

Nástroje Camera a Object Tracking v Blenderu

Lukáš Laštůvka

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš Laštůvka**
Osobní číslo: **A15021**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie v administrativě**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Nástroje Camera a Object Tracking v Blenderu**
Téma anglicky: **Camera and Object Tracking Tools in Blender**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s rozhraním 3D aplikace Blender.
2. Popište nástroje pro modelování, texturování a osvětlování scény v Blenderu.
3. Prostudujte technologii SkyWay. Zaměřte pozornost zejména na moduly hodící se k realizaci ve městě Zlín.
4. Na základě studie technologie SkyWay vytvořte komplexní 3D modely (vozidla, dráhy, zastávky) včetně materiálů.
5. Zakomponujte vytvořené modely do reálných záběrů Zlína.
6. Výstupy prezentujte formou vyrenderovaných obrazů a animací.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. POKORNÝ PAVEL. Blender – naučte se 3D grafiku. 2.vydání, Praha BEN – technická literatura, 2009. ISBN 80-7300-244-2.
2. DOBBERT, Tim. Matchmoving: the invisible art of camera tracking. Second edition. Indianapolis: Wiley, 2013. Sybex serious skills. ISBN 978-1-118-35205-2.
Dostupné také z:
<http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy1506/2012948914-t.html>
3. Blender wiki [online]. 2017 [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: <https://wiki.blender.org/>
4. CHRONISTER, James. BlenderBasics 5thEdition 2017 [online]. 2017 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z:
http://www.cdschools.org/cms/lib04/PA09000075/Centricity/Domain/81/BlenderBasics_5th
5. SkyWay [online]. 2017 [cit. 2017-11-15]. Dostupné z: <http://rsw-systems.com/etp>

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavel Pokorný, Ph.D.

Ústav počítačových a komunikačních systémů


Datum zadání bakalářské práce:

1. prosince 2017

Termín odevzdání bakalářské práce:

25. května 2018

Ve Zlíně dne 14. prosince 2017



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



doc. Ing. Martin Šysel, Ph.D.
garant oboru

Prohlašuji, že


- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

18.5.2018


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem této práce je seznámení se s postupem propojení vytvořených modelů dopravní technologie SkyWay do záběrů reálného světa za pomoci Camera a Object Trackingu v programu Blender. Teoretická část bakalářské práce zahrnuje popis hlavních nástrojů programu Blender, které byly použity k realizaci výstupů. V praktické části jsou popsány jednotlivé kroky modelování části dopravní technologie a sestavení scén pomocí nástrojů Camera a Object Tracking, tak aby bylo dosaženo požadovaných výsledků. Tyto výsledky jsou prezentované pomocí obrázků a videoklipu, kde jsou tyto postupy aplikovány.

Klíčová slova: Blender, Rozšířená realita, 3D vizualizace, SkyWay, 3D grafika, Animace

ABSTRACT

The aim of this work is to getting acquainted with the procedure of interconnection created models of transportation technology SkyWay into realistic shots made by Camera and Object Tracking in Blender software. Theoretical part of Bachelor thesis involves description of main tools of Blender software, which were used to realistic outputs. In practical part there is description of single steps of modelling transport technology and completioning scenes by tools of Camera and Object Tracking in way to achieve the desired results. These results are presented by pictures and video clips, in which there are applied above mentioned procedures.

