité, jaký má mřížka tvar. Dělení mřížek podle jejich geometrického tvaru byl navržen Sprayem a Kennonem.



Obrázek 8: Příklady datových mřížek [2]

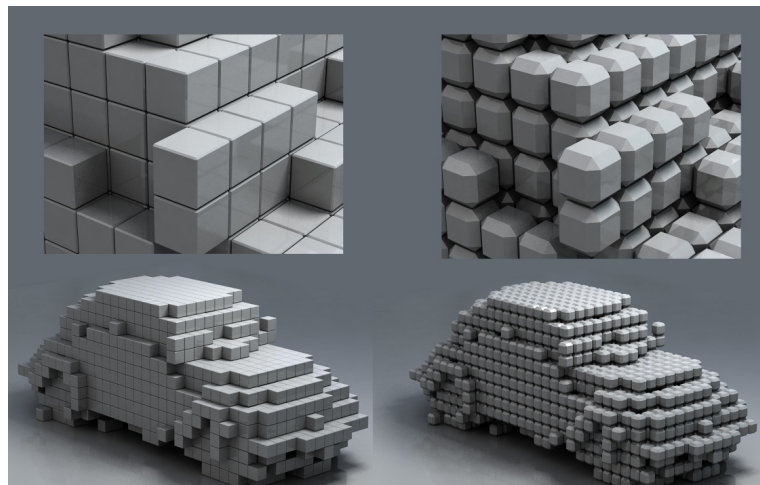




Tvary mřížky byly rozděleny do sedmi tříd (viz obrázek 8). V prvních čtyřech příkladech jsou vzorky umístěny do tvaru mřížky, který je zdeformován různým způsobem. Příkladem deformace je mřížka vytvořená např. ve válcovém souřadnicovém systému. Topologie mřížky nestrukturované je uložena v poli buněk, přičemž každá buňka obsahuje informace o tom, z jakých vrcholů je vytvořena. Zbylé dva typy, blokově strukturované a hybridní, jsou kombinací typů ostatních.

Nespornou výhodou diskrétních dat oproti spojitým objektům je např. snadná manipulace s naměřenými daty, možnost snadného provádění logických operací a možnost zpracování objemu dat jako celku. Nevýhodou je zejména velké množství dat a z toho plynoucí nároky na kapacitu paměti.

Nejmenším elementem trojrozměrného diskrétního prostoru je *voxel*. Voxel je analogií dvourozměrného pixelu a jedná se o vyplněný kvádr, který má konstantní hodnotu ve svém objemu. Nejčastější způsob jak získat hodnotu voxelu v jeho středu, tedy mezi souřadnicemi vzorků, se nazývá interpolace hodnot nejbližšího souseda, popř. metoda interpolace nultého řádu. Voxely mohou mít různý tvar od kostičky až po  $n$  – stěn (viz obrázek 9).



Obrázek 9: Modely složené z voxelů a jejich různá struktura [42]



Pro nalezení plochy v objemových datech existují algoritmy pro převod objemových dat do povrchové prezentace nebo se využívá aproximace povrchu sítí trojúhelníků. Takto vzniklé trojúhelníkové sítě se nazývají *izoplochy*, protože trojúhelníky tvořící plochy jsou předpokládány v místech, kde je hodnota vzorků konstantní.



Obrázek 10: Utah teapot složená z voxelů [49]

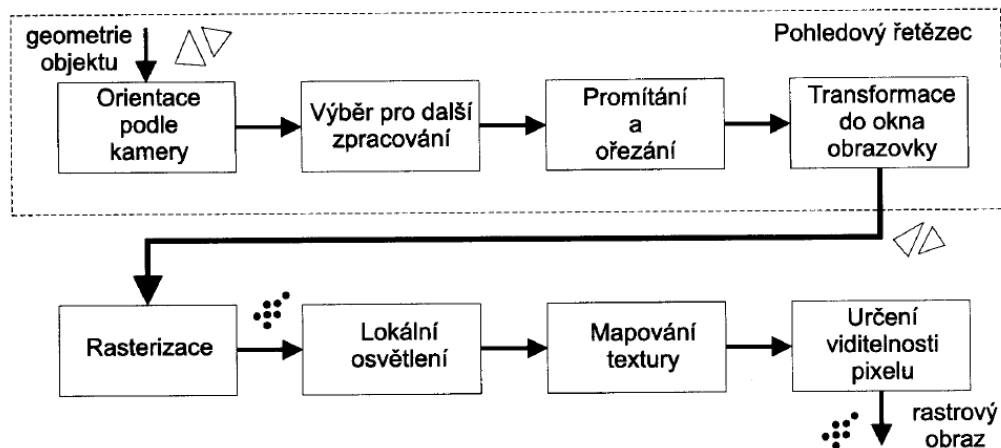


### 3 Rendering

Renderingem je nazýváno zobrazení prostorových modelů do dvourozměrné obrazové podoby. Při zobrazení scény obsahující modely a zdroje světla musí být dle [2] vyřešeny následující úlohy:

- globální osvětlení scény závisející na optických vlastnostech těles a prostředí kolem nich;
- nastavení kamery a řešení promítací úlohy s řešením viditelnosti;
- tvorba rastrového modelu s řešením lokálních osvětlovacích modelů a textur.

Provádění dílčích operací (transformací) vedoucích k umístění objektu do vhodné polohy pro efektivní určení viditelnosti a rasterizaci se nazývá *pohledový řetězec*. Celkový proces operací vedoucích k zobrazení výsledného rastrového obrazu se nazývá *zobrazovací řetězec* (viz obrázek 11).



Obrázek 11: Schéma zobrazovacího řetězce [2]

Základní dílčí kroky zobrazovacího řetězce jsou popsány v následujících podkapitolách. Jedná se především o metody promítání 3D objektu do dvourozměrného prostoru, o teorii



světla (světelné zdroje a odraz světla na objektu), metody stínování objektu a na závěr princip nanášení textur. Tyto podkapitoly jsou teoretickým základem pro *kapitolu 7.3*, která se věnuje grafickým výstupům vytvořeného modelu.

### 3.1 Promítání

Jak již bylo řečeno, pro zobrazení trojrozměrného modelu v dvojrozměrném prostoru musí být provedena řada operací. Postup, kdy je provedeno zobrazení ze 3D do 2D se nazývá promítání. Metodami promítání se podrobně zabývá deskriptivní geometrie, zde budou popsány pouze dva základní typy, a to *rovnoběžné promítání* a *promítání středové*. Dále je vhodné se omezit pouze na teorii promítání do rovnoběžné průmětny. V případě rovnoběžné průmětny totiž nedochází při průmětu k zakřivení promítané úsečky.

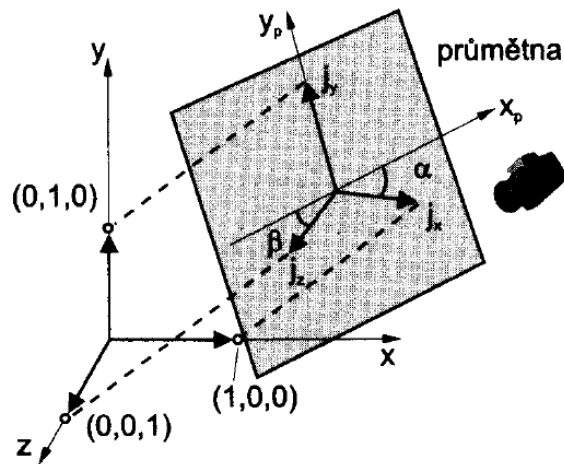
Při řešení promítací úlohy musí být definována geometrická situace scény. Musí být určeno místo pozorovatele, pozice a orientace průmětny a stanovení směru a cíle pozorování. Matematické řešení tohoto problému není součástí textu této práce, detailně ho rozebírá např. Žára v [2].

#### 3.1.1 Rovnoběžné promítání

Rovnoběžné promítání je nejzákladnějším typem promítání. Je prováděno na průmětnu, kterou je často jedna z hlavních rovin  $xy$ ,  $xz$  nebo  $yz$ , ve směru osy kolmé na průmětnu. Příklad promítání ve směru hlavních os na hlavní rovinu se nazývá *Mongeovo promítání*.

#### Axonometrie

Zvláštním případem rovnoběžného promítání, kdy není průmětna rovnoběžná s hlavními osami, se nazývá axonometrie. Axonometrie bývá definována pomocí hodnot  $j_x, j_y, j_z, \alpha, \beta$ , kde první tři hodnoty označují průměty jednotek na osách  $x$ ,  $y$  a  $z$ , úhly  $\alpha$  a  $\beta$  jsou úhly mezi průměty os  $j_x$  a  $j_z$  a kolmicí na průmět osy  $j_y$ .



Obrázek 12: Pravoúhlá axonometrie [2]

Podle toho, v jakých vzdálenostech od počátku řeže průmětna osy souřadnicového systému, dále axonometrii rozdělujeme na:

- *isometrie*:  $j_x = j_y = j_z$ ,  $\alpha = \beta$  (v průmětu lze měřit a porovnávat vzdálenosti, zkrácení vzdáleností je ve všech směrech stejné);
- *dimetrie*:  $j_x = j_y$ ,  $\alpha = \beta$  (v průmětu lze měřit pouze ve dvou směrech);
- *trimetrie*:  $j_x \neq j_y \neq j_z$  (poloha průmětny je naprosto obecná).

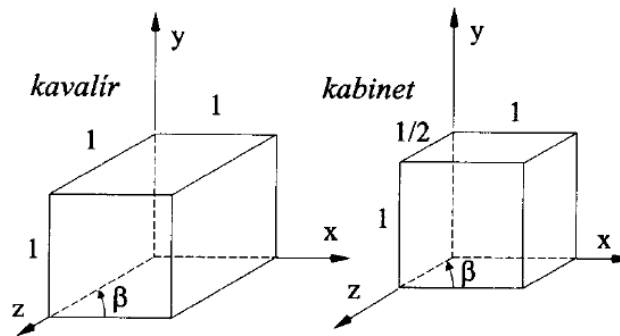
### Kosoúhlé promítání

Kosoúhlé promítání je obecným rovnoběžným promítáním. Jedná se o kombinaci Mongeova promítání a axonometrii. Průmětna je tedy rovnoběžná s jednou z hlavních rovin, ale směr promítání není kolmý na průmětnu. Mezi dva nejčastější typy kosoúhlého promítání patří promítání nazývána *kabinet* a *kavalír*.

U kabinetního promítání je úhel, který svírá průmětna se směrem promítání roven  $\arctan 2 = 63,4^\circ$ . U promítání kavalírního je tento úhel roven  $45^\circ$ . Výhodou kabinetního promítání je, že zkracuje úsečky kolmé na průmětnu na polovinu, a vzniká tak realističtější



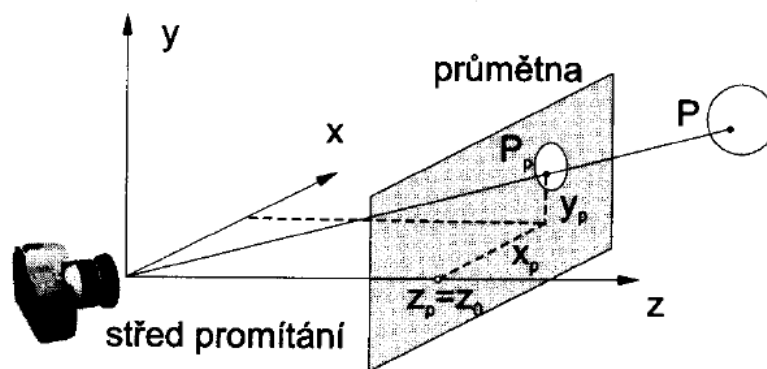
pohled. Naopak kavalírní promítání délky rovnoběžná s průmětnou a kolmé na průmětnu nezkrusluje (viz obrázek 13).



Obrázek 13: Promítání kavalír a kabinet [2]

### 3.1.2 Středové promítání

Středové promítání (perspektiva) se nejvíce přibližuje optickému modelu, popisující lidské vidění. Jak již název napovídá, jedná se o promítání, kdy všechny promítací paprsky prochází jedním bodem, středem promítání (viz obrázek 14).



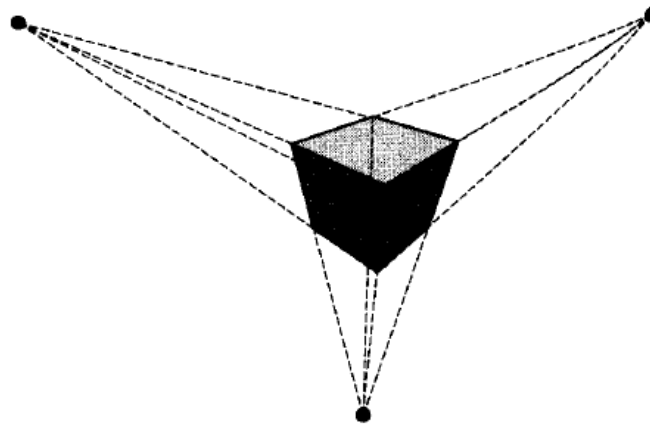
Obrázek 14: Středové promítání bodu [2]



Z obrázku 14 plyne, že objekty za průmětnou jsou zobrazením na průmětnu zmenšeny. Objekty ležící v průmětně si svou velikost zachovávají a objekty ležící před průmětnou jsou průmětem zvětšeny. Základní vlastností středového promítání je mimoběžné zobrazení rovnoběžných objektů. Rovnoběžnost tak není při středovém promítání zachována. Rozlišujeme tři základní typy perspektivy v závislosti polohy průmětny vůči osám souřadnicového systému (poloha průmětny však může být libovolná):

- *jednobodová perspektiva* - průmětna protíná jednu souřadnicovou osu;
- *dvoubodová perspektiva* - průmětna protíná dvě souřadnicové osy;
- *trojbodová perspektiva* - obecný případ, kdy průmětna protíná všechny tři osy.

Konkrétně program SketchUp, který byl využit k vytvoření digitálního modelu v rámci této diplomové práce, využívá trojbodovou perspektivu (viz obrázek 15)



Obrázek 15: Trojbodová perspektiva [2]

## 3.2 Světlo v počítačové grafice

Pochopení světla, jeho šíření prostorem a interakce s jinými materiály, je základem pro zobrazování virtuálních scén. Světlo je jednou z nejpropracovanějších oblastí počítačové grafiky. Vysvětlení celé problematiky má poměrně složitý fyzikální základ, a tak budou



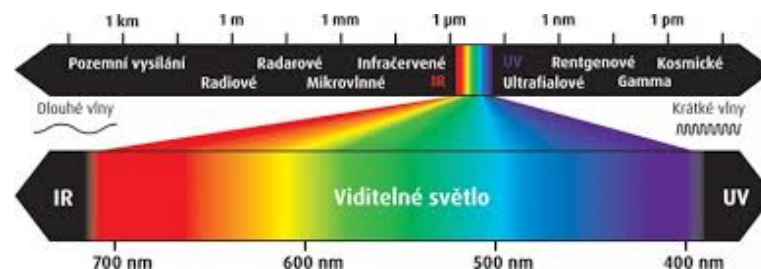
v následujících podkapitolách uvedeny pouze základní informace a definice. Podrobně je tato problematika popsána např. Žárou v [2].

### 3.2.1 Definice světla a základní pojmy

Z fyzikálního pohledu má světlo dualistickou povahu a chová se jako vlny i jako částice. Vlnový popis světla se využívá zejména pro vysvětlení pojmů jako je interference a disperze. Pro vysvětlení pojmů jako je odraz, či interakce světla s povrchem se využívá částicový popis. Chováním světla se zabývá optika. Pro popis světla v počítačové grafice se využívá především ta část optiky, která je nazývána jako *geometrická* a *kvantová*. Geometrická optika definuje světlo jako paprsky, jejichž trajektorie lze popsat pomocí geometrických pravidel. Kvantová optika popisuje světlo pomocí částic. Touto optikou se vysvětluje interakce světla s materiálem. Při simulaci světla jsou dle [2] v počítačové grafice použita následující zjednodušení:

1. Světlo se šíří přímočaře.
2. Rychlost šíření světla je nekonečná a veškeré odezvy jsou okamžité (odpadá simulace pohybu světla).
3. Světlo není ovlivněno gravitací ani elektromagnetickým polem.

Viditelným světlem je nazýváno elektromagnetické záření o vlnové délce 380–720 nanometrů (dále jen nm). Každé vlnové délce z viditelného spektra odpovídá určitá barva. Krajní barvy jsou fialová pro vlnovou délku 380 nm a červená pro 720 nm.



Obrázek 16: Viditelné barevné spektrum [43]





Při dopadu světla na nějaký objekt, je část světla odražena od povrchu, část je pohlcena a část objektem projde. Kombinováním frekvencí obsažených v odraženém světle vzniká charakteristická barva objektu. V počítačové grafice je pro barevnou reprezentaci světla využíván nejčastěji trojsložkový model RGB<sup>4</sup>.

Veličiny, které kvantifikují světlo, se nazývají *radiometrické*. Těmito veličinami a popisem vnímání světla se zabývá *fotometrie*. Nejdůležitější radiometrickou veličinou je *radiance*, veličina udávající počet fotonů přicházejících či vyzářených v určitém směru za jednotku času a procházející průmětem diferenciální složky, který je kolmý na tento směr [2].

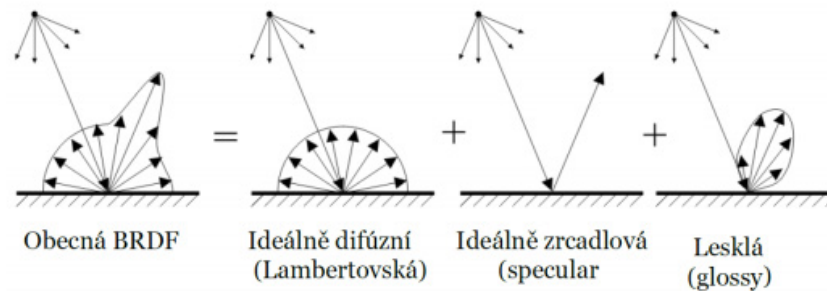
Jak bylo řečeno, většina světla, které člověk vnímá, je světlo odražené od povrchu objektu. Barva objektu je kromě vlastností dopadajícího záření dána i vlastnostmi povrchu, na který světlo dopadá. Odrazové vlastnosti povrchu materiálu v bodě popisuje *Dvousměrová odrazová distribuční funkce* (dále *BRDF*). Její název vychází z toho, že dokáže vyšetřovat dráhu světla po drahách přicházejících i odcházejících paprsků. BRDF je funkce obecně *anizotropní*, což znamená, že odraz světla závisí kromě vstupního směru, výstupního směru a poloze bodu povrchu, také na natočení povrchu vůči jeho normále. Základní vlastností BRDF je *Helmholzova reciprocita*. Helmholzova reciprocita říká, že BRDF je vždy symetrická, což znamená, že hodnota BRDF zůstane v bodě stejná, i když se změní směr odrazu a dopadu světla [10]. Matematický popis BRDF je obsažen v [2].

#### 3.2.2 Odraz světla

BRDF je reprezentována různými metodami. Často se používá vyjádření pomocí jednoduché funkce. Další možností je reprezentace pomocí tabulky, kdy pro dva směry vstupní a dva výstupní je známa jedna hodnota BRDF. Nevýhodou takového vyjádření je značná velikost tabulek. Nejčastěji se využívají modely empirické.

---

<sup>4</sup> RGB neboli červená – zelená – modrá je aditivní způsob míchání barev používaný zejména u barevných monitorů a projektorů.



Obrázek 17: Druhy BRDF [10]

### 3.2.2.1 Difúzní odraz

Povrch způsobující ideální difúzní odraz se nazývá Lambertovský. Příchozí světlo se odráží od plochy stejně do všech směrů. BRDF je v tomto případě konstantní. Odraz je stejný do všech směrů díky tomu, že vzniká na velkém počtu nerovných ploch orientovaných různým směrem. Hodnota odražené radiance je úměrná vstupní radianci. Difúzní povrch vypadá stejně při pohledu pod jakýmkoliv úhlem.

### 3.2.2.2 Zrcadlový odraz

Ideální zrcadlový odraz nastává na ideálně rovném povrchu, který odráží veškeré příchozí světlo podle zákona odrazu. V praxi se takovému povrchu podobá např. vyleštěná plocha kovu nebo sklo. Množství odraženého světla popisují *Fresnelovy rovnice* [10].

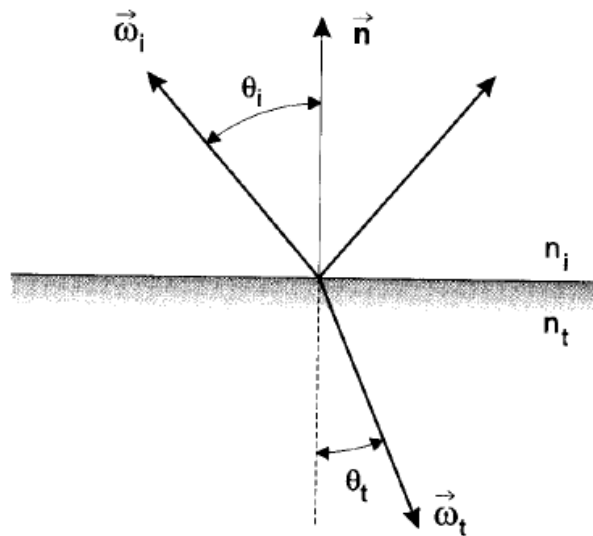
Na rozhraní dvou prostředí s různou optickou hustotou dochází kromě odrazu i k lomu paprsku tzv. *refrakci* (viz *obrázek 18*). K tomuto jevu dochází např. na ploše skla. Paprsek dopadne na plochu a rozdělí se na dvě části, odraženou a lomenou. Úhel lomu je možné určit ze *Snellova zákona lomu*:

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \frac{n_t}{n_i},$$

kde hodnoty na pravé straně označují absolutní indexy lomu jednotlivých prostředí. Index lomu je poměr rychlosti světla ve vakuu a v daném prostředí [10]. Situaci, kdy se dopadající



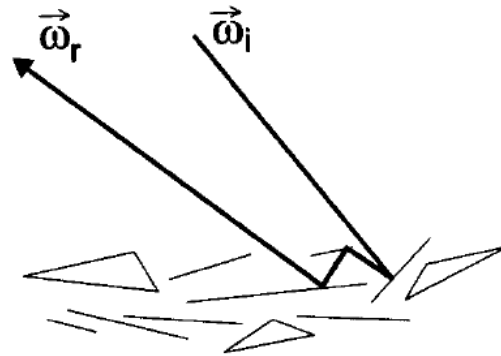
světlo pouze odrazí, je nazývána *totalní odraz*. K němu dochází při šíření paprsku z opticky hustšího prostředí do prostředí opticky řidšího.



Obrázek 18: Odraz a lom paprsku [2]

### 3.2.2.3 Lesklý odraz

Typy odrazů popsané v předešlých kapitolách popisují ideální chování světla při dopadu na povrch. U většiny povrchů se světlo ideálně nechová, což je dáno orientací mikroplošek, které umožňují světlu proniknout do hloubky, plošky se zastíňují atd. Mění se drsností materiálu se mění i odraz od povrchu. Čím je povrch hrubší, tím více se zrcadlový odraz rozmazává až do ideálního difúzního odrazu [10]. Pro modelování odrazivosti běžných předmětů se používá několik přístupů, tím nejvíce používaným je *Phongův model* [2].



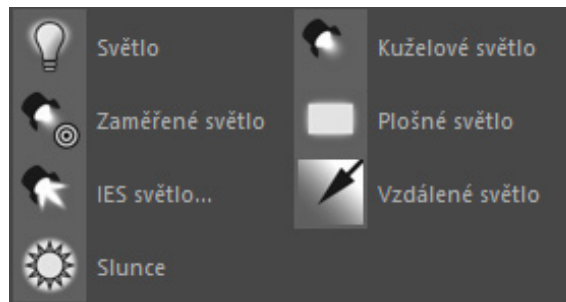
Obrázek 19: Odraz od mikroplošek [2]

### 3.2.3 Světelné zdroje

Světelným zdrojem je obecně jakýkoliv objekt vyzařující světelné záření. Světelný zdroj je definován svou barvou (tzv. emisním spektrem) a směrem vyzařování. V počítačové grafice jsou nejčastěji využívány níže uvedené zdroje světla [2].

- *Bodový světelný zdroj* vyzařuje světlo do všech směrů se stejnou intenzitou.
- *Rovnoběžný světelný zdroj* je popisován jako bodový zdroj ležící v nekonečnu. Jeho paprsky dopadají rovnoběžně a nahrazují např. sluneční svit.
- *Plošný světelný zdroj* má konečnou plochu a vyzařuje světlo všemi směry.
- *Reflektor* je zdrojem světla, který je daný svou polohou a směrem záření. Reflektor vyzařuje nejvíce ve směru osy vyzařování. Geometricky se jedná o kužel.

V programech určených k modelování a obsahující funkce pro vykreslování (rendering) lze zmíněné i další zdroje volně vkládat do scény a nastavením parametrů osvětlení jako je např. barva ovlivňovat výsledný vzhled scény. Program SketchUp využívá k osvětlení rovnoběžný světelný zdroj, který nahrazuje sluneční svit. Podrobněji je problematika světelných zdrojů popsána v [2].



Obrázek 20: Zdroje světla v programu Cinema 4D

#### 3.2.4 Stínování

Stínování je nástroj, který slouží pro odlišení křivostí a zaoblených ploch, a umožňuje tak získání přirozeného vzhledu prostorového tělesa. Počítat osvětlovací model a určovat zvláště odstín každého bodu by bylo velice náročné, a tak se používají metody, které počítají osvětlovací model pouze pro vybrané body a z nich odvozují odstín zbylých bodů [2].

##### 3.2.4.1 Konstantní stínování

Konstantní stínování je metoda nazývána také jako *flat shading*. Tento princip stínování počítá s tím, že každá ploška má pouze jednu normálu. Při rasterizaci je podle normály vypočítána barva pro celou plošku stejná. Konstantní stínování se používá především pro zobrazování rovinných ploch. Její výhodou je rychlost kresby. Tato metoda postačí pro vykreslení mnohostěnů, naopak pro vykreslení oblých tvarů není vhodná (viz obrázek 21). Při vykreslení oblého tvaru metodou konstantního stínování, dojde ke zvýraznění jednotlivých plošek, kterými je oblý povrch aproximován. Pro stínování oblých tvarů byly navrženy metody, které stínují těleso spojitě.



