

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA EKONOMICKO-SPRÁVNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023

Lucie Asníková

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

Tvorba 3D modelů: 3D model univerzitního kampusu
Bakalářská práce

2023

Lucie Asníková

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Lucie Asníková**
Osobní číslo: **E20060**
Studijní program: **B0688A050001 Aplikovaná informatika**
Specializace: **Multimédia ve firemní praxi**
Téma práce: **Tvorba 3D modelů: 3D model univerzitního kampusu**
Zadávající katedra: **Ústav systémového inženýrství a informatiky**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je uvést tvoření rozsáhlejších 3D modelů. V práci je popsán způsob tvorby 3D modelů, možnosti jejich zobrazení a způsoby tvorby a nanášení textur na hrubé modely.

Osnova:

- Úvod do 3D modelování
- Získávání dat pro 3D
- Nástroje pro práci ve 3D
- Možnosti výstupů 3D
- Praktická část
- Výsledný výstup

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

STŘÍTESKÝ, Ondřej, Josef PRŮŠA a Martin BACH. Základy 3D tisku s Josefem Průšou. Praha: Prusa Research, 2019.
BRITO, Allan. Blender 2.9 for architecture: Modeling and rendering with Eevee and Cycles. 2020. ISBN 979-869268201-7.
BLENDER FOUNDATION. Blender 3.2 Reference Manual [online]. 2022.
ŽÁRA, Jiří. Moderní počítačová grafika. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0454-0.
BAECHLER, Oscar a Xury GREER. Blender 3D By Example: A project-based guide to learning the latest Blender 3D, EEVEE rendering engine, and Grease Pencil. Packt Publishing, 2020. ISBN 978-1-78961-256-1.
FISHER, Gordon. Blender 3D Printing Essentials. Packt Publishing, 2013. ISBN 978-1-78328-459-7.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jakub Jech**
Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2022**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2023**

prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

RNDr. Ing. Oldřich Horák, Ph.D. v.r.
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 1. září 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem *Tvorba 3D modelů: 3D model univerzitního kampusu* jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 04. 2023

Lucie Asníková v.r.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Jakubu Jechovi za vstřícnost a rady, které mi při zpracování poskytoval. Dále bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu a motivaci při psaní této bakalářské práce i během celého studia.

ANOTACE

Tato práce pojednává o historii, vývoji a možnostech využití 3D modelování. Uvedeny jsou způsoby získávání a zpracování dat s praktickou ukázkou modelování objektu v programu Blender. Vytvořenou ukázkou je model univerzitního kampusu Univerzity Pardubice v digitální i tištěné verzi.

KLÍČOVÁ SLOVA

Blender, model, 3D modelování, 3D tisk

TITLE

Creating 3D models: 3D model of a university campus

ANNOTATION

This thesis describes the history, development and usage possibilities of 3D modeling. Different types of data gathering and processing techniques are listed with a practical example of object modeling in the Blender program. The example created is a model of the university campus of the University of Pardubice in both digital and printed versions.

KEYWORDS

Blender, model, 3D modeling, 3D printing

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ	10
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	11
ÚVOD	12
1 Historie a vývoj tvorby 3D modelování	13
1.1 Počátek 3D modelování	13
1.2 Pokroky vývoje v průběhu 70. let	13
1.2.1 První programy pro modelování	14
1.3 Rozvoj zobrazování v 80. letech	14
1.3.1 Vznik CGI.....	14
1.3.2 Polygonální modelování	15
1.4 90. léta a počátek dnešních standardů	15
1.4.1 Vzestup technik 3D modelování.....	15
1.5 3D modelování ve 21. století	16
2 Získávání dat pro 3D	17
2.1 Ruční modelování	17
2.2 Procedurální modelování	18
2.3 Online uložení	19
2.4 3D skenování.....	20
2.4.1 Skenování za pomoci laseru (LiDAR).....	20
2.4.2 Fotogrammetrie.....	21
2.4.3 Dotykové skenery	22
3 Software pro práci ve 3D	24
3.1 Blender	24
3.2 Autodesk Maya	25
3.3 SketchUp.....	26
4 Obecné rozvržení uživatelského rozhraní softwaru Blender	28
4.1 Topbar	28
4.1.1 Workspace	29
4.2 Main Window.....	29

4.2.1	3D Viewport	30
4.2.2	Sidebar	30
4.2.3	Toolbar	31
4.2.4	Outliner	31
4.2.5	Properties	32
4.2.6	Timeline	32
4.3	Status Bar	32
5	Možnosti výstupů z programu Blender a jejich využití.....	33
5.1.1	3D modely.....	33
5.1.2	Statické obrázky.....	34
5.1.3	Animované sekvence	34
6	Tvorba vybraného modelu	35
6.1	Popis kampusu	35
6.2	Využití podklady a jejich zpracování při modelování.....	35
6.2.1	Příprava pro ruční modelování v Blenderu.....	36
6.3	Modelování jednotlivých budov	38
6.3.1	Využití nástroje při modelování.....	38
6.3.2	Proces modelování.....	38
6.3.3	Vytváření oken v budovách	40
6.4	Úprava modelu pro 3D tisk	41
6.4.1	Postup při 3D tisku	42
6.5	Úpravy digitální verze.....	45
6.5.1	Texturování modelu	45
6.5.2	Renderování modelu	45
ZÁVĚR		47
POUŽITÁ LITERATURA		48
ZDROJE OBRÁZKŮ		49
SEZNAM PŘÍLOH.....		50

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1: Model vytvořený ručně	17
Obrázek 2: Procedurální modelování k vytvoření simulace kapaliny	18
Obrázek 3: Webová knihovna CGTrader.com	19
Obrázek 4: Zobrazení mračka bodů vytvořeného laserovým skenováním.....	20
Obrázek 5: Vzniklý model deskové figurky	21
Obrázek 6: Textura figurky a snímky z nichž byla vytvořena.....	22
Obrázek 7: CMM při skenování automobilového dílu	23
Obrázek 8: Uživatelské rozhraní programu Blender	24
Obrázek 9: Uživatelské rozhraní Autodesku Maya	25
Obrázek 10: Uživatelské rozhraní ve SketchUp Pro	26
Obrázek 11: Uvodní stránka programu.....	28
Obrázek 12: Možnosti topbaru	28
Obrázek 13: Výběr pro workspace	29
Obrázek 14: Hlavní okno programu	29
Obrázek 15: 3D Viewport.....	30
Obrázek 16: Možnosti transformace vybraného objektu	30
Obrázek 17: Základní možnosti toolbaru pro vybraný workspace	31
Obrázek 18: Kolekce všech objektů ve scéně.....	31
Obrázek 19: Vlastnosti vybraného objektu.....	32
Obrázek 20: Časová linie pro vybraní snímku.....	32
Obrázek 21: Status Bar se zobrazenou nápovědou	32
Obrázek 22: Základní možnosti exportování z programu	33
Obrázek 23: Univerzitní kampus Univerzity Pardubice	35
Obrázek 24: Křivky univerzitního kampusu získané z DWG souboru	36
Obrázek 25: Křivky budov nacházejících se v kampusu.....	37
Obrázek 26: Základní model kampusu	40
Obrázek 27: Model kampusu s okny	41
Obrázek 28: Zobrazení podpěr pro model fakulty.....	41
Obrázek 29: Vytisknutý model chemicko-technické fakulty	42
Obrázek 30: Třetí skupina modelů na SLA tiskárně.....	43
Obrázek 31: Čištění třetí skupiny budov	43
Obrázek 32: Závěrečná podoba třetí skupiny	44
Obrázek 33: Finální vytisknutý model.....	44
Obrázek 34: Otexturovaný model kampusu	45
Obrázek 35: Render kampusu.....	46

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

AR.....	Augmented Reality (rozšířená realita)
AVI.....	Audio Video Interleave (audiovizuální formát)
BLEND.....	Blender (formát pro 3D modely v programu Blender)
CAD.....	Computer Aided Design (počítačem podporované projektování)
CAE.....	Computer Aided Engineering (počítačem podporované inženýrství)
CGI.....	Computer-Generated Imagery (grafika vytvořená počítačovým softwarem)
CMM.....	Coordinate Measuring Machine (souřadnicový měřicí přístroj)
CNC.....	Computer Numerical Control (počítačově číslicové řízení)
DWG.....	Drawing (formát pro výkresy)
DXF.....	Drawing Exchange Format (formát pro výkresy)
FBX.....	FilmBox (formát pro 3D modely)
GPU.....	Graphics Processing Unit (grafický procesor)
JPEG.....	Joint Photographic Experts Group (ztrátový formát pro rastrovou grafiku)
LiDAR.....	Light Detection And Ranging (dálkové měření vzdálenosti na základě laseru)
MP4.....	Moving Picture Experts Group 4 (audiovizuální formát)
NURBS.....	Non-Uniform Rational Basis Spline (racionální neuniformní B-splajny)
PDF.....	Portable Document Format (přenosný formát pro dokumenty)
PNG.....	Portable Network Graphics (bezztrátový formát pro rastrovou grafiku)
OBJ.....	Object file (formát pro 3D modely)
SKP.....	SketchUp (formát pro 3D modely v programu SketchUp)
SLA.....	Stereolithography (stereolitografie)
STL.....	Stereolithography (formát pro 3D modely)
TIFF.....	Tag Image File Format (bezztrátový formát pro rastrovou grafiku)
UPCE.....	Univerzita Pardubice
VR.....	Virtual Reality (virtuální realita)

ÚVOD

V dnešní době se s výsledky práce modelování ve 3D prostoru můžeme setkat prakticky v každém oboru a průmyslu. Vzniklo a stále vzniká mnoho různých technologií a programů, díky kterým můžeme ve virtuálním světě vytvořit prakticky cokoliv. Od modelů strojů, staveb, zvířat a postav až po komplikované simulace počasí – to vše je možné vyobrazit ve fotorealistické kvalitě díky nespočtu inovativních matematických algoritmů a vzorců. S rozmachem internetu, vývoji nových technologií, a do jisté míry i jejich jednoduchosti, se v těchto programech může naučit pracovat prakticky každý.

Tato práce konkrétně popisuje vývoj těchto technologií, jejich možnosti a způsob jejich využití. Také obsahuje praktickou ukázkou modelování objektů za využití volně dostupného programu Blender, kde vybraným objektem je kampus Univerzity Pardubice.

1 Historie a vývoj tvorby 3D modelování

1.1 Počátek 3D modelování

Historie se začala psát v 60. letech 20. století ve výzkumných institucích a univerzitách, kde byly vyvinuty první algoritmy pro generování a vykreslování 3D objektů. Mezi významné průkopníky této technologie patřila společnost The Boeing Company, ta patřila a stále je jedna z největších výrobců letecké techniky. Společnost se rozhodla vyvíjet počítače pro řízení strojů spolu s konstrukčním programem pro zlepšení a zpřehlednění výrobních výkresů. Pro výzkum byl vedoucím zvolen William A. Fetter, ten společně s Walterem D. Bernhartem připravil nový koncept projekce 3D bodů do 2D prostoru. Fetter sám byl pouze grafikem a vizionářem, proto měl k sobě tým, který se skládal z matematiků a programátorů, kteří jeho vize převáděli na vzorce a dále na jednotlivé instrukce pro tehdejší počítače.

Roku 1961 se Fetter společně s kolegou Bernhartem rozhodli zažádat o registraci výsledku jejich práce ve formě patentu. O několik let později byl patent americkým patentovým úřadem uznán a zařazen s pořadovým číslem 3 519 997 pod názvem „Planar Illustration Method and Apparatus“. Patent je považován za první softwarový patent, který kdy vznikl. (FETTER a BERNHART, 1961)

Výsledky svého týmu však prezentovali již v roce 1960, kdy díky úspěšným výsledkům jejich výzkumného programu vznikla první trojrozměrná vizualizace lidského těla v počítačové grafice. Tato vizualizace má název „Boeing man“ a byla vytvořena za účelem studií při designovém návrhu kokpitu letadla. O čtyři roky později zveřejnili i krátký film „Carrier Landing“ ve formě počítačové simulace přistávání letadla, tato simulace byla kompletně z pohledu první osoby. (CARLSON, 2006)

1.2 Pokroky vývoje v průběhu 70. let

V průběhu 60. a 70. let byly 3D modely zobrazovány pouze ve stylu drátěného modelu neboli wireframu. Tato technika zobrazování spočívající v zobrazování bodů propojených čarami, byla nejjednodušší a nejrychlejší způsob, jak zobrazit různé objekty na obrazovkách počítačů, a navíc bylo snadné výsledky vytisknout na klasickém plotteru. Pro další vývoj však bylo nutné vynaleznout pokročilejší techniky vykreslování vyplněných a realisticky vystínovaných povrchů, o to se zasloužili například vědci Henri Gouraud a Bui Tuong Phong. (COMPHIST, 2004)

1.2.1 První programy pro modelování

Ve světě se také začaly objevovat první firmy nabízející programy, které zvládaly vytvářet modely s vysokou přesností. Mezi takové programy se řadí Sketchpad a Computer-aided design (tzv. CAD), ty jako první oddělovaly jednotlivé objekty a instance. V roce 1975 se objevuje modelování za pomoci křivek, tímto způsobem vytvoření modelu se proslavil Martin Newell, výzkumník z univerzity v Utahu, který vytvořil slavný model „Utah teapot“. Další novinkou byla možnost mapování textur a vytváření výškových map. (CARLSON, 2006)

Kromě tohoto technického vývoje došlo v 70. letech také k rozvoji komunity počítačových grafiků prostřednictvím konferencí, publikací a spolupráce. Výzkumníci, inženýři a umělci z různých oborů se setkávali, aby se podělili o své poznatky a zkušenosti, a vytvořili tak prostředí spolupráce, které podpořilo rozvoj 3D modelování. Je důležité zmínit, že s pokrokem přišly i problémy – každá instituce používala své vlastní programy a formáty dat, to znamenalo, že převod modelu z jednoho formátu na druhý často znamenalo složitý a zdlouhavý proces. Dalším problémem byla omezená kapacita uložení a nízký výpočetní výkon tehdejších počítačů, což značně omezovalo možnou složitost modelů.

1.3 Rozvoj zobrazování v 80. letech

V 80. letech se dále vyvíjelo prostředí, ve kterém se modely zobrazovaly. Vznikaly pokročilé vykreslovací algoritmy, které dokázaly přesněji simulovat osvětlení, stíny a odrazy. Pokročil také grafický hardware, a to zavedením výkonnějších a specializovanějších grafických procesorů (GPU), které dokázaly zvládnout zmíněnou rostoucí složitost 3D modelů a vykreslovacích algoritmů. Program CAD se dále vyvíjel a nabízel větší množství použitelných nástrojů pro 3D modelování. Vznikla také firma Autodesk, která začala nabízet verzi AutoCAD, ta byla určena již primárně pro uživatele stolních počítačů. Dále se na trhu objevil také software Pro/Engineer, dnes známý pod názvem PTC, ten vychází z myšlenek Sketchpadu. Oba nové programy se staly průmyslovými standardy a dodnes se hojně používají v různých oborech. (BECK, 2019)

1.3.1 Vznik CGI

Ve stejné době se 3D modely začaly objevovat ve filmovém a videoherním průmyslu. Zejména ve filmovém průmyslu se 3D modelování začalo používat pro speciální efekty a animace (CGI), přičemž jeden z přelomových filmů byl „Tron“ (1982).