Keywords: Blender, Extended reality, 3D visualization, SkyWay, 3D graphics, Animation

Rád bych vyjádřil poděkování vedoucímu bakalářské práce, Ing. Pavlu Pokornému Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a návrhy k celé práci. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům, kteří byli oporou v průběhu celého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 BLENDER	11
1.1 HISTORIE A VZNIK	11
1.2 CHARAKTERISTIKA BLENDERU	12
1.2.1 Modelování	12
1.2.2 Animace	13
1.2.3 Render	13
1.2.4 Interaktivní aplikace- realtime 3D/tvorba her	14
1.2.5 Soubory a podporované formáty	14
2 POPIS ROZHRANÍ	15
3 POUŽITÉ NÁSTROJE	19
3.1 MODELOVÁNÍ.....	19
3.1.1 Object mode	19
3.1.1.1 Origin a 3D cursor	19
3.1.2 Edit mode	20
3.1.3 Křivky	21
3.1.4 Základní modifikátory.....	22
3.1.4.1 Mirror.....	22
3.1.4.2 Array	23
3.1.4.3 Subdivision surface.....	24
3.1.4.4 Bevel	24
3.2 ANIMACE	25
3.3 CAMERA A OBJECT TRACKING	26
3.4 TVORBA MATERIÁLŮ	26
3.4.1 Node editor.....	26
3.4.2 Materiály	26
3.4.3 Textury	27
4 TVORBA VÝSTUPŮ	29
4.1 CYCLES RENDER ENGINE	29
4.2 OSVĚTLENÍ.....	30
5 SKYWAY	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	33
6 PŘÍPRAVA PODKLADŮ	34
7 TVORBA MODELŮ	35
7.1.1 Modul	35
7.1.2 Budovy	41
7.1.3 Nosné technologie.....	42
7.2 MATERIÁLY A OSVĚTLENÍ	43
8 CAMERA TRACKING	45

8.1	ANALÝZA ZÁBĚRŮ.....	45
8.2	NASTAVENÍ KAMERY VE SCÉNĚ.....	47
8.3	SESTAVENÍ SCÉN.....	47
9	TVORBA VÝSTUPŮ.....	49
9.1	RENDERING.....	49
9.2	MASKOVÁNÍ A STRÍH.....	49
	ZÁVĚR.....	52
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	53
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	59
	SEZNAM PŘÍLOH.....	61

ÚVOD

Dnešní svět se neustále žene kupředu a vyvíjí nové technologie v různých oblastech. Obrovský rozvoj je zahrnut právě v počítačové grafice, která přináší další možnosti do ostatních oblastí. Řeč je zde zejména o speciálních počítačových efektech, které mimo filmový a reklamní průmysl, kde nahrazují staré filmové techniky jako je například zahrnutí robotických kulis, které jsou velmi nákladné, mohou napomoci k modernizaci našeho světa skrze 3D vizualizace.

Smyslem této práce je vytvoření 3D vizualizace revoluční dopravní technologie SkyWay. Hlavním konstruktérem této technologie je Anatolij Eduardovič Yunitsky, který společně s jeho týmem vyvíjí komplexní dopravní systém. Jedním z výstupů jeho práce je EkoTechnoPark vznikající v Bělorusku, kde jsou některé části SkyWay již realizovány a testovány za účelem získání potřebných certifikací. Nicméně není jednoduché zakomponovat tyto technologie do reálných měst a získat náhled, jaký dopad budou mít na samotný vzhled.

Cílem této práce je vytvoření reálných vizualizací možného využití technologie SkyWay ve městě Zlín a to konkrétně vizualizaci trasy navrženou panem Ing. Zbyňkem Domanským, za účelem pokrytí mezer v městské hromadné dopravě a to trasu ze zastávky Zlín-Střed přes Jižní Svahy a Kocandu na městskou část Vršava.

Pro vytvoření těchto vizualizací je třeba si obstarat podkladové materiály ve formě reálných záběrů města Zlín, které se snaží pokrýt co největší část výše zmíněné trasy. Mimo natočení těchto záběrů je potřeba, aby se seznámil s pokročilými technikami modelování, osvětlením scény, renderovacím enginem Cycles a nástroji Object a Camera tracking. Kombinací těchto postupů jsou vytvořeny detailní modely technologie SkyWay, které jsou následně implementovány do natočených záběrů města Zlín.

Dále je potřeba využít software pro editaci videa a to konkrétně pro zamaskování objektů, které jsou v kolizi s vloženými modely. Pro tento účel je vybrán program Adobe After Effects v jeho plnohodnotné trial verzi.