### 3.2.4.2 Gouraudovo stínování

Právě tato metoda stínování, navržená *H. Gouraudem*<sup>5</sup>, se používá pro stínování těles, jejichž povrch je aproximován malými ploškami. Metoda vychází ze znalosti barev ve všech vrcholech plochy, které jsou určeny vyhodnocením osvětlovacího modelu. Barevné odstíny bodů uvnitř plošky jsou určeny bilineární interpolací<sup>6</sup>. Gouraudovo stínování počítá pouze s difúzní složkou světla, zrcadlová složka uvažována není. Pro potřeby interpolace jsou barvy RGB převedeny z rozsahu  $\langle 0,1 \rangle$  na celočíselný interval 0–255. Interpolace se provádí pro každou barevnou složku zvlášť. Při použití Gouraudovo stínování nejsou viditelné jednotlivé plošky, které aproximují povrch, a stínování je plynulé.

### 3.2.4.3 Phongovo stínování

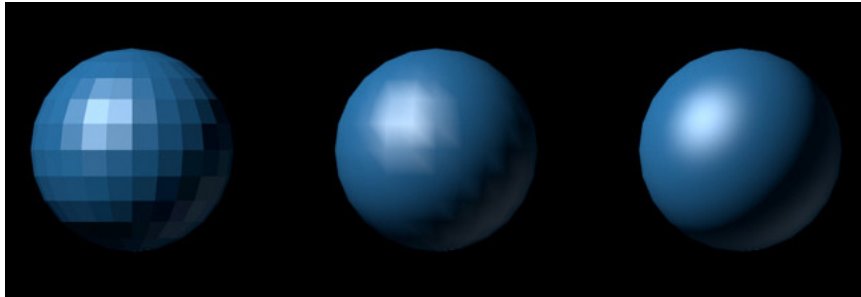
Tato metoda byla navržena *Bui-Tuong Phongem*<sup>7</sup>, který kromě metody stínování navrhl i osvětlovací model známý jako Phongův osvětlovací model. Phongova metoda vychází ze znalosti normálových vektorů v každém vrcholu plochy. Na rozdíl od Gouraudova stínování, kdy jsou pomocí normál určeny barvy ve vrcholových bodech a barvy uvnitř plochy interpolovány, slouží normály u Phongova modelu pro interpolaci normál v bodech uvnitř plochy. Pro interpolaci je použita opět bilineární interpolace. Principem Phongova stínování je interpolace normálových vektorů v bodech uvnitř plochy. Vyhodnocování normál probíhá současně s rasterizací. Odstín barvy každého pixelu je určen vyhodnocením normál, přičemž se v potaz berou všechny složky osvětlovacího modelu (na rozdíl od Gouraudovo stínování) [12].

---

<sup>5</sup> Francouzský vědec, který získal titul Ph.D. na Univerzitě v Utahu v roce 1971.

<sup>6</sup> Rozšíření lineární interpolace pro interpolaci funkce dvou proměnných na pravidelnou prostorovou mřížku.

<sup>7</sup> Vietnamský vědec v oblasti počítačové grafiky, který studoval na Univerzitě v Utahu, kde získal v roce 1973 titul Ph.D.



Obrázek 21: Konstantní, Gouraudovo a Phongovo stínování [44 ]

### 3.3 Textury

Pro zvýšení vizuální kvality výsledného modelu a přiblížení modelu k reálnému vzhledu slouží textury. Je důležité najít kompromis mezi geometrickým detailem a použitím textury. Je efektivnější použít složitou texturu, místo složitě modelované geometrie objektu. Textura popisuje vlastnosti objektu jako je struktura a barva. Obsahuje i další informace o kvalitě povrchu např. o průhlednosti, optických vlastnostech nad povrchem a o odrazu světla [15]. Základní rozdělení textur je podle dimenze. Podle ní tedy dělíme textury na [2]:

- *jednorozměrné* - definice podélných vzorků, které se opakují (pruhy);
- *dvourozměrné* - mapování na povrch tělesa;
- *trojrozměrné* - (objemové) simulace objektů vyřiznutých z bloku materiálu;
- *čtyřrozměrné* - animace trojrozměrných textur.

Z hlediska způsobu vytváření textury rozlišujeme dva základní druhy textur, a to rastrové a procedurální [15].

- *Rastrové textury* - texturou je rastrový obrázek v dostačující kvalitě (tabulka pixelů).
- *Procedurální textury* - textury vyjádřeny pomocí matematické funkce.



Aplikace textury se provádí ve dvou krocích. Nejprve je definována a poté se určuje její umístění na zvolený objekt. Tento proces se nazývá *mapování (texture mapping)*. Popis procedurálních textur zde není uveden. Podrobně je popsán např. v [2].

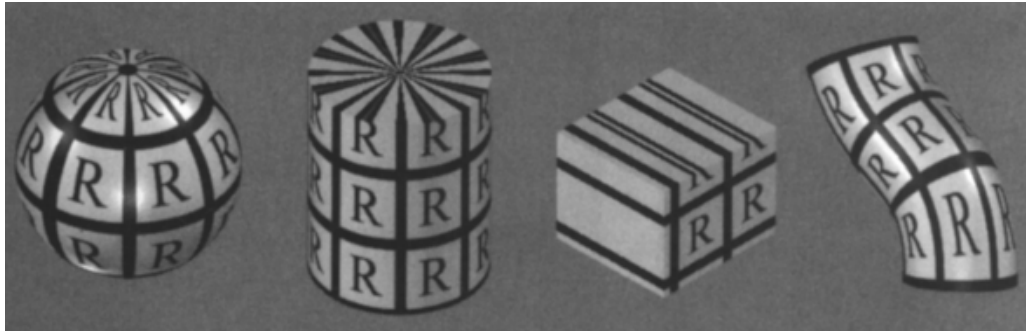
### 3.3.1 Mapování textur

Mapování textury je proces, kdy je textura nanášena na plochu tělesa. Je určeno třemi faktory [2]. *Definicí textury, tvarem tělesa*, na který je textura nanášena a *mapovanou veličinou*. Pod mapovanou veličinou si lze představit např. barvu. Nejjednodušším způsobem je mapování rovinné textury, které bude popsáno jako první. Dále jsou popsány principy mapování prostorové textury a tzv. bump mapping, což je mapování hrbolaté textury.

#### 3.3.1.1 Inverzní mapování rovinné textury

Úlohou inverzního mapování je nanést na povrch tělesa dvourozměrnou tapetu. Rovinná textura je definovaná funkcí  $T(u, v)$ , která bodům o souřadnicích  $u, v$  v rovině přiřazuje hodnoty mapované veličiny. Pro aplikaci textury je potřeba znát funkci  $M(x, y, z)$ , která každému bodu povrchu tělesa přiřazuje hodnotu textury  $T$ . Funkce  $M$  se nazývá *inverzní mapování*, protože ke známým bodům na povrchu vyhledáváme informace o textuře. Funkce  $M$  se volí podle tvaru tělesa, na který je tapeta nanášena. U ploch, které lze rozbalit do roviny (např. válec), lze najít funkci  $M$  v takovém tvaru, aby nedošlo ke zkreslení textury. U ploch, které nelze do plochy rozvinout bez deformace, dochází ke zkreslení textury. Příkladem takové plochy je koule. Předmětem textu není odvození inverzního mapování pro různé plochy. Odvození pro plochy válcové a kulové uvádí Žára [2].





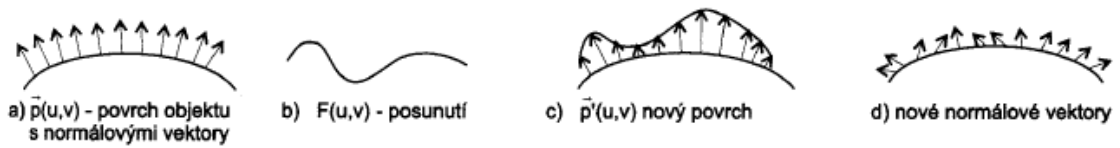
Obrázek 22: Nanášení textury na různé plochy [15]

### 3.3.1.2 Mapování prostorové textury

Prostorová textura zachycuje kromě vlastností povrchu i změny veličin uvnitř tělesa. Dochází tak k napodobení struktury materiálu uvnitř tělesa. Inverzní mapování není potřeba počítat. K souřadnicím bodu  $(x, y, z)$  jsou vyhledávány souřadnice  $(u, v, w)$  v textuře. Pomocí prostorové textury lze například modelovat tělesa z mramoru nebo jiného materiálu. Jejím nevýhodou jsou velké nároky na paměť.

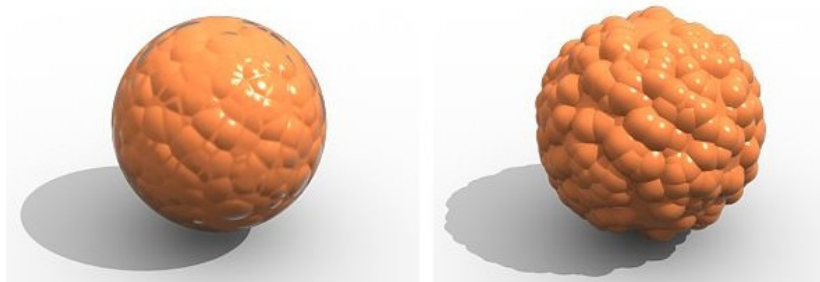
### 3.3.1.3 Bump mapping

Bump mapping je textura vyvolávající iluzi hrbolatého povrchu bez změny geometrie tělesa. Mapování je prováděno pomocí normálového vektoru plochy, který je při nanášení textury změněn tak, aby se změnil směr odrazu světla a vznikl efekt hrbolatého tělesa [15]. Funkce, která určuje zvrásnění, se označuje  $F(u, v)$ . Udává v podstatě vzdálenost povrchu, který určuje texturu na původním hladkém povrchu. Princip vzniku hrbolaté textury je zřetelný z obrázku 23. Bod se nejprve posune o vzdálenost  $F$  ve směru normálového vektoru. Tím je získán bod na novém povrchu, k němuž se v dalším vývoji najde nový normálový vektor. Matematický princip metody uvádí Žára [2].



Obrázek 23: Princip tvorby hrbolaté textury [2]

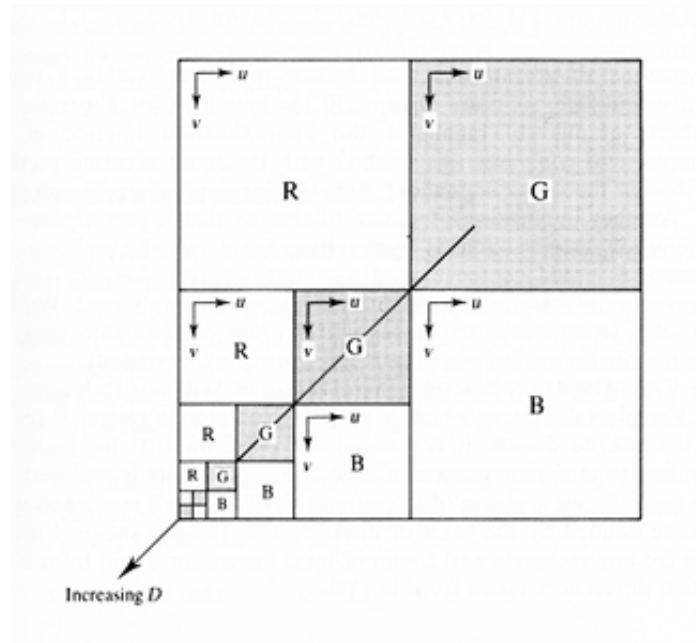
Nevýhodou bump mappingu je fakt, že na obrysech je vidět původní rovný tvar textury (viz obrázek 24). Toto lze řešit použitím další metody pro vytváření hrbolaté textury tzv. *displacement mapping* [13].



Obrázek 24: Bump mapping vlevo a displacement mapping vpravo [15]

#### 3.3.1.4 Mip-mapping

Textura, která je mapovaná na povrch tělesa, není obecně spojitá. Protože nejsou definovány všechny body, dochází k interpolaci hodnot textury mezi definovanými body [15]. Problémem při mapování textur je změna rozměru textury v závislosti na vzdálenosti objektu. Tento problém je řešen výpočtem a uložením textur v různých velikostech tzv. *mip-mapping*, jehož principem je výpočet a uložení různého rozlišení textury před samotným zobrazením.



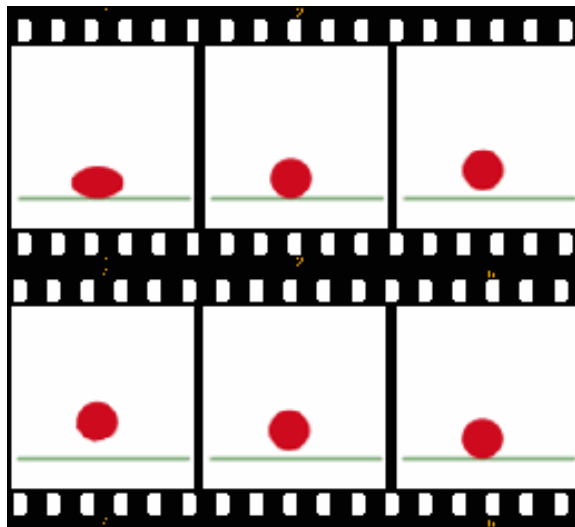
Obrázek 25: Princip mip-mappingu [14]

Textura je definovaná složkami RGB. Každá složka má nejčastěji velikost  $512 \times 512$  pixelů. Textura je reprezentovaná v poli o rozměrech  $1024 \times 1024$  bytů. Situace je znázorněna na obrázku 25. Jsou tedy zabrána 3 pole, každé jednou ze složek RGB. Zbylé pole reprezentuje texturu v polovičním rozlišení  $256 \times 256$  pixelů. Poloviční rozlišení se získává např. průměrováním hodnot čtyř pixelů do jednoho [2]. Tento princip dělení pokračuje do té doby, než v levém dolním rohu nezůstane pouze jediný pixel, který je průměrnou hodnotou všech pixelů. Bod textury se definuje pomocí souřadnic  $u, v$  a  $d$ . Hodnoty  $u$  a  $v$  jsou souřadnice pro mapování textury a hodnota  $d$  je souřadnice v pyramidě označující vzdálenost od texturovaného objektu. Nevýhodou této metody je rozmazání textury ve velkých vzdálenostech pozorovatele od objektu, na něž je textura nanášena.



## 4 Animace

Animací se rozumí metoda, která pomocí snímků vytváří iluzi pohybujících se objektů. Princip animace je poměrně snadný. Díky rychlému zobrazování na sebe navazujících statických snímků, které se mírně liší, vzniká dojem plynulého pohybu. Pro tuto plynulost výsledné animace musí být snímky přehrávány takovou rychlostí, aby lidské oko nepostřehlo přechody mezi snímky [17]. Rychlost je ovlivňována počtem snímků za sekundu. Při dostatečném počtu snímků za sekundu oko nepostřehne přechod díky tzv. setrvačnosti lidského zraku, kdy obraz zůstává po určitou dobu na sítnici. Obvyklá sekvence snímků je 24 snímků za sekundu. Starší filmové kamery používaly sekvenci 16 snímků za sekundu a menší.



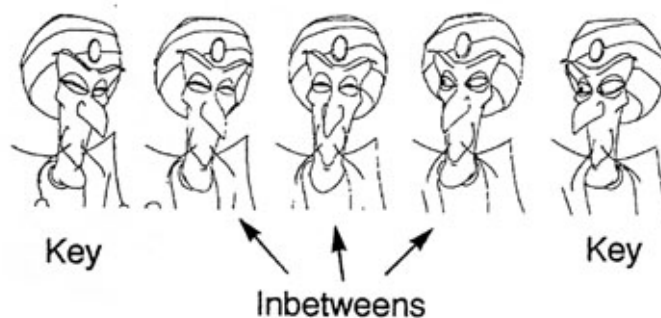
Obrázek 26: Animace pohybu míčku [17]

Animace vytvářená pomocí výpočetní techniky se nazývá počítačová animace [18]. Ta se dělí na dvourozměrnou a trojrozměrnou. Výhodou počítačové animace oproti klasické, kdy je obraz snímán kamerou, je možnost simulace fyzikálních jevů pomocí vytvořených algoritmů. Např. animace míčku by bylo možné provést nastavením počátečních podmínek a spuštěním simulace. Další možné dělení animace je na nízkoúrovňovou a vysokoúrovňovou



[2]. Nízkoúrovňová animace se zabývá pohybem objektu po dráze. Nízkoúrovňové operace využívá vysokoúrovňová k definici pojmů jako např. kolize. Navíc jsou z nich vytvářeny knihovny pohybů, které jsou opět následně využity k vysokoúrovňové animaci. Mezi základní znaky patří parametrizace jednotlivých funkcí. Lze například nadefinovat pomalou nebo rychlou chůzi atd.

Pro vytváření animace jsou podstatné tzv. *klíčové snímky* (*keyframes*) [18]. Metoda tvorby animace založená na klíčových snímcích se nazývá klíčování. Byla vytvořena firmou Walt Disney. Hlavní animátor vytvořil hlavní (klíčové) snímky a mezisnímky (*in-betweens*) byly dotvořeny animátory určenými pouze na tuto práci [2]. Tento postup byl postupně převeden i do počítačové 3D animace. Animátor zadává klíčové pozice a úkolem programu je automatické vygenerování mezipoloh. Čím více snímků je mezi klíčovými pozicemi, tím je animace plynulejší. Problémem může být značné množství dat.



Obrázek 27: Klíčové snímky a mezisnímky [19]



## 5 SketchUp

Na trhu lze najít veliké množství softwaru, který je určen přímo ke 3D modelování, které slouží ve většině případů k vytváření 3D modelů, vizualizací a animací. Tomu také odpovídají ceny těchto nástrojů. Mezi nejvýznamnější komerční software patří především *CINEMA 4D* [21], nástroj, který nabízí širokou škálu funkcí od modelování složitých tvarů až po rendering a který je často využíván pro tvorbu animovaných filmů. Dalším významným nástrojem pro tvorbu 3D grafiky je *Autodesk Maya* [22] využívaný podobně jako *CINEMA 4D* pro tvorbu 3D efektů. Slouží také k tvorbě počítačových her. Kromě nástrojů na modelování existují i programy, sloužící pouze k vizualizaci hotových modelů. Příkladem je *Artlantis* [23], který je zaměřen na architektonické vizualizace. Dalšími významnými komerčními nástroji pro 3D modelování a vizualizaci jsou např. *AutoCAD* a *3DS Max*. Cena těchto programů je obvykle velmi vysoká a pohybuje se v desítkách tisících. Např. cena plné verze *CINEMA 4D Studio* je 100 000 Kč.

Kromě zmíněných komerčních nástrojů existují i programy s free licencí, kterými lze drahý software alespoň z části nahradit. Mezi nejvýznamnější patří *Blender* [24] a free verze programu *SketchUp*. Blender se svou komplexností jako jediný z volně dostupných programů může rovnat profesionálním nástrojům. Nabízí funkce pro základní modelování, ale obsahuje i *Blender Game Engine*, pomocí něhož lze model rozpohybovat. Zdrojový kód tohoto programu je otevřený. Je to jediný volně šiřitelný program, ve kterém byl vytvořen krátký animovaný film. *SketchUp* je celosvětovým fenoménem ve 3D modelování, využívaný zejména pro architektonické studie. Pro vyhotovení modelu v rámci této diplomové práce byl použit právě SketchUp, a tak další podkapitoly obsahují popis programu, jeho základní funkce i funkce, o které lze vhodně program rozšířit.

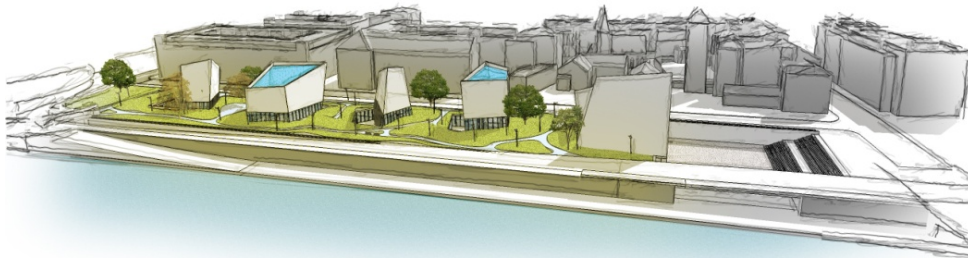
### 5.1 Historie programu SketchUp

SketchUp je jedním z nejvíce používaných 3D programů především díky své jednoduchosti. Je využíván zejména architekty pro tvorbu návrhů designu. Byl vyvinut společností *@Last Software* v Boulderu (stát Colorado) a o jeho vývoj se postarali *Brad Schellem* a



*Joe Eschem.* První verze programu byla na trh uvedena v roce 2000. Ideou programu bylo umožnit návrháři stejný pocit, jako kdyby měl v ruce tužku a své návrhy přenášel na papír. Dalším cílem bylo dosáhnout maximální jednoduchosti uživatelského ovládání. Po svém uvedení program vyhrál cenu Community Choice Award. V roce 2006 byla firma odkoupena společností *Google*. Pod touto značkou byla vypuštěna první volně stažitelná verze nazvaná *Google SketchUp*. Díky dostupnému stahování se rozšířil do celého světa. V roce 2012 byl *SketchUp* odkoupen společností *Trimble Navigation*, která dodnes program vyvíjí. Od uvedení verze 2013 nemůže být free verze programu využívána pro komerční účely. Nejnovější verzí programu v době vzniku této diplomové práce byla verze *SketchUp 2015*.

Pro Českou republiku je distributorem programu 3E Praha Engineering, a.s. [27]. Na stránkách této společnosti lze stáhnout jak free verzi, tak zakoupit placenou verzi *SketchUp Pro*.



Obrázek 28: Ukázka vizualizace vytvořené v programu SketchUp [28]

### 5.2 Základní funkce programu SketchUp

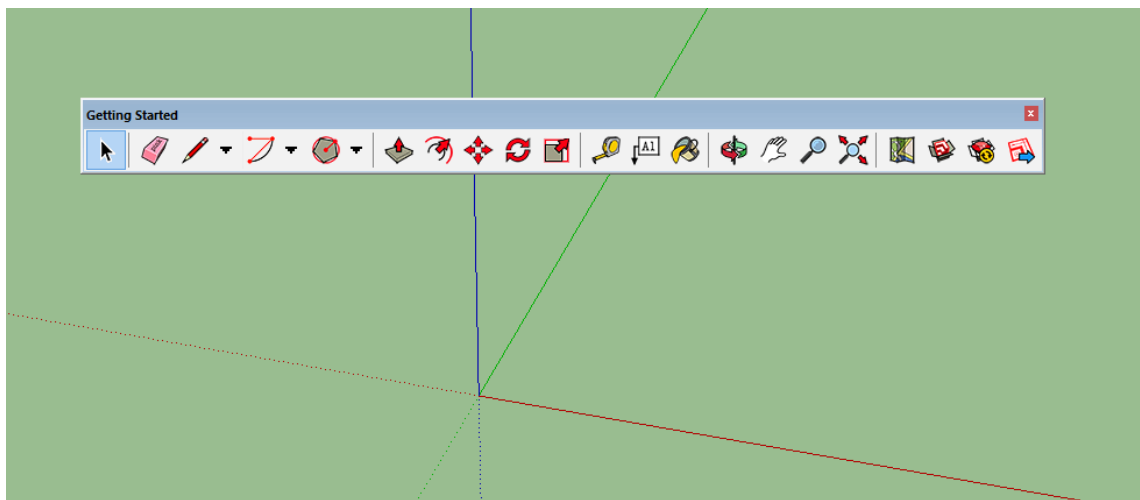
Pracovní prostředí programu *SketchUp* je uživatelsky velmi přívětivé a samotné ovládání je velice intuitivní. Přesto může v porovnání s ostatními programy působit lacině. První dojem však klame. I když nenabízí takovou škálu funkcí jako konkurence, tak v něm při troše šikovnosti lze vymodelovat téměř cokoliv. Kompletní popis všech funkcí programu



popisuje podrobně Linhartová [1]. Dalším vhodným materiálem jsou výukové kurzy na internetu [28] a velký počet videí na serveru YouTube [29]. Dále jsou popsány pouze nejvýznamnější funkce programu SketchUp a základy jejich používání.

### 5.2.1 Pracovní prostředí a panely nástrojů

Po spuštění programu se zobrazí pracovní plocha s osovým křížem, který představuje směry tří os, červené, zelené a modré (viz obrázek 29). Dále se na ploše zobrazí základní panel nástrojů tzv. *Getting Started*. Tento panel obsahuje pro začátečníky všechny základní funkce dostačující k prvnímu seznámení s programem.



Obrázek 29: Pracovní plocha s panelem Getting Started

Vzhled pracovního prostředí si každý může optimalizovat podle svých požadavků. Jednotlivé pracovní panely tzv. *toolbary* lze zapínat a vypínat v menu *View-toolbars*. Před začátkem modelování je podstatné nastavení jednotek, což lze provést v menu *Window-Model Info-Units*, kde také můžeme určit na kolik desetinných míst má program měřit vzdálenosti a úhly. Ovládání programu je velice snadné pomocí tří tlačítek myši. Levým tlačítkem se provádí výběr, pravým se vyvolává kontextové menu a kolečkem se dá v modelu



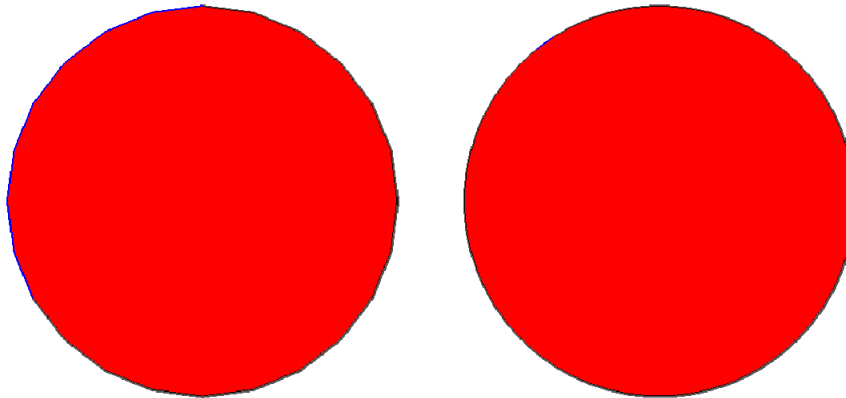


zoomovat a jeho stisknutím lze otáčet pohled. Přidáme-li ke stisku klávesu shift, můžeme i posouvat do stran.

Obecně lze nástroje SketchUpu rozdělit do čtyř skupin, a to nástroje kreslicí, editační, manipulační a pomocné.