1.3.2 Polygonální modelování

Jedním z nejvýznamnějších vývojových trendů v oblasti 3D modelování v 90. letech bylo rozšíření a standardizace polygonálního modelování. Polygonové modelování zahrnuje vytváření 3D objektů definováním jejich geometrie pomocí vzájemně propojených mnohoúhelníků, zejména trojúhelníků a čtyřúhelníků. Tento způsob modelování se stal oblíbeným díky své flexibilitě a efektivitě při vytváření a vykreslování 3D modelů a jejich následné animaci. Polygonální modelování umožnilo vytvářet detailnější postavy, objekty a prostředí, které se následně staly základem videoher a animovaných filmů.

1.4 90. léta a počátek dnešních standardů

V 90. letech začaly vznikat uživatelsky přívětivější programy pro 3D modelování, jedněmi z prvních byly 3D Studio (dnes 3ds Max) a Maya. Tyto programy poskytly umělcům a návrhářům robustní a intuitivnější nástroje pro modelování, texturování, rigging a animaci, které jim umožnily vytvářet realistické a detailní 3D modely. Také se začaly objevovat první open-source programy pro 3D modelování. Nejznámějším z nich je nepochybně Blender, který je dnes oblíbenou volbou pro nezávislé umělce a malá studia. Využití 3D modelování ve filmech, videohrách a animovaných filmech se ještě více rozšířilo, přičemž průlomové filmy jako "Příběh hraček" (1995), "Jurský park" (1993) a "Matrix" (1999) obsahovaly na danou dobu špičkové vizuální efekty, které posunuly hranice možností počítačové grafiky. Kromě zábavního průmyslu našlo 3D modelování v 90. letech uplatnění i v mnoha dalších oborech.

1.4.1 Vzestup technik 3D modelování

Architektura a interiérový design těžily z většího rozšíření technik 3D modelování pro vytváření virtuálních modelů budov, vizualizaci architektonických návrhů a simulaci reálného prostředí. Nástroje pro počítačové navrhování (CAD) a počítačové inženýrství (CAE), které využívaly 3D modelování, se stále více prosazovaly v procesech navrhování a výroby automobilů. Tyto nástroje umožnily efektivnější a přesnější modelování složitých automobilových dílů, simulaci výkonu vozidla, nárazové zkoušky a optimalizaci výroby. To vedlo ke zkrácení konstrukčních cyklů, snížení nákladů na výrobu prototypů a zlepšení celkové kvality výrobků. (BECK, 2019)

I přes nový, uživatelsky přívětivější software, bylo 3D modelování stále považováno za složitý a technický obor, který vyžadoval rozsáhlé školení a odborné znalosti. To omezovalo přijetí 3D modelování v některých průmyslových odvětvích a bránilo kreativitě a produktivitě.

Navíc i přes postupně zdokonalování výpočetní techniky, vyžadovalo vytváření vysoce detailních a realistických 3D modelů velké množství výkonu, paměti a úložiště. To omezovalo tvorbu malých studií, nezávislých umělců a amatérů.

1.5 3D modelování ve 21. století

Jedním z nejvýznamnějších vývojových trendů v oblasti 3D modelování v 21. století je posun k ještě přístupnějším a uživatelsky přívětivějším nástrojům. S příchodem intuitivního softwaru a platforem pro 3D modelování mohou i jednotlivci s malým nebo žádným technickým vzděláním poměrně snadno vytvářet složité 3D modely. Tyto nástroje nabízejí funkce jako jsou rozhraní drag-and-drop, předpřipravené šablony a zjednodušené pracovní postupy, kde není vůbec nutné řešit samotnou polygonovou strukturu modelu.

Díky tomu je 3D modelování přístupnější širšímu publiku a je tak snadné vytvářet obsah pro různé účely, včetně zábavy, vzdělávání a osobních projektů. Zmíněné oblasti začaly také využívat virtuální a rozšířenou realitu (VR a AR), kde vzniklé prostředí poskytuje vizuální a interaktivní zážitky.

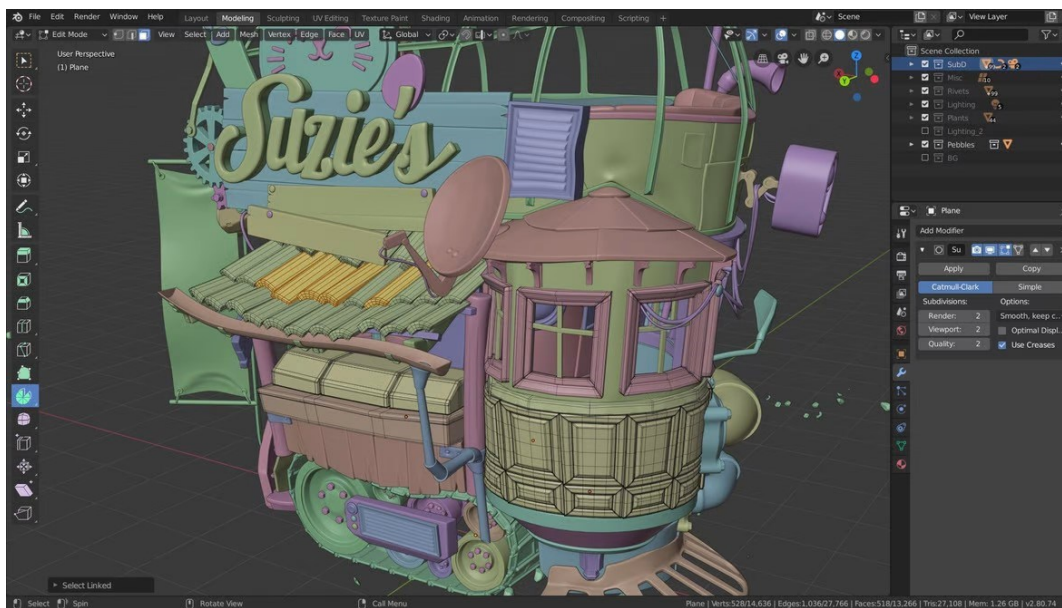
Začala se rozšiřovat také další možnost výstupu modelů ve formě 3D tisku. Ten umožňuje fyzickou realizaci modelů a transformuje je na hmatatelné objekty. To způsobilo revoluci v oborech jako je design výrobků. Pomocí modelování a tisku lze ve zdravotnictví navrhovat a vyrábět implantáty a protézy na míru, což nabízí personalizovaná řešení pro pacienty se specifickými zdravotními potřebami.

Dostupnost online platforem a tržišť pro 3D modely navíc způsobila revoluci ve způsobu sdílení, distribuce a zpeněžování virtuálního obsahu. Studia a grafici nyní mohou prezentovat a prodávat své 3D modely prostřednictvím online platforem, vznikají tak neomezené příležitosti pro malá studia a začínající umělce.

2 Získávání dat pro 3D

2.1 Ruční modelování

Základní technika, která zahrnuje pečlivý proces ručního vytváření geometrie, textur a dalších vlastností. Využívají se primárně nástroje, které daný software obsahuje. Modelování obvykle začíná tím, že se vytvoří základní tvar nebo „sít“ pomocí vrcholů, hran a stěn. S touto sítí se pak dále manipuluje a postupně se zdokonaluje. Tento proces zahrnuje řezání, sochání, extrudování, zkosení a nespočet dalších technik.



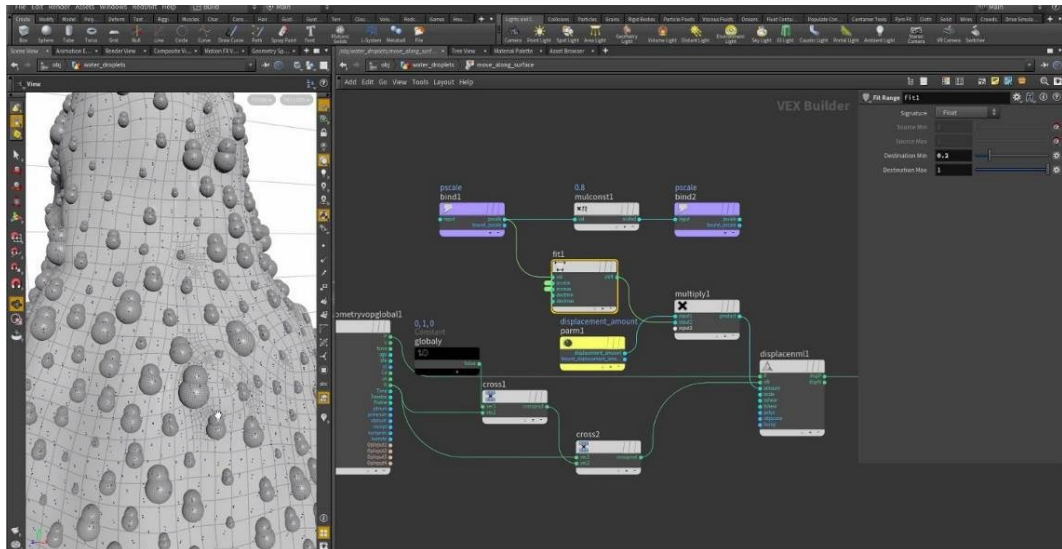
Obrázek 1: Model vytvořený ručně. Zdroj: Frey, 2023

Hlavní výhodou je plná kontrola nad každou vlastností 3D modelu. Grafici mohou pečlivě tvarovat a zdokonalovat geometrii, textury a materiály modelu a dosáhnout tak vytvoření jedinečného detailního modelu. Vytváření složitých detailů však vyžaduje značné množství času a úsilí. Změny nebo revize modelu mohou být časově náročné a mohou vyžadovat i značné přepracování. Tato technika modelování navíc nemusí být vhodná pro generování rozsáhlého a různorodého obsahu, kde vytváření každého detailu tímto způsobem může být nepraktické a neefektivní.

Ruční modelování se často používá v odvětvích, kde je nejdůležitější umělecké vyjádření, smysl pro detail a kreativita, například při modelování objektů pro animované filmy či počítačové hry nebo při navrhování produktů pro marketingové kampaně.

2.2 Procedurální modelování

Místo ručního vytváření každého detailu na modelu, umožňuje procedurální modelování automatické generování geometrie, textur a dalších vlastností na základě algoritmů, definovaných pravidel a parametrů.



Obrázek 2: Procedurální modelování k vytvoření simulace kapaliny. Zdroj: Merkle, 2023

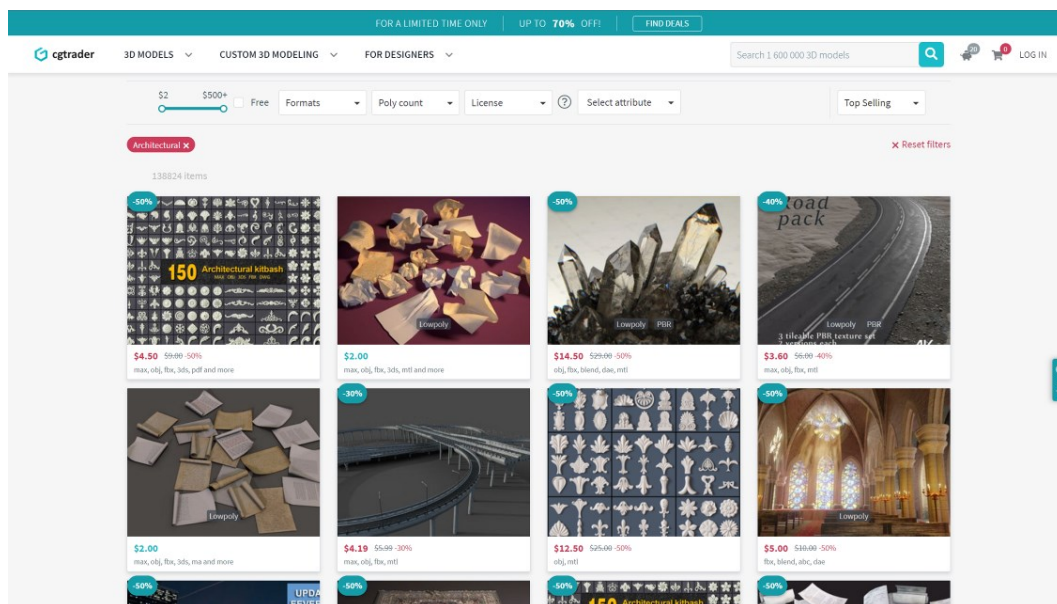
Algoritmy jsou soubory matematických instrukcí, které definují, jak má být samotná geometrie objektu vytvořena na základě určitých vstupních parametrů. Tyto algoritmy mohou být jednoduché nebo velmi složité v závislosti na požadované úrovni detailů a složitosti 3D modelu. Jednoduchý algoritmus lze například použít k vytvoření základního tvaru kmene stromu, zatímco složitější algoritmus může vytvořit různorodé větve stromu s listy a texturou. Pravidla obsahují soubor instrukcí, které definují, jak mají být různé součásti modelu rozmístěny nebo upraveny na základě určitých podmínek nebo parametrů.

Procedurální modelování se nejčastěji využívá k vytváření krajiny, budov, fauny a flory. Například v kontextu generování krajiny se terén generuje s realistickými prvky, jako jsou hory, údolí, řeky a erozní vzory. Je to díky daným algoritmům a pravidlům, které zohledňují faktory, jako jsou modely eroze, geologické útvary a klimatické vzory.

Výhodou této techniky je její škálovatelnost a efektivita. Proces generování se dá automatizovat a díky jejímu založení na algoritmech se dají objekty jednoduše zvětšovat nebo zmenšovat, vznikají tak modely s různou úrovní složitosti. Proto se s využitím této techniky nejčastěji setkáváme při vývoji videoher nebo ve virtuální realitě. (ŽÁRA, 2004)

2.3 Online uložště

Jsou to platformy, které hostí a poskytují přístup k rozsáhlé a rozmanité sbírce 3D modelů, textur, materiálů a dalších digitálních předmětů vytvořených komunitou umělců z celého světa. Uložště nabízejí pohodlný způsob vyhledávání, objevování a stahování objektů na základě konkrétních kritérií, jako jsou klíčová slova, kategorie, značky nebo licence. Mnoho online uložště také umožňuje tvůrcům obsahu sdílet své 3D modely a pro navázání spolupráce a získání zpětné vazby.



Obrázek 3: Webová knihovna CGTrader.com. Zdroj: CGTrader, 2023

Tvůrci těchto produktů často poskytují různé formáty souborů pro 3D modely, což umožňuje kompatibilitu s různými 3D modelovacími softwary a herními enginey. Tato flexibilita formátů usnadňuje integraci stažených modelů do stávajících projektů. Lidé tak mohou snadno najít relevantní a vhodné 3D modely pro své projekty, aniž by museli vše vytvářet od začátku.