Finálním výstupem této práce jsou snímky a videoklip obsahující vytvořené modely propojené s reálnými záběry města Zlín tak, aby působily co nejvěrohodněji, pro představení této vize širší veřejnosti, panem Ing. Zbyňkem Domanským

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 BLENDER

Blender je open source software sloužící ke tvorbě 3D grafiky. Spadá pod nizozemskou organizaci Blender Foundation, která zajišťuje jeho podporu a rozvoj. I když Blender tvoří samotní uživatelé a nadšenci, dokáže konkurovat dnešním profesionálním programům jako například Maya, 3ds Max, Modo a podobně. [1]



Obrázek 1: Logo programu Blender [1]

Blender je ve své podstatě velice univerzální software pro tvorbu 3D grafiky, pohyblivých prezentací, her a podobně. Obsahuje nástroje pro modeling, texturování, vytváření fotorealistických materiálů, simulaci a další. Mimo tohle všechno ovšem obsahuje také video střížnu, zvukový editor, game engine. Díky tomu je velice všestranný a v podstatě není nutné využívat dalšího software, nehledě na možnost rozšíření addony, které Blender podporuje ve skriptovacím jazyce Python.[1]

Komunita Blenderu je velice rozšířená a na internetu se dá najít velké množství různých návodů a video tutoriálů. Blender má také velice dobře zpracovaný manuál dostupný na adrese www.docs.blender.org. Všichni uživatelé se mohou účastnit rozvoje Blenderu například stažením testovacích balíčků pro nadcházející verze softwaru a tím pomoci s doladěním a testováním. [2]

Výhodou pro uživatele jiného operačního systému jiného než je Microsoft Windows, je skutečnost, že je Blender multiplatformní. Samozřejmostí je také možnost exportování a importování různých formátů souboru, například pro software Maya nebo 3ds Max. [1]

1.1 Historie a vznik

Za zakladatele Blenderu je považován Ton Roosendaal, který v roce 1988 založil v Holandsku animační studio NeoGeo. To se stalo po několika letech největším animačním studiem v Nizozemí a jedním z předních v Evropě. Studio NeoGeo získalo také mnoho významných

ocenění, nicméně se Ton Roosendaal rozhodl, že sada 3D nástrojů, kterou v té době používali, je zastaralá a je nutné ji od základu přepsat. Výsledkem byla první verze programu Blender a Toma napadlo poskytnout tento program i pro další grafiky mimo NeoGeo. [3] [4]

V roce 1998 tedy vznikla další firma pod názvem Not a Number, která se zaměřovala na rozvoj programu Blender. Po účasti na konferenci Siggraph získal Blender širokou pozornost a stal se velkým hitem. Na základě těchto událostí byla firma počátkem roku 2000 finančně zajištěna částkou 4,5 milionu €. Díky finanční podpoře od investorů začala NaN raketově růst a v létě roku 2000 vydala Blender 2.0.

Bohužel vývoj tehdejšího trhu společnosti NaN moc nenapomáhal a těžká ekonomická situace donutila nové investory k zastaven veškeré práce NaN. Tím se zastavil vývoj programu Blender. Tehdejší verze měla oproti konkurenčním programům velké nedostatky jako například málo výkonné nástroje a nestandardní rozhraní. I tak si Blender získal nadšenou podporu od uživatelské komunity. Díky tomu Ton nenašel důvody pro opuštění Blenderu.

V březnu 2002 se tedy rozhodl založit nekomerční organizaci Blender Foundation, která měla za cíl pokračovat v rozvoji a podpoře Blenderu jako Open Source projektu. V červenci 2002 Ton přesvědčil investory z NaN, aby souhlasili s uvolněním Blenderu jako open source. Pro tenhle krok potřebovala Blender Foundation získat 100 000 €, aby koupila práva na zdrojový kód Blenderu a uvolnila je pod Open Source licenci. Této vysoké částky se překvapivě podařilo dosáhnout za 7 dní. V neděli 13. října 2002 byl Blender vydán pod licenci GNU General Public License.