- *Kreslicí nástroje*: čára, kružnice, obdélník a další geometrické útvary.
- *Editační nástroje*: tlačit/táhnout, následuj mě, kopírování, offset atd.
- *Manipulační nástroje*: posun, kopie, otáčení atd.
- *Pomocné nástroje*: měření, styly, kótování atd.

Důležité je zmínit, že SketchUp neumí kreslit oblé tvary, ale pouze úsečky. Hladkost oblého tvaru, např. kružnice, je dána pouze počtem segmentů (viz obrázek 30), ze kterých se skládá. Toto lze nastavit funkcí *Divide*.



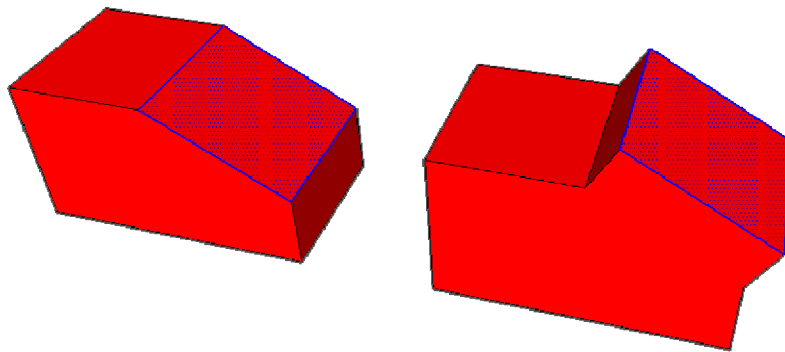
Obrázek 30: Vlevo hodnota Divide 24, vpravo 60

Základní kreslicí nástroje si každý dokáže osvojit sám v krátkém časovém horizontu, proto jsou dále popsány spíše ty nejvýznamnější nástroje a jejich specifika.



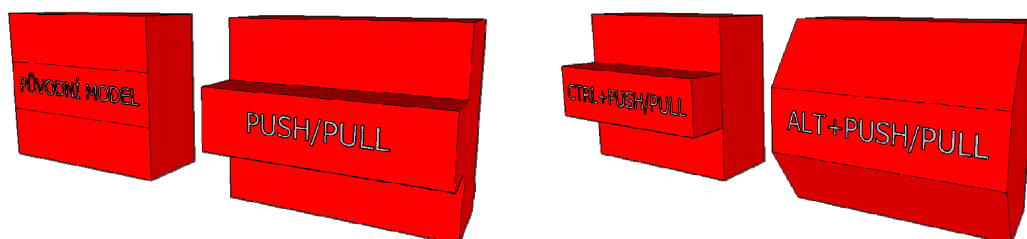
### 5.2.2 Funkce Push/Pull

Funkce *Push/Pull* (*Tlačit/Táhnout*) je nejdůležitější funkcí programu SketchUp. Na tuto funkci dokonce SketchUp vlastní od roku 2003 patent (US 6628279). Funkce Push/Pull slouží k přidání třetího rozměru do modelu. Plochy lze vytahovat kladně a záporně. Kromě ručního vytažení plochy do prostoru lze zadat přímo požadovaný rozměr nebo se chytit výšky jiného, již v modelu obsaženého prvku. Jediným omezením nástroje je možnost vytahovat plochy pouze ve směru normály (viz obrázek 31).



Obrázek 31: Vytažení plochy pomocí funkce Push/Pull

Další možné využití je společně s klávesami *Ctrl* a *Alt*. Klávesa *Ctrl+Push/Pull* oddělí vytaženou plochu od zbytku původního modelu (vznikne nová plocha). Klávesa *Alt+Push/Pull* vytáhne nejen původní plochu, ale i plochy s ní sousedící (viz obrázek 32).

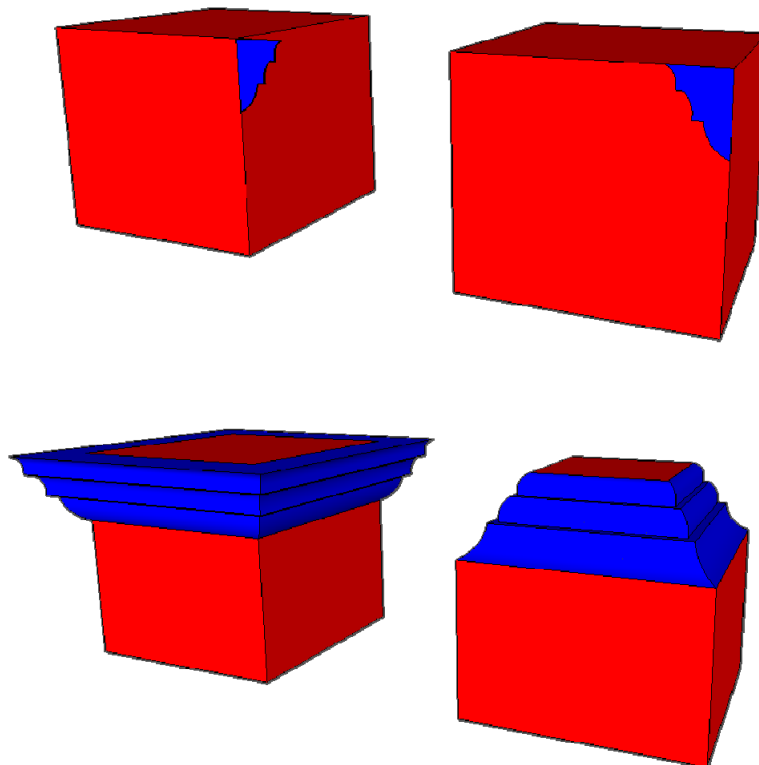


Obrázek 32: Různé možnosti použití funkce Push/Pull



### 5.2.3 Funkce Follow Me

Funkce *Follow Me* (*tažení po dráze*) je nástroj, pomocí kterého lze modelovat římsy a jiné složité ozdobné prvky. Pro použití funkce je třeba znát profil a trasu, po které má být profil tažen [28]. Princip nástroje je patrný z obrázku 33.



Obrázek 33: Princip použití funkce Follow Me

Nástroj Follow Me lze ovládat v podstatě třemi způsoby. První způsob nabízí táhnutí zvoleného profilu po trase pohybem myši. Ve druhém případě se nejprve vybere trasa, po které má být profil tažen, a následně se s aktivní funkcí Follow Me vybere profil. Třetí možnost je podobná té předchozí s tím rozdílem, že se nevybere trasa ale plocha, po jejíž hranici má být profil tažen.

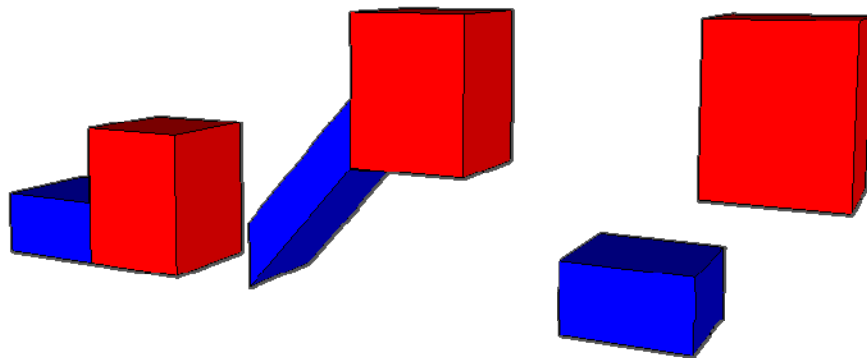


Možnosti využití nástroje Follow me jsou omezeny v podstatě pouze představivostí uživatele.

#### 5.2.4 Funkce Make Group, Make Component

Ve SketchUpu jsou k sobě jednotlivé prvky v podstatě lepeny. Dva sousedící kvádry mají společnou plochu, dvě roviny mají společnou hranu atd. Nevýhodou je, že při posunu jednoho prvku se mění i geometrie druhého. Tento problém řeší funkce *Make Group* a *Make Component*.

Použití funkce Make Group (seskupit) je snadné. Stačí vybrat požadované součásti skupiny a v kontextovém menu zvolit možnost Make Group. Skupina způsobí seskupení zvolených prvků a oddělení od ostatních částí modelu. Výhodou je, že skupinami lze libovolně otáčet a přesouvat bez změny geometrie zbytku modelu. Skupiny lze také velmi snadno obarvit, protože stačí takto označit jednu plochu skupiny a ostatní se obarví stejnou barvou.



Obrázek 34: Příklad využití funkce Make Group

Na *obrázku 34* je naznačen princip funkce Make Group na jednoduchém modelu. Vlevo je model původní. Uprostřed je ukázáno, jak se mění geometrie při posunu červeného kvádra. Vpravo byl červený kvádr seskupen, a tak jeho posunem není změněna geometrie modelu.



Komponenty se vytvářejí obdobně jako skupiny. Označí se objekty, které mají komponent tvořit a zvolí se možnost *Make Component* z kontextového menu. Komponenty se na první pohled tváří stejně jako skupiny, avšak rozdíl je celkem podstatný. Vytvoří-li se kopie skupiny, pak lze manipulovat s každou kopií samostatně. Tato vlastnost u komponentů neplatí. Změnou původního komponentu se mění i její kopie. Tuto vlastnost lze velmi efektivně využít při vkládání opakujících se prvků. Jsou-li například okna vložena jako komponent a uživatel se rozhodne změnit barvu rámu okna, stačí změnit pouze jeden prvek a změny se aplikují i na jeho kopie. Vytvářením komponentů si lze postupně budovat knihovnu prvků a ty pak lze používat i v dalších modelech. Největší knihovnou modelů je 3D Warehouse [30], do kterého mohou ukládat své modely všichni uživatelé SketchUpu pomocí účtu u Googlu.

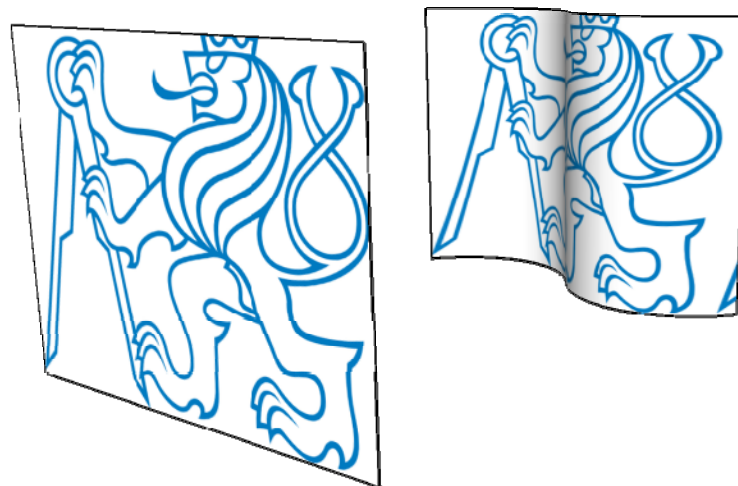
### 5.2.5 Barvy a textury

Pomocí výše popsaných funkcí lze vytvářet základní i složitější modely. To, co však modelům dodává reálný vzhled a oživuje je, jsou správně použité barvy a textury. Ve SketchUpu slouží pro práci s barvami a materiály nástroj *Paint Bucket* (výplň). Na jednotlivé plochy modelu lze nanášet buď barvy, nebo je lze potahovat libovolnými texturami. Stačí pouze zvolit typ výplně a plochu, na kterou má být výplň nanесena. SketchUp implicitně obsahuje poměrně širokou paletu materiálů, od střešních krytin až po pokrývky podlahy, které lze v modelu použít. Není však problém do programu importovat vlastní texturu, kterou může být jakýkoliv obrázek. Důležité je mít při importu obrázku zvolenou možnost *use as texture*. Po načtení obrázku se zvolí plocha, kterou má pokrývat, a nastaví se požadované parametry tapety jako je velikost vzoru, poloha atd. Načtení a umístění tapety je znázorněno na *obrázku 35*.



Obrázek 35: Příklad vložení a umístění vlastní textury

Speciálním případem jsou vlastní textury, které mají pokrývat oblé plochy, nebo plochy ležící ve více hloubkových úrovních. Princip je takový, že se textura nejprve nanese na rovinný průmět plochy. Poté stačí ve vlastnostech textury zvolit možnost *projected* a sejmout texturu kapátkem. Použití projektované textury znázorňuje obrázek 36.



Obrázek 36: Použití projektované textury



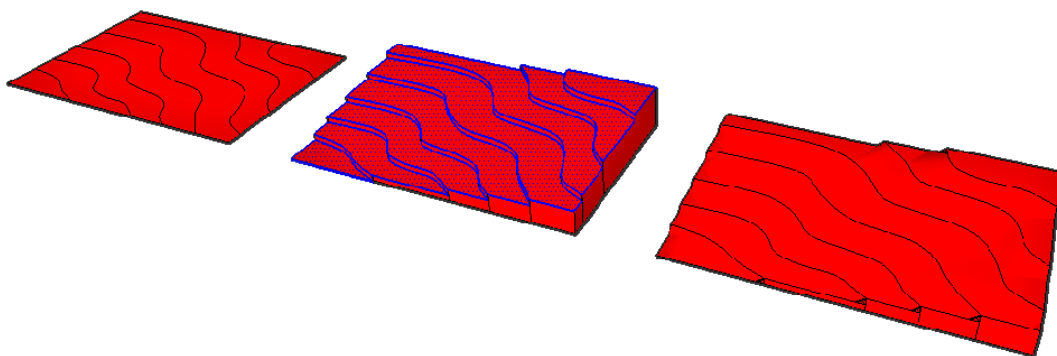
Výplně použité v modelu lze poměrně snadno editovat. Výhodou je, že se jejich editace projeví na všech plochách, na kterých je využita. U výplně lze měnit odstín barvy, ale například i průhlednost.

## 5.2.6 Tvorba terénu

Pro práci s terénem ve SketchUpu slouží nástroj *Sandbox (terén)*. Terén lze vytvořit dvěma způsoby - *From Contours* (z vrstevnic) nebo *From Scratch* (od nuly na zelené louce).

### 5.2.6.1 From Contours

Vytvoření terénu funkcí *From Contours* se použije tehdy, jsou-li k dispozici vrstevnice pro dané území. Vrstevnice mohou být získány buď přímo z digitální mapy, nebo digitalizací nějakého mapového podkladu a jsou ve formě 2D nebo 3D. V případě 2D podoby je potřeba každou vrstevnici posunout do příslušné výšky. Lze vytahat jednotlivé čáry nebo přímo plochy, které je ohraničují. Jsou-li vrstevnice v příslušných výškách, stačí použít nástroj *From Contours* z *toolbaru Sandbox* a vytvoří se plocha terénu. Princip vzniku terénu z vrstevnic je patrný z obrázku 37.

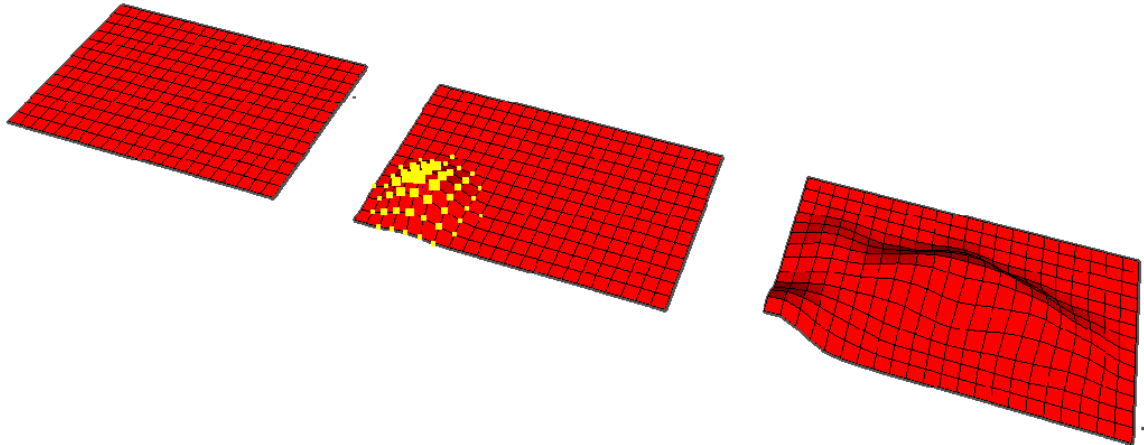


Obrázek 37: Tvorba terénu z 2D vrstevnic



### 5.2.6.2 From Scratch

Způsob modelování terénu bez použití vrstevnic se nazývá *From Scratch*. Modelování se provádí vytahováním terénních útvarů z rovinné sítě. Po výběru funkce From Scratch stačí zadat požadovanou rozteč čtvercové sítě. Pro vytvoření požadovaného tvaru terénu slouží funkce *Smoove (zvlnit)* z *toolbaru Sandbox*. Jediným parametrem této funkce je hodnota poloměru kružnice. Před použitím funkce je nutné terén nejprve rozdělit na jednotlivé prvky, což ve SketchUpu umožňuje funkce *Explode*. Stačí označit čtvercovou síť a z kontextového menu zvolit možnost Explode. Princip tvorby terénu znázorňuje následující obrázek. Nejdříve se vytvoří čtvercová síť a rozdělí se na jednotlivé prvky (vlevo na obrázku 38). Dále se použije funkce Smoove pro požadované zvlnění terénu (obrázek uprostřed na obrázku 38). Vpravo na obrázku 38 už je příklad hotového terénu vytvořeného ze čtvercové sítě.



Obrázek 38: Tvorba terénu From Scratch



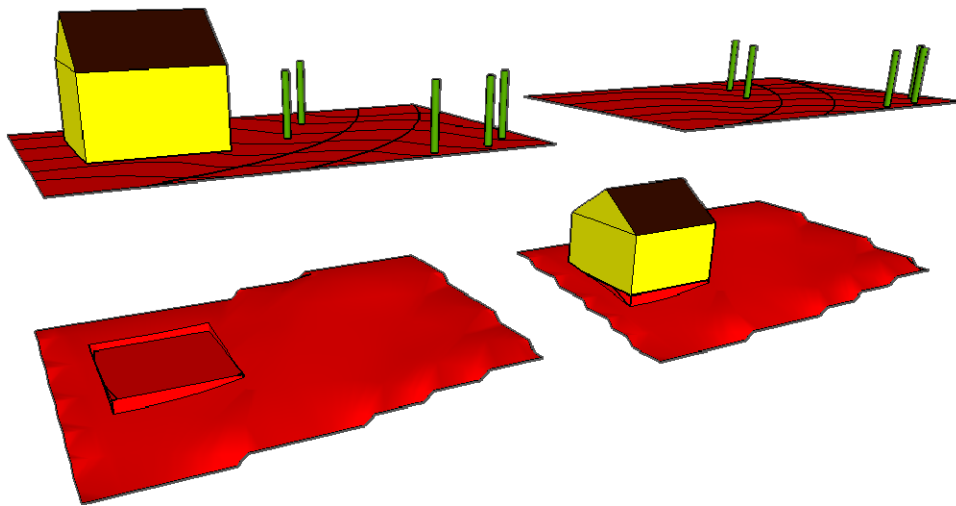


### 5.2.6.3 Umístování objektů na terén

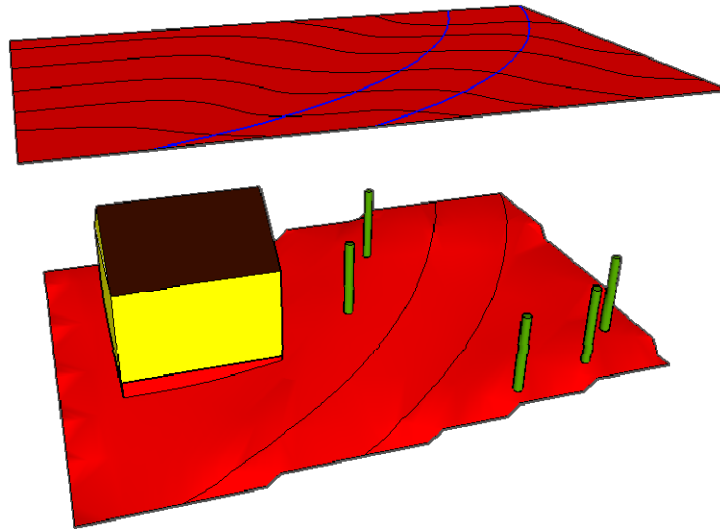
Dalším krokem po vytvoření terénu je umístění objektů např. domů, cest a stromů na terén. SketchUp pro umístění objektů nabízí v rámci toolbaru Sandbox dvě funkce, a to *Stamp* a *Drape*.

*Stamp* (otisk) slouží k umístění prostorových prvků na terén a to tak, že se zvolený objekt umístí nad terén na požadované místo a pomocí nástroje Stamp se otiskne plocha objektu, na kterou pak dojde k jeho umístění. Otisknutí domu na terén znázorňuje *obrázek 39*. Podobně lze na terén umístit i stromy a jiné objekty.

Umístění cesty na terén se provádí pomocí funkce *Drape*. Cesta se opět umístí nad terén a zvolí se funkce *Drape*, která ji umístí na terén. Při umístování objektů na terén je vhodné, aby jednotlivé prvky byly skupiny nebo komponenty. Ulehčí se tím práce s označováním a geometrie objektu se nezmění. Použití funkce *Drape* ukazuje *obrázek 40*. Při použití funkce *Stamp* nebo *Drape* je samozřejmě nutné zvolit terén, na který se mají objekty umístit.



Obrázek 39: Umístění domu pomocí funkce Stamp



Obrázek 40: Umístění cesty na terén pomocí funkce Drape

### 5.3 Doplnující moduly pro program SketchUp

SketchUp sám o sobě obsahuje spoustu funkcí, pomocí kterých lze vymodelovat v podstatě cokoliv. Existuje však řada doplňkových modulů tzv. pluginů, které rozšiřují možnosti programu. Mnoho modulů je k dispozici zdarma, některé pokročilejší jsou placené. Moduly lze nainstalovat třemi způsoby. První je instalace přímo v prostředí SketchUpu pomocí *Extension Warehouse* [31]. Ikonka *Extension Warehouse* se nachází na *toolbaru Warehouse*. Po otevření aplikace se objeví okno, ve kterém lze moduly vyhledávat a instalovat. Podobnou možností je využití serveru *SketchUcation* [32]. Po registraci lze moduly vyhledávat buď na internetových stránkách *SketchUcation*, nebo lze nainstalovat modul *SketchUcation*, pomocí kterého lze moduly vyhledávat a instalovat přímo v prostředí SketchUpu. Poslední možností je stáhnout na internetu modul ve formátu *rb* popř. *rbz* a instalovat je v menu *Window-Preferences-Extensions-Install Extension*.

V dalších podkapitolách jsou popsány moduly, které autor považuje za nejužitečnější a sám jich při vytváření svého modelu využil.

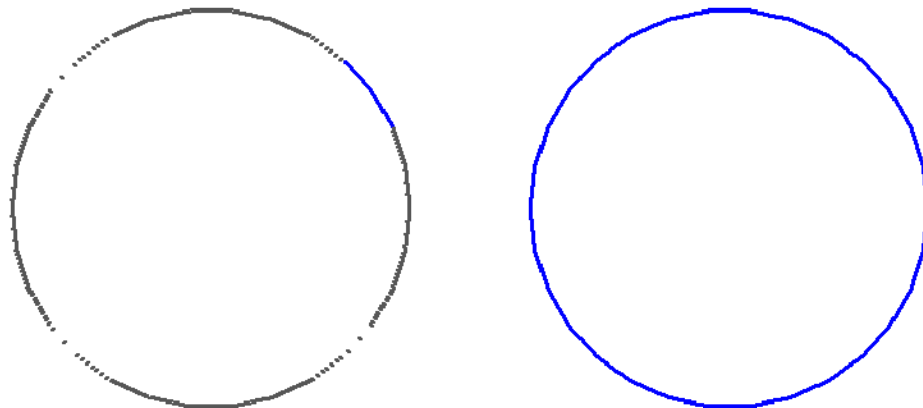


### 5.3.1 Modul Mirror

*Modul Mirror* je velice užitečný nástroj na zrcadlení prvků. Funguje velice jednoduše. Stačí vybrat prvek, který má být zrcadlen, a zadat zrcadlicí rovinu dvěma přímkami. Zrcadlit lze i podle zadaného bodu nebo přímky [1].

### 5.3.2 Modul Weld

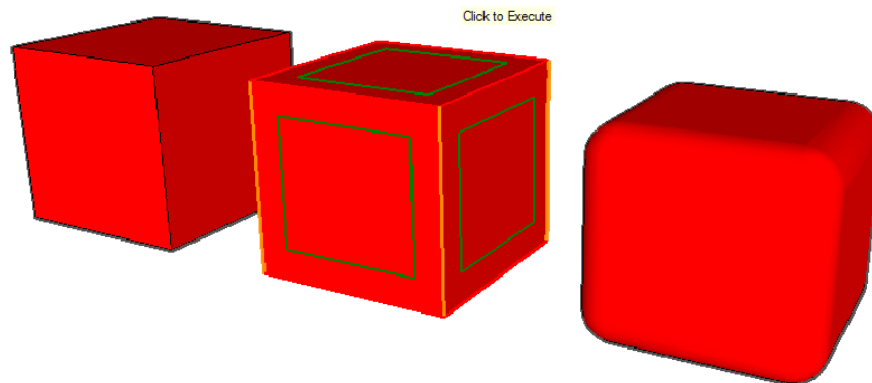
Při rozdělení kružnice na více segmentů pomocí funkce *Divide* se kružnice rozseká na jednotlivé úsečky. Kdyby bylo potřeba kružnici někdy později označit, musel by se označit každý segment kružnice. Tento problém řeší chytrý nástroj *Weld*, jehož funkcí je slepovat jednotlivé segmenty znovu tak, aby tvořily jednu linii (viz obrázek 41).



Obrázek 41: Spojení segmentů kružnice pomocí modulu Weld

### 5.3.3 Modul Round Corner

Modul *Round Corner* je nástroj, který umí zaoblit nebo zkosit vybrané hrany. Velmi užitečný je nástroj především při modelování součástí interiéru. Stačí vybrat hrany, které mají být zaobleny nebo vybrat celý objekt, zadat ofset a segmenty zaoblění a funkci potvrdit. Na objektu se zobrazují barevné linie, které ukazují, jak se změní geometrie tělesa (viz obrázek 42).