Hlavní nevýhodou je variabilní kvalita dostupných produktů v online uložštích. Vzhledem k tomu, že online uložště hostí modely a materiály vytvořené různorodou komunitou tvůrců obsahu, může se kvalita a přesnost značně lišit. To může vyžadovat ověřování a úpravy stažených produktů tak, aby se zajistila jejich vhodnost pro zamýšlené použití. Poté přichází možný problém s autorskými právy a licencemi. Jednotlivé produkty mohou být nabízeny s různým typem licence, od bezplatné a open-source až po proprietární a komerční licence.

2.4 3D skenování

Jedná se o analýzu objektu ve skutečném světě za účelem získání jeho třídimenzionálních dat o jeho vzhledu a barvě.

2.4.1 Skenování za pomoci laseru (LiDAR)

Laserové skenování, známé také jako LiDAR (Light Detection and Ranging), je oblíbenou a efektivní metodou sběru dat pro vytváření realistických 3D modelů. Proces skenování zahrnuje použití laserového skenovacího zařízení, které vysílá laserové paprsky, ty se odrážejí od objektů a vrací se zpět do skeneru. Tím se následně s velkou přesností vypočítá vzdálenost od objektu. Skener také zaznamenává další data díky zaznamenání intenzity odražených laserových paprsků. Z těchto dat lze zjistit informace o struktuře a barvě skenovaného objektu nebo prostředí. (TONER PARTNER, 2020)



Obrázek 4: Zobrazení mračka bodů vytvořeného laserovým skenováním. Zdroj: Cambridge, 2018

Laserové skenery mohou zachytit miliony bodů za sekundu, což vede k hustým a přesným mračkům bodů, která reprezentují tvar, velikost a polohu objektů nebo prostředí. Taková úroveň přesnosti má zásadní význam v mnoha odvětvích, například ve stavebnictví, kde jsou pro účely návrhu, analýzy a výstavby vyžadována přesná měření a detailní zobrazení stávajících struktur nebo terénu.

Na rozdíl od tradičních metod, jako je fyzické měření nebo kontaktní skenování, nevyžaduje laserové skenování fyzický kontakt se skenovaným objektem nebo prostředím. Proto je ideální pro choulostivé nebo citlivé objekty, jako jsou historické památky nebo archeologické artefakty, u nichž je primární šetrnost procesu skenování.

Jedním z omezení při používání této techniky skenování jsou náklady spojené se zařízením pro zachycení a zpracování laserového skenování. Taková zařízení mohou být drahá, zejména v případě skenerů s velkým dosahem nebo vysokou přesností.

2.4.2 Fotogrammetrie

Jedná se o široce používanou techniku pro sběr dat k vytváření 3D modelů. Proces fotogrammetrie obvykle zahrnuje pořízení série fotografií objektu nebo prostředí z různých pozic a úhlů pohledu. Tyto fotografie se obvykle pořizují digitálním fotoaparátem nebo specializovanou fotogrammetrickou kamerou a zachycují strukturu povrchu, barvu a tvar objektu nebo prostředí. Fotografie se poté zpracovávají pomocí specializovaného fotogrammetrického softwaru, aby se z nich získaly 3D informace a vytvořil se 3D model.



Obrázek 5: Vzniklý model deskové figurky. Zdroj: vlastní zpracování

Jednou z významných výhod fotogrammetrie je její dostupnost a snadné použití. S rozšířením digitálních fotoaparátů a chytrých telefonů se pořizování fotografií pro fotogrammetrii stalo dostupnou možností pro široký okruh uživatelů. Proces pořizování fotografií je relativně jednoduchý a nevyžaduje specializované vybavení ani odborné znalosti. Díky tomu je fotogrammetrie praktickou možností pro pořizování 3D dat.



Obrázek 6: Textura figurky a snímky z nichž byla vytvořena. Zdroj: vlastní zpracování

Pořízené fotografie zachycují povrchovou strukturu a barvu objektu, takže programy, které jsou využívány při této technice dokážou na základě překrývajících se fotografií přesně triangulovat polohu bodů a kamery ve 3D prostoru, což umožňuje vytvářet barevné modely s relativně precizními geometrickými detaily. Stejně jako laserové skenování, tak i fotogrammetrie je bezkontaktní metoda snímání dat, proto se využívá v odvětvích jako je architektura, archeologie, ochrana kulturního dědictví a virtuální realita.

Bohužel tato technika vyžaduje plánování a kontrolu zaznamenaných dat během procesu snímání. Kvalita a přesnost 3D modelu závisí na faktorech jako je kvalita fotografií, překrývání mezi fotografiemi a dostupnost referenčních bodů nebo měřítek. Software se při rekonstrukci 3D struktury spoléhá na přesné přiřazení bodů na fotografiích. Faktory, jako jsou světelné podmínky a zkreslení obrazu, však mohou do procesu rekonstrukce vnést chyby, které vedou k nepřesnostem v konečném 3D modelu.

2.4.3 Dotykové skenery

Sběr dat pomocí CMM (Coordinate Measuring Machine) pro 3D modelování je technika používaná v průmyslových odvětvích jako je strojírenství, výroba, automobilový a letecký průmysl. Zařízení používající tuto techniku skenování mají až submikronovou přesnost, jelikož využívají dotykové nebo optické sondy, které přesně snímají trojrozměrné souřadnice bodů na povrchu objektu. Tyto souřadnice lze použít k vytvoření podrobných a přesných 3D modelů fyzických objektů, které lze následně využít k různým účelům jako je kontrola kvality, reverzní inženýrství, návrh výrobků a simulace. (TONER PARTNER, 2020)



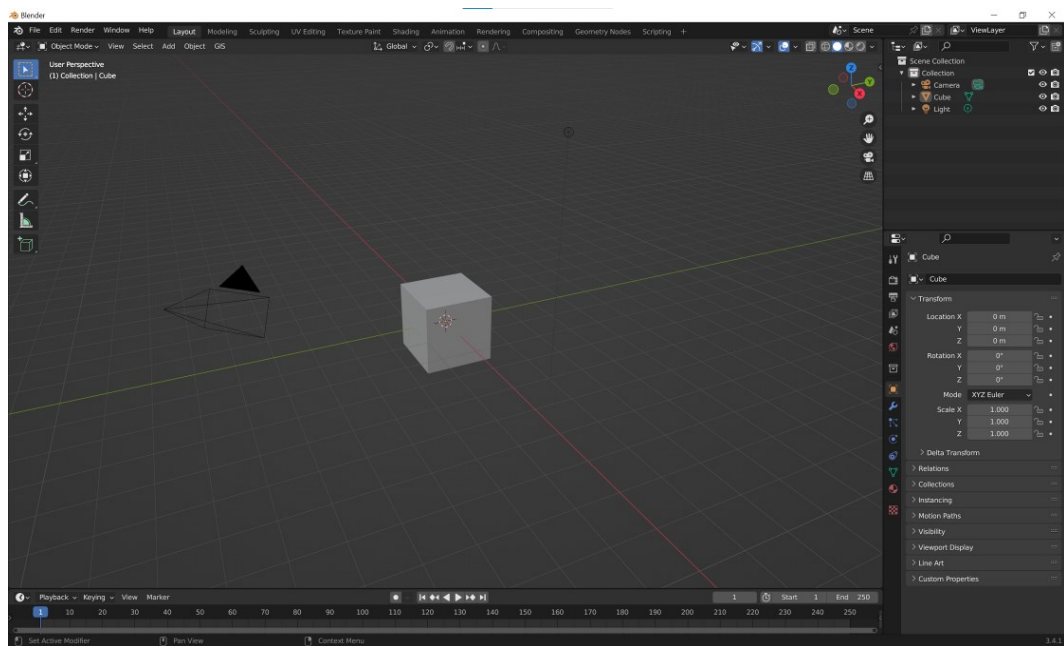
Obrázek 7: CMM při skenování automobilového dílu. Zdroj: McMillion, 2021

Kromě toho mohou CMM snímat data jak na volném, tak na geometricky definovaném povrchu, což je činí univerzálními pro snímání dat z široké škály tvarů a typů objektů. U CMM se měřicí proces může automatizovat, což ve srovnání s manuálními metodami výrazně urychluje proces sběru dat. Nevýhodou je vyšší cena a složitost, vyžadující kvalifikovanou obsluhu pro kalibraci a údržbu. (CENTRIOD, 2023)

3 Software pro práci ve 3D

3.1 Blender

Jedná se o volně dostupný open-source program pro 3D modelování. Díky jeho všestrannosti se stále více uplatňuje v různých odvětvích, včetně filmu, animace, vizuálních efektů, videoher a produktového designu.



Obrázek 8: Uživatelské rozhraní programu Blender. Zdroj: vlastní zpracování

Obsahuje širokou škálu nástrojů pro 3D modelování, včetně polygonového modelování, sochařství (sculpting) a texturování, což umělcům umožňuje vytvářet různorodý 3D obsah. Blender také poskytuje pokročilé nástroje pro rigging a animaci, které umožňují vytvářet komplexní animace postav.

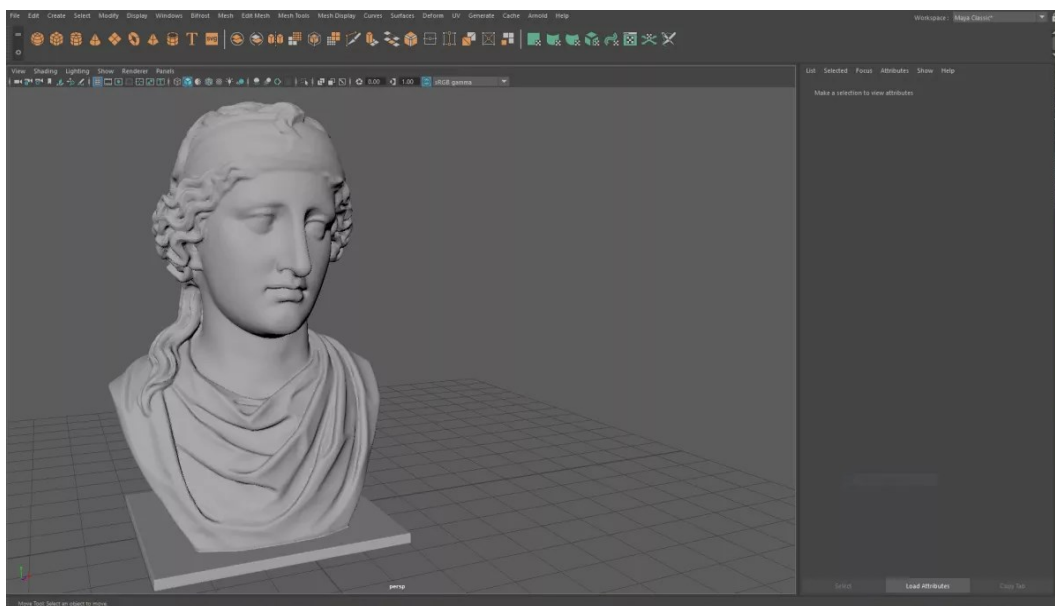
Nabízí všestranné a flexibilní rozhraní, které uživatelům umožňuje vytvářet vlastní rozvržení, pracovní plochy či klávesové zkratky a přizpůsobit tak software svým specifickým potřebám a pracovním postupům. Rozhraní programu zahrnuje také uzlový systém (nodes) pro vytváření materiálů, shaderů, či procedurální geometrie.

Po celém světě je dnes velká a aktivní komunita vývojářů, umělců a uživatelů, kteří přispívají k vývoji tohoto programu, vznikají výukové programy a fóra. Program také podporuje spolupráci a sdílení v rámci komunity, což vedlo k vytvoření rozsáhlé knihovny doplňků a pomůcek, které rozšiřují jeho možnosti a funkce. Také podporuje širokou škálu souborových formátů pro import a export výsledných modelů, díky čemuž je kompatibilní s mnoha dalšími 3D modelovacími programy.

Blender má hlavní výkonný vykreslovací engine Cycles, který poskytuje kvalitní fotorealistické vykreslovací schopnosti. Cycles podporuje širokou škálu vykreslovacích technik jako je ray tracing, globální osvětlení a kaustika. Druhý engine, který v programu můžeme najít, se nazývá Eevee. Na rozdíl od Cycles se jedná o real-time engine podobný těm pro videohry, to znamená, že dokáže (na úkor kvality a přesnosti) výsledný snímek vykreslit již ve zlomcích sekundy namísto minut či hodin.

3.2 Autodesk Maya

Robustní a všestranný software pro 3D modelování, animaci a renderování, který hojně využívají profesionálové ve filmovém, televizním a herním průmyslu. Nabízí komplexní sadu nástrojů a funkcí, které z něj činí výkonný nástroj pro vytváření komplexního 3D obsahu, od postav a tvorů až po prostředí a speciální efekty. Stejně jako již zmíněný program Blender, i Maya poskytuje širokou škálu modelovacích nástrojů.



Obrázek 9: Uživatelské rozhraní Autodesku Maya. Zdroj: Redman, 2017

Maya je také známá svými propracovanými nástroji pro rigging a animaci. Animační funkce Mayi zahrnují blendshapes, rigging postav a integraci snímání pohybu, což umělcům umožňuje vytvářet dynamické a realistické animace. Obsahuje navíc flexibilní systém založený na uzlech nazvaný Maya Animation Graph, který poskytuje vizuální a intuitivní způsob vytváření složitých animačních nastavení a procedurálních animací. Program nabízí několik renderovacích enginů, jako například Arnold a Mental Ray.

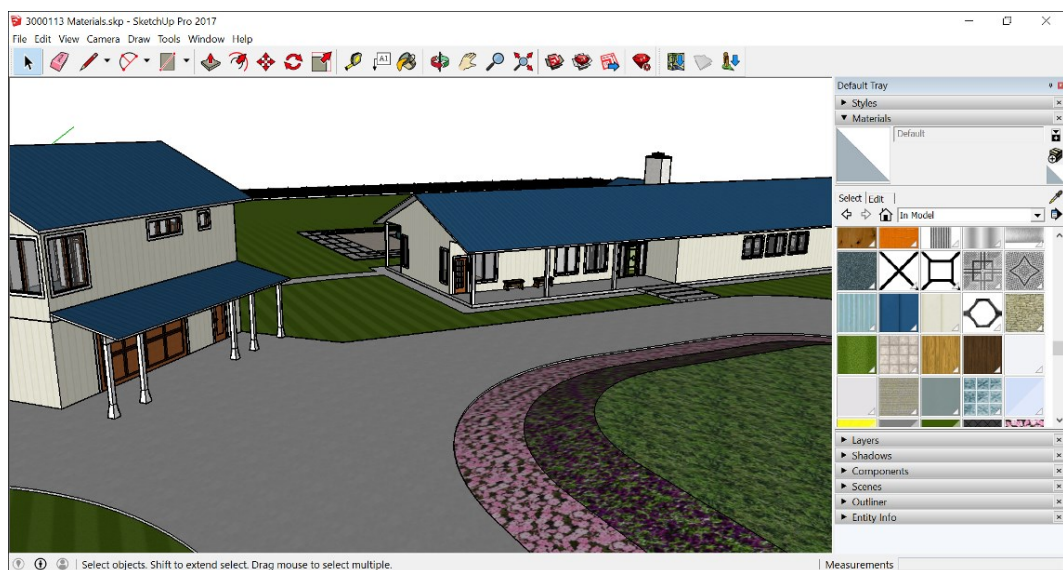
Rozhraní programu je navrženo tak, aby zefektivnilo proces 3D tvorby, a nabízí širokou škálu panelů, editorů a zobrazení, které lze přizpůsobit individuálním preferencím a pracovním

postupům. Maya také podporuje skriptování v jazyce Python, které uživatelům umožňuje vytvářet vlastní nástroje, automatizovat úlohy a rozšiřovat funkce softwaru. Kromě podpory různých formátů pro import a export modelů, nabízí Maya kompatibilitu s dalšími programy od firmy Autodesk, jako je například Autodesk 3ds Max nebo Autodesk MotionBuilder. (ARKANCE SYSTEMS, 2023)

Nevýhodou programu je fakt, že rozsáhlá sada nástrojů a funkcí programu Maya může být pro nové uživatele někdy až příliš složitá. Jelikož se jedná o komerční software, program je spojen s nemalými náklady na licencování a aktualizace.