Vývoj Blenderu trvá dodnes za účasti mnoha dobrovolníků z celého světa a jejich vedoucím zakladatelem Tonem Roosendaalem.

1.2 Charakteristika Blenderu

1.2.1 Modelování

- práce s polygony, Nurbs plochami, bezier a B-spline křivkami, metabally, vektorové fonty (TrueType, PostScript, OpenType)
- Catmull-Clark povrchy (ekvivalent meshsmooth) s editovatelnou ostrostí/oblastí hran
- editování polygonálního meshe s volitelnou selekcí vertexů, hran nebo faců
- boolens operace pro mesh

- editovací funkce jako extrude, bevel, cut, spin, screw, warp, subdivide, noise, smooth...seznam pokračuje a s novými verzemi se rozšiřuje
- možnost doprogramovat si pomocí Pythonu modelační nástroje dle potřeby [5]

1.2.2 Animace

- deformační armatury (kosti- skeletony) s dopřednou i inverzní kinematikou, autoskinning a interaktivní nastavování vah deformačních skupin pomocí nástroje WeightPaint
- několik typů constraints pro rigging
- pose editor
- editor nelineární animace, automatizace posunu postavy ze zacyklenou animací chůze (walkcycle) podél definované cesty (path)
- animace vertex keys a relative vertex keys (obdoba morph targets) s ovládacími posuvníky
- particle efekty s deformátory podle větru, gravitace, mag. přitažlivosti/odpuštění a detekcí kolizí
- SoftBodies (např. simulace látek) s detekcí kolizí
- animovatelná deformace lattice
- podpora "motion curve" i tradičního key-frame editování
- podpora zvuku a nástrojů pro synchronizaci zvuku a obrazu
- možnost doprogramovat si pomocí Pythonu animační nástroje případně „řízené animace“ dle potřeby [5]

1.2.3 Render

- možnost výběru z 2 renderovacích enginů- interní Blender renderer (hybridní scanline/raytrace) a přímý přístup k externímu raytraceru Yafray
- oversampling, motion blur, postprodukční efekty (glow, zblur...) fields, nečtvercové pixely
- environment mapy, halo, lens flare, mlha...
- několik materiálových shaderů pro difusní a specularitní kanál- Lambert, Phong, Oren-nayar, Blinn, Toon, Minnaert, Wardlso
- Edge rendering pro efekt vytažených okrajů (cartoon)
- Procedurální textury [5]

- Ambient Occlusion
- Radiosita
- Množství exportních skriptů do dalších raytracerů, např. pro Povray, Renderman(RIB) Virtualight
- UV editor s několika metodami pro unwrap [5]

1.2.4 Interaktivní aplikace- realtime 3D/tvorba her

- grafický editor pro naprogramování logiky aplikace/hry bez nutnosti programovat
- detekce kolizí a simulace dynamiky
- přístup do enginu přes Python skripty pro složitější logiku, umělou inteligenci apod.
- podpora všech povrchových módu OpenGL, včetně průhlednosti, animovatelných reflexních map apod.
- přehrávání her a interaktivních 3D aplikací bez kompilování a předpočítání
- audio využívající SDL toolkit
- multi-layering scén pro plovoucí interface [5]

1.2.5 Soubory a podporované formáty

- všechna data ve scéně se ukládají do jediného souboru s příponou „.blend“
- blend formát podporuje kompresi, digitální podpisy, zakódování, dopřednou i zpětnou kompatibilitu a může být použit jako knihovna, do níž přistupujete z jiného souboru.
- čte/zapisuje TGA, JPG, PNG, Iris (+ Zbuffer), SGI Movie, IFF, AVI and Quicktime GIF, TIFF, PSD, MOV
- nativní podpora importu a exportu DXF formátu, Inventor a VRML souborů, přes python skripty je umožněn import/export do množství dalších formátů (OBJ, LWO, COB...), ty hlavní skripty jsou již součástí staženého Blenderu
- vytvoření samospustitelných souborů (.exe) s interaktivními 3D aplikacemi, hrami apod., nebo je můžete přehrávat ve webovském prohlížeči s příslušným pluginem [5]