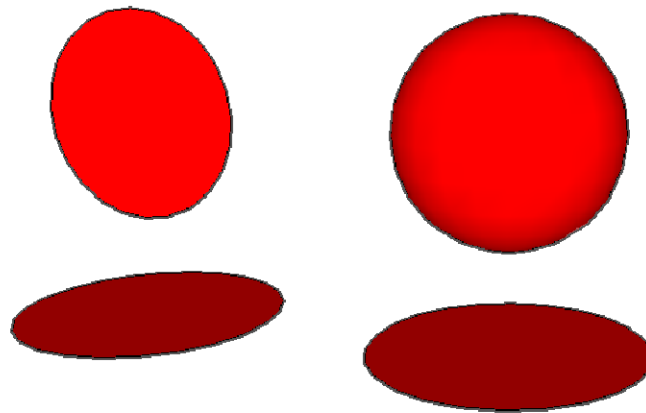
Obrázek 42: Využití modulu RoundCorner pro zaoblení rohů krychle

### 5.3.4 Modul Drop GC

Modul *Drop GC* je malý, avšak velmi užitečný nástroj, pomocí kterého lze spouštět objekt na plochu pod ním. Těto funkce lze využít především při umisťování objektů na terén (viz kapitola 5.2.6.3). Objekt nemusí být na terén posunut pomocí nástroje *Move*, stačí ho pouze označit a z kontextového menu zvolit funkci *Drop GC*.

### 5.3.5 Modul Sphere

Krychli, obdélník a jiná tělesa s půdorysem  $n$  – úhelníku lze poměrně snadno vymodelovat pomocí vytvořené plochy a nástroje *Push/Pull* (viz kapitola 5.2.2). S vytvořením koule je to však mírně složitější. Ne každého to napadne hned, ale kouli lze vymodelovat pomocí nástroje *Follow Me* (viz obrázek 43). Efektivnějším řešením je využití modulu *Sphere*, kterému stačí zadat pouze poloměr a koule se vytvoří sama. Pak ji stačí umístit na požadované místo v modelu.

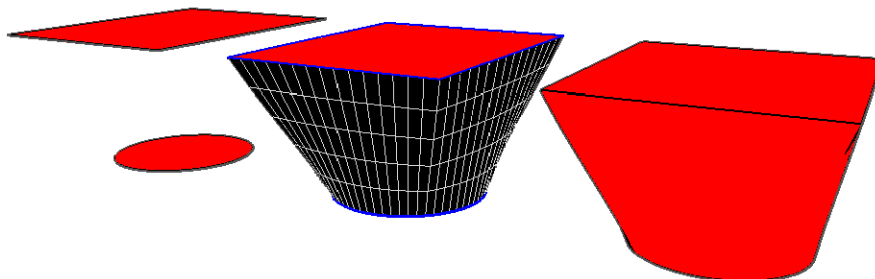


Obrázek 43: Konstrukce koule pomocí funkce Follow Me

### 5.3.6 Modul Curviloft

Ve SketchUpu lze vytvářet plochy pouze mezi křivkami, které leží v jedné rovině. Silným nástrojem, který posouvá možnosti programu dál je modul *Curviloft*. Pomocí tohoto nástroje lze vytvářet plochy omezené plochami různých tvarů nebo křivkami ležícími v různých rovinách. Po instalaci modulu se objeví v pracovním okně toolbar obsahující tři ikony, které reprezentují tři možnosti vytvoření roviny.

První možnost se nazývá *Loft By Spline* a využijeme jí, chceme-li vytvořit plochu mezi známými profily. Použití Curviloft Loft By Spline je ukázáno na *obrázku 44*, kdy vlevo jsou zobrazeny profily a vpravo je vytvořená plocha mezi nimi.

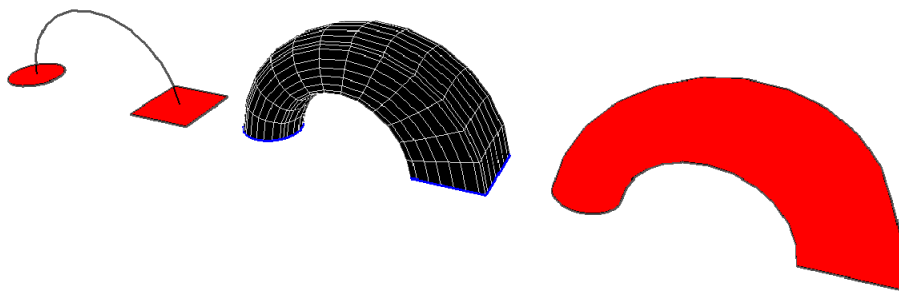


Obrázek 44: Použití modulu Curviloft - Loft By Spline pro vytvoření plochy

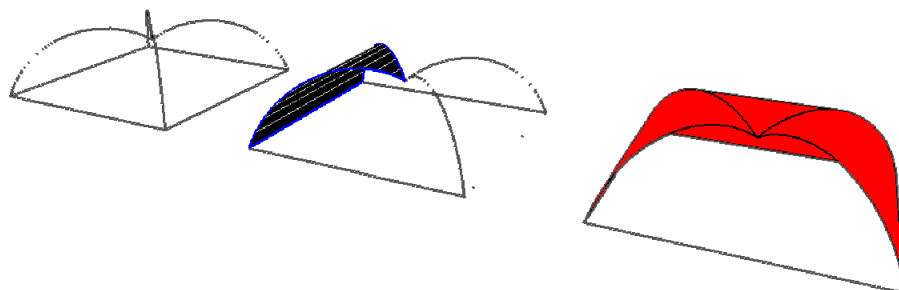


Ve druhém případě lze vytvořit plochy mezi profily po dané křivce pomocí nástroje *Loft along Path*. Stačí vykreslit libovolné profily a jejich středy propojit křivkou, po které má plocha procházet (viz obrázek 45).

Poslední možností je jednoduše vybrat křivky, mezi kterými se má plocha vytvořit, a využít možnost nástroje *Curviloft Skinning* (viz obrázek 46). Tato možnost lze využít např. při tvorbě klenby.



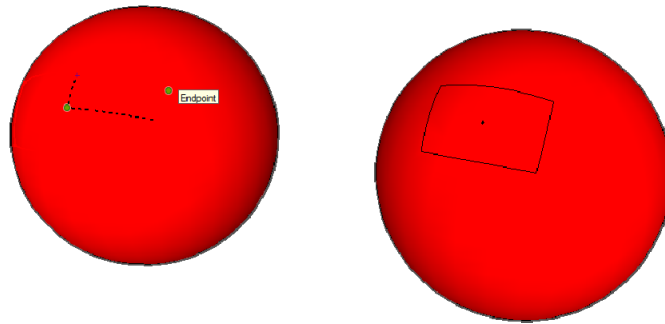
Obrázek 45: Použití modulu Curviloft - Loft along Path pro vytvoření plochy



Obrázek 46: Použití modulu Curviloft - Skinning pro vytvoření plochy

### 5.3.7 Modul Tools On Surface

Ve SketchUpu lze kreslit pouze v rovinné ploše. Pomocí nástroje *Tools On Surface* lze kreslit i v ploše zakřivené např. na povrchu koule. Kreslit lze od obyčejné čáry na povrchu oblého tělesa až po kružnici nebo obdélník (viz obrázek 47).



Obrázek 47: Konstrukce obdélníku na plášti koule pomocí modulu Tools On Surface

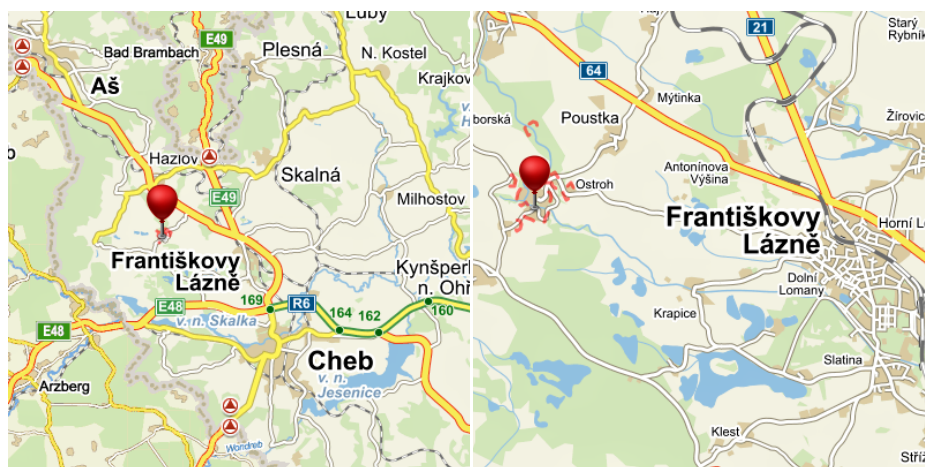


## 6 Digitální model hradu Seeberg

V praktické části diplomové práce byl vytvořen digitální model hradu Seeberg s použitím programu SketchUp. Následující podkapitoly popisují postup tvorby modelu od sberu dat až po vytvoření modelu doplněného texturami. Dále je popsána historie hradu Seeberg.

### 6.1 Lokalizace hradu Seeberg

Hrad Seeberg se nachází v obci Ostroh, která spadá pod obec Poustka (asi 160 obyvatel). Geograficky patří celá oblast do Ašského výběžku. Nejznámějším městem v okolí hradu jsou Františkovy Lázně, které leží 6 km od Seebergu. Poloha hradu je znázorněna na obrázku 48.



Obrázek 48: Lokalizace hradu Seeberg [33]

### 6.2 Hrad Seeberg

Historie hradu Seeberg sahá až do 13. století a je tak významnou historickou památkou regionu. V průběhu staletí se na něm vystřídala řada rodů, a tak v závislosti na období se měnil i vzhled hradu. Před naprostým zřícením byl hrad zachráněn městem Františkovy





Lázně. Následující kapitoly popisují historický a stavební vývoj hradu. Historii hradu se podrobně věnuje Macek [3].



Obrázek 49: Současná podoba hradu Seeberg [46]

### 6.2.1 Historie hradu Seeberg

Jméno hradu Seeberg se poprvé objevilo v listině Ludvíka Bavora ze 4. října roku 1322 [3]. Tady Ludvík zastavil Chebsko Janu Lucemburskému za pomoc při kandidatuře na císaře. Kromě pevnosti Seeberg se listina týkala i pevností Hohenberg a Kiensberg. Tato zástava nebyla nikdy vyplacena a Chebsko se stalo součástí Čech. Příslušnost k Čechám potvrzuje i císař Karel IV. v listině z roku 1349. V ní Karel IV. uděluje právo královskému městu Cheb dosazovat a odvolávat z tohoto panství pověřeného úředníka. V dalších desetiletích je o hradu známo velmi málo informací. Až na konci doby husitské se objevil záznam o tom, že Zikmund v roce 1434 hrad daroval svému kancléři Kašparu Šlikovi.

Rod Šliků patřil dvě staletí k jednomu z nejvýznamnějších rodů v království. Kašpar, syn chebského radního a soukeníka Jindřicha Šlika, se z pozice sekretáře na dvoře Zikmunda vypracoval ve velmi schopného diplomata. Po císařově korunovaci v Římě byl se svými

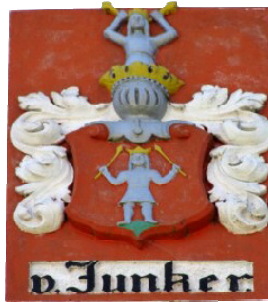


bratry pasován na rytíře a jmenován říšským kancléřem [3]. Za sjednání kompaktát<sup>8</sup> mu byly věnovány pevnosti Locket a Seeberg. Správu hradu Seeberg přenechal Kašpar svému bratrovi Mikulášovi. Později císař povoluje, aby Kašpar hrad předal Matyášovi a Vilémovi Šlikům. V roce 1444 byla bratrům Šlikům novým císařem Fridrichem III. potvrzena privilegia na prodej nebo zástavu hradu. Po smrti Viléma Šlika je hrad v roce 1461 prodán jeho manželkou Kašparu Junckerovi.

Junckerové byli dalším významným rodem Chebska. Kašpar Juncker měl za ženu Annu, která byla dcerou Mikuláše Šlika, a byl tak v příbuzenském vztahu se Šliky. Kašpar Juncker nabral zkušenosti od Kašpara Šlika a postupně se vypracoval v jednu z nejvýznamnějších osobností Chebska. Jeho rozhled a diplomatické schopnosti potvrzuje četná korespondence s významnými osobnostmi. Kašpar v Chebu organizoval jednání mezi Saskem a Českým královstvím v roce 1459. Přímou v jeho domě byl ubytován Jiří z Poděbrad. Jednání vyústilo ve svatbu Albrechta saského s dcerou Jiřího Zdenou. Organizací svatby byl pověřen Kašpar Juncker. V roce 1466 nabídl Kašpar hrad na prodej městu Cheb. To však nabídku odmítlo a upozornilo Kašpara, že hrad nesmí být prodán žádnému cizinci. Místo prodeje začal Kašpar stavět v roce 1470 kostel svatého Wolfganga naproti hradu. Dokončení kostela se Kašpar nedočkal, v roce 1474 zemřel. Po Kašparovi zůstala jeho žena Anna a syn František. Manželka Anna dokončila stavbu kostela a až do své smrti v roce 1485 kostel i hrad spravovala. Kašpar i Anna jsou pohřbeni v kostele svatého Wolfganga. Nedlouho po smrti Anny umírá i její syn František a Seeberg přechází zpět na Šliky. Vlastníkem se stal Mikuláš III. Šlik, který byl příbuzným Anny Šlikové-Junckerové. Mikuláš III. nemohl kvůli svým povinnostem v sokolovském panství hrad spravovat, a tak byl hrad v roce 1497 prodán do vlastnictví Konrádovi z Neiperka.

---

<sup>8</sup> Základní dohoda mezi husitskými stranami a basilejským koncilem.



Obrázek 50: Znak rodu Junckerů [3]

Velkým problémem pro nového správce hradu Seeberg byl jeho soused Jorg Zedwitz z blízkého hradu Libštejn. Zedwitz svými loupeživými výjezdy ohrožoval celé Chebsko. Hrad Libštejn byl nakonec dobyt Chebskými. Poslední zprávy o Konrádovi z Neiperka pochází z roku 1529. Ještě za jeho života byl Seeberg udělen lénem<sup>9</sup> jeho synům Kašparovi, Šebestiánovi, Ergardu a Jáchymovi. Na dokumentech se jako majitel objevuje Kašpar. Kašpar z Neiperka žil na hradě až do své smrti v roce 1567. Hrad připadl do vlastnictví jeho synovi Janu Albrechtovi, který ho prodal Jiřímu Wolfovi z Brandu. Jiří Wolf měl deset dětí, avšak jeho smrti v roce 1619 se dožilo pouze pět synů. Jeho nástupci se stali vlastníky panství v době rekatolizace po roce 1620. Jelikož byli evangelíci, byla tato doba pro ně velmi těžká. Dva z nich odešli za hranice a zbylí tři zůstali a čelili válečným událostem. V letech 1634–1635 bylo panství dvakrát vyloupeno a zchudlo natolik, že nebylo schopné platit daně. Roku 1635 bylo prodáno Kryštofem Jiřím Brandem rytmistrově Melchioru Adamovi Moserovi z Ottingen za 8500 zlatých. Melchior Adam Moser se však usadil na blízkém Hazlově a Seeberg prodal veliteli města Chebu Vítovi Dětřichovi z Steinheimu.

Vít Dětřich z Steinheimu se na hradě usadil v roce 1638 a je znám především jako jeden z účastníků vraždy Albrechta z Valdštejna. Dne 7. dubna 1648 byl hrad napaden Švédy pod vedením Jana Kryštofa Kónigsmarka. Seeberg byl vypálen a zbyly jen holé zdi. Vít Dětřich po návratu z Prahy, kam uprchl před Švédy, hrad znovu vybudoval, čímž se velmi zadlužil. Vít Dětřich zemřel 5. dubna 1657.

---

<sup>9</sup> Lénem byla ve středověku označována podmíněná držba.



Obrázek 51: Vypálení hradu Švédy 7. dubna 1648 [3]

Panství zůstalo bez dědice, protože jeho syn zemřel den nato. Seeberg byl přenechán vrchnímu kancléři Janu Hartwigovi, svobodnému pánu Nosticovi, na základě listiny ze dne 26. ledna 1664 vydané císařem Leopoldem I. Na žádost Jana Hartwiga byl hrad roku 1666 vyškrtnut z desek dvorských a zapsán do desek zemských. Tímto krokem byl hrad oprostěn od lenní závislosti. Hrabě Nostic hrad prodal do vlastnictví Jacquesovi Gerardovi. Při plnění vojenských povinností Gerard padl v roce 1676 v Pomořanech. Správa panství přešla na jeho dva syny Václava Marxe a Leopolda Jakuba. Václav Marx spravoval hrad do roku 1691, a pak se odstěhoval na své druhé panství poblíž Bechyně. Správou hradu byl pověřen služebník rodiny Gerardů Jan Ondřej Pfeifer. Dne 1. srpna 1703 kupuje Seeberg město Cheb a správu hradu přejímají radní města.

Hrad byl nejprve spravován pověřeným správcem města Chebu, později byl pronajímán bohatým měšťanům. V roce 1809 si hrad pronajímá J. Bauman a rytířský sál upravuje na výčep piva. Z hradu chtěl vybudovat útočiště pro návštěvníky nově vzniklých Františkových Lázní. Tento záměr se nejspíše nezdařil a hrad je v devadesátých letech obydlen dělníky, kteří hrad postupně vybydleli. Město Cheb zahájilo v roce 1907 postupnou rekonstrukci, která trvala do třicátých let.



V roce 1943 byl hrad zabrán nacistickou armádou a byly sem přestěhovány stroje na výrobu leteckých dílů. Po válce se stav hradu začal velmi rychle zhoršovat. Objevuje se dřevomorka a stropní konstrukce jsou v havarijním stavu.

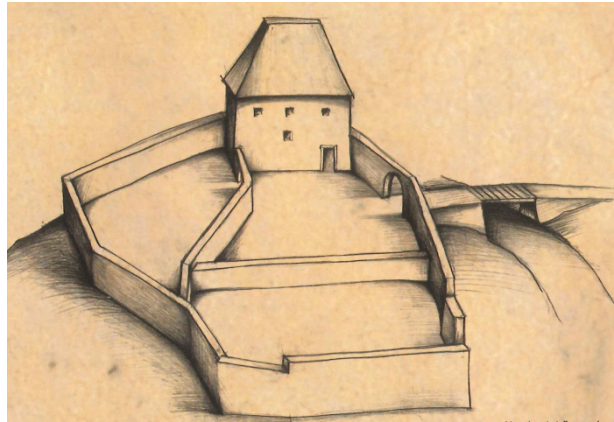
Poslední etapou v novodobé historii je rekonstrukce hradu. Začala v osmdesátých letech, kdy skupina mladých lidí vypracovala studii a začala s odklízecími pracemi. Do záchranných prací významně zasáhl ředitel Městského muzea ve Františkových Lázních PhDr. Stříbrný, který do prací zapojil místní i krajské správní instituce. Hrad byl převeden do majetku města Františkovy Lázně. Pod vedením Městského muzea ve Františkových Lázních začala systematická rekonstrukce, která vyvrcholila po 4 letech znovuotevřením hradu veřejnosti. Dnes je hrad Seeberg významným turistickým centrem regionu.

### 6.2.2 Stavební vývoj hradu Seeberg

Vývoj hradu Seeberg probíhal od pravěkého osídlení až po současnost. Výběžek, na kterém hrad stojí, je dělen příkopem na dvě části – předhradí s hospodářskými budovami a vlastní hrad. Předhradí bylo od obce také odděleno příkopem. Ten byl však zasypán v roce 1862. Obvodové zdi stodoly a čeledníku jsou původní gotické hradby předhradí. Původní součástí předhradí je i barokní stodola ze začátku 18. století a čeledník ze stejného období. Sýpka z roku 1714 a kůlna z roku 1809 byly na hrad přemístěny z okolních obcí v průběhu rekonstrukce hradu v letech 1986–1990 [3]. První písemné zmínky o hradu pocházejí z roku 1322. Předpokládá se však, že byl hrad založen okolo roku 1200.

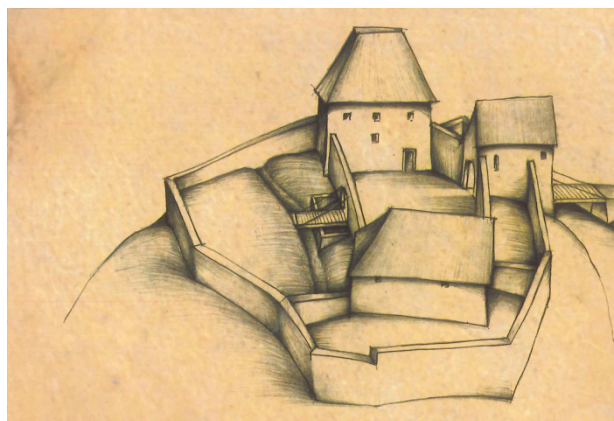
Z doby románské se zachoval severní palác a obvodová hradba s románským portálem. Dále se zachoval hlavní portál z nádvoří do paláce.





Obrázek 52: Podoba hradu v době románské [3]

V době gotické se hrad rozšířil o předhradí. Z této doby se zachovala hradba v podobě obvodových zdí stodoly a čeledníku. Z doby gotické pochází i vstupní brána. Původně se nad ní pravděpodobně tyčila věž. Samotný hrad se v této době rozšířil o palác na jižní straně. Před starou hradbu z doby románské pak přibyla nová hradba gotická. Prostor mezi těmito hradbami se nazývá parkán. Později v době renesance byl parkán zastavěn budovami. Další částí z doby gotické je vstupní brána. Obranný systém hradu byl dotvořen propojením obou paláců 6 m vysokou hradbou s brankou. Hradba dnes uzavírá průčelí hradu [3].



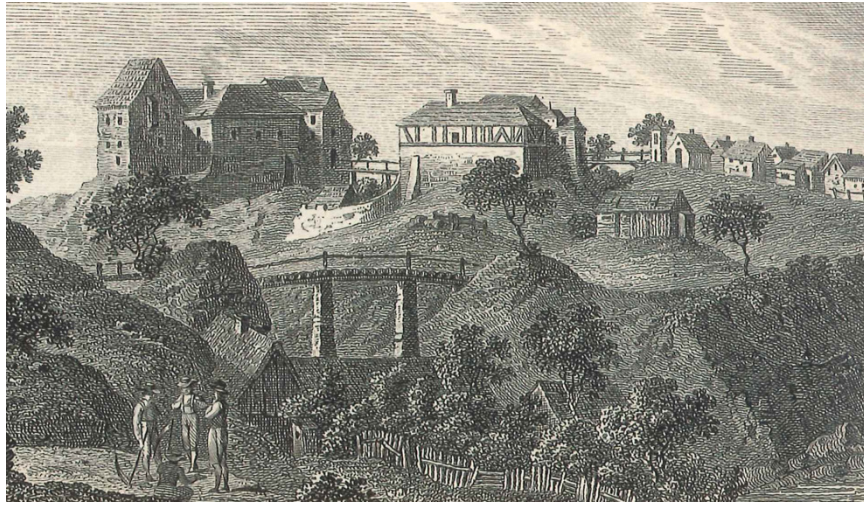
Obrázek 53: Podoba hradu v době gotické [3]



Na hlavních stavebních úpravách hradu se podílel v letech 1497–1577, v době renesance, rod Neipergů. Pod jižní částí paláce byly vybudovány sklepní prostory a v severní části bylo zaklenuto přízemí. Ve východní části byl zastavěn parkán s využitím původních hradeb. Oba paláce byly propojeny křídlem, do kterého je zabudována i vstupní gotická brána vystupující z průčelí. Před třicetiletou válkou tak z dnešní podoby chybělo pouze druhé patro spojovacího křídla.

Po vypálení hradu Švédy v roce 1648 zbyly z hradu pouze obvodové zdi. Byl obnoven v renesančním stylu a navíc bylo přistavěno druhé patro spojovacího křídla. Rekonstrukce hradu byla dokončena do roku 1703, kdy byl předán do správy městu Chebu. Hrad byl tedy pouze rekonstruován, k výrazným změnám však došlo v předhradí. Ke gotické hradbě na pravé straně vstupní brány byla přistavěna hrázděná stodola a vlevo od brány hrázděný čeledník. Obě budovy jsou dodnes zachovány. Další prováděné úpravy už byly menšího charakteru a probíhaly především v 19. a na počátku 20. století. V roce 1850 bylo první poschodí hradu upraveno na byty [3]. V roce 1862 byl zasypán příkop před vstupní branou a byla snesena původní věž nad branou. Od roku 1907 byla prováděna postupná rekonstrukce, která byla ukončena v roce 1930. Tehdy byl hrad v dobrém stavu.

K zásadní devastaci hradu došlo v 50. letech 20. století. V roce 1986 převzaly hrad do správy Františkovy Lázně a v roce 1987 byla zahájena rekonstrukce hradu. Ta byla dokončena v roce 1990, kdy je znovu hrad Seeberg otevřen veřejnosti.



Obrázek 54: Podoba hradu po renesančních a barokních přestavbách [3]

### 6.3 Podkladová data

Pro vytvoření digitálního modelu hradu Seeberg bylo potřeba opatřit dostatek podkladových dat. Tato data lze opatřit různými metodami od geodetického zaměření pomocí totální stanice, až po využití stavební dokumentace objektu. Nejprve bylo kontaktováno Městské muzeum ve Františkových Lázních s dotazem na existenci stavební dokumentace. Ta byla sice dohledána, avšak nebyla příliš aktuální. Bylo tedy potřeba zajistit doměření potřebných údajů. Jako další vhodný zdroj informací posloužily dokumentační snímky celého objektu.

#### 6.3.1 Stavební dokumentace objektu

V archivu Městského muzea ve Františkových Lázních byla dohledána stavební dokumentace některých objektů areálu hradu z roku 1975, tedy zaměření před rekonstrukcí hradu. Konkrétně byla dohledána dokumentace ke stodole, hospodářskému stavení (čeledníku) a hradu. Ke zbylým objektům v předhradí dokumentace v archivu nebyla, protože tyto objekty byly na hrad přemístěny až v letech 1986–1990. Z jednotlivých stavebních výkresů byly vybrány ty, které byly využitelné pro tvorbu prostorového modelu. Pro tento účel je





vhodný především výkres půdorysu a jednotlivé pohledy. Tyto výkresy byly z archivu muzea vypůjčeny a byla provedena jejich digitalizace.

Digitalizace vybraných stavebních výkresů v analogové podobě byla provedena na scanneru HP Designjet SD Pro s rozlišením  $300\text{ DPI}^{10}$ . Skenování bylo zdarma poskytnuto Ateliérem Vystyd v Chebu. Jako základ modelování základního tvaru v programu SketchUp byly použity především jednotlivé výkresy půdorysu, které byly vektorizovány přímo v programu SketchUp. Výkresy pohledu byly dále použity pro správné vystižení výškových úrovní jednotlivých prvků fasády. Vybrané výkresy ze stavební dokumentace byly v digitální podobě předány k dispozici Městskému muzeu ve Františkových Lázních. Příklad stavebního výkresu v digitální podobě, který byl použit při tvorbě prostorového modelu hradu Seeberg je na *obrázku 56*.