3.3 SketchUp

Populární software vyvinutý společností Trimble, který je používán zejména v architektuře, interiérovém designu, urbanismu, krajinářství a dalších podobných oborech. Známy je svým intuitivním a uživatelsky přívětivým rozhraním, díky kterému je přístupný jak profesionálům, tak začátečníkům.



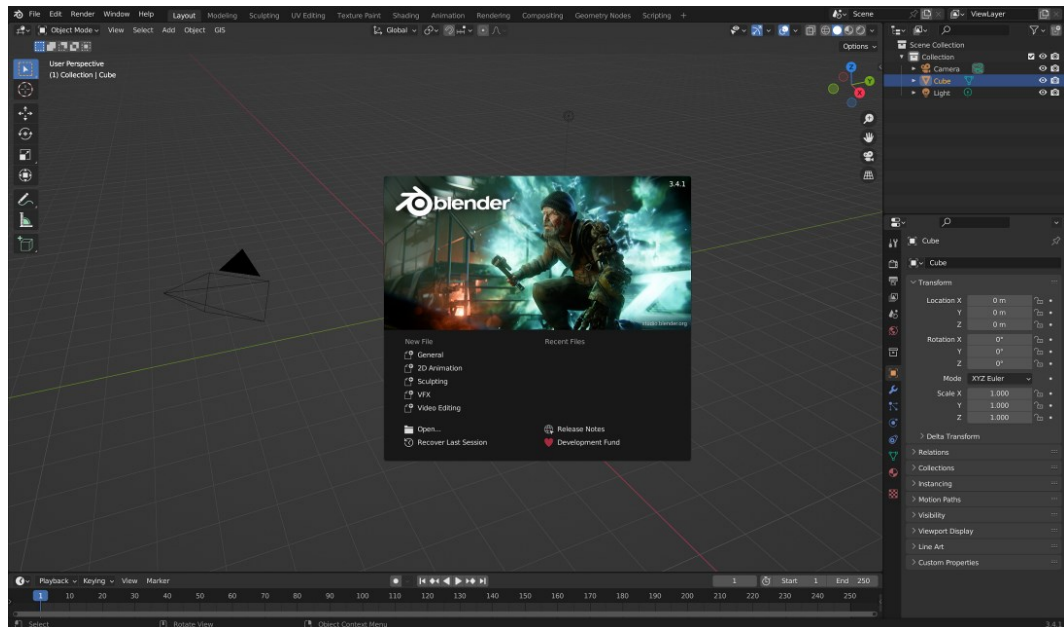
Obrázek 10: Uživatelské rozhraní ve SketchUp Pro. Zdroj: Trimble Inc, 2022

Má snadno použitelné modelovací nástroje, které uživatelům umožňují vytvářet 3D modely pomocí kombinace základních tvarů. Dále má pro své uživatele dostupnou online knihovnu předpřipravených 3D modelů vytvořených komunitou. Uživatelé tak mohou importovat hotové modely do svých vlastních projektů přímo v programu. SketchUp nabízí bezplatnou verzi nazvanou „SketchUp Free“, ta má však oproti placeným verzím určitá omezení, například méně funkcí a omezený přístup ke knihovně objektů.

Velkým omezením u SketchUpu jsou modelovací nástroje. Program se primárně zaměřuje na vytváření jednoduchých a geometrických tvarů a postrádá tak některé modelovací funkce. Program tak nemusí být vhodný pro vytvoření složitých a komplikovaných modelů. Dále využívá vlastní formát souborů SKP, výsledné modely tak nemusí být kompatibilní s jinými 3D modelovacími softwary. (GAVIN, 2018)

4 Obecné rozvržení uživatelského rozhraní softwaru Blender

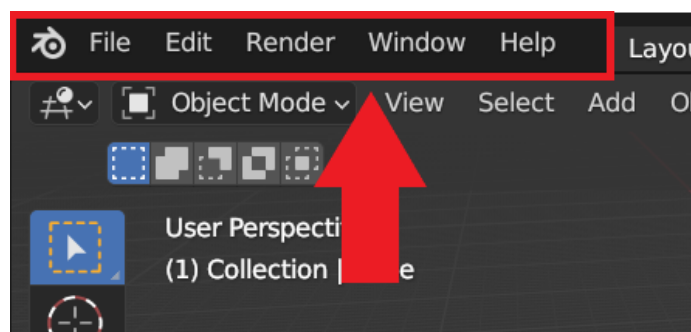
Pro snadnější přehlednost budou názvy konkrétních pojmů v anglickém jazyce, stejně jak jsou nazvány přímo v programu a jeho dokumentaci.



Obrázek 11: Úvodní stránka programu. Zdroj: vlastní zpracování

4.1 Topbar

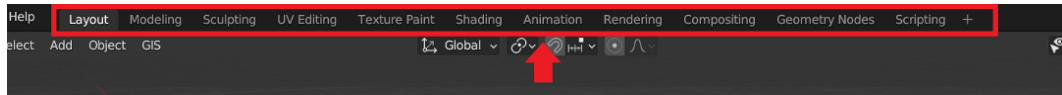
Nejvyšší část uživatelského rozhraní programu Blender, která obsahuje různé nabídky, například „File“, „Edit“ a „Render“. Nabídka nabízí technické možnosti správy scény, programu a nastavení jejich jednotlivých funkcí.



Obrázek 12: Možnosti topbaru. Zdroj: vlastní zpracování

4.1.1 Workspace

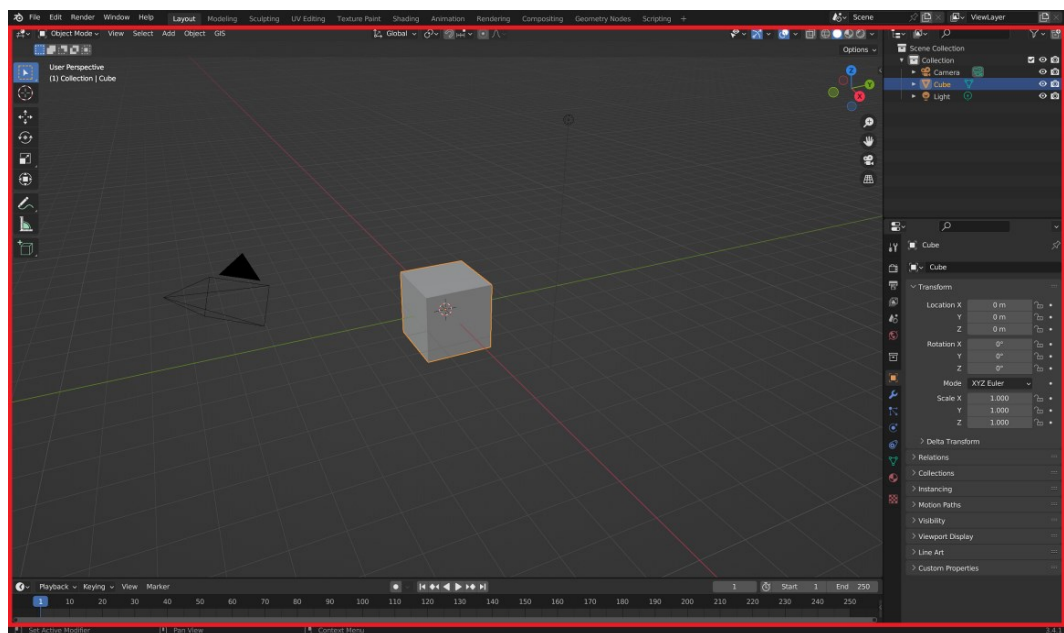
Na pravé straně vedle nastavení programu nalezneme 10 základních „pracovišť“. Každé pracoviště pokrývá oblast modelování, na kterou se člověk může zaměřovat, a proto mají svoje vlastní rozložení a funkce. Hlavním pracovištěm je „Modeling“, dále jsou zde více specifická pracoviště, jako například „Sculpting“, „Shading“ a „Animation“.



Obrázek 13: Výběr pro workspace. Zdroj: vlastní zpracování

4.2 Main Window

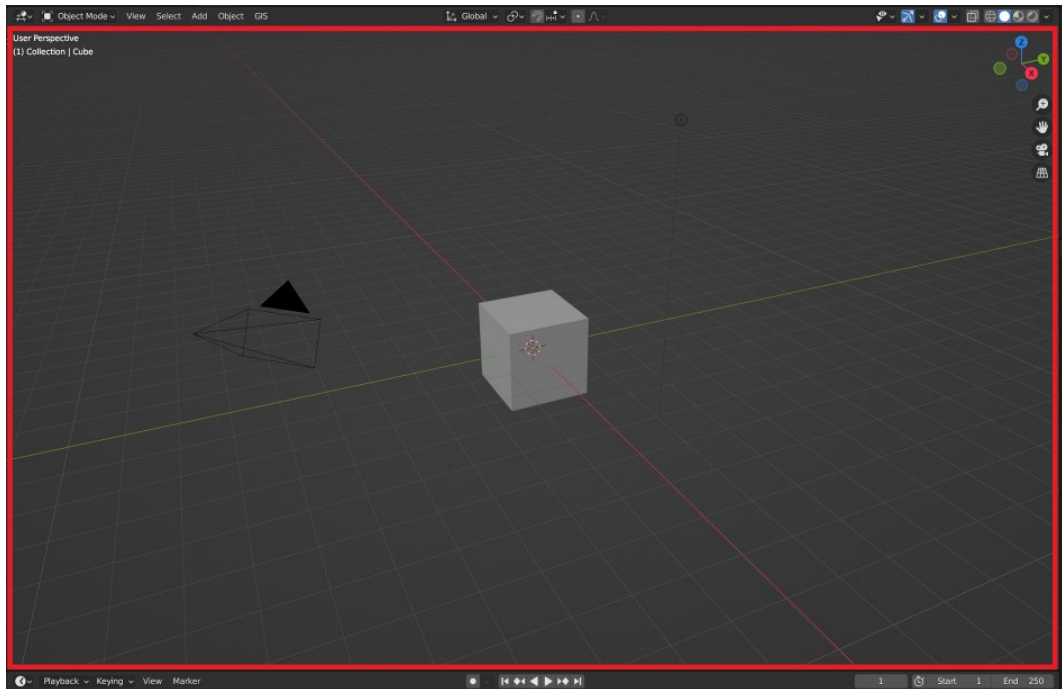
Jedná se o centrální oblast uživatelského rozhraní programu Blender, kde nalezneme 3D Viewport scény a nástroje pro její editaci. Okno je rozděleno do několika panelů, například Outliner (pro správu objektů a dané scény), Properties (pro nastavení objektů a jeho vlastností) a Toolbar (v jednotlivých módech slouží pro rychlý přístup k nástrojům a jejich nastavení).



Obrázek 14: Hlavní okno programu. Zdroj: vlastní zpracování

4.2.1 3D Viewport

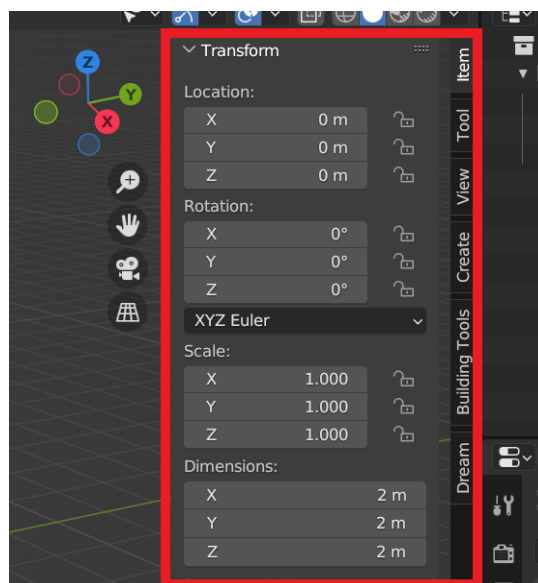
Hlavní pracovní plocha programu, kde lze prohlížet, vybírat a manipulovat s jednotlivými 3D objekty. Poskytuje náhled scény v reálném čase.



Obrázek 15: 3D Viewport. Zdroj: vlastní zpracování

4.2.2 Sidebar

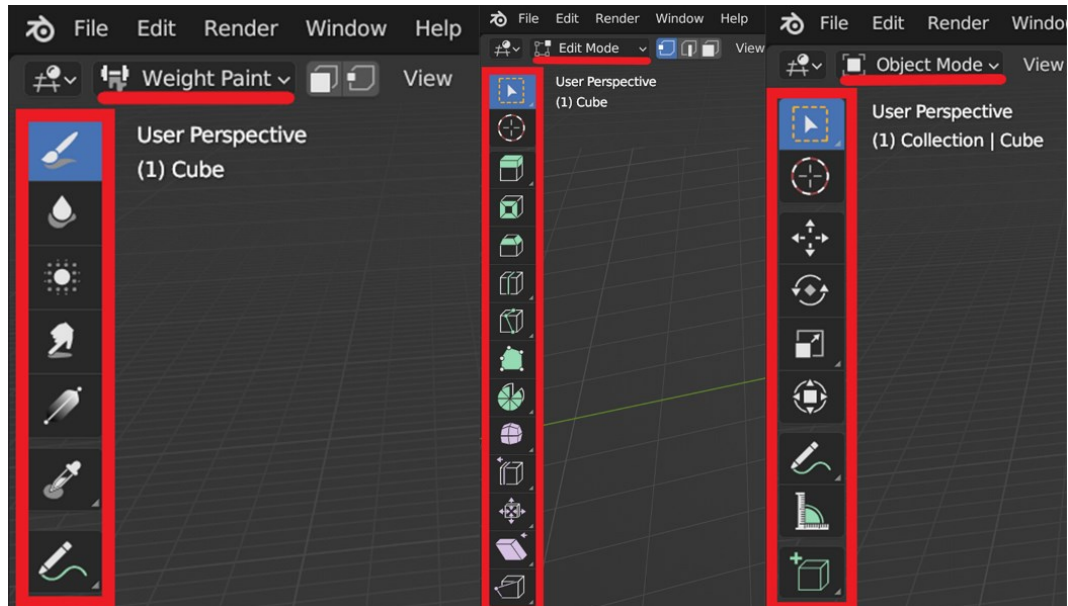
Svislý panel, který lze skrýt nebo zobrazit na levé či pravé straně uživatelského rozhraní. Obsahuje kontextová nastavení pro vybraný nástroj nebo režim, například parametry a vlastnosti objektu, nastavení vybraného štětce a úpravu zobrazení.