2 POPIS ROZHRAŇÍ

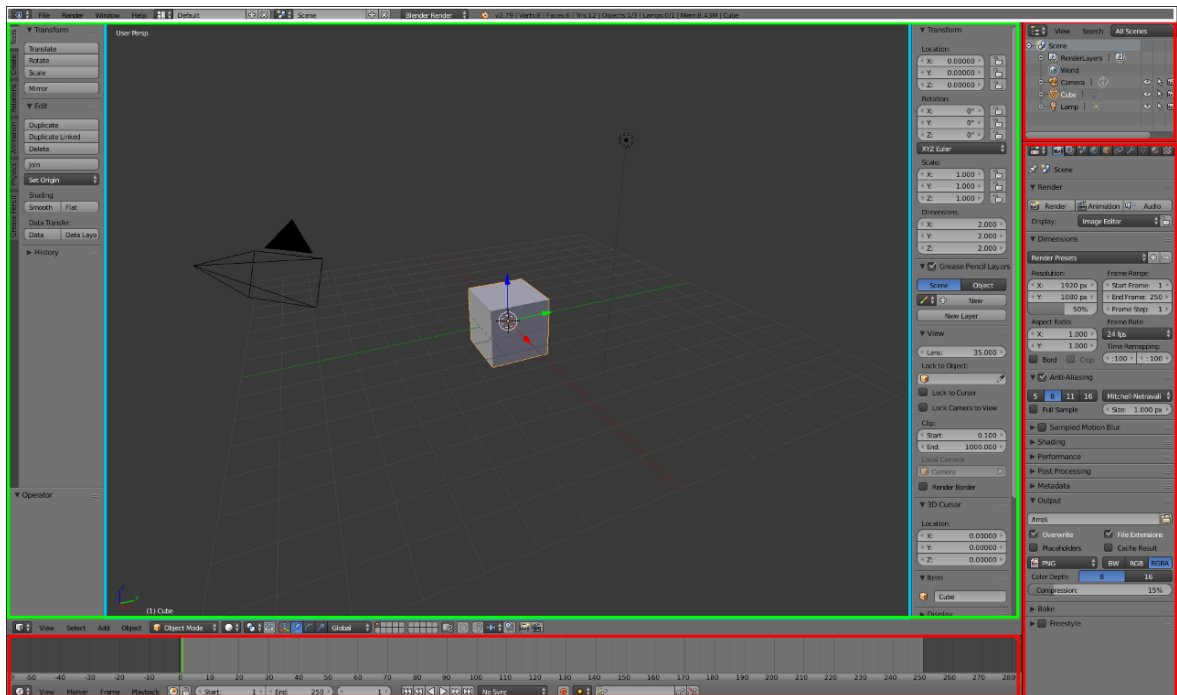
Mnoho lidí považuje Blender za velmi složitý program. Pravdou je, že má odlišné rozhraní a ovládání od ostatních programů pro tvorbu 3D grafiky. Obvykle jsou hlavní nástroje softwaru na první pohled viditelné pomocí velkých ikon. Blender naopak svým rozhraním umožňuje plnou kontrolu nad samotnou scénou a samotná tvorba se provádí hlavně za pomoci klávesových zkratk. [21]