### 6.3.2 Vlastní měření

Pro objekty, pro které nebyla k dispozici stavební dokumentace, a pro doměření detailů na ostatních objektech, bylo provedeno vlastní zaměření. Na to bylo použito pásmo a přístroj švédské firmy Haglöf *Vertex Laser 400*.

Vertex Laser 400 je přístroj, který slouží pro měření vzdáleností, výšek a vertikálních úhlů. Přístroj je kombinací sklonoměru a laserového a ultrazvukového dálkoměru. Přístroj se dělí v podstatě na dvě části a to *VERTEX* (úhломěrná a ultrazvuková část) a *LASER* (laserový dálkoměr). Přístroj tedy využívá buď laserové, nebo ultrazvukové technologie ke zjištění vzdálenosti. K ní je přidáván vertikální úhel zjištěný pomocí citlivého úhломěrného senzoru.

Při měření Vertexem se pro zjištění vzdálenosti mezi odrazkou (*transponderem T3*) a přístrojem používá ultrazvukový signál. Ze zjištěné vzdálenosti a měřených vertikálních úhlů je trigonometricky dopočtena výška objektu. Ultrazvuková technologie se využívá zejména pro měření u špatně viditelného nebo zakrytého cíle. Na transponderu je umístěna i speciální odrazná fólie, a tak ho lze využívat jako terč i při měření laserem na větší vzdálenosti.

---

<sup>10</sup> Dots Per Inch (DPI) je údaj určující kolik obrazových bodů se vejde do délky jednoho palce.



Laserová část přístroje emituje lidskému zraku neškodné pulsy, které se odrážejí od zaměřeného objektu zpět do přístroje. Maximální dosah laseru závisí na odrazivosti cíle, jeho barvě a struktuře povrchu. Měření ovlivňují i aktuální klimatické podmínky.

Při měření krátkých vzdáleností je přesnější ultrazvukový dálkoměr. Přesnost je řádově v centimetrech. Měření laserem není tak přesné, ale umožňuje měřit delší vzdálenosti v řádech desítek až stovek metrů. Díky měření pomocí ultrazvuku i přes překážky, nachází přístroj využití především v lesnictví.



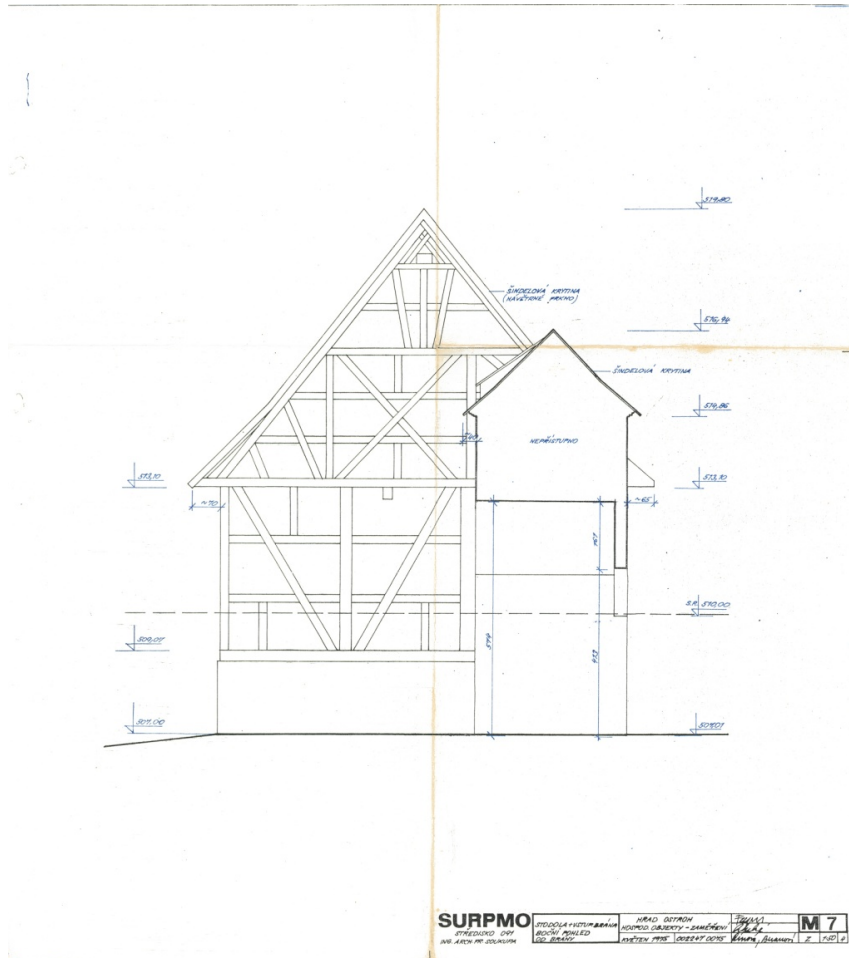
Obrázek 55: Vertex Laser 400 od firmy Haglőf [47]

### 6.3.3 Dokumentační fotografie

Dokumentační fotografie byly pořízeny pro každý z modelovaných objektů. Nejprve byly nafoceny fotografie zachycující celý objekt a následně fotografie jednotlivých detailů. Fotografie byly využity především pro lepší vizuální představu o modelovaných objektech a dále na výsledný model jako textury. Fotodokumentace vznikala v průběhu modelování vždy podle potřeby. Celkem bylo pořízeno cca 900 dokumentačních snímků, které ulehčily samotný proces tvorby modelu.



Snímky byly pořízeny mobilním telefonem *Nokia Lumia 925* s rozlišením 8 Mpx a optikou *Carl Zeiss*.



Obrázek 56: Stavební výkres boční pohled na stodolu od vstupní brány (M 1:50) z roku 1975

## 6.4 Tvorba digitálního modelu hradu Seeberg

Tvorba digitálního modelu hradu Seeberg byla rozdělena do několika etap. Nejprve byly vytvořeny modely objektů v předhradí, poté model hradu a nakonec model terénu, na který byly dílčí modely umístěny. Následující kapitoly popisují způsob tvorby jednotlivých digitálních modelů především postupy, které se liší od postupů popsaných v kapitole 5.



### 6.4.1 Digitální model kůlny

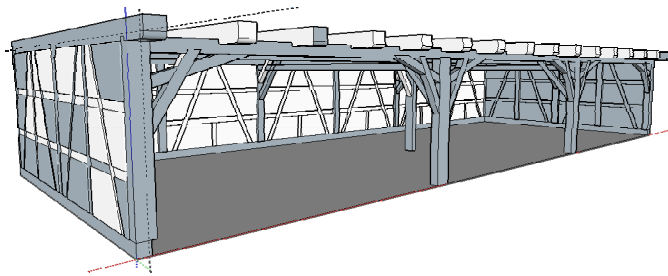
Kůlna pochází z roku 1809 a nebyla původní součástí hradního komplexu. Na hrad byla přemístěna během rekonstrukce v letech 1986–1990. Z tohoto důvodu k ní nebyla dohledána stavební dokumentace, a tak jako podklad pro vytvoření modelu posloužilo vlastní zaměření. Nejprve byly pořízeny dokumentační fotografie, do kterých byly následně zaznamenány naměřené rozměry. Výšky významných prvků objektu byly určeny pomocí Vertex Laseru 400 (viz kapitola 6.3.2).



Obrázek 57: Kůlna v předhradí hradu Seeberg

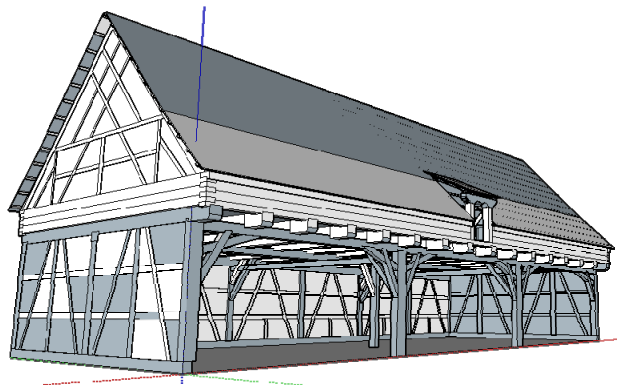
Objekt se nezdá být příliš složitý na vymodelování, vyskytuje se na něm však množství trámů a dřevěných vzpěr.

Nejprve byl vykreslen půdorys podle naměřených údajů. Dále byly vymodelovány jednotlivé svislé trámy, trámy nesoucí strop a jejich podpěry. Následně bylo mezi svislé trámy vymodelováno hrázdění.



Obrázek 58: Model spodní části stodoly

Když byla dokončena spodní část stavby, byla nad strop dokreslena střecha. Nejdříve byly vymodelovány oba štíty s hrázděním, pak latě nesoucí střešní krytinu. Mírně prohnutého tvaru střešní krytiny bylo docíleno pomocí modulu *Curviloft* (viz kapitola 5.3.6). Do hotové střechy byl vyříznut otvor na vikýř. Nejsložitějšími prvky na vymodelování byly stropní vzpěry a střecha.

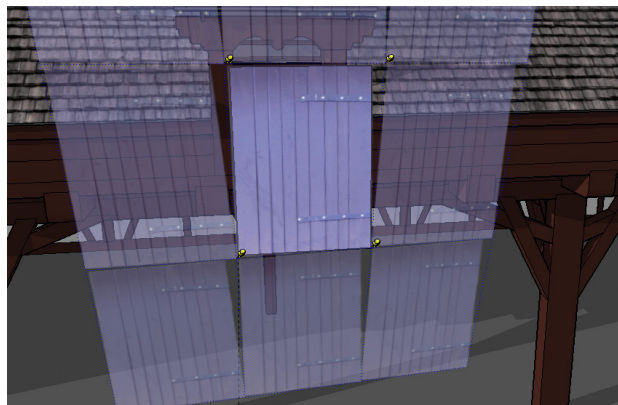


Obrázek 59: Výsledný model bez textur

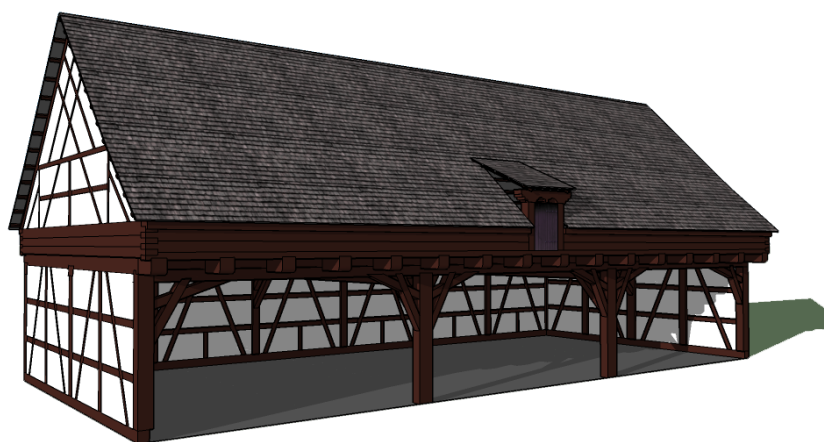
Pro obarvení modelu byly použity jak textury nabízené programem SketchUp, tak vlastní fotografie a textury stažené na internetu. Textury nabízené SketchUpem byly použity na všechny dřevěné trámy, hrázdění a na zdivo. Textura šindelové střechy byla vyhledána na stránkách *CG Textures* [34], které nabízejí ke stažení širokou škálu textur. Po registraci je



k dispozici 15MB textur denně zdarma. Jako textura dvířek vikýře byla použita vlastní fotografie.



Obrázek 60: Textura dvířek vikýře



Obrázek 61: Výsledný digitální model kůlny

#### 6.4.2 **Digitální model sýpky**

Sýpka z roku 1717 se v hradním komplexu původně nenacházela. Na hrad byla přemístěna v letech 1986–1990. Skládá se ze 4 pater vyskládaných z trámů a ze střechy. Každé patro sýpky se vůči předchozímu rozšiřuje zhruba o 20 cm. Podobně jako u kůlny nebyla



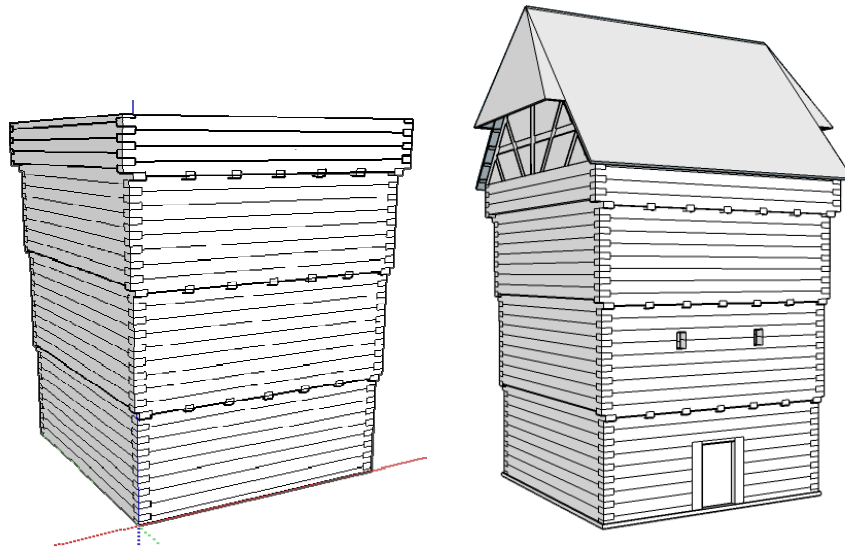


dohledána stavební dokumentace, podle které by bylo možné digitální model vytvořit. Bylo tedy nutné provést vlastní zaměření hlavních rozměrů a výšek. Byl oměřen půdorys, rozměry bočních dveří a pomocí Vertex Laseru výšky jednotlivých pater sýpky a výška střechy. Dále byly měření určeny průměrné rozměry trámů, ze kterých se sýpka skládá.



Obrázek 62: Sýpka v předhradí hradu Seeberg [35]

Při tvorbě digitálního modelu byly nejprve vytvořeny komponenty (viz kapitola 5.2.4) trámů pro jednotlivá patra, která na sebe byla postupně naskládána. Tím vznikl hrubý model (viz obrázek 63), který byl dále doplněn o dveře a střechu s vikýří. Pro obarvení modelu byly použity především textury získané na již zmíněných stránkách CG Textures. Byla stažena textura dřeva pro obarvení trámů. Ve SketchUpu byla pouze změněna barva textury, aby se přibližovala reálnému vzhledu. Na střechu byla použita stejná textura jako u předchozího modelu kůlny (viz kapitola 6.4.1). Jako textura dveří byla použita vlastní fotografie.



Obrázek 63: Vlevo hrubý model a vpravo výsledný model bez textur



Obrázek 64: Výsledný digitální model sýpky





### 6.4.3 Digitální model stodoly

Hrázděná stodola pochází z první poloviny 18. století. Byla přistavěna k původním hradbám vpravo za vstupní bránou. Objekt je poměrně komplikovaný díky nepravidelným tvarům obvodových zdí a střechy. K objektu byla dohledána a digitalizována stavební dokumentace z roku 1975. Konkrétně byl digitalizován výkres půdorysu a výkresy pohledů. Pro ověření správnosti stavebních výkresů byly oměřeny dva rozměry v půdorysu a jedna výška. Dále byly doměřeny pouze rozměry vrat stodoly a ochoz se zábradlím, který propojuje stodolu se sýpkou.

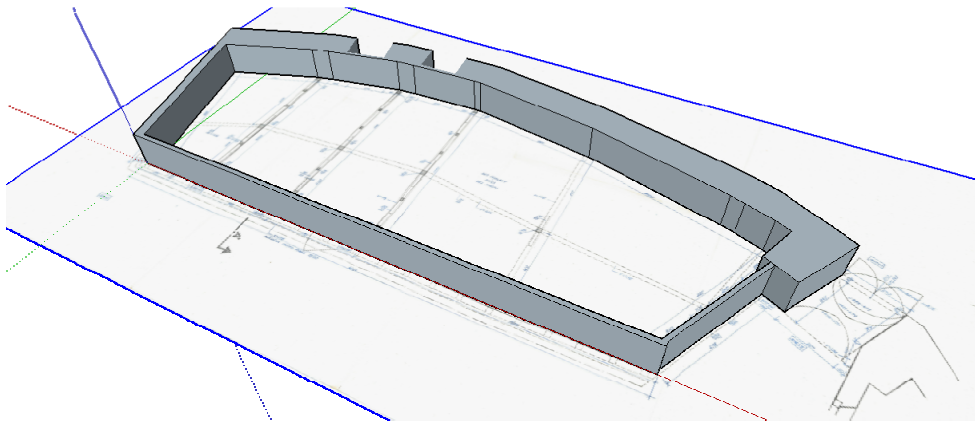


Obrázek 65: Stodola v předhradí hradu Seeberg

Digitalizovaný půdorys byl otevřen ve SketchUpu. Měřítko výkresu bylo změněno tak, aby kóty odpovídaly změřeným rozměrům ve SketchUpu. Po nastavení správného měřítka byl výkres vektorizován a vytažen pomocí nástroje *Push/Pull* (viz kapitola 5.2.2), čímž vznikl základ modelu (viz obrázek 66). Do základního tvaru byly postupně modelovány zbylé prvky. Nejprve bylo vymodelováno hrázdění a vrata stodoly. Poté byly na zdivo položeny stropní trámy a na ně střecha. Právě střecha byla nejkomplikovanější částí modelu, kvůli



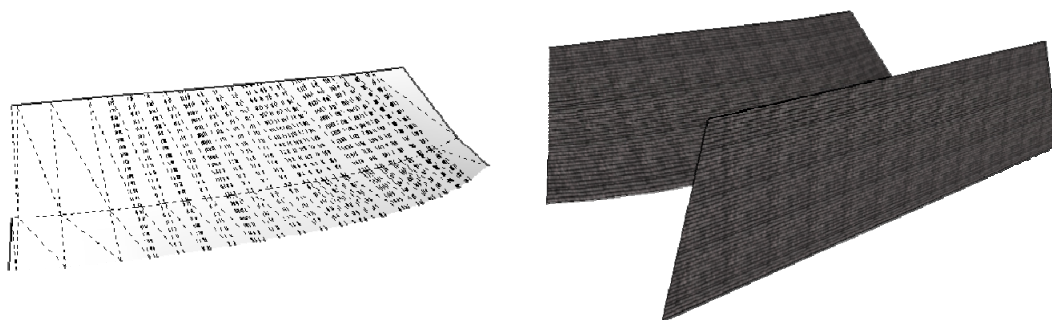
svému nepravidelnému tvaru. Nejprve byly nakresleny linie, ohraničující plochy střechy a pomocí modulu *Curviloft* (viz kapitola 5.3.6) byly vytvořeny jednotlivé nepravidelné plochy. Vikýře ve střechě musely být vymodelovány jednotlivě, protože se každý nacházel v jinak zakřivené části střechy. Do střechy byly nejprve nakresleny obdélníky pomocí modulu *Tools On Surface* (viz kapitola 5.3.7). Každý vikýř byl následně vymodelován tak, aby pasoval na zakřivenou plochu střechy v daném místě.



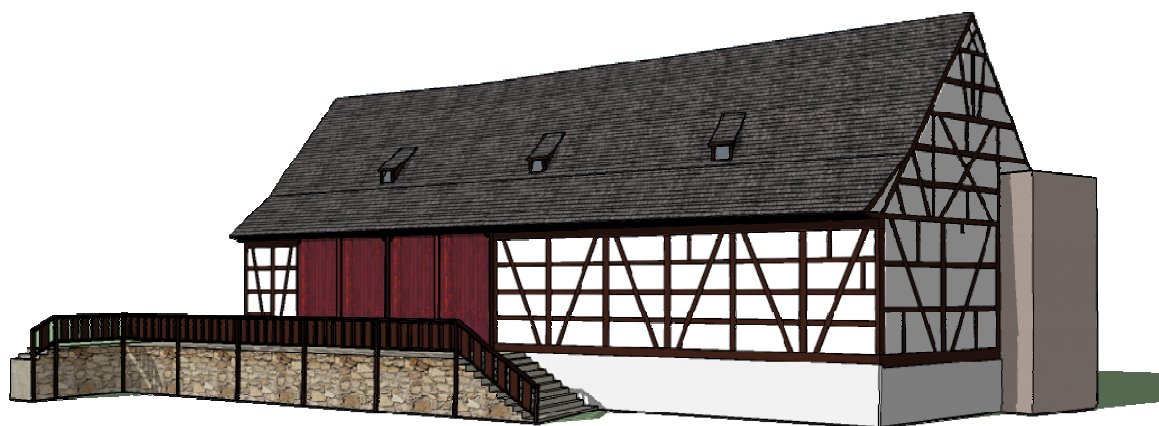
Obrázek 66: Vytažený půdorys stodoly

Pro obarvení modelu byly použity barvy programu SketchUp, stažené textury a vlastní fotografie. Barvy byly použity na hrázdění a stěny, stažené textury na střechu a ochoz a vlastní fotografie na vrata stodoly. Problémem byla textura střechy. Plocha střechy je tvořena jednotlivými trojúhelníky. Při potažení texturou se vyplní každý trojúhelník zvlášť, a tak je textura v celé ploše střechy nenasazující. Proto bylo nutné použít texturu projektovanou a promítnout ji na celou plochu střechy najednou. Tímto postupem bylo zajištěno, že je textura navazující a vypadá reálně (viz obrázek 67).

Při tvorbě digitálního modelu stodoly byly nejvíc využity rozšiřující funkce *Curviloft* a *Tools On Surface*. Díky těmto funkcím mohl být vymodelován model nepravidelný, tak jak vypadá ve skutečnosti.



Obrázek 67: Vlevo geometrie střechy a vpravo projektovaná textura



Obrázek 68: Výsledný digitální model stodoly

#### 6.4.4 Digitální model čeledníku

Čeledník pochází ze stejného období jako stodola, tedy z první poloviny 18. století. Jedná se o poměrně složitý objekt s nepravidelným tvarem půdorysu, nepravidelnou střechou a množstvím dveří a vitrážových oken. Jako podklad pro tvorbu modelu posloužila především digitalizovaná stavební dokumentace. Opět byl použit zejména výkres půdorysu a jednotlivé pohledy. Bylo však nutné provést i vlastní měření, které se týkalo především oken a dveří. Dále byla pořízena poměrně rozsáhlá fotografická dokumentace. Ta byla použita jako předloha při modelování a výřezy fotografií také jako textury.

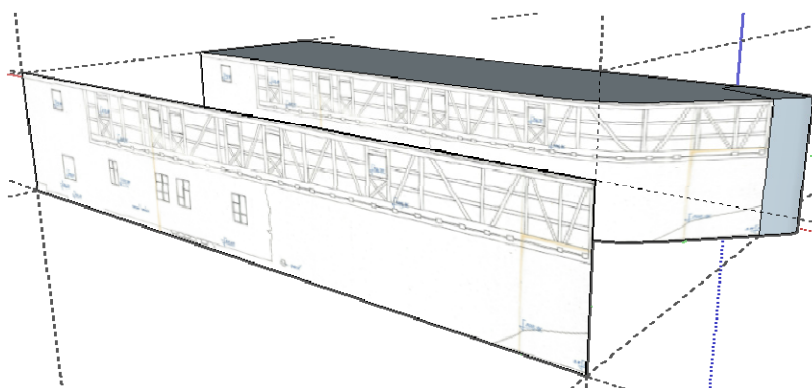


Postup tvorby modelu byl obdobný jako u předešlého modelu stodoly (viz kapitola 6.4.3). Digitalizovaný výkres půdorysu byl načten do SketchUpu a bylo mu nastaveno správné měřítko pomocí nástroje *Scale*. Následně byl výkres vektorizován a vytažen do prostoru, čímž vznikl základní model, který byl doplněn o další prvky.



Obrázek 69: Čeledník v předhradí hradu Seeberg

Aby nemusela být poloha jednotlivých prvků fasády z výkresů pohledu odměřována, byly stěny modelu potaženy příslušnými výkresy (viz obrázek 70). Tím se usnadnila práce. Jsou-li stavební výkresy k dispozici, je vhodné tento postup využít. Po vytažení základního modelu bylo vymodelováno hrázdění a následně komponenty dveří a oken.



Obrázek 70: Využití výkresu pohledu jako projektované textury



Obrázek 71: Příklad komponentu okna vlevo a dveří vpravo

K čeledníku byla vymodelována i terasa a pod ní se nacházející technologická místnost. Nejproblematictější částí modelu byla střecha nepravidelného tvaru. Na vymodelování střechy byl využit modul *Curviloft* stejně jako u modelu stodoly.

Jako textury byly využity barvy nabízené SketchUpem, které byly vhodně doplněny vlastními fotografiemi. Ty byly využity například jako textura vitráže okna, části dveří a jiných prvků fasády (viz obrázek 72).

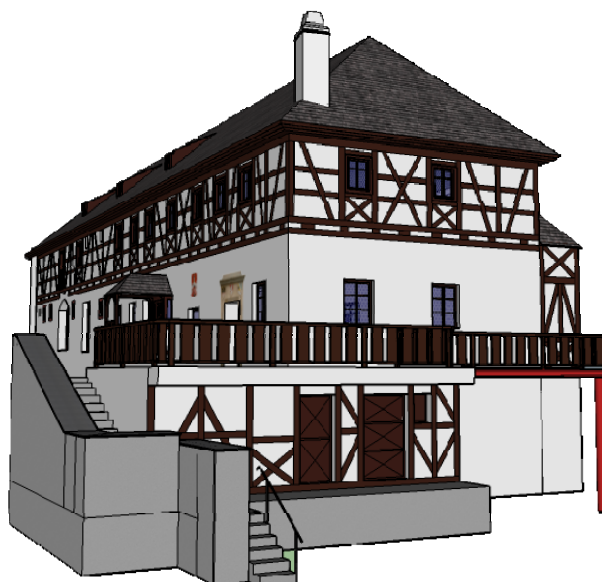
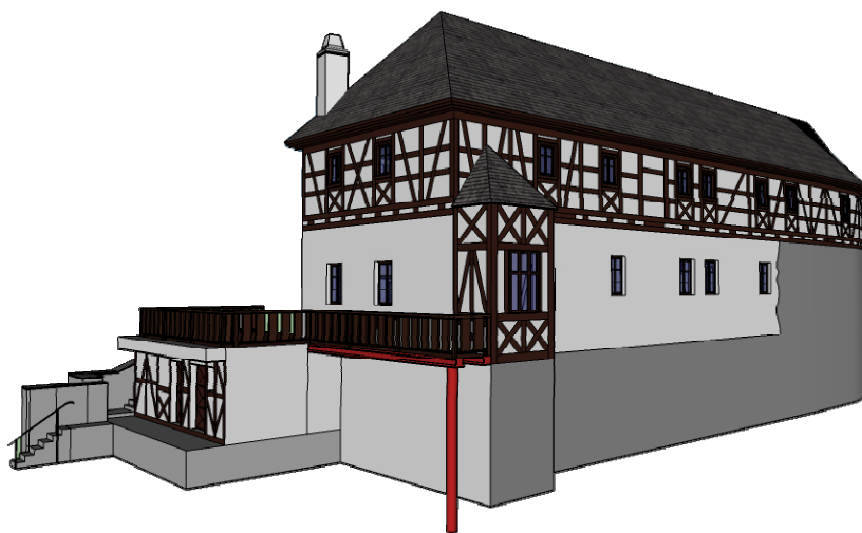


Obrázek 72: Příklady využití vlastní fotografie jako textury





Před použitím v modelu byly fotografie vhodně upraveny. Především byla zmenšena jejich datová velikost, aby zbytečně nenarůstala velikost modelu. Zmenšení datové velikosti bylo docíleno především snížením počtu barev na fotografiích. Pro úpravu fotografií byl využit program *XnView*.