Obrázek 16: Možnosti transformace vybraného objektu. Zdroj: vlastní zpracování

4.2.3 Toolbar

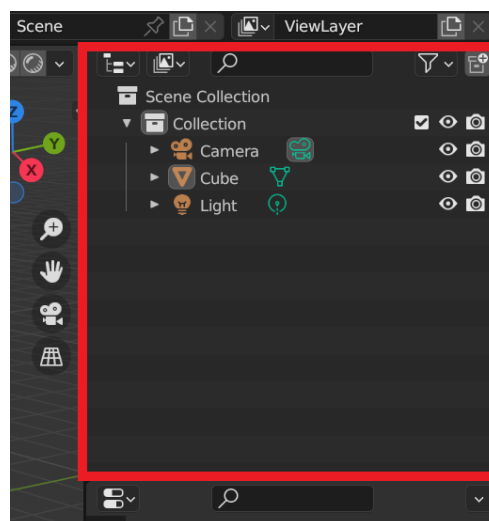
Panel, který se objevuje na levé straně 3D viewportu. Obsahuje ikony rychlého přístupu k různým nástrojům a funkcím, jako je vytváření objektů, režimy úprav a manipulace s objekty.



Obrázek 17: Základní možnosti toolbaru pro vybraný workspace. Zdroj: vlastní zpracování

4.2.4 Outliner

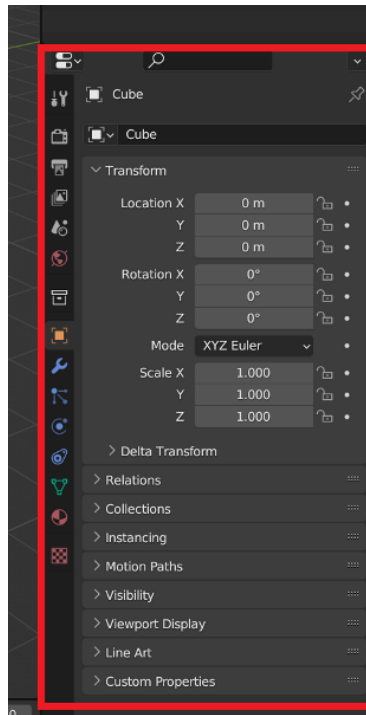
Funguje jako knihovna nebo složka pro všechny vytvořené a nahrané objekty, efekty, světla, kamery atd. v dané scéně. Pokud má objekt za svojí ikonou světle šedé pozadí znamená to, že právě tato položka je vybraná a lze s ní manipulovat. Objekty je možné dále třídit do složek. Tyto složky a veškeré objekty lze snadno přejmenovat podle potřeby a mít tak v objektech přehled a pořádek.



Obrázek 18: Kolekce všech objektů ve scéně. Zdroj: vlastní zpracování

4.2.5 Properties

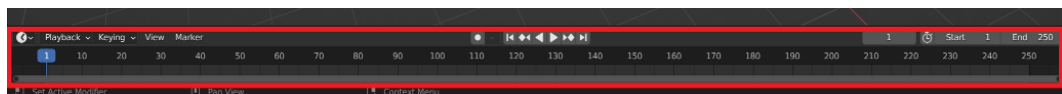
Panel umístěný na pravé straně uživatelského rozhraní, který obsahuje nastavení a vlastnosti vybraného objektu nebo scény, včetně vlastností objektu, materiálů, textur a ovládacích prvků animace.



Obrázek 19: Vlastnosti vybraného objektu. Zdroj: vlastní zpracování

4.2.6 Timeline

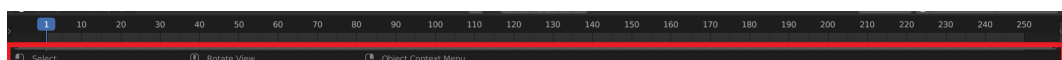
Panel v dolní hlavního okna, zobrazuje časovou osu animace a umožňuje nastavovat klíčové snímky, procházet snímky a ovládat přehrávání animace.



Obrázek 20: Časová linie pro vybrání snímku. Zdroj: vlastní zpracování

4.3 Status Bar

Nejspodnější část programu, ve které nalezneme důležitá upozornění a jiné informace. Při vybraném nástroji ukazuje nápovědu pro jeho používání. Dále zobrazuje chyby při používání, počet snímků a průběh vykreslování.

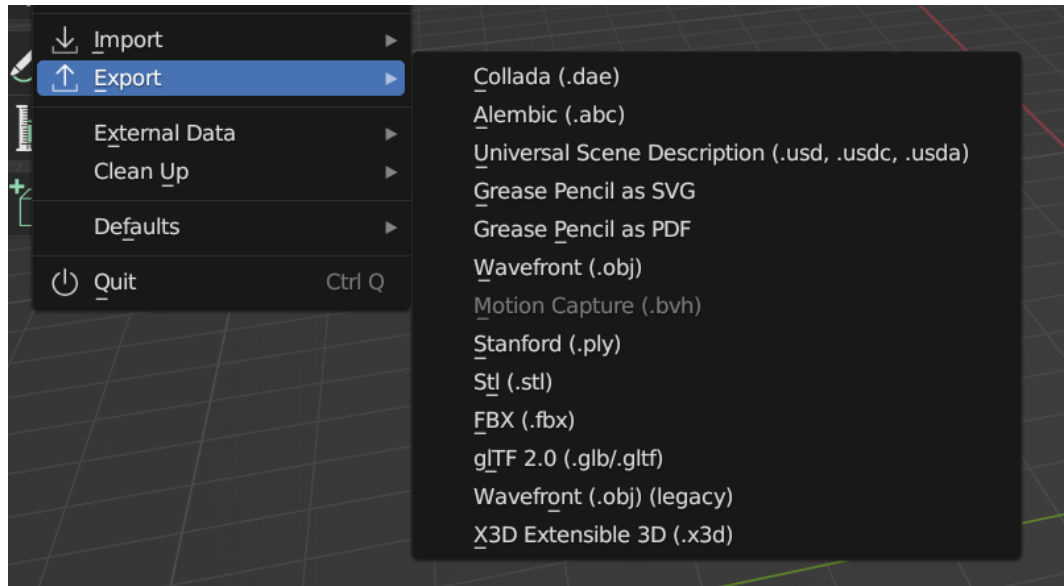


Obrázek 21: Status Bar se zobrazenou nápovědou. Zdroj: vlastní zpracování

5 Možnosti výstupů z programu Blender a jejich využití

Výchozím formátem pro ukládání projektových souborů v programu Blender je BLEND, mimo něj lze však využít mnoho dalších formátů.

5.1.1 3D modely



Obrázek 22: Základní možnosti exportování z programu. Zdroj: vlastní zpracování

Blender podporuje export do mnoha dalších 3D formátů, které je pak možné otevřít v dalších programech. Mezi nejvyužívanější patří následující formáty:

STL soubor

Původně se jednalo o formát pro stereolitografii vytvořený firmou 3D Systems Corporation. Tento formát se nyní však, díky jeho jednoduchosti, používá prakticky jako standard pro 3D tisk a lze ho tak využít jako vstupní soubor téměř u všech 3D tiskáren. STL soubory bývají menší velikosti, protože nedokážou obsahovat barvy ani textury. Nepoužívá se většinou jako finální produkt, jelikož STL neukládá metadata, která jsou potřebná pro autorská práva a publikování.

OBJ soubor

Vytvořen společností Wavefront Technologies pro svou aplikaci Advanced Visualizer. Používá se často pro sdílení vytvořených modelů, díky rozsáhlé podpoře importu a exportu téměř ve všech programech určených pro 3D modelování. Podporuje i Beziérovky křivky a metodu NURBS. Jeho velkou výhodou je fakt, že dokáže zachovat informace o použitých barvách a texturách, díky tomu se také velmi často využívá při vícebarevném 3D tisku. (BLENDER FOUNDATION, 2022)

FBX soubor

Proprietární formát vytvořený firmou Autodesk, zkratka pochází z původního názvu softwaru „Filmbox“, který tento formát využíval. Oproti předešlým možnostem výstupu 3D modelů dokáže zachovat informace o scéně a animaci, proto se jedná o optimální formát pro jejich export. Využívá se tak často pro hry a virtuální realitu.

5.1.2 Statické obrázky

V programu lze využít běžné formáty obrázkových souborů, jako je PNG, JPEG nebo TIFF. Vybraný formát může obsahovat vrstvy a další doplňkové informace.

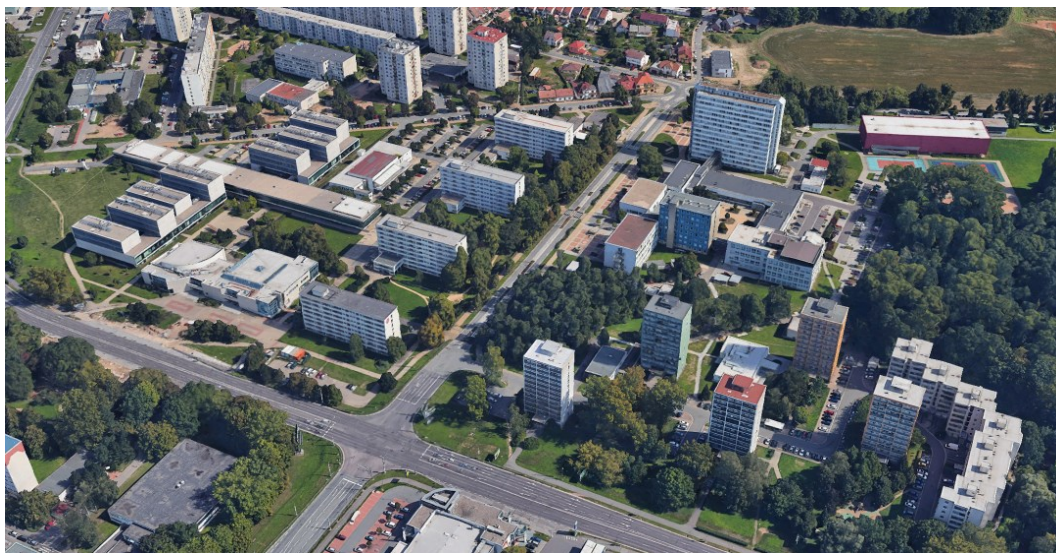
5.1.3 Animované sekvence

Pro výstup videa nabízí Blender formáty, například MP4 a AVI. Lze však využít možnosti samostatného renderování jednotlivých snímků a následného složení v softwaru pro práci s videem.

6 Tvorba vybraného modelu

6.1 Popis kampusu

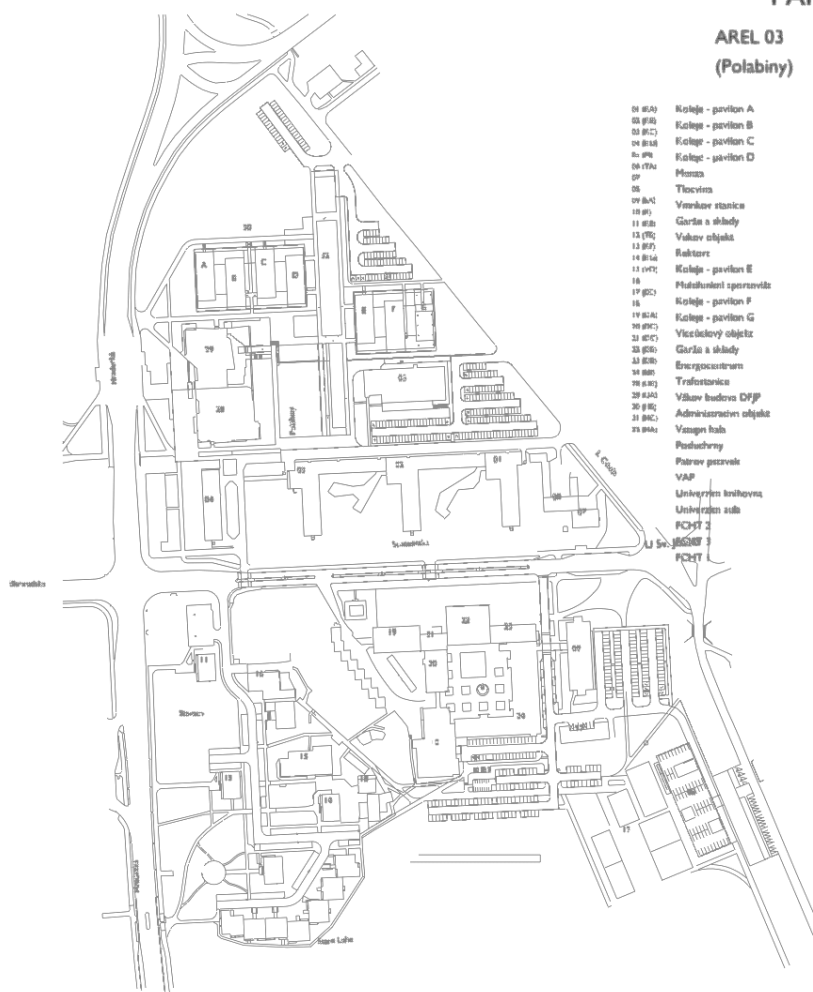
Vybraným objektem pro vytvoření 3D modelu je univerzitní kampus Univerzity Pardubice, dále jen „UPCE“. Nachází se v severní části Pardubic v městské části Polabiny. V níže zobrazené oblasti se nachází přibližně 32 budov, část jich je postavena na podobných sdílených základech, jiné se naopak v mnohém odlišují. Až na výjimky jsou všechny budovy postavené ve velmi podobné nadmořské výšce. Při tvorbě modelu nejsou zahrnuty objekty UPCE, které se nachází mimo kampus. Dále je vynechána všechna zeleň, infrastruktura v okolí budov, technická zařízení, parkoviště, hřiště, sochy a jiná zařízení nesouvisející s univerzitou. Mapa s legendou budov je k dispozici v příloze.



Obrázek 23: Univerzitní kampus Univerzity Pardubice. Zdroj: Landsat a Copernicus, 2022

6.2 Využití podklady a jejich zpracování při modelování

Při vytváření modelu kampusu byly využity podklady získané z rektorátu UPCE, viz příloha A. Tyto souborové podklady byly zaslané ve formátech DWG a PDF. Blender bohužel ani jeden z formátů nepodporuje, jelikož soubory s příponou DWG jsou primárně určeny pro program AutoCAD od Autodesku. DWG soubor je však možné překonvertovat na soubor DXF pomocí bezplatného programu pCon.planner. Takto překonvertovaný soubor již Blender umí importovat díky integrovanému add-onu.