Obrázek 73: Výsledný digitální model čeledníku

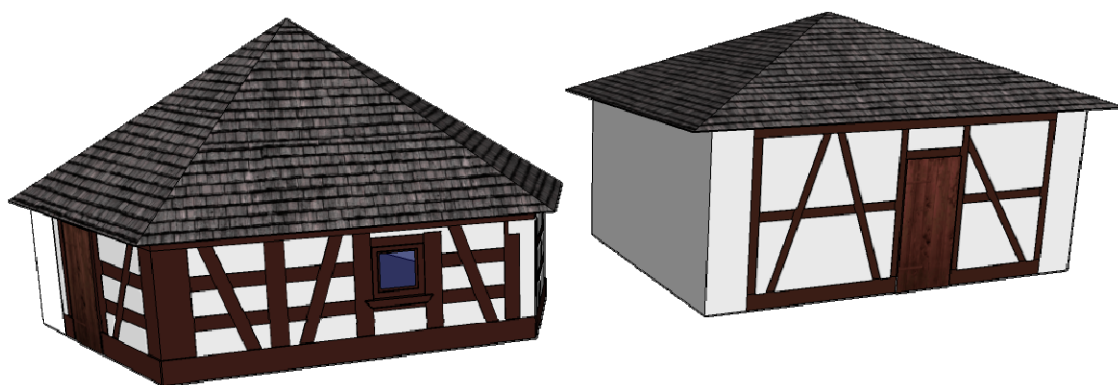


#### 6.4.5 Digitální modely technologických objektů

Jedná se o dva malé objekty, které však dotvářejí celý areál hradu. Nebyla opět k dispozici stavební dokumentace, takže bylo nutné provést vlastní měření. Pro vytvoření digitálního modelu byly použity pouze základní kreslicí funkce popsané v kapitole 5.



Obrázek 74: Technologické objekty v areálu hradu Seeberg



Obrázek 75: Výsledné digitální modely technologických objektů

#### 6.4.6 Digitální model hradu

Nejvýznamnějším objektem celého komplexu je samotný hrad. Od části předhradí vede k bráně hradu můstek. Budova hradu je velice členitá s nepravidelnými tvary, vitrážo-



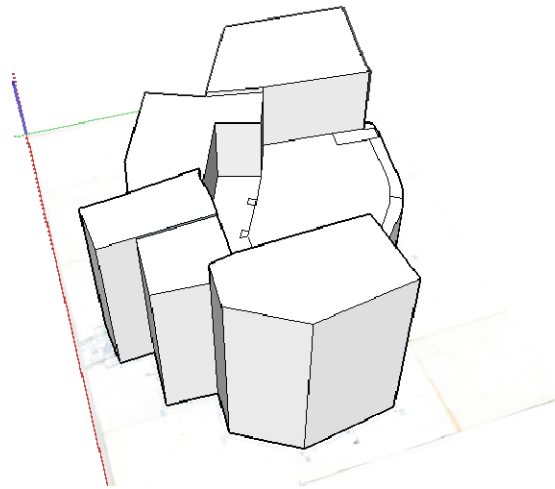
vými okny s mřížemi, klenutým podloubím a arkýřem. Jako podklad pro tvorbu digitálního modelu posloužila stavební dokumentace v digitální podobě, vlastní měření a fotografická dokumentace objektu. Vlastním měřením byly doměřeny rozměry, které nebyly ze stavebních výkresů vyčteny, dále byly změřeny rozměry dveří, oken a dalších prvků hradu. Fotografie hradu posloužily opět jako pomůcka při vytváření modelu a především jako textury.



Obrázek 76: Hrad Seeberg [48]

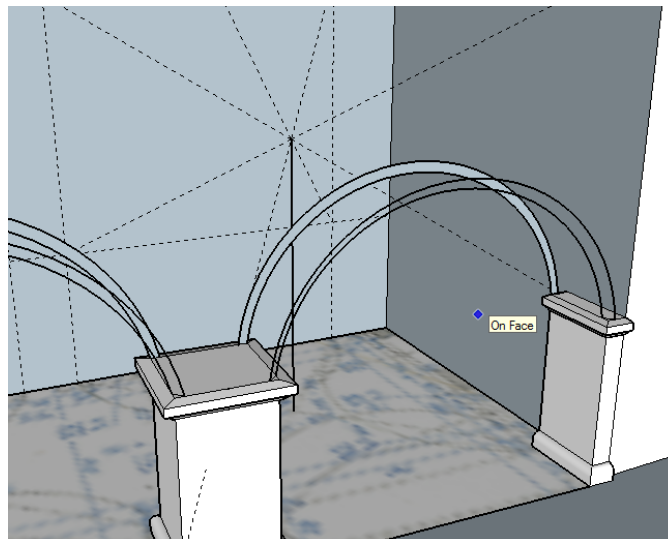
Postup tvorby digitálního modelu hradu byl obdobný jako u objektu stodoly a čeledníku, ke kterým také byla k dispozici stavební dokumentace. Výkres půdorysu byl importován do SketchUpu a po nastavení správného měřítka byl vektorizován. Výkresy pohledů byly použity jako tapety na příslušné stěny modelu, čímž se usnadnila práce s měřením na výkresech pohledu. Vytažením vektorizovaného půdorysu vznikl základní prostorový model, do kterého byly postupně modelovány jednotlivé prvky (*viz obrázek 77*).



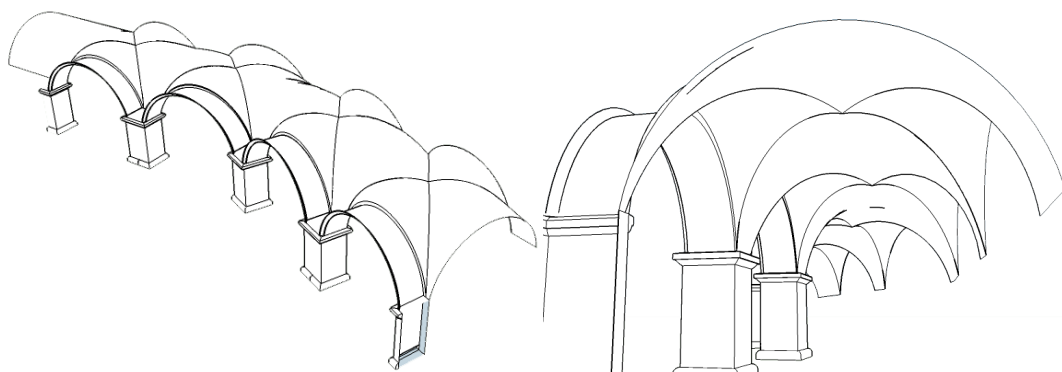


Obrázek 77: Základní model hradu Seeberg

Jako první bylo do základního modelu vymodelováno klenuté podloubí. Ze stavebního výkresu byla odečtena poloha středu klenby a body, ze kterých vycházely jednotlivé oblouky klenby (viz obrázek 78). Plochy mezi jednotlivými oblouky byly vytvořeny pomocí modulu *Curviloft*.

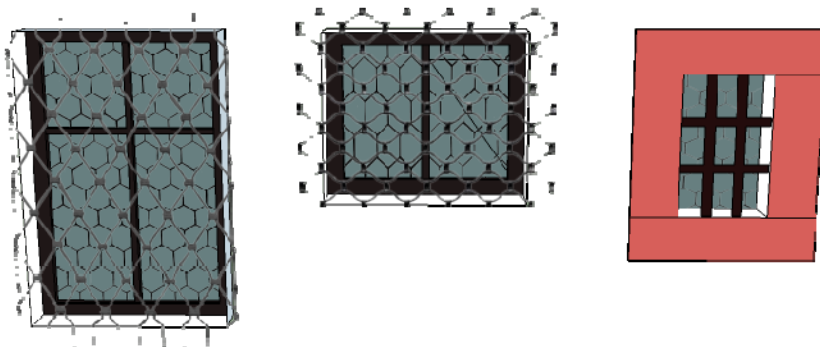


Obrázek 78: Postup tvorby klenby



Obrázek 79: Výsledný model klenby

Dalším modelovaným prvkem byly komponenty dveří a oken. Okna a dveře byly detailně oměřeny, a tak nebylo vytvoření jejich modelu příliš složité. Když byly komponenty všech typů oken a dveří vytvořeny, umístily se do modelu do polohy vyznačené pomocí vodících linií. Pro reálný vzhled oken byly použity textury vytvořené z fotografií. Na okna v prvním patře byla umístěna mříž, která byla vytvořena jako textura s průhledným pozadím tak, aby přes mříž bylo vidět okno za ní.



Obrázek 80: Vybrané komponenty oken

Dalším a nejsložitějším krokem bylo vytvoření střechy modelu. Střecha nebyla oměřena a jako jediný zdroj informací posloužily výkresy pohledu a dokumentační fotografie.



Dále byly vyhledány letecké snímky pro lepší představu o konstrukci střechy. Jednotlivé části střechy byly vytvořeny pomocí modulu *Curviloft*. Pomocí této funkce vzniknou roviny tvořené trojúhelníky, což je problém při vyplňování plochy texturou. Každý trojúhelník se vyplní zvlášť a textura v rámci celé plochy na sebe pak nenavazuje. Tento problém byl řešen i u digitálního modelu stodoly a čeledníku. Proto byla použita textura projektovaná (viz kapitola 5.2.5). Střecha byla dále doplněna o jednotlivá střešní okna. Tvorba modelů oken byla komplikovaná kvůli nerovnosti plochy střechy. Musely být použity funkce pro kreslení na zakřivené ploše (viz kapitola 5.3.7).

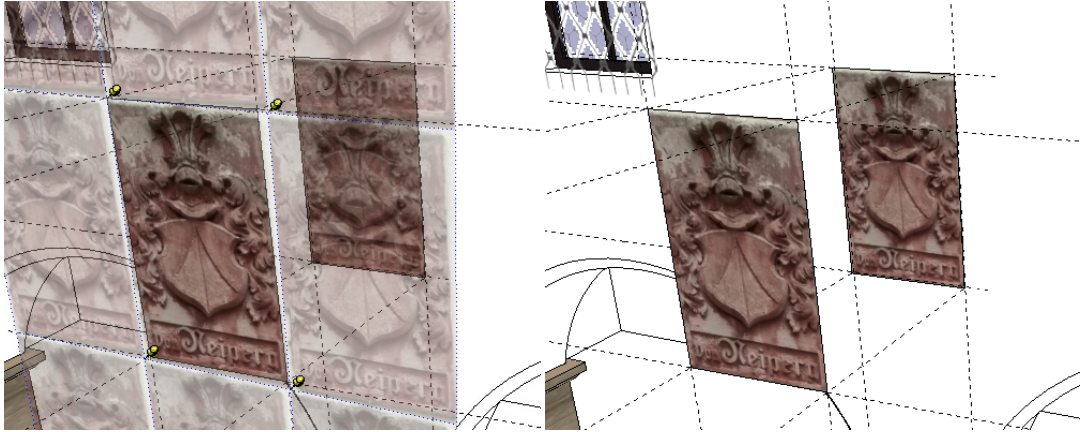


Obrázek 81: Výsledný model střechy

Pro co možná nejrealističtější vzhled hotového modelu bylo potřeba zvolit vhodné textury. Byly použity textury nabízené SketchUpem, textury stažené na CG Textures [34] a vlastní textury vytvořené z fotografií. Vlastní fotografie byly použity jako textury kamenných sloupů, erbů a dalších částí modelu, u kterých bylo použití vlastní textury vhodné. Fotografie byly upraveny stejně jako u předchozího modelu čeledníku (viz kapitola 6.4.4). Erby nad vstupní bránou byly importovány jako obrázky, erby na propojovacím křídle jako pro-



jektované textury. Umístění projektované textury erbu znázorňuje *obrázek 82*. Vlastní fotografie byly dále využity na umístění textury vstupní brány a kamenného zdobení kolem ní.



Obrázek 82: Vlevo umístění textury na rovinný průmět a vpravo promítnutí textury





Obrázek 83: Výsledný digitální model hradu

#### 6.4.7 Modely vytvořené pomocí 123D Catch

V areálu hradu se nachází socha a boží muka. Vytvoření digitálního modelu těchto objektů v programu SketchUp by bylo poměrně náročné, a tak byl využit program *123D Catch*, který vytváří prostorový model objektu ze sady fotografických snímků. Pod názvem 123D nabízí Autodesk 3D aplikace, které jsou bezplatné. Jedná se kromě 123D Catch také například o *123D Design* (tvorba 3D modelů) nebo *123D Make* (vytváření 3D modelu pomocí 2D plátek). Aplikace jsou dostupné jako desktopové aplikace, jako verze pro mobilní telefon nebo jako web – cloud software fungující v internetovém prohlížeči [36].

Program 123D Catch funguje na principu průřezové fotogrammetrie<sup>11</sup>. Pro kvalitní vytvoření prostorového modelu je nutný dostatečný počet kvalitních snímků kolem celého

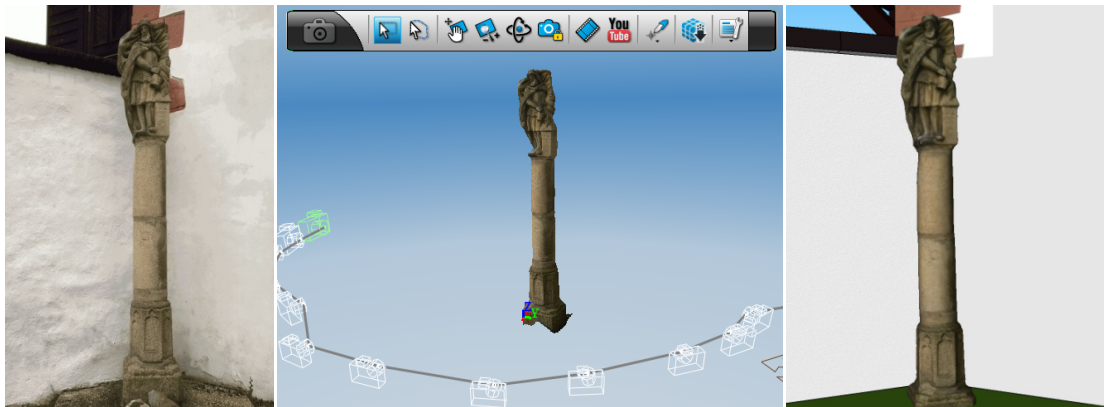
---

<sup>11</sup> Metoda pozemní fotogrammetrie, kdy se osy záběru měřických snímků protínají pod velkým konvergentním úhlem (nejlépe 90°).



objektu. Snímky stačí pouze načíst do programu a ten sám vytvoří prostorový model objektu. Vytvořený model lze přímo v prostředí 123D Catch upravit. Jedná se především o vyříznutí požadované části vytvořeného modelu. Kvalita modelu je závislá na počtu a kvalitě snímků objektu. Instrukce, jak postupovat při snímání objektu, jsou uvedeny na blogu *cadstudies* [36].

V programu 123D Catch byl vytvořen model sochy a božích muk. Pro vytvoření modelu sochy bylo použito 14 snímků. Problémem bylo, že se objekt nachází přímo u zdi, a tak nebylo možné pořídit snímky kolem celého objektu. Do míst, o kterých nemá program k dispozici snímky nebo nedojde ke správnému spojení snímků, umístí 123D Catch bílou plochu, což v modelu nevadilo, protože byl umístěn ke zdi, a tak tato část modelu není viditelná. Vytvoření modelu sochy v programu 123D Catch ukazuje *obrázek 84*, kdy vlevo je skutečná podoba sochy, uprostřed model vytvořený v programu 123D Catch a vpravo je socha umístěná v modelu ve SketchUpu. Vytvořený model byl do SketchUpu načten ve formátu *obj* pomocí modulu *Fluidimporter*.



Obrázek 84: Tvorba modelu sochy v programu 123D Catch

Model božích muk se pomocí programu 123D Catch nepodařilo vytvořit, protože je objekt z jedné strany zastíněn keřem, a tak nebylo možné pořídit kvalitní snímky kolem celého objektu (*viz obrázek 85*). Program Autodesk 123D Catch je velmi vhodným nástrojem pro tvorbu modelů složitých objektů.



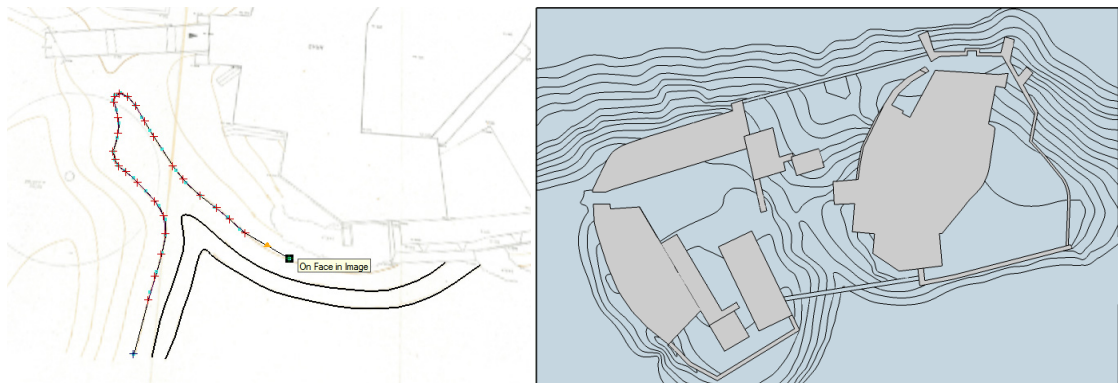


Obrázek 85: Ukázka špatně vytvořeného modelu v programu 123D Catch

## 6.5 Umístění modelu na digitální model terénu

Pro vytvoření digitálního modelu terénu (dále jen DMT) lze využít různá data. Nejpresnějším způsobem je vlastní zaměření bodů terénní kostry a následné vytvoření DMT v některém ze specializovaných programů. Další možností je využít výšková data poskytnutá Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (dále jen ČÚZK). Problémem je, že data nabízená ČÚZK jsou dle nového předpisu zpoplatněna i pro studenty, a tak nebyla v rámci této práce využita. Pro tvorbu terénu byl využit digitalizovaný vrstevnicový plán hradu v měřítku 1:100 s vrstevnicemi po 1m (viz příloha P.1). Postup tvorby terénu z 2D dat v programu SketchUp je popsán v kapitole 5.2.6.1.

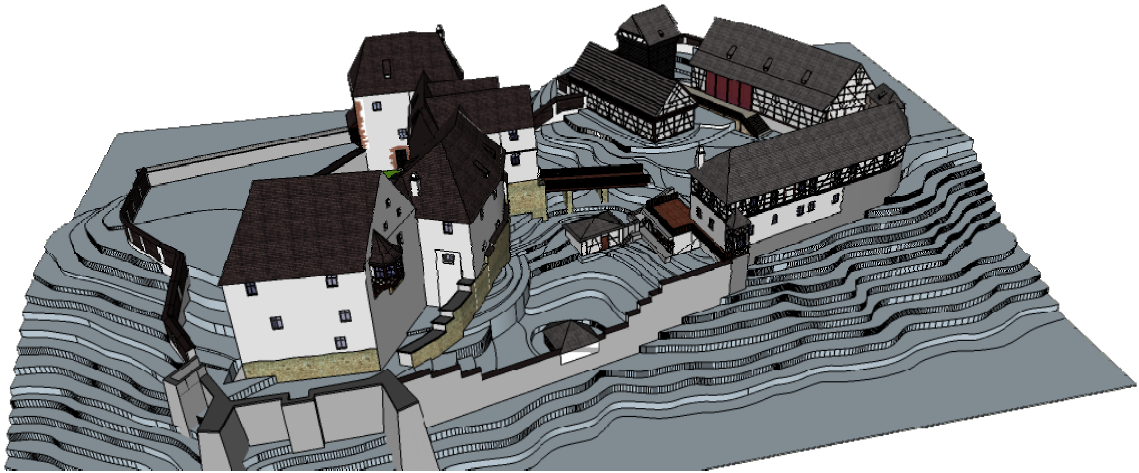
Vrstevnicový plán byl načten do SketchUpu a byla provedena jeho vektorizace. Do vektorizovaného plánu byly načteny i půdorysy jednotlivých objektů z výsledných modelů, ke kterým byly vrstevnice dotaženy tak, aby vznikly plochy pro vytažení do prostoru (viz obrázek 86).



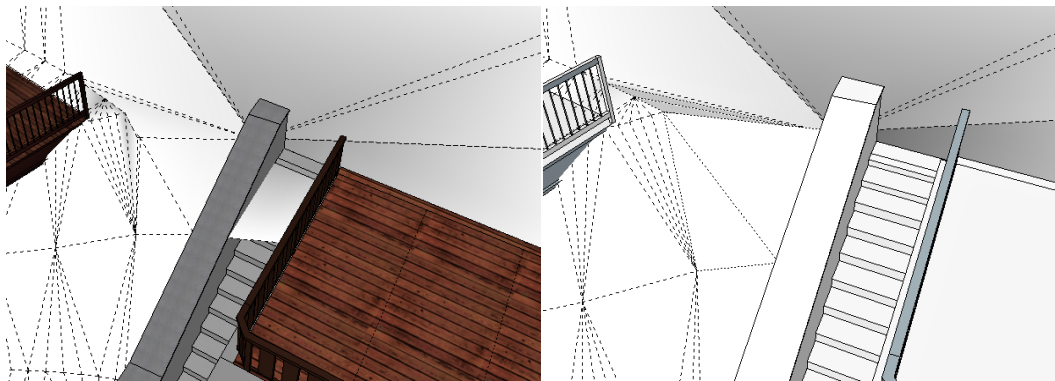
Obrázek 86: Vlevo ukázka vektorizace a vpravo výsledný vektorizovaný plán

Plochy ohraničené jednotlivými vrstevnicemi byly vytaženy do příslušných výšek, čímž vznikl podklad pro vytvoření terénu pomocí funkcí programu SketchUp. Před samotným vytvořením terénu byly nad půdorysy do příslušných výšek umístěny jednotlivé modely. Modely byly importovány každý zvlášť jako skupina, aby se následnými operacemi s terénem neměnila jejich geometrie (viz kapitola 5.2.4). V samostatném souboru byl vytvořen generalizovaný model hradeb, který byl také importován jako skupina. Po umístění objektů do správných výšek byla domodelována vstupní brána propojující stodolu a čeledník. Dalším objektem doplněným do modelu byl most propojující předhradí s hradem. Postup vytvoření modelu mostu byl stejný jako u hradeb. Model s umístěnými objekty připravený na tvorbu terénu ukazuje obrázek 87. Pro vytvoření terénu byla využita funkce z toolbaru Sandbox *From Contours* (viz kapitola 5.2.6.1). Vytvořený DMT byl editován tak, aby trojúhelníkové plochy terénu neprocházely jednotlivými objekty a aby je vytvořený terén co možná nejpřesněji kopíroval a nezasahoval do nich. Příklad nevhodně vytvořené plochy ukazuje obrázek 88. Editace terénu byla poměrně náročná. Hlavním důvodem byl značný objem dat v modelu, který omezoval možnost pohybu.



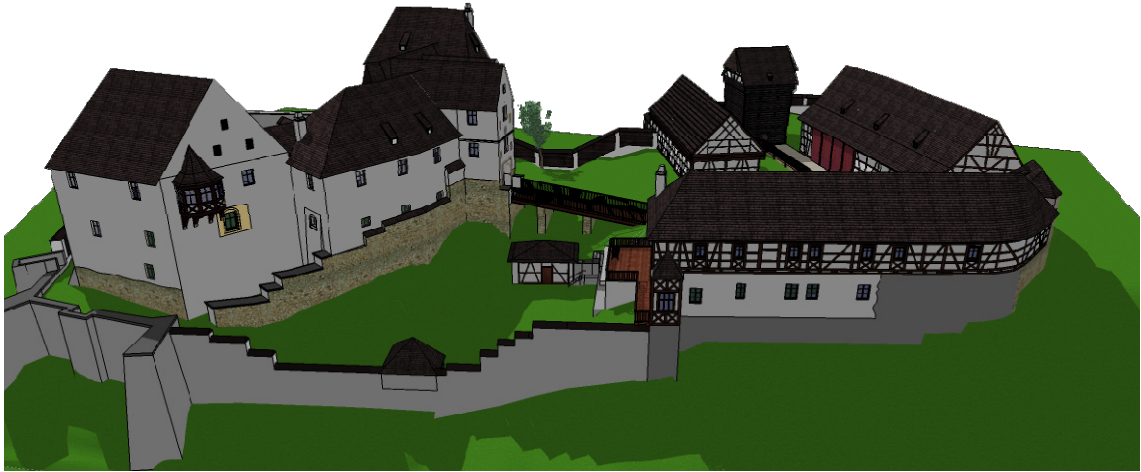


Obrázek 87: Model připravený pro tvorbu DMT



Obrázek 88: Nevhodně vytvořená plocha terénu vlevo a vpravo upravený terén

I když je postup tvorby terénu v programu Sketchup snadný, je tento proces časově poměrně náročný. Náročnost závisí také na členitosti terénu. Čím je terén členitější, tím více je nutná jeho následná editace. Pro obarvení terénu byla využita textura trávy, žádné další textury ani druhy materiálu, jako jsou například dlažby, nebyly na terén použity. Jednou z možností obarvení DMT je potáhnout ho ortofotem. Tato možnost však využita nebyla, protože jednotlivé modely jsou poměrně detailní, což způsobuje značnou datovou velikost souboru, kterou by použití ortofota ještě zvětšilo a s modelem by nebylo možné dál pracovat. Výsledný DMT s umístěnými objekty je vidět na *obrázku 89*.