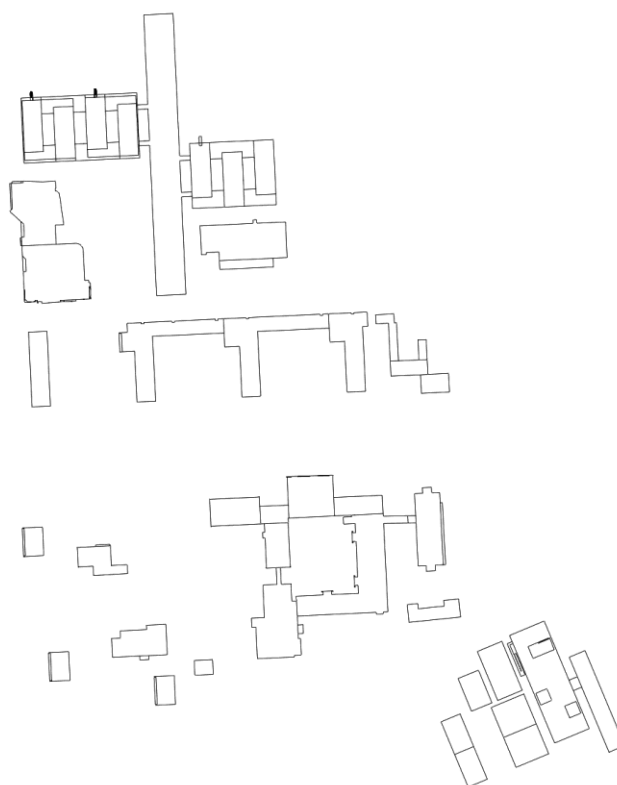
Obrázek 24: Křivky univerzitního kampusu získané z DWG souboru. Zdroj: vlastní zpracování

Dalším krokem pak bylo vyčištění objektů od zbytečných křivek, které nesloužily jako podklad. Ze souboru tak byla odebrána veškerá infrastruktura, například silnice a parkoviště, dále křivky budov, které nejsou na plánu vyznačené jako univerzitní. Také byl odstraněn veškerý text, který se v souboru nacházel, například názvy ulic, čísla budov a celá legenda daného plánu.

6.2.1 Příprava pro ruční modelování v Blenderu

Prvním krokem pro modelování bylo rozdělení jednotlivých křivek do skupin podle jednotlivých budov, ke kterým křivky náležely. Celkem tak vzniklo 21 skupin křivek, některé stavby byly sloučené do jedné skupiny pro ulehčení následného modelování, jako například budova fakulty chemicko-technické a koleje A, B a C. Jiné naopak byly ze stejného důvodu rozděleny na několik skupin. Jednalo se převážně o spodní část kampusu, kde se nachází budova rektorátu, Dopravní fakulta, administrativní budova, posluchárny a další učebny.

Dalším krokem bylo pročištění jednotlivých skupin křivek od duplikátních bodů a hran. Body a hrany staveb mající obdélníkový základ byly prakticky připraveny, ale například u auly s knihovnou a u rektorátu bylo potřeba smazat až třetinu všech bodů. U chemické fakulty bylo dále potřeba smazat veškeré schody do podzemí, jelikož plánovaný výsledný model tuto část neměl mít vyobrazenou.



Obrázek 25: Křivky budov nacházejících se v kampusu. Zdroj: vlastní zpracování

Důležitou částí přípravy bylo zajištění zdroje, ze kterého by bylo možné čerpat údaje o přibližných výškách jednotlivých staveb, jelikož v získaných souborech nejsou výšky budov uvedeny. Po dlouhém hledání možností, jak tuto informaci zjistit, se ukázalo jako nejjednodušší a nejlepší využít aplikaci Google Earth od společnosti Google – díky trojrozměrným leteckým snímkům umí zobrazit přibližné 3D modely budov, což umožňuje zobrazovat i jejich relativně přesné výškové údaje.

Nevýhodou byl však fakt, že snímky v Google Earth byly pořízeny ještě před velkou rekonstrukcí univerzitního kampusu, která se konala v průběhu roku 2014/2015. Tím neposkytovaly aktuální informace o nově vzniklých úpravách původních staveb. Proto byly dále využity snímky z portálu Mapy.cz, které zobrazují stavby v průběhu rekonstrukce, ale bohužel neudávají jejich výšku.

6.3 Modelování jednotlivých budov

V následující podkapitole je stručně popsán proces modelování jednotlivých budov a nástrojů k tomu použitých.

6.3.1 Využití nástroje při modelování

Níže jsou vysvětleny jednotlivé nástroje využívané při modelování v Edit modu programu Blender. Všechny zmíněné nástroje mají svoji ikonu umístěnou v Toolbaru, dále je lze najít na horní straně 3D viewportu nebo využít přiřazené klávesové zkratky.

Extrude

Tento nástroj dokáže protáhnou již vzniklé hrany a stěny a vytvořit tak novou část. Tato nová část navazuje na tu, ze které byla extrudována. Extrudovat lze buď po zvolené ose nebo volně.

Inset faces

Nástroj vytvoří novou menší stěnu uvnitř stávající stěny. Vzniklé stěny lze následně posouvat nebo vytahovat požadovaným směrem, a proto se často využívá společně s nástrojem Extrude. Stejně jako u výše zmíněného nástroje, lze při použití buď na určité ose nebo volně.

Loop cut

Loop cut funguje jako nůž pro rozdělení stěn na více částí, může fungovat i pro vytvoření nových bodů na zvolených hranách objektu. Řezy je možné udělat vertikálně či horizontálně, dále je možné určit kolik řezů se má na zvolené stěně či hraně vytvořit.

Merge vertices

Funkce dokáže spojit zvolené vrcholy nebo hrany, lze přitom vybrat v jakém místě modelu se má výsledná spojená část nacházet. Například zda se mají spojit uprostřed, na prvním zvoleném bodu nebo na posledním.

6.3.2 Proces modelování

Proces je rozdělen na dvě části podle oblastí na severní (vrchní) a jižní (spodní) část, dělicím prvkem je Studentská ulice.

Jižní část kampusu

Jako první model jižní části byla vybrána budova fakulty ekonomicko-správní, která má poměrně jednoduchý základ a mírně zkosené boční strany střechy. Fakulta je v druhém patře propojená krytým proskleným mostem s protější budovou EB, ve které se nachází učebny. Tento most nebyl modelován společně s fakultou, ale až později s již zmíněnou budovou EB.

Dalšími vytvořenými modely byly posluchárny, poté vedlejší vstupní hala, dopravní fakulta a dále následovala budova EB. Její modelování ztížil již zmíněný skleněný most, který musel přesně výškově sedět jak na straně budovy EB, tak i na protější fakultě. Bylo to z důvodu zabránění toho, aby pozdější přidání oken, která budou vyobrazovat jednotlivá patra byla ve stejné výšce jako most. Po těchto budovách bylo vymodelováno energocentrum, trafostanice, víceúčelová budova, garáže a koleje E, F a G.

Co se týče výškových rozdílů, nejrozmanitější rozdíly se objevily při tvorbě budovy rektorátu univerzity. Je zde 5 oblastí, ve kterých má stavba jinou výšku, ale také se zde nachází další krytý most. Poslední stavbou v této oblasti byla administrativní budova, se kterou je rektorát propojen.

Jako poslední budova z jižní části kampusu byla vymodelována tělocvična, která se nachází nedaleko fakulty ekonomicko-správní. Tato budova je na rozdíl od ostatních budov docela specifická, například má ve spodním patře sloupy a zároveň má z jedné strany rampu do prvního patra budovy. Také je to jedna z mála budov, která je postavená na dvou různých úrovních terénu. Model je tudíž založen na části stavby, která začíná na nižší úrovni. Místo vyššího terénu, který by v druhé části budovy chyběl, je stavba protažena níž na stejnou úroveň, kde začíná první část. Sloupy ve spodu první části byly rovnoměrně rozděleny tak, aby odpovídaly realitě. Úroveň sklonu rampy byla odhadnuta podle jednotlivých výšek různých částí rampy z aplikace Google Earth.

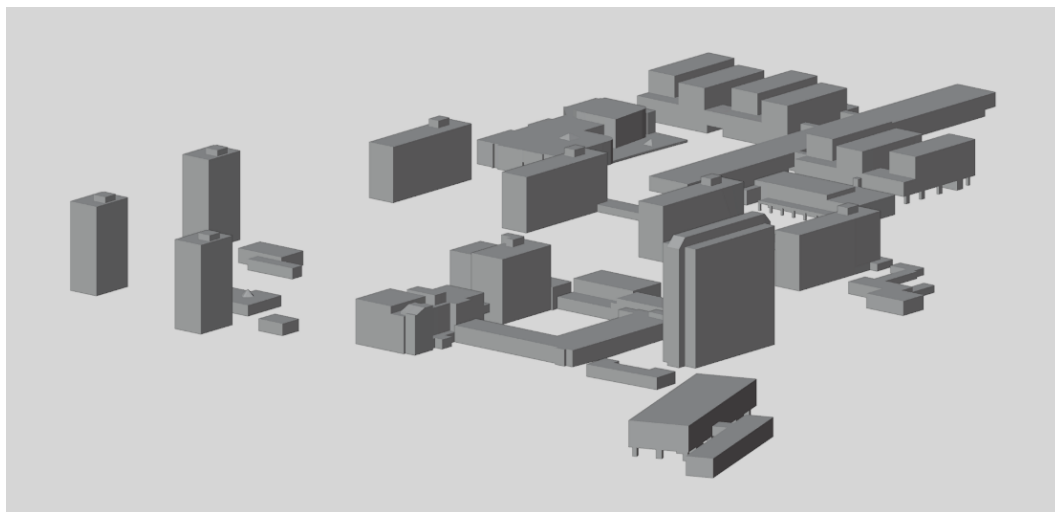
Severní část kampusu

Při modelování severní části byla nejdříve zvolena skupina budov kolejí A, B a C, které mají společný základ a jsou od druhého patra rozděleny do tří výškových budov. Další poté byla samostatná kolej D, výměňková stanice, garáže a sklady. Na modelování byly složitější zbývající tři stavby, tedy menza, knihovna s aulou a chemicko-technická fakulta.

U menzy se, stejně jako u tělocvičny, nachází část budovy postavená na sloupech. Tato část zde představuje terasu v prvním patře a vedou k ní schody z jedné boční strany. Pro zjednodušení modelu byly schody nahrazeny zkosenou plochou.

Poměrně složitý půdorys má aula s knihovnou, kvůli kterému bylo náročné dodržet pravidlo, aby byla každá stěna složena právě ze čtyř bodů. Proto se v modelu nachází místa, která mají mnohem více stěn nežli jiná. Dále má budova dvě prosklená místa, kde jsou okna umístěna ve tvaru krychle, která také ztížila průběh modelování.

Poslední budovou pro vymodelování byla fakulta chemicko-technická. Skládá se ze tří staveb propojených čtyřmi krytými skleněnými mosty. Každá z částí byla modelována samostatně a až na závěr spojena zmíněnými mosty. Také se zde ve dvou ze tří částí nachází místa, kde jsou postaveny sloupy. Tyto sloupy byly problémové u prostřední části stavby, kde je jich mnoho a jsou velmi tenké. Proto je bylo nutné vymodelovat o něco větší, aby se zabránilo následným problémům při 3D tisku.

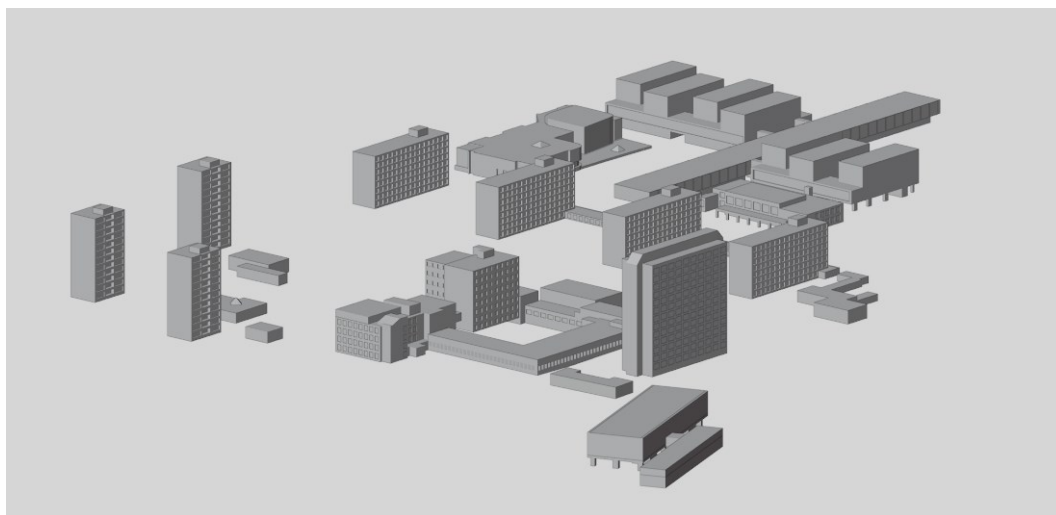


Obrázek 26: Základní model kampusu. Zdroj: vlastní zpracování

6.3.3 Vytváření oken v budovách

Veškerá okna byla vytvořena za pomoci modifikátorů „Boolean“ a „Array“. Boolean operace dokážou sjednotit nebo vytvářet průnik či rozdíl dvou objektů. Array dokáže vybraný objekt naklonovat libovolným směrem.

Při boolean operaci bylo důležité dodržet minimální hodnotu hloubky zasazení objektů pro vyříznutí oken, pokud by totiž bylo zasazení oken do stěn příliš malé, nemusela by okna na vytisknutém modelu být vůbec vidět. Počet oken, jejich výška a šířka v jednotlivých budovách byla naměřena podle dostupných snímků z Mapy.cz a Google Earth. V malých a nízkých prostorách stavby by okna nemusela být dobře rozpoznatelná, proto se na některých místech a budovách úplně vynechala.