Obrázek 89: Výsledný DMT s umístěnými objekty

## 6.6 Doplnění popisných informací do modelu

K jednotlivým objektům, které byly do výsledného modelu vloženy jako skupiny (viz obrázek 89), byly přidány další popisné informace pomocí modulu *TIS*, který vytvořil Pavel Tobiáš v rámci diplomové práce [37]. Pomocí tohoto modulu lze k jednotlivým prvkům modelu přidávat *název*, *popis*, *obrázek* a *podrobný model*. Panel nástrojů modulu *TIS* obsahuje tři ikony - *Výběr*, *Tabulka* a *Nastavení*. Pomocí funkce *Výběr* lze vybírat objekty, které mají přiřazené popisné informace. Funkce *Tabulka* zobrazuje souhrnný přehled všech prvků, ke kterým byly informace přiřazeny. Nejdůležitější funkcí je *Nastavení*, pomocí něhož se do modelu jednotlivé informace přidávají. Popis, obrázek a model se k jednotlivým objektům modelu přiřazují pomocí relativního odkazu na soubor umístěný v počítači. Podrobně je postup přiřazení jednotlivých informací popsán v diplomové práci Pavla Tobiáše.

Popisné informace byly doplněny ke všem objektům modelu, čímž vznikl jakýsi jednoduchý informační systém hradu Seeberg. Ke každému objektu byla přiřazena fotografie, k některým i stručný text popisující historii objektu. Jedinou nevýhodou modulu je, že informace připojené k modelu jsou dostupné pouze v aplikaci SketchUp s nainstalovaným modulem *TIS*. Není tak možnost celý model prezentovat na webu, včetně popisných informací tak, aby si jej mohl uživatel online prohlížet a zobrazovat si vložené informace



bez instalace programu SketchUp. Tento problém nebyl v rámci této práce řešen. Bude-li v budoucnu tento problém vyřešen, vznikne tak další možnost, jak udělat modely pro uživatele ještě poutavější a zajímavější.



Obrázek 90: Popisné informace k hradu vložené pomocí modulu TIS



## 7 Prezentace modelu

Má-li být výsledný model přiblížen široké veřejnosti, musí být výsledky vhodně prezentovány. Většina lidí nemá k dispozici program SketchUp, aby si mohla model prohlédnout, a tak je nutné využít jiné možnosti, které uživatelům umožní prohlížet výsledný model bez nutnosti instalace nějakého programu. Právě touto problematikou vhodné prezentace modelu široké veřejnosti se zabývají následující podkapitoly. Postupně jsou popsány možnosti prezentace vytvořeného modelu v prostředí internetu, dále možnosti tvorby grafických výstupů a animace.

### 7.1 3D Warehouse

*3D Warehouse* [30] je webová galerie 3D modelů, vytvořených v programu SketchUp. Model lze do knihovny nahrát přímo z prostředí SketchUpu. Jedinou podmínkou je přihlášení pomocí účtu u Googlu. Každý model má svoji vlastní stránku nabízející náhled modelu a informace o modelu, které jeho tvůrce zadá. Modely lze z knihovny také přímo načítat do SketchUpu a dále s nimi pracovat.

Na 3D Warehouse se nepodařilo načíst celý model se všemi objekty a terénem, a tak byl sdílen pouze model hradu, který splnil limit 50 MB pro nahrání. Nejprve byla provedena georeference objektu, která spočívá v načtení mapy oblasti, ve které se model nachází, a ve správném umístění a natočení modelu.



Obrázek 91: Georeferencovaný model



## 7.2 Interaktivní prezentace na internetu

Sdílení a prezentace modelu pomocí internetu je asi nejlepší způsob jak model prezentovat široké veřejnosti, protože přístup k internetu má už dnes téměř každý. V rámci této práce byly vyzkoušeny dva postupy jak model sdílet pomocí internetu.

Nejdříve byl vyzkoušen modul pro SketchUp *Spread3D* [38]. Ten exportuje model do samostatného pracovního okna, ve kterém ho lze prohlížet na internetu. Samotný autor modelu může před sdílením model dále upravit, vytvořit prezentaci nebo model exportovat do *PDF* souboru. Po volbě možnosti *Share*, se autorovi objeví *URL* odkaz, který po otevření v internetovém prohlížeči zobrazí model, ve kterém se může uživatel pohybovat a může ho libovolně natáčet. Problémem při zobrazení modelu hradu byly obrázkové textury, které nebyly po exportu zobrazeny. I přes tento nezdár je *Spread 3D* jednou z nejlepších možností jak sdílet svůj model na internetu.



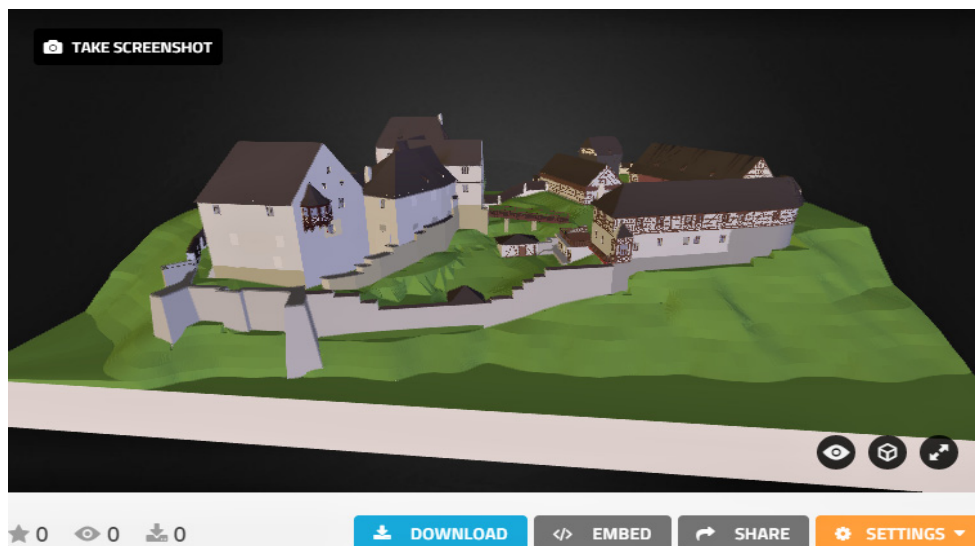
Obrázek 92: Zobrazení modelu pomocí *Spread3D*

Další možností prezentace modelu na internetu je využití serveru *Sketchfab* [39]. Princip webu je takový, že registrovaní uživatelé sdílejí své modely, které lze následně na internetu prohlížet. Nevýhodou je, že do databáze *Sketchfab* nelze nahrát model ve formátu *skp*. Model je tedy nutné exportovat do jiného formátu například *obj* nebo *3DS*, což je v případě větších modelů časově poměrně náročné. V případě modelu hradu Seeberg





byl využit export do formátu *3DS*. Na rozdíl od modulu *Spread3D* se sdílení modelu provádí přímo na internetových stránkách *Sketchfab*, kde stačí zvolit možnost *upload* a vybrat ve svém počítači příslušný soubor. Soubory mohou nahrávat pouze registrovaní uživatelé. Nevýhodou prezentace na serveru *Sketchfab* je špatné zobrazení textur, kdy se některé zobrazí nesprávně a některé vůbec, čímž dochází k degradaci vytvořeného modelu. Špatné zobrazení textur nebylo vyřešeno. Jedním z důvodů může být složitost modelu. U každého modelu si lze stáhnout *iframe*<sup>12</sup>, pomocí kterého lze model zobrazit na vlastních webových stránkách.



Obrázek 93: Zobrazení modelu na serveru *Sketchfab*

### 7.3 Vizualizace digitálního modelu

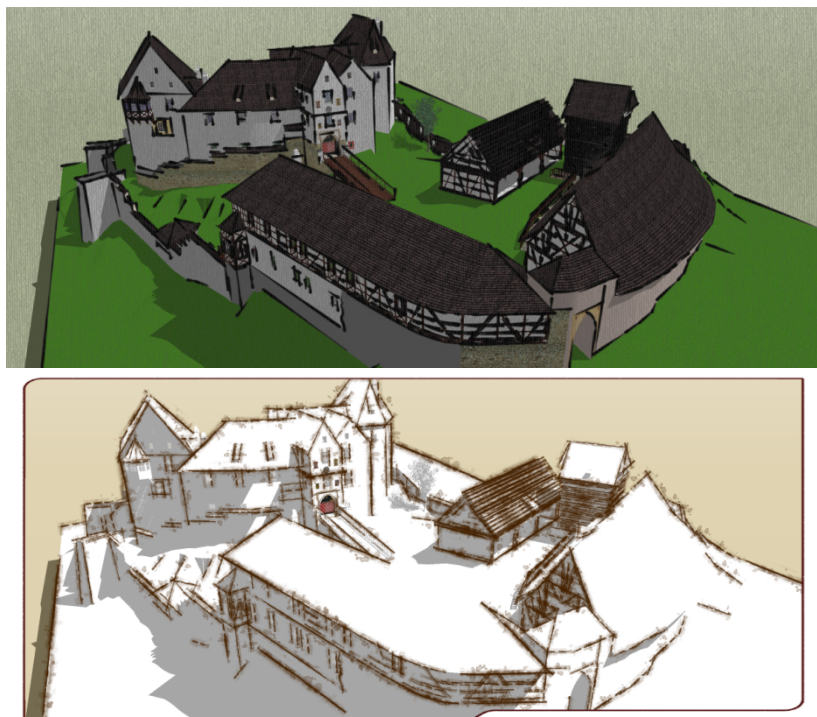
Pro vytvoření základní vizualizace slouží ve *SketchUpu* *styly*, které lze najít v menu *Window – Styles*. Pomocí nich lze model zobrazovat drátově, se skrytými hranami, s nastavenou texturou a dalšími způsoby (viz obrázek 94). Vytvořený náhled stačí pouze exportovat jako 2D grafiku ve zvoleném formátu. Vhodným způsobem vytvoření poutavých vizualizací

---

<sup>12</sup> Část *HTML* kódu umožňující vkládání rámu s jinou internetovou stránkou do svých stránek.



je spojování obrázků exportovaných v různých stylech pomocí grafických editorů, jako je např. *Adobe Photoshop*. Důležité je, aby obrázky, které mají být spojeny, byly pořízeny se stejným nastavením kamery tak, aby došlo k prolnutí efektů.



Obrázek 94: Vizualizace modelu pomocí stylů

Kvalitnější vizualizace lze dosáhnout *renderingem* modelu. Rendering je tvorba reálného obrazu počítačového modelu, kdy je výsledný vzhled scény ovlivňován množstvím nastavitelných parametrů. Teoretický podklad pro rendering je uveden v *kapitole 3*. V rámci této práce byla vyzkoušena celá řada programů určených pro rendering. Nástroje na rendering fungují buď nezávisle na programu SketchUp (např. *Artlantis Studio*), nebo jsou po instalaci modulu přímo součástí SketchUpu (např. *Indigo Renderer*). Všechny z testovaných programů jsou placené, a tak byly získány pouze verze zkušební, které mají ve většině případů pouze omezenou funkčnost. Z testovaných programů se nejvíce osvědčily moduly *Indigo*



*Renderer* [50] a *Thea Render* [51]. U zbylých programů nebyla kvalita výsledných výstupů příliš dobrá, hlavně díky omezeným funkcí zkušební verze.

Moduly *Indigo Renderer* a *Thea Render* fungují na stejném principu. Po instalaci modulu se v pracovním okně SketchUpu objeví toolbar, pomocí kterého lze rendering ovládat. Před samotným renderingem programy umožňují nastavit parametry materiálů použitých v modelu, což nejvíce ovlivňuje vzhled výsledné scény. Nastavené parametry popisují, jak se materiál chová při dopadu slunečního záření na jeho povrch. Oba moduly používají světelný zdroj SketchUpu. Autorem nebyly příliš měněny jednotlivé parametry materiálu. Byla nastavena pouze správná hodnota *ISO*, ovlivňující světlost scény. Po nastavení všech parametrů stačí spustit rendering. U modulů *Indigo Renderer* a *Thea Render* se rendering provádí tak dlouho, dokud není uživatel s výsledkem spokojený. Výsledky ze zmíněných modulů jsou velice kvalitní (viz obrázek 95). Jedinou nevýhodou je, že zkušební verze umísťují přes výsledný renderovaný obraz vodoznak se znakem společnosti, produkující modul.



Obrázek 95: Vlevo výstup z modulu *Indigo Renderer* a vpravo z *Thea Render*

## 7.4 Animace digitálního modelu

Vhodným způsobem jak poutavě prezentovat vytvořený digitální model je animace. Teorie k vytváření animace byla popsána v kapitole 4. Ve SketchUpu se animace vytváří

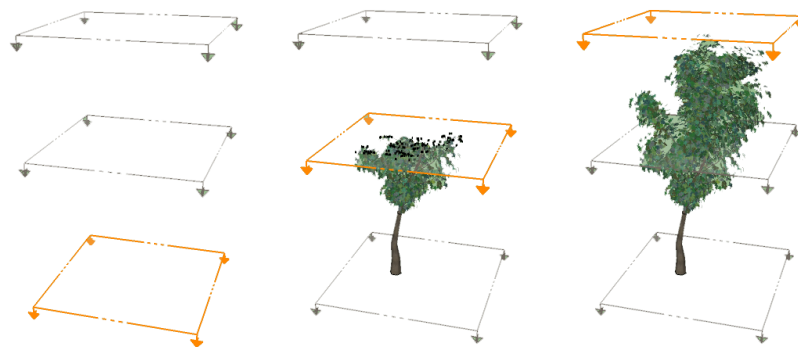




pomocí klíčových snímků, které definují klíčové polohy kamery. Jednotlivé scény se po nastavení požadované polohy kamery přidávají v menu *View – Animation – Add Scene*. Před exportem videa je potřeba provést správné nastavení v menu *View – Animation – Settings*. V této záložce lze nastavit délku přechodu mezi klíčovými snímky (*Scene Transitions*) a zpoždění mezi jednotlivými scénami (*Scene Delay*). Export videa se provádí v menu *File – Export – Animation*. Je vhodné věnovat pozornost záložce *Options*, ve které lze nastavit kvalitu exportovaného videa a počet snímků za sekundu. V případě animace digitálního modelu hradu Seeberg bylo nastaveno *60 klíčových snímků, přechod mezi klíčovými snímky 2.5 sekundy, zpoždění 0 sekund, kvalita videa 1080p Full HD a 30 snímků za sekundu*. Model byl exportován ve formátu *mp4*.

Jako vhodné oživení animace se ukázalo být použití řezů (viz obrázek 96), pomocí kterých lze vyvolat efekt postupného objevování staveb, stromů a ostatních prvků scény. Princip animace pomocí řezů se dá vysvětlit takto. Každému objektu nastaví libovolný počet rovin řezu a v každém následujícím snímku se změní aktivní rovina řezu. Tímto lze docílit např. efektu vyrůstajícího stromu ze země.

Výsledná animace byla doplněna o úvodní snímek a titulky v programu *Windows Media Player*. Pro prezentaci videa na internetu byl využit server *YouTube* [29].



Obrázek 96: Princip animace pomocí řezů



## 7.5 Tvorba webových stránek

Pro komplexní prezentaci výsledků diplomové práce byly vytvořeny webové stránky pomocí *kaskádových stylů* a jazyka *HTML* v editoru *PSPad*. Vhodným vodítkem pro vytvoření vlastních webových stránek jsou internetové stránky *Jak psát web* [52].

Obsahem vytvořených webových stránek je stručný popis práce a použitých postupů, dále ukázky výsledného modelu a jeho prezentace a v sekci *odkazy* je ke stažení výsledný model, animace a text diplomové práce. Náhled webových stránek je ukázán na *obrázku 97*. Vytvořené webové stránky budou dostupné na adrese [http://peso.fsv.cvut.cz/dp/lavicka\\_p](http://peso.fsv.cvut.cz/dp/lavicka_p).



Obrázek 97: Náhled vytvořených webových stránek



## Závěr

Prezentace historických objektů pomocí digitálních modelů je vhodný způsob, jak tyto objekty přiblížit široké veřejnosti. Právě tvorba digitálního modelu a jeho vhodná prezentace byla cílem této diplomové práce. Předmětem pro vytvoření digitálního modelu se stal hrad Seeberg, jehož historie sahá až do 13. století.

Pro vytvoření digitálního modelu byla využita volně dostupná verze programu *SketchUp 2014*. Značná část práce se věnuje popisu nejen základních funkcí programu, ale i autorových postřehů k jejich využitelnosti. Dále jsou uvedeny vhodné rozšiřující moduly, které autor při tvorbě digitálního modelu sám využil. Pomocí modulů *Curviloft* a *Tools On Surface* dokonce vyřešil problém s vytvářením digitálního modelu nepravidelného objektu. S využitím těchto modulů nemusel autor přistupovat ke generalizaci tvaru objektu a vzniklý model se tak více přiblížil reálné podobě. Přínosem této práce je popis možností tvorby terénu v programu SketchUp a v praktické části aplikace nabytých poznatků z této oblasti. Jako vhodný nástroj pro doplnění modelů soch a dalších podobných objektů se ukázal být produkt firmy Autodesk, *123D Catch*, který vytváří digitální model z fotografií objektu. Kvalita výsledného modelu se odvíjí od počtu a kvality fotografií a právě nekvalitní fotografie nedovolily autorovi vytvořit digitální model božích muk, neboť nebylo možné pořídit kvalitní snímky kolem celého objektu.

Pro vytvoření digitálního modelu byly zapůjčeny stavební výkresy z archivu Městského muzea ve Františkových Lázních. Autor tyto stavební výkresy převedl do digitální podoby a takto je po ukončení této práce dal k dispozici muzeu. Chybějící potřebné údaje byly získány přístrojem *Vertex Laser 400*, který slouží pro měření vzdáleností, vertikálních úhlů a výšek. Výhodou tohoto přístroje je možnost měření ultrazvukem, který umožňuje měření přes překážky. Jako další zdroj informací o modelovaných objektech posloužily dokumentační fotografie.

Vytvořený model byl prezentován pomocí některých dostupných způsobů. Nejvhodnějším způsobem prezentace modelu na internetu se ukázal server *Spread3D*, ovšem prezentace modelu na tomto serveru je zpoplatněná. Dokonce není-li stanovený poplatek uhrazen,



zůstává model na serveru uložen pouze po dobu 24 hodin. Autor pro vytvoření kvalitních grafických výstupů využil moduly pro rendering a dále export obrázků vytvořených pomocí stylů ve SketchUpu. Právě toto umožňuje zobrazovat model v netradičních pohledech. Pro tvorbu animace výsledného modelu byla autorem využita neobvyklá metoda využívající sekčních řezů pro vytvoření efektu postupného objevování objektů scény.

Pomocí modulu *TIS* byly do modelu k jednotlivým objektům přiřazeny doplňující popisné informace, čímž vznikl jednoduchý informační systém hradu Seeberg. Nevýhodou SketchUpu je, že doplněné popisné informace nelze prezentovat společně s modelem a může si je tak prohlížet pouze uživatel SketchUpu s nainstalovaným modulem *TIS*. Bude-li tento problém v budoucnu vyřešen, tak vznikne nová možnost, jak modelované objekty ještě více přiblížit široké veřejnosti. Otevírá se možnost dalšího tématu některých dalších bakalářských nebo diplomových prací zabývajících se touto tematikou.

Přidanou hodnotu této diplomové práce je praktické využití výsledků. Po domluvě s ředitelem Městského muzea ve Františkových Lázních Mgr. Janem Šamatou a vedením města Františkovy Lázně budou výsledky práce využity pro prezentaci hradu Seeberg, který patří mezi priority města. Dalším přínosem této práce je navázání kontaktů mezi městem Františkovy Lázně a katedrou geomatiky Fakulty stavební ČVUT v Praze, které mohou být v budoucnu využity pro vytváření dalších studentských prací v této oblasti.

Na závěr lze konstatovat, že cíle definované v úvodu diplomové práce byly dle autora splněny. Pro komplexní prezentaci výsledků této práce byly vytvořeny webové stránky. Práce byla přínosem jak pro autora, který upevnil i rozšířil své znalosti i dovednosti nabyté v rámci studia v oblasti digitálních modelů, tak i pro město Františkovy Lázně, které získalo možnost nové prezentace některých turisticky zajímavých míst, konkrétně hradu Seeberg. Tato diplomová práce se také může stát návodem pro další studenty a veřejnost zabývající se touto tematikou.



## Použité zdroje

- [1] LINHARTOVÁ, Joanna. *SketchUp 2014*. třetí. Praha: Architecture Design School, v.o.s., 2014.
- [2] ŽÁRA, J., BENEŠ, B., SOCHOR, J. a FELKEL, P. *Moderní počítačová grafika*. Vyd 1. Brno: Computer Press, 2004, 609 s. ISBN 80-251-0454-0.
- [3] MACEK, Stanislav. *Dějiny hradu Ostroh-Seeberg*. Františkovy Lázně: POLY PRESS s.r.o., 2002.
- [4] *Františkovy Lázně: lázeňství v minulosti a v současnosti*. Františkovy Lázně: Městské muzeum Františkovy Lázně, 1998.
- [5] *Základy počítačového 3D modelování*. *PC life* [online]. [cit. 2014-12-02]. Dostupné z: <http://www.pclife.cz/503-zaklady-pocitacoveho-3d-modelovani/>
- [6] *Základy reprezentace trojrozměrného prostoru v počítači*. In: *Wikisofia* [online]. [cit. 2014-12-03]. Dostupné z: [http://wikisofia.cz/index.php/Z%C3%A1klady\\_reprezentace\\_trojrozm%C4%9Brn%C3%A9ho\\_prostoru\\_v\\_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Di](http://wikisofia.cz/index.php/Z%C3%A1klady_reprezentace_trojrozm%C4%9Brn%C3%A9ho_prostoru_v_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Di)
- [7] *Počítačová 3D grafika*. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001, 3.7.2014 [cit. 2014-12-04]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A1\\_3D\\_grafika](http://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A1_3D_grafika)



- [8] Reprezentace 3D dat [přednáška online]. [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: [http://www.nti.tul.cz/cz/images/1/1e/Prednaska\\_hranicni\\_a\\_objemova\\_reprezentace\\_dat.pdf](http://www.nti.tul.cz/cz/images/1/1e/Prednaska_hranicni_a_objemova_reprezentace_dat.pdf)
- [9] BURIÁNEK Jan. Reprezentace 3D modelu [přednáška online]. 2010 [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <https://edux.fit.cvut.cz/oppa/BI-MGA/prednasky/MGA2010-8.pdf>
- [10] BÁRTOVÁ Kristýna. Odraz světla, BRDF [online přednáška]. 2012 [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: <http://cgg.mff.cuni.cz/~jaroslav/teaching/2012-NPGR010/notes/NPGR010-2012%20-%2003%20-%20poznámky.pdf>
- [11] SURYNKOVÁ Petra. Počítačová geometrie [online přednáška]. 2012 [cit. 2014-12-05]. Dostupné z: [http://www.surynkova.info/dokumenty/mff/PG/Prednasky/prednaska\\_2.pdf](http://www.surynkova.info/dokumenty/mff/PG/Prednasky/prednaska_2.pdf)
- [12] Phongovo stínování. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Phongovo\\_st%C3%ADnov%C3%AAn%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/Phongovo_st%C3%ADnov%C3%AAn%C3%AD)
- [13] Mgr-szz. *Státnice na FI MUNI* [online]. [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: <http://statnice.dqd.cz/mgr-szz:in-gra:6-gra>
- [14] Mapping Techniques. THE OHIO STATE UNIVERSITY. *Accad* [online]. 2014. vyd. [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: [http://accad.osu.edu/~midori/Materials/texture\\_mapping.htm](http://accad.osu.edu/~midori/Materials/texture_mapping.htm)
- [15] STRACHOTA Pavel. Mapování textur [přednáška online]. 2010 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: [http://saintpaul.fjfi.cvut.cz/base/sites/default/files/POGR/POGR2/11.mapovani\\_textur.pdf](http://saintpaul.fjfi.cvut.cz/base/sites/default/files/POGR/POGR2/11.mapovani_textur.pdf)



- [16] BENNER J., GEIGER A., LEINEMANN K., Flexible generation of semantic 3D buildings models. 2005 [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: [http://www.iai.fzk.de/www-extern/fileadmin/Image\\_Archive/Bauwerke/Geo-Informationssysteme/Veroeffentlichungen/NextGeneration3DCityModels.pdf](http://www.iai.fzk.de/www-extern/fileadmin/Image_Archive/Bauwerke/Geo-Informationssysteme/Veroeffentlichungen/NextGeneration3DCityModels.pdf)
- [17] Animation. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 24.8.2014 [cit. 2014-12-08]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Animation>
- [18] Počítačová animace. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 9.6.2013 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Počítačová\\_animace](http://cs.wikipedia.org/wiki/Počítačová_animace)
- [19] MORALES, Azucena. Martes Animado: LA ANIMACIÓN TIENE PRINCIPIOS. In: *CREATIVO YO* [online]. [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://creativoyo1.blogspot.cz/2012/11/martes-animado-la-animacion-tiene.html>
- [20] Grafika. *Jenseneboj* [online]. [cit. 2014-12-11]. Dostupné z: [http://www.jenseneboj.com/grafika/index2.php?cislo\\_tematu=1&cis\\_subtematu=7](http://www.jenseneboj.com/grafika/index2.php?cislo_tematu=1&cis_subtematu=7)
- [21] *CINEMA 4D* [online]. [cit. 2014-12-11]. Dostupné z: <http://www.cinema4d.cz/>
- [22] Maya. *Autodesk* [online]. [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.autodesk.com/products/maya/overview>
- [23] *Artlantis* [online]. [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://artlantis.com/fr/home>
- [24] *Blender* [online]. [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.blender.org/>





- [25] SketchUp. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wiki media Foundation, 2001-, 8.8.2014 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/SketchUp>
- [26] 5 nejlepších programů pro 3D modelování. *Živě* [online]. [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/5-nejlepsich-programu-pro-3d-modelovani/blender/sc-3-a-175362-ch-94248/default.aspx>
- [27] *3E PRAHA ENGINEERING a.s.* [online]. [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://www.3epraha.cz/>
- [28] SketchUp. *CADtutorial* [online]. [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: [http://www.cadtutorial.cz/sketchup/nastaveni\\_uzivatelskeho\\_prostredi\\_a\\_zaklady\\_ovladani.php](http://www.cadtutorial.cz/sketchup/nastaveni_uzivatelskeho_prostredi_a_zaklady_ovladani.php)
- [29] *YouTube* [online]. [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/>
- [30] *3D Warehouse* [online]. [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <https://3dwarehouse.sketchup.com/>
- [31] SKETCHUP. *Extension Warehouse* [online]. [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <https://extensions.sketchup.com/>
- [32] *SketchUcation* [online]. [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://sketchucation.com/>
- [33] *Mapy* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/>
- [34] *CG Textures* [online]. [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.cgtextures.com/>