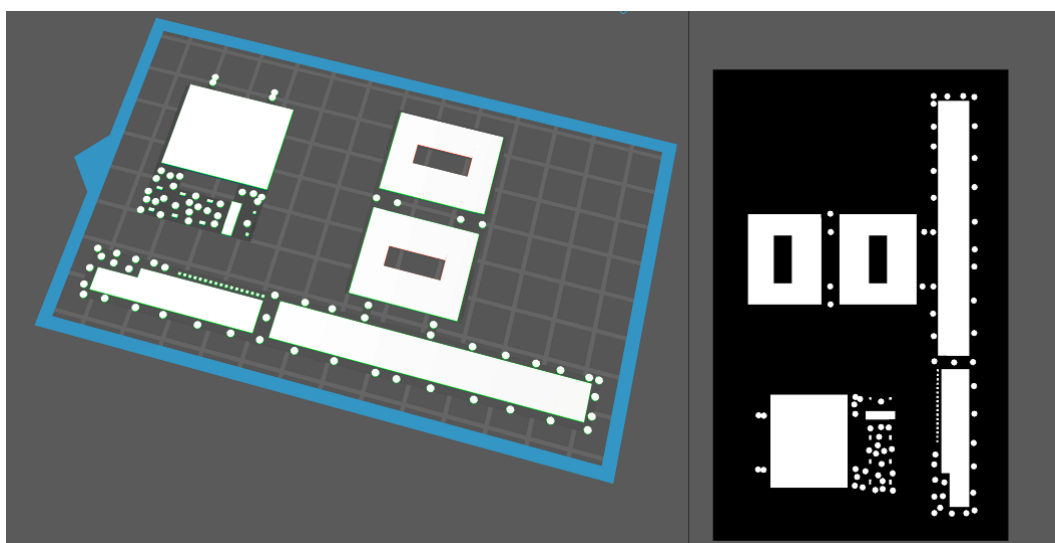
Obrázek 27: Model kampusu s okny. Zdroj: vlastní zpracování

6.4 Úprava modelu pro 3D tisk

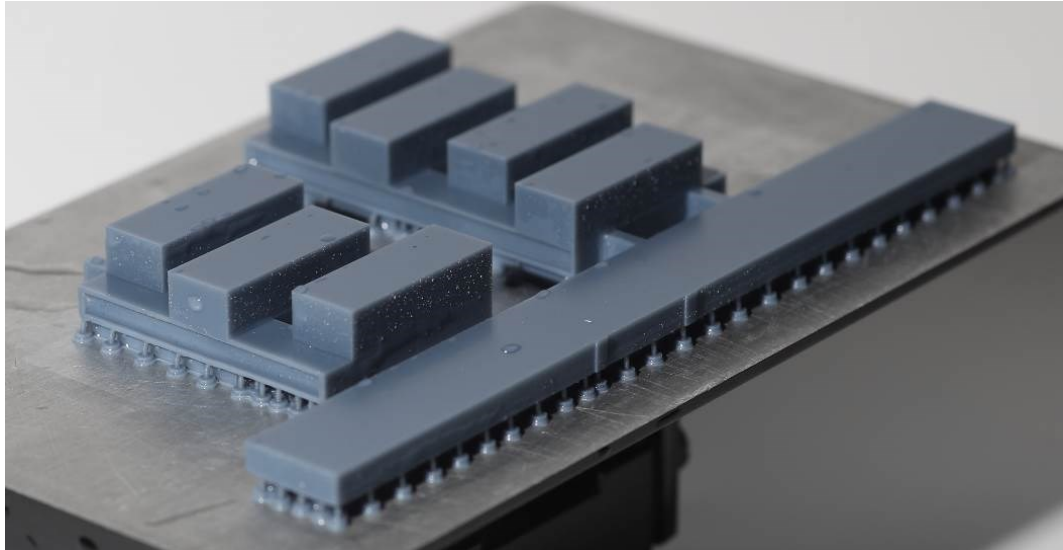
Jednotlivé modely byly z Blenderu exportovány ve formátech STL a OBJ, kdy u OBJ byly zachovány obdélníkové stěny a u STL byly převedeny na trojúhelníky. Bylo tomu tak k zajištění kompatibility, pokud by s jednou z verzí modelu byly problémy.

Před zadáním byl model důkladně zkontrolován a upraven tak, aby se předešlo možným chybám. Jak již bylo v předešlých kapitolách zmíněno, bylo potřeba dodržet některá pravidla pro zachování co nejlépe funkčního modelu, právě i pro verzi, která se bude tisknout.

Na budovách, u kterých se v určitých částech nacházely mosty, rampy a patra budov „ve vzduchu“, musely být přidány podpěry pro udržení správného tvaru. Tyto podpěry byly po vytisknutí odstraněny a týkaly se především tělocvičny a fakulty chemicko-technické.



Obrázek 28: Zobrazení podpěr pro model fakulty. Zdroj: vlastní zpracování



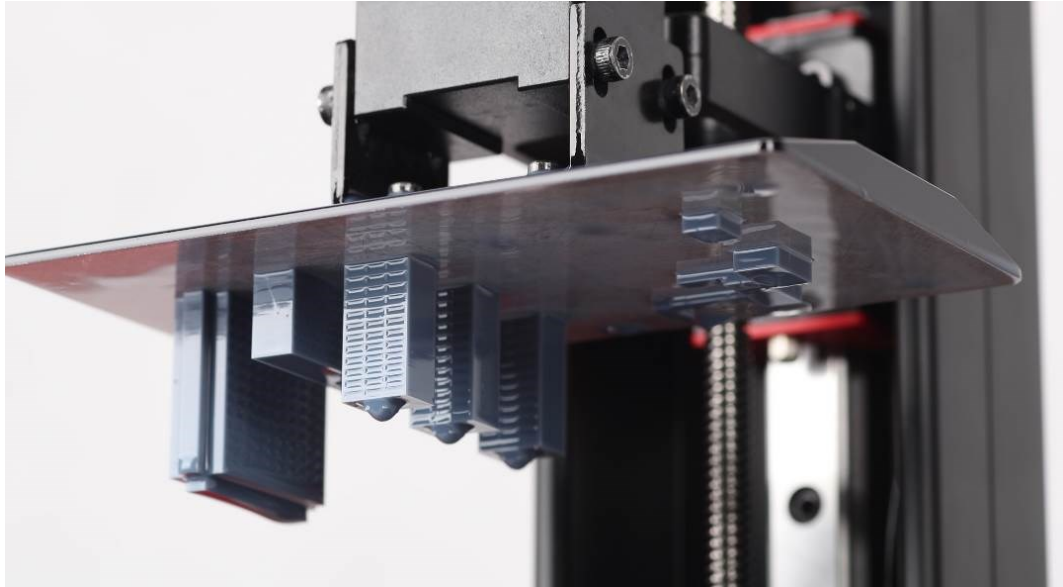
Obrázek 29: Vytisknutý model chemicko-technické fakulty. Zdroj: vlastní zpracování

Jednou z dalších věcí, která musela být speciálně upravená pro vytisknutí, byla podstava modelu. Pro tisk to nebyla pouze plochá deska, ale nacházela se na ní navíc i tenká vrstva vyobrazující obrys jednotlivých budov kampusu. Ta později sloužila pro správné dosazení zvlášť tisknutých budov a zachování co nejpřesnějšího modelu.

Při finálním výtisku byla však tisknutá podstava z technických důvodů nahrazena zakoupenou plastovou deskou, na kterou se pomocí CNC stroje vytvořila místa, do kterých se vytisknuté 3D modely budov vsadily. Tím bylo zaručeno, že hrany byly na 100 % shodné jak u objektů, tak i na podstavě.

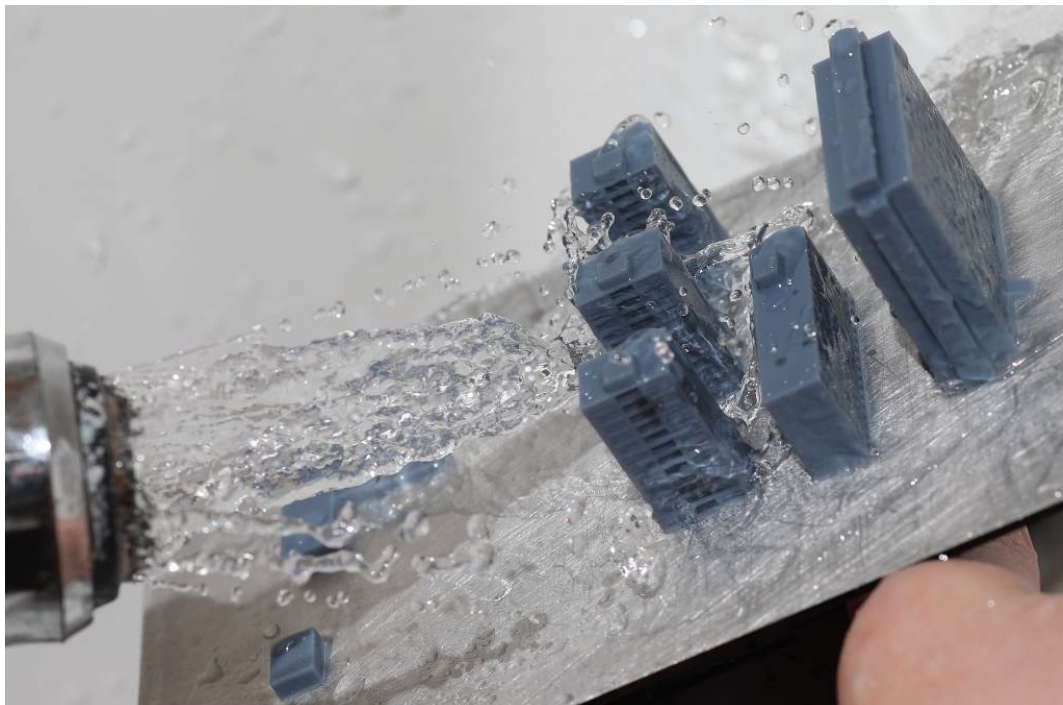
6.4.1 Postup při 3D tisku

Modely byly rozřazeny pro co nejefektivnější tisk do pěti skupin. První skupinu tvořila tělocvična, menza, aula s knihovnou a víceúčelová místnost, tisk této skupiny trval necelou hodinu. Pro vytisknutí druhé skupiny bylo potřeba necelé 2 hodiny a skládala se z garáží, energocentra, dopravní fakulty a veškerých budov v okolí jako je rektorát, administrativní budova, posluchárny a další. Třetí a nejdelší skupina pro vytisknutí byla skupina skládající se z ekonomicko-správní fakulty, trafostanice, kolejí D až G a výměňkové stanice. Na tuto skupinu bylo potřeba 3 hodiny a 15 minut. Čtvrtou skupinu tvořily pouze budovy chemicko-technické fakulty, pro jejich výtisk byla potřeba 1 hodina a 15 minut. Závěrečnou skupinu tvořil jediný model, kterým byla společná budova pro koleje A až C a trvala 1 hodinu a 45 minut na vytisknutí. Výtisk celého kampusu tak trval přibližně 9 hodin.



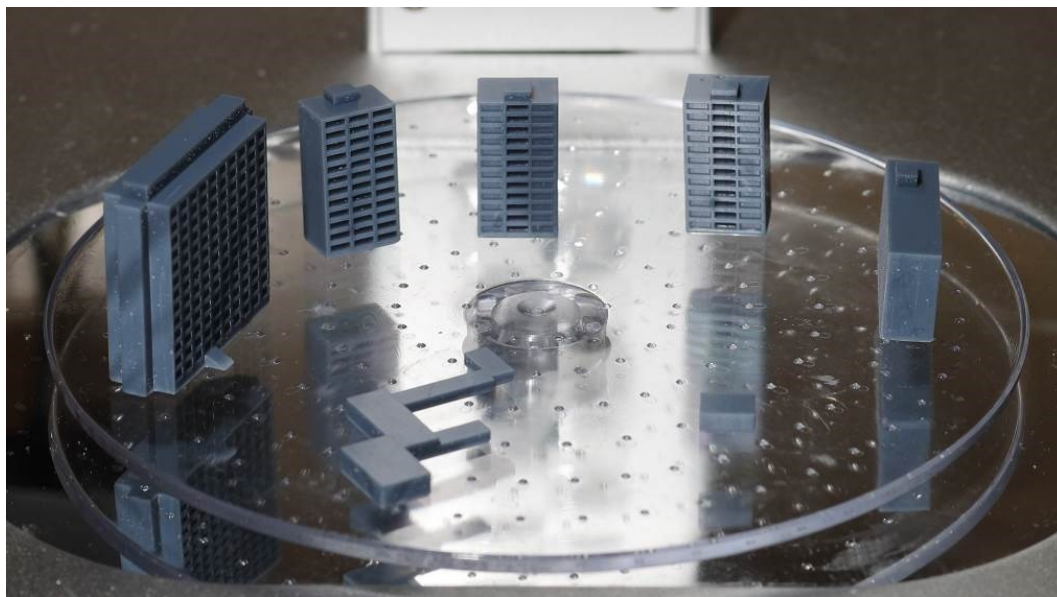
Obrázek 30: Třetí skupina modelů na SLA tiskárně. Zdroj: vlastní zpracování

Pro 3D tisk byla použita SLA tiskárna Creality Halot ONE CL-60 s šedivým resinem (tiskovou pryskyřicí) eSUN PLA PRO Grey. Dále byla použita mycí a vytvrzovací stanice Anycubic Wash & Cure 2.0. Modely se myjí 10 minut v 96% etanolu a poté 5 minut ve vodě. Při mytí resinu dochází k jeho lehkému rozpouštění, čímž zanechává na stěnách mikročástice, proto je důležité modely následně ještě důkladně opláchnout pod tekoucí vodou.



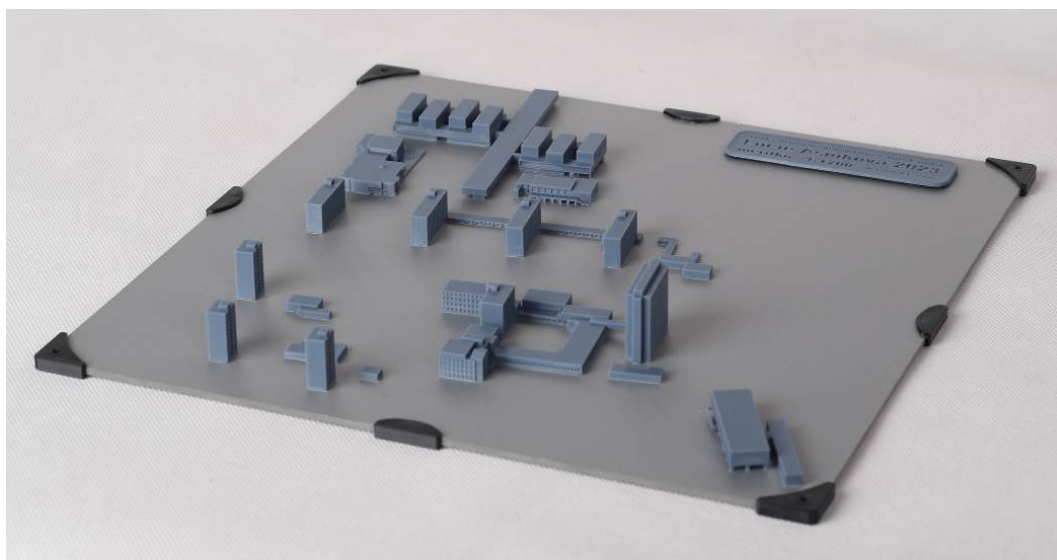
Obrázek 31: Čištění třetí skupiny budov. Zdroj: vlastní zpracování

Pro rychlé osušení omytých modelů byl využit klasický fén na vlasy. Na závěr se postupně modely vyskládaly do vytvrzovací stanice, kde strávily 10 minut. Pro finální spojení budov s podstavou byla použita dvousložková epoxidová pryskyřice pro laminování.



Obrázek 32: Závěrečná podoba třetí skupiny. Zdroj: vlastní zpracování

Finální vytisknutý model univerzitního kampusu je umístěn na čtvercové podstavě o velikosti 32x32 cm, veškeré budovy na ní zasazené mají rozměry v řádu jednotek centimetrů.



Obrázek 33: Finální vytisknutý model. Zdroj: vlastní zpracování

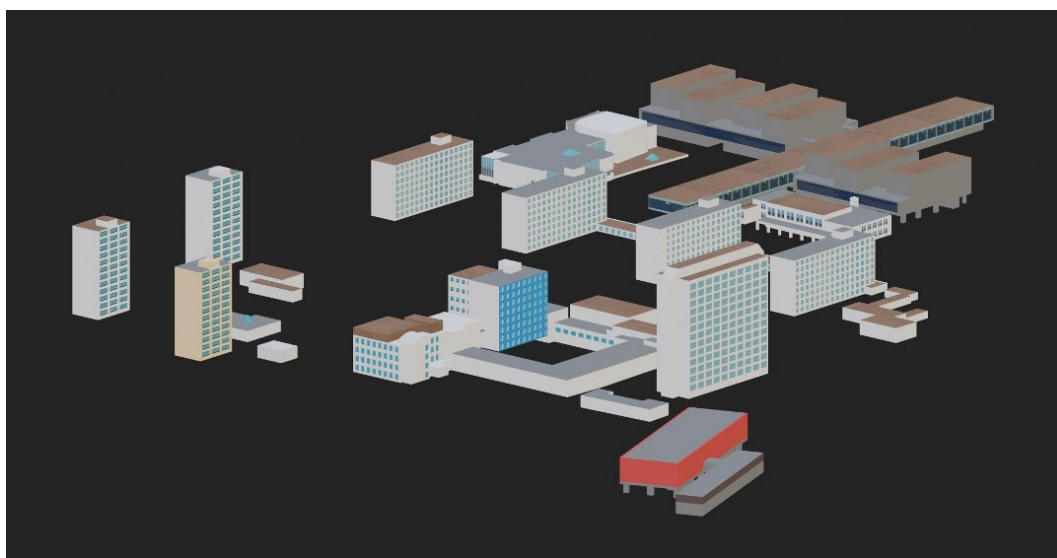
6.5 Úpravy digitální verze

Pro vytvoření digitální ukázky modelu bylo potřeba přidat textury a materiály na jednotlivé objekty a dále také upravit a nasvítit scénu.

6.5.1 Texturování modelu

Pro vytvoření iluze různorodých povrchů byly na některé objekty aplikovány již vytvořené fotografie textur a materiálů, které jsou běžně dostupné v mnoha internetových knihovnách zdarma. Tyto předpřipravené textury byly dále obarveny pomocí editoru materiálů tak, aby se podobaly skutečným barvám budov. Tyto textury jsou promítány na objekty za pomoci vytvořených UV map pro jednotlivé budovy. K vytvoření těchto map se používá funkce „Unwrap“, ta vytvoří 2D plochu ze všech stěn, které jsou součástí vybraného objektu. Na tuto plochu se následně může malovat nebo promítat požadovaná textura.

Na závěr práce s texturami bylo nutné vybrat vzhled plochy pod budovami. Jako nejlepší varianta se ukázalo využití satelitního snímku dané oblasti, viz příloha B. Nevýhodou této varianty je pouze ostrost a kvalita rozlišení snímku, pro účely práce je však dostačující.



Obrázek 34: Otexturovaný model kampusu. Zdroj: vlastní zpracování

6.5.2 Renderování modelu

Před začátkem renderování snímků bylo potřeba připravit si kamery a scénu. Do scény bylo nejprve přidáno světlo, mezi možnostmi typu světla lze najít bodový, oblastní, reflektor a slunce. Pro práci byl využit typ slunce, který nasvěcuje celou scénu rovnoměrně a vždy tvoří rovnoběžné stíny. Světlo bylo následně napozicováno tak, aby budovy vrhaly stíny přibližně ve stejném směru, ve kterém jsou vržené skutečné stíny na satelitním podkladu.

Dalším krokem bylo zvolení pozic pro dosazení kamer, pro každý úhel pohledu byla vytvořena nová kamera. Všechny využití kamery ve scéně mají nastavenou ohniskovou vzdálenost 50 mm. Lze u nich nastavit i další funkce, které simulují chování kamer a fotoaparátů ve skutečném světě, jako je například hloubka ostroty. Tyto funkce ale pro tuto práci nebyly využity.

Posledním krokem bylo nastavení renderovacího enginu v Blenderu. Použitý engine Cycles umí pro vykreslování využít jak procesor, tak grafickou kartu. Pro danou scénu bylo použito renderování pomocí procesoru s nastavením 4096 vzorků na pixel, průměrný čas renderu byl kolem 5 minut. Při renderování byla dodatečně zapnutá funkce odstranění šumu neboli „denoise“. Rozlišení výsledného snímku bylo nastaveno na 1920x1080 pixelů, což odpovídá FullHD rozlišení. Jednotlivé snímky byly uloženy ve formátu PNG.



Obrázek 35: Render kampusu. Zdroj: vlastní zpracování

ZÁVĚR

V první části je krátce popsána historie vývoje nástrojů umožňujících modelování ve 3D prostoru. Také jsou uvedeny různé metody získávání dat a způsoby jejich zpracování s průběžným doprovodem nejrůznějších ukázek. Dále jsou zde porovnány některé známé modelovací programy včetně uvedení jejich silných a slabých stránek.

Další část se hlouběji zaměřuje na program Blender, kde je popsána struktura jeho uživatelského rozhraní a stručně vysvětlena i funkcionality základních nástrojů využívaných při modelování. Následně jsou popsány možnosti výstupu hotových 3D modelů.

Poslední část práce obsahuje praktickou ukázkou postupu při vytváření modelu kampusu univerzity. V jednotlivých podkapitolách jsou podrobně rozepsány kroky při tvorbě modelu, a to od zpracování jednotlivých podkladů s půdorysy, modelování kampusu, až po tisk fyzického 3D modelu na SLA 3D tiskárně. V poslední podkapitole je popsána ukázkou použití textur na digitálním modelu s jeho následným renderováním.

Cílem práce bylo seznámit čtenáře s tematikou 3D modelování, jejími možnostmi a ukázat průběh vytvoření 3D modelu z daných podkladů. Práce může sloužit jako pomůcka pro pochopení základních pojmů v oblasti 3D modelování. Vytvořený model, především v jeho vtištěné verzi, navíc může být využit k propagaci univerzity.

POUŽITÁ LITERATURA

- ARKANCE SYSTEMS. Autodesk Maya: Co je Autodesk Maya?. Arkance Systems [online]. 2023 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.arkance-systems.cz/produkty/media-a-design/autodesk-maya-a-maya-lt>
- BECK, Adam. 60 Years of CAD Infographic: The History of CAD since 1957. In: Cadenas PARTsolutions [online]. 2019 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://partsolutions.com/60-years-of-cad-infographic-the-history-of-cad-since-1957/>
- BLENDER FOUNDATION. Blender 3.2 Reference Manual [online]. 2022. Dostupné z: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/>
- CARLSON, Wayne E. CGI Historical Timeline. In: Wayback Machine [online]. 2006 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20080310082944/http://design.osu.edu/carlson/history/timeline.html#1960>
- CENTRIOD. CNC Digitizing: Reproduce existing parts with a milling machine or router. In: CENTRIOD [online]. 2023 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: https://www.centroidcnc.com/cnc_digitizing.html
- COMPHIST. Computer Graphics: A Brief History of Computer Graphics. In: Learning Computing History [online]. December 05, 2004 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: http://www.comphist.org/computing_history/new_page_6.htm
- FETTER, William A. a Walter D. BERNHART. US3519997A: Planar illustration method and apparatus. In: Google Patents [online]. 1961 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/US3519997A/en>
- GAVIN, Brady. What is Sketchup (and How Do I Use It)?. How To Geek [online]. 2018 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.howtogeek.com/364232/what-is-sketchup/>
- TONER PARTNER. Průvodce 3D skenery: Jaké jsou jejich výhody a nevýhody. In: Toner Partner [online]. 12. ledna, 2020 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.tonerpartner.cz/clanky/pruvodce-3d-skenery-jake-jsou-jejich-vyhody-a-nevyhody-25287cz39332/>
- ŽÁRA, Jiří. Moderní počítačová grafika. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-251-0454-0.

ZDROJE OBRÁZKŮ

CAMBRIDGE, David. Lidar Scan Outdoors. In: YouTube [online]. May 20, 2018 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://youtu.be/0IQDjnow9k8?t=123>

CGTRADER. Architectural 3D model. In: CGTrader: 3D Models [online]. 2023 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: https://www.cgtrader.com/3d-models/architectural?sort_by=sales

FREY, Shawn. Best Free 3D Modeling Software for Beginners. In: All3DP: Top 10 [online]. January 03, 2023 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://all3dp.com/1/best-free-3d-modeling-software-for-beginners/>

LANDSAT a COPERNICUS. Pohled na univerzitní kampus. In: Google Earth [online]. September 07, 2022 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z:

<https://earth.google.com/web/@50.04952664,15.76878281,224.74851804a,295.75988897d,35y,-3.86861558h,59.54110837t,-0r>

MCMILLION, Matthew. What is a CMM machine: Inspecting an engine block with a CMM. In: Artec 3D: Learning Center [online]. April 05, 2021 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z:

<https://www.artec3d.com/learning-center/what-is-cmm-machine>

MERKLE, Manuel Casasola. Procedural Modeling Of Water Droplets: In Houdini. In: Imaga Inspiration: Entagma [online]. 2023 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z:

<https://www.iamag.co/procedural-modeling-of-water-droplets-in-houdini/>

OPEN TOPOGRAPHY. Zdroj data ortofoto. In: Open Topography [online]. 2023 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://opentopography.org/>

REDMAN, Rob. Maya: Build a custom Maya interface. In: Creative Bloq: How to - 3D [online]. March 09, 2017 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z: <https://www.creativebloq.com/how-to/build-a-custom-maya-interface>

TRIMBLE INC. SketchUp: Přidávání barev a textur pomocí materiálů. In: SketchUp: Help Center [online]. 2022 [cit. 2023-04-25]. Dostupné z:

<https://help.sketchup.com/cs/sketchup/adding-colors-and-textures-materials>

SEZNAM PŘÍLOH

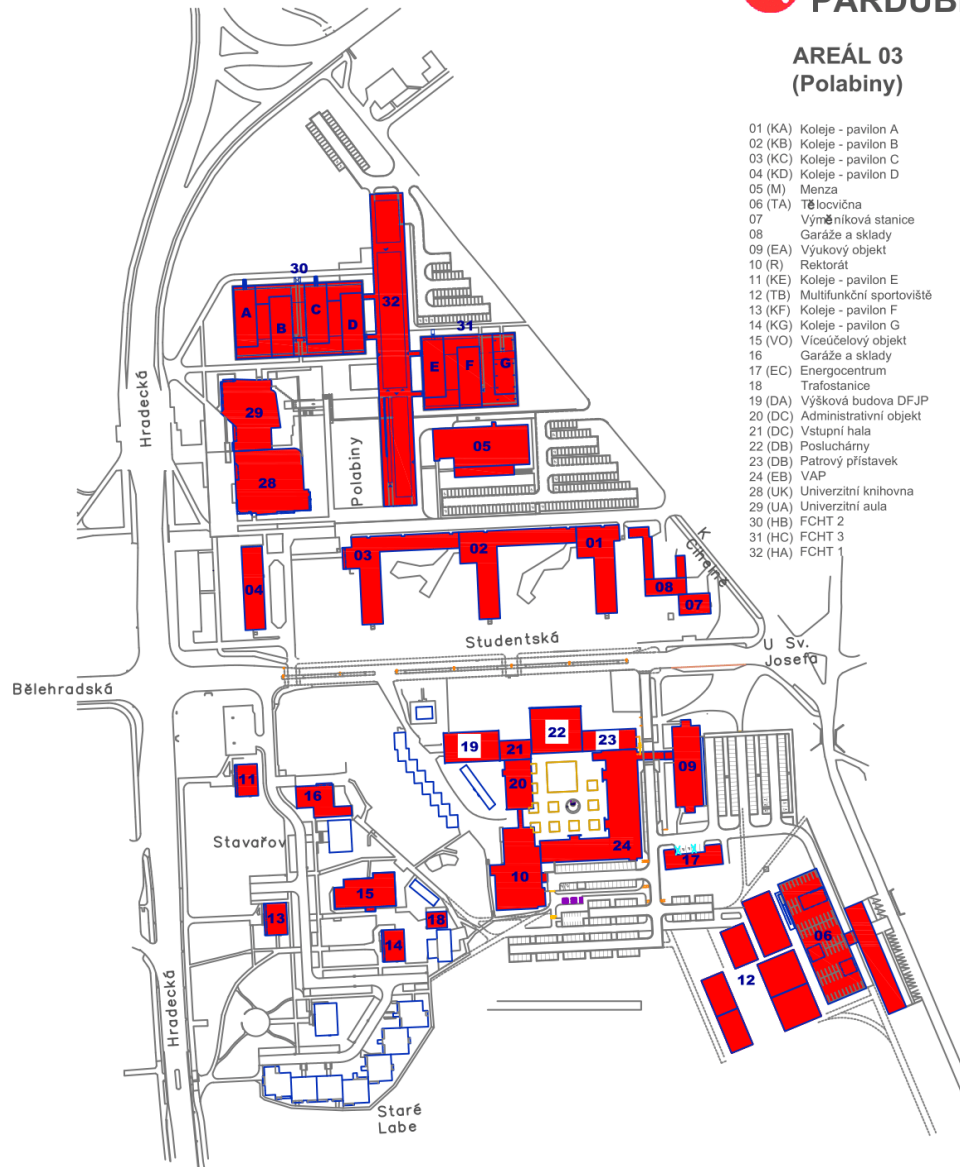
Příloha A: Plánek oblasti

Příloha B: Ortofoto oblasti

PŘÍLOHA A: Plánek oblasti



AREÁL 03 (Polabiny)



- 01 (KA) Koleje - pavilon A
- 02 (KB) Koleje - pavilon B
- 03 (KC) Koleje - pavilon C
- 04 (KD) Koleje - pavilon D
- 05 (M) Menza
- 06 (TA) Tělocvična
- 07 Výměňňíková stanice
- 08 Garáže a sklady
- 09 (EA) Výukový objekt
- 10 (R) Rektorát
- 11 (KE) Koleje - pavilon E
- 12 (TB) Multifunkční sportoviště
- 13 (KF) Koleje - pavilon F
- 14 (KG) Koleje - pavilon G
- 15 (VO) Víceúčelový objekt
- 16 Garáže a sklady
- 17 (EC) Energo centrum
- 18 Trafostanice
- 19 (DA) Výšková budova DFJP
- 20 (DC) Administrativní objekt
- 21 (DC) Vstupní hala
- 22 (DB) Posluchárny
- 23 (DB) Patrový přístavek
- 24 (EB) VAP
- 28 (JK) Univerzitní knihovna
- 29 (JA) Univerzitní aula
- 30 (HB) FCHT 2
- 31 (HC) FCHT 3
- 32 (HA) FCHT 1

Podkladový materiál dodaný ve verzi PDF a DWG, ze kterého byly získány křivky pro modelování objektů. Zdrojem dat je Univerzita Pardubice.

PŘÍLOHA B: Ortofoto oblasti



Ortofoto oblasti univerzitního kampusu a jejího okolí. Oblast byla promítána na plochu v programu Blender. Zdrojem dat je webová stránka opentopography.org