- [35] Věžový špýchar na hradě Seebergu. *KarlovyVARY* [online]. [cit. 2014-12-14].  
Dostupné z: <http://www.karlovyvary.cz/cs/vezovy-spychar-na-hrade-seebergu>
- [36] Autodesk 123D. *Cadstudio* [online]. [cit. 2014-12-14].  
Dostupné z: <http://www.cadstudio.cz/123d>
- [37] TOBIÁŠ, Pavel. *Využití aplikace SketchUp pro tvorbu jednoduchého informačního systému*. Praha, 2014. Diplomová práce. ČVUT. Vedoucí práce Ing. Petr Soukup, Ph.D.
- [38] *Spread 3D REVIEW* [online]. [cit. 2014-12-14].  
Dostupné z: <http://review.spread3d.com/>
- [39] *Sketchfab* [online]. [cit. 2014-12-14].  
Dostupné z: <https://sketchfab.com/models/popular>
- [40] The Utah Teapot. *Computer History Museum* [online]. [cit. 2014-12-15].  
Dostupné z: <http://www.computerhistory.org/revolution/computer-graphics-music-and-art/15/206/556>
- [41] Utah Teapot. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-12-15].  
Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Utah\\_teapot](http://en.wikipedia.org/wiki/Utah_teapot)
- [42] 3D Pixel/Voxel. *Bilderzucht-blog* [online]. [cit. 2014-12-15].  
Dostupné z: <http://www.bilderzucht.de/blog/3d-pixel-voxel/>
- [43] Zelené a UV lasery. In: *MEGABLOG* [online]. [cit. 2014-12-16].  
Dostupné z: <http://www.mega-blog.cz/2012/03/>



- [44] BERGER, Pierre. *The dictionary of digital art* [online]. [cit. 2014-12-17].  
Dostupné z: <http://diccan.com/>
- [45] Google SketchUp Pro 2015. *Full Programlar Indir* [online]. [cit. 2014-12-17].  
Dostupné z: <http://www.fullprogramlarindir.com/google-sketchup-pro-2015-full-indir.html>
- [46] Hrad Ostroh (Seeberg). *Atlas Česka* [online]. [cit. 2014-12-17].  
Dostupné z: <http://www.atlasceska.cz/karlovarsky-kraj/hrad-ostroh-seeberg/>
- [47] Misure Forestali. *Topo Shop* [online]. [cit. 2014-12-17].  
Dostupné z: <http://www.topo-shop.com/misure-forestali/ipsometri.html>
- [48] *Travel guide* [online]. [cit. 2014-12-18].  
Dostupné z: <http://www.travelguide.cz/facilities/tg/full/611-665-1.jpg>
- [49] Transformace, reprezentace a zobrazení 3D objektů. *Kalábovi* [online]. [cit. 2014-12-18]. Dostupné z: <http://kalabovi.org/pitel:isz:3d>
- [50] *Indigo Renderer* [online]. [cit. 2014-12-18].  
Dostupné z: <http://www.indigorenderer.com/sketchup>
- [51] *THEA RENDER* [online]. [cit. 2014-12-18].  
Dostupné z: <https://www.thearender.com/site/>
- [52] *Jak psát web* [online]. [cit. 2014-12-18]. Dostupné z: <http://www.jakpsatweb.cz/>
- [53] *Citace.com* [online]. [cit. 2014-12-18]. Dostupné z: <http://www.citace.com/>



## Seznam obrázků

Obrázek 1: Náčrt konvice Martina Newella [40] .....	14
Obrázek 2: 3D model konvice Martina Newella [41].....	14
Obrázek 3: Vlevo triangle strip a vpravo triangle fan [2] .....	17
Obrázek 4: Popis tělesa popisem jeho pláště v hraniční prezentaci [2].....	17
Obrázek 5: Příklad drátového modelu a jeho nejednoznačnosti [2].....	18
Obrázek 6: Příklad datové struktury okřídlená hrana [2].....	19
Obrázek 7: Princip modelování z CSG primitiv [8].....	19
Obrázek 8: Příklad datových mřížek [2].....	20
Obrázek 9: Modely složené z voxelů a jejich různá struktura [42] .....	21
Obrázek 10: Utah teapot složená z voxelů [49].....	22
Obrázek 11: Schéma zobrazovacího řetězce [2] .....	23
Obrázek 12: Pravoúhlá axonometrie [2].....	25
Obrázek 13: Promítání kavalír a kabinet [2].....	26
Obrázek 14: Středové promítání bodu [2] .....	26
Obrázek 15: Trojbodová perspektiva [2] .....	27
Obrázek 16: Viditelné barevné spektrum [43] .....	28
Obrázek 17: Druhy BRDF [10].....	30
Obrázek 18: Odraz a lom paprsku [2].....	31
Obrázek 19: Odraz od mikroplošek [2] .....	32
Obrázek 20: Zdroje světla v programu Cinema 4D .....	33
Obrázek 21: Konstantní, Gouraudovo a Phongovo stínování [44] .....	35
Obrázek 22: Nanášení textury na různé plochy [15].....	37
Obrázek 23: Princip tvorby hrboлатé textury [2] .....	38
Obrázek 24: Bump mapping vlevo a displacement mapping vpravo [15] .....	38
Obrázek 25: Princip mip-mappingu [14].....	39
Obrázek 26: Animace pohybu míčku [17] .....	40



Obrázek 27: Klíčové snímky a mezisnímky [19].....	41
Obrázek 28: Ukázka vizualizace vytvořené v programu SketchUp [28].....	43
Obrázek 29: Pracovní plocha s panelem Getting Started.....	44
Obrázek 30: Vlevo hodnota Divide 24, vpravo 60.....	45
Obrázek 31: Vytažení plochy pomocí funkce Push/Pull .....	46
Obrázek 32: Různé možnosti použití funkce Push/Pull.....	46
Obrázek 33: Princip použití funkce Follow Me .....	47
Obrázek 34: Příklad využití funkce Make Group .....	48
Obrázek 35: Příklad vložení a umístění vlastní textury .....	50
Obrázek 36: Použití projektované textury .....	50
Obrázek 37: Tvorba terénu z 2D vrstevnic.....	51
Obrázek 38: Tvorba terénu From Scratch .....	52
Obrázek 39: Umístění domu pomocí funkce Stamp.....	53
Obrázek 40: Umístění cesty na terén pomocí funkce Drape .....	54
Obrázek 41: Spojení segmentů kružnice pomocí modulu Weld .....	55
Obrázek 42: Využití modulu RoundCorner pro zaoblení rohů krychle.....	56
Obrázek 43: Konstrukce koule pomocí funkce Follow Me.....	57
Obrázek 44: Použití modulu Curviloft - Loft By Spline pro vytvoření plochy .....	57
Obrázek 45: Použití modulu Curviloft - Loft along Path pro vytvoření plochy.....	58
Obrázek 46: Použití modulu Curviloft - Skinning pro vytvoření plochy.....	58
Obrázek 47: Konstrukce obdélníku na plášti koule pomocí modulu Tools On Surface .....	59
Obrázek 48: Lokalizace hradu Seeberg [33] .....	60
Obrázek 49: Současná podoba hradu Seeberg [46].....	61
Obrázek 50: Znak rodu Junckerů [3] .....	63
Obrázek 51: Vypálení hradu Švédy 7. dubna 1648 [3].....	64
Obrázek 52: Podoba hradu v době románské [3] .....	66
Obrázek 53: Podoba hradu v době gotické [3] .....	66
Obrázek 54: Podoba hradu po renesančních a barokních přestavbách [3] .....	68
Obrázek 55: Vertex Laser 400 od firmy Haglöf [47].....	70



Obrázek 56: Stavební výkres boční pohled na stodolu od vstupní brány (M 1:50) z roku 1975 .....	71
Obrázek 57: Kůlna v předhradí hradu Seeberg .....	72
Obrázek 58: Model spodní části stodoly .....	73
Obrázek 59: Výsledný model bez textur .....	73
Obrázek 60: Textura dvířek vikýře .....	74
Obrázek 61: Výsledný digitální model kůlny .....	74
Obrázek 62: Sýpka v předhradí hradu Seeberg [35] .....	75
Obrázek 63: Vlevo hrubý model a vpravo výsledný model bez textur .....	76
Obrázek 64: Výsledný digitální model sýpky .....	76
Obrázek 65: Stodola v předhradí hradu Seeberg .....	77
Obrázek 66: Vytažený půdorys stodoly .....	78
Obrázek 67: Vlevo geometrie střechy a vpravo projektovaná textura .....	79
Obrázek 68: Výsledný digitální model stodoly .....	79
Obrázek 69: Čeledník v předhradí hradu Seeberg .....	80
Obrázek 70: Využití výkresu pohledu jako projektované textury .....	80
Obrázek 71: Příklad komponentu okna vlevo a dveří vpravo .....	81
Obrázek 72: Příklady využití vlastní fotografie jako textury .....	81
Obrázek 73: Výsledný digitální model čeledníku .....	82
Obrázek 74: Technologické objekty v areálu hradu Seeberg .....	83
Obrázek 75: Výsledné digitální modely technologických objektů .....	83
Obrázek 76: Hrad Seeberg [48] .....	84
Obrázek 77: Základní model hradu Seeberg .....	85
Obrázek 78: Postup tvorby klenby .....	85
Obrázek 79: Výsledný model klenby .....	86
Obrázek 80: Vybrané komponenty oken .....	86
Obrázek 81: Výsledný model střechy .....	87
Obrázek 82: Vlevo umístění textury na rovinný průmět a vpravo promítnutí textury .....	88
Obrázek 83: Výsledný digitální model hradu .....	89



Obrázek 84: Tvorba modelu sochy v programu 123D Catch.....	90
Obrázek 85: Ukázka špatně vytvořeného modelu v programu 123D Catch .....	91
Obrázek 86: Vlevo ukázka vektorizace a vpravo výsledný vektorizovaný plán .....	92
Obrázek 87: Model připravený pro tvorbu DMT .....	93
Obrázek 88: Nevhodně vytvořená plocha terénu vlevo a vpravo upravený terén .....	93
Obrázek 89: Výsledný DMT s umístěnými objekty .....	94
Obrázek 90: Popisné informace k hradu vložené pomocí modulu TIS .....	95
Obrázek 91: Georeferencovaný model .....	96
Obrázek 92: Zobrazení modelu pomocí Spread3D.....	97
Obrázek 93: Zobrazení modelu na serveru Sketchfab .....	98
Obrázek 94: Vizualizace modelu pomocí stylů.....	99
Obrázek 95: Vlevo výstup z modulu Indigo Renderer a vpravo z Thea Render .....	100
Obrázek 96: Princip animace pomocí řezů.....	101
Obrázek 97: Náhled vytvořených webových stránek .....	102





## Seznam zkratek

ČVUT	České vysoké učení technické v Praze
CAD	<i>Computer Aided Design</i> – počítačem podporované projektování
CSG	<i>Constructive Solid Geometry</i> – vektorové modelování geometrických objektů
RGB	<i>Red-Green-Blue</i> – aditivní způsob míchání barev
BRDF	<i>Bidirectional Reflectance Distribution Function</i> – označení pro obousměrnou distribuční funkci odrazu světla
DPI	<i>Dots Per Inch</i> – jednotka rozlišení tiskového rastru udávající kvalitu tisku
URL	<i>Uniform Resource Locator</i> – řetězec znaků který slouží ke specifikaci umístění zdrojů informací na Internetu
HTML	<i>HyperText Markup Language</i> – značkovací jazyk pro hypertext
DMT	Digitální model terénu



## Seznam příloh na DVD

- Text diplomové práce ve formátu *DOC* a *PDF* (**01\_Text**)
- Digitalizované stavební plány ve formátu *JPEG* (**02\_Plany**)
- Modely ve formátu *SKP* (**03\_Modely**)
- Ukázky renderovaných obrázků ve formátu *PNG* (**04\_Rendering**)
- Ukázky použití stylů ve SketchUpu ve formátu *PNG* (**05\_Styly**)
- Porovnání vybraných částí modelu se skutečností (**06\_Porovnani**)
- Animace ve formátu *MP4* (**07\_Animace**)
- Webové stránky (**08\_Web**)
- 3D PDF vytvořeného modelu (**09\_3DPDF**)
- Výsledný model doplněný o popisné informace (**10\_TIS**)



## **Seznam tištěných příloh**

- P.1 Vrstevnicový plán použitý pro tvorbu terénu
- P.2 Ukázky stylů ve SketchUpu
- P.3 Ukázky renderovaných obrázků
- P.4 Porovnání vybraných částí modelu se skutečností



# Tištěné přílohy

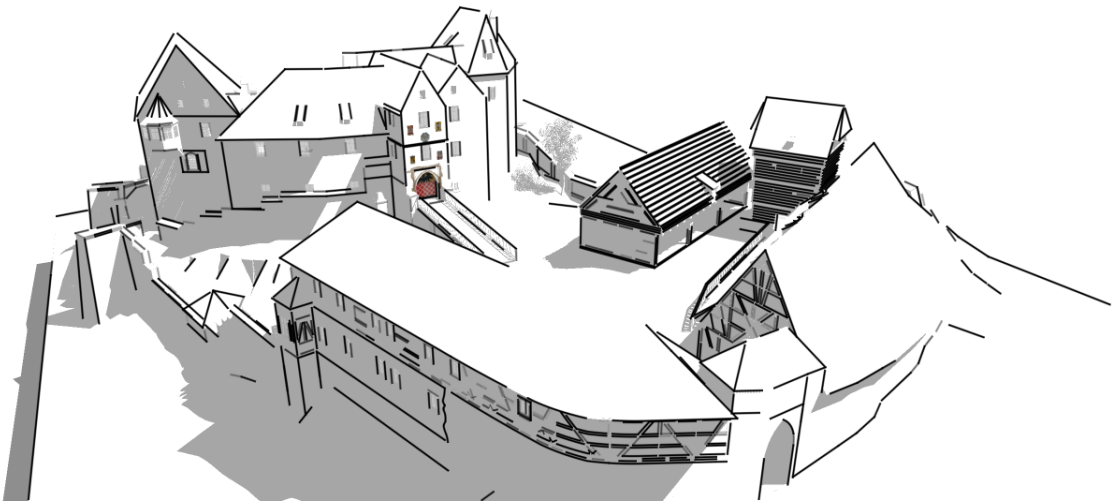
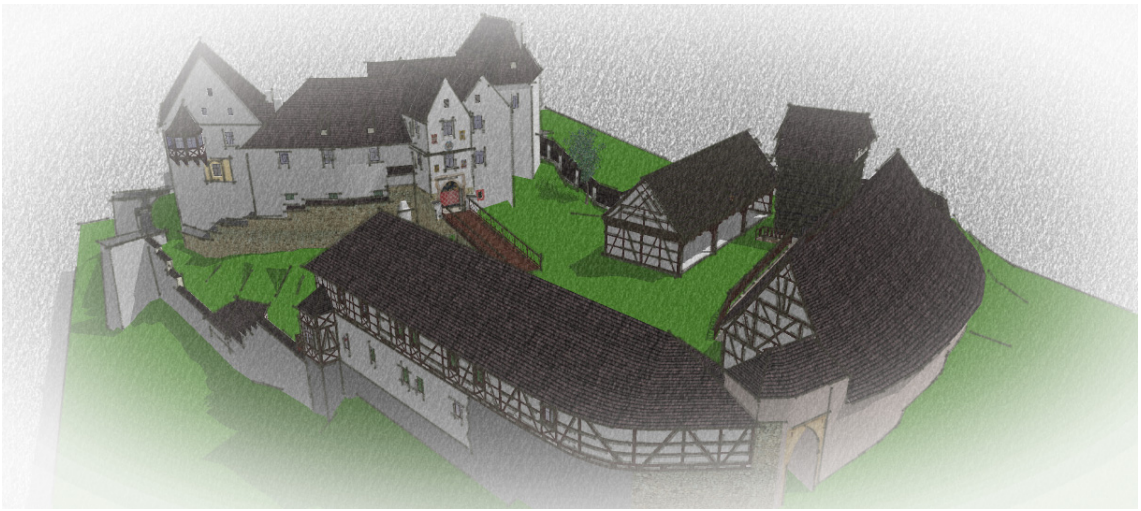
## P.1 Vrstevnicový plán použitý pro tvorbu terénu



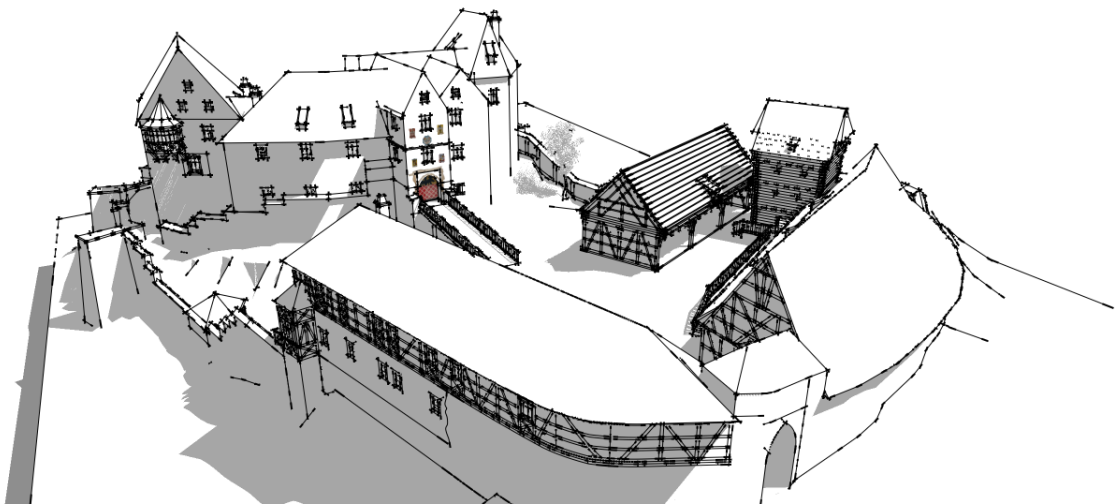
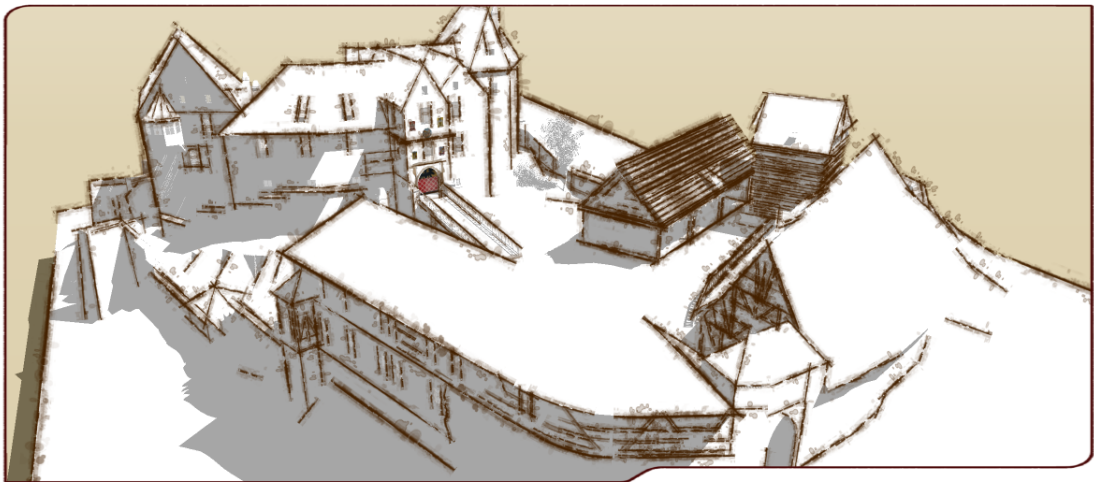


## **P.2 Ukázky stylů ve SketchUpu**







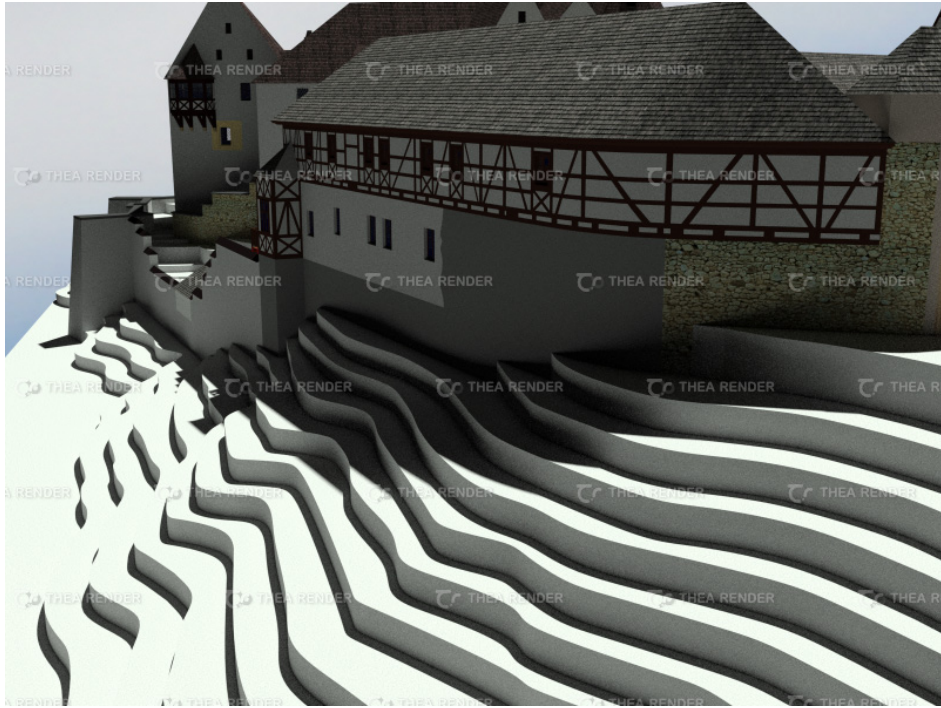






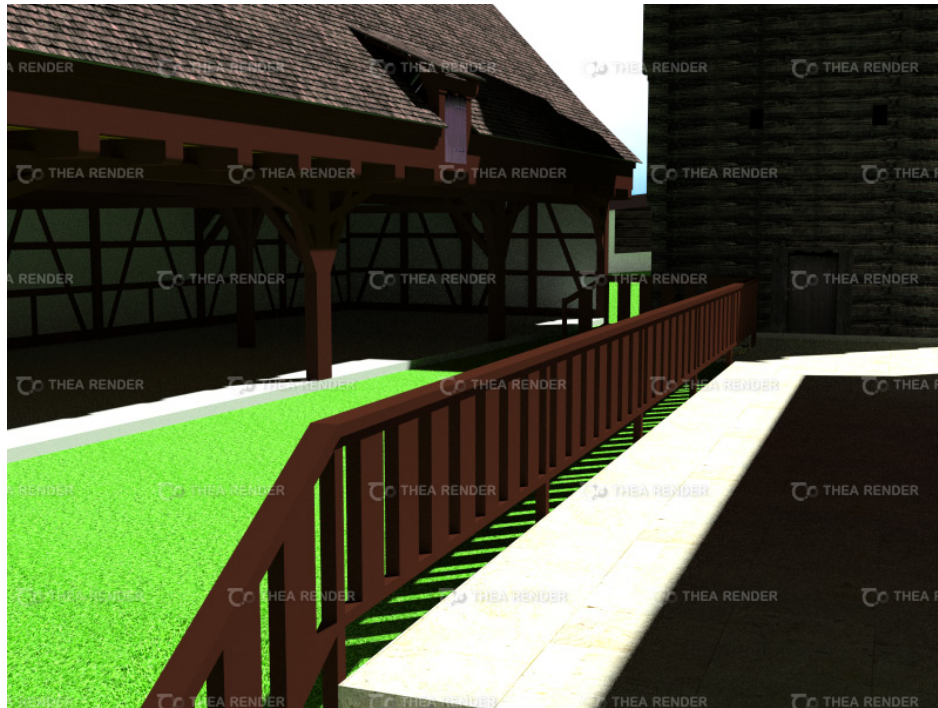
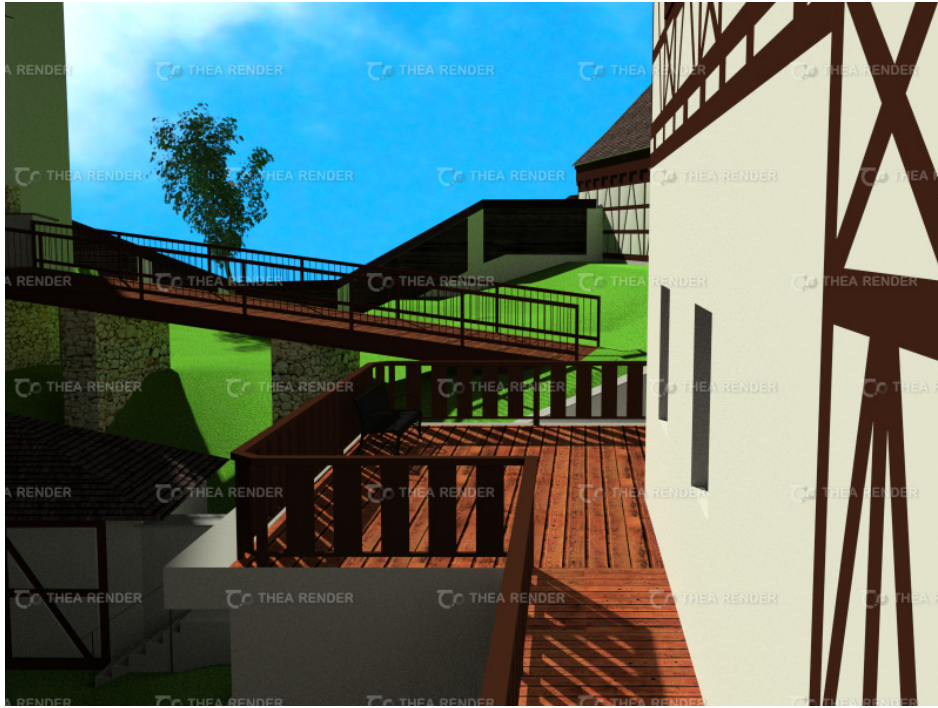
### P.3 Ukázky renderovaných obrázků















#### **P.4 Porovnání vybraných částí modelu se skutečností**