Režim objektů		Režim úprav	
Alt + C	Převést nabídku	Alt + C	Zavřít / otevřít křivku
Alt + G	Obnovit umístění	Alt + E	Extrude menu
Alt + O	Jasný původ dětí	Alt + F	Vyplňte tváře pro vytvoření
Alt + R	Zrušte rotaci	Alt + J	Zakryjte vybrané trojúhelníky do čtyřúhelníků
Alt + S	Obnovit měřítko	Alt + M	Sloučit nabídku
Alt + Shift + G	Odstranit vybrané z aktivní skupiny	Alt + O	Proporcionální úprava propojeného přepínače
Alt + T	Vymazat nabídku stopy	Alt + P	Uvolněte vrcholy (editor UV / obraz)
CTRL + A	Použijte nabídku (například zmrazení transformace)	Alt + S	Shrink / Fatten
CTRL + Alt + H	Povolit vybrané vykreslení	Alt + Shift + F	Beauty Fill vytvářejí tváře
CTRL + H	Odebrat vybrané z renderu		

Obrázek 2: Ukázka části klávesových zkratk [27]

Původní rozhraní bylo dosti odlišné od dnešního. Původně se všechny nástroje nacházeli v jediném panelu a to pod samotnou scénou ve vodorovném uspořádání. Na serveru <https://vimeo.com/> je umístěné zajímavé video poukazující na vývoj Blenderu od verze 1.6 až 2.5. [20]

Rozhraní Blenderu je plně editovatelné. V základu se layout skládá z pěti panelů. Tohle základní rozhraní je zobrazeno na obrázku č. 3.



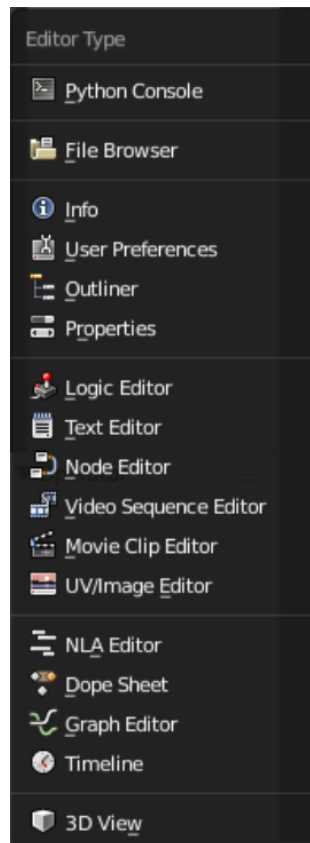
Obrázek 3: Rozdělení rozhraní Blenderu 2.79

Prvním z nich je hlavní lišta (označena bílou barvou), kde se nachází základní nabídka programu jako například ukládání, otevírání, exportování a importování projektů. Mimo základní nabídku zde najdeme výběr přednastavených layoutů, výběr scény a důležitý seznam pro výběr renderovacího engine.

Druhým typem jsou panely, které se používají při samotné práci (označeny červenou barvou). V základním layoutu jsou na pravé straně obrazovky dva z těchto tří panelů. Horní obsahuje přehled nad objekty samotného projektu. Pod ním je panel obsahující nastavení renderingu, materiálů, textur, prostoru scény, fyziky, modifikátorů a mnoho dalšího. Posledním z těchto panelů má v základu zobrazenou Timeline, nebo-li časovou osu, která slouží k animaci.

Posledním a nejdůležitějším z panelů je samotný náhled na scénu (označený zelenou barvou) z 3D i 2D pohledu. Obsahuje různé pomocníky pro modelování, jako například magnet nebo práci s vrstvami. Takzvaný 3D View obsahuje také dva další panely, z nichž levý nabízí nástroje pro detailnější modeling a základní editaci nově přidaného objektu. Pravý pak ukazuje vlastnosti samotného objektu a další funkce. Oba tyto panely lze skrýt a zvětšit si tak pracovní plochu.

Všechny panely lze libovolně ubírat a přidávat dle potřeby, zároveň lze u každého panelu nastavit, co má být jeho obsahem, protože Blender nabízí opravdu široké palety nástrojů, je jich velká část defaultně skrytá.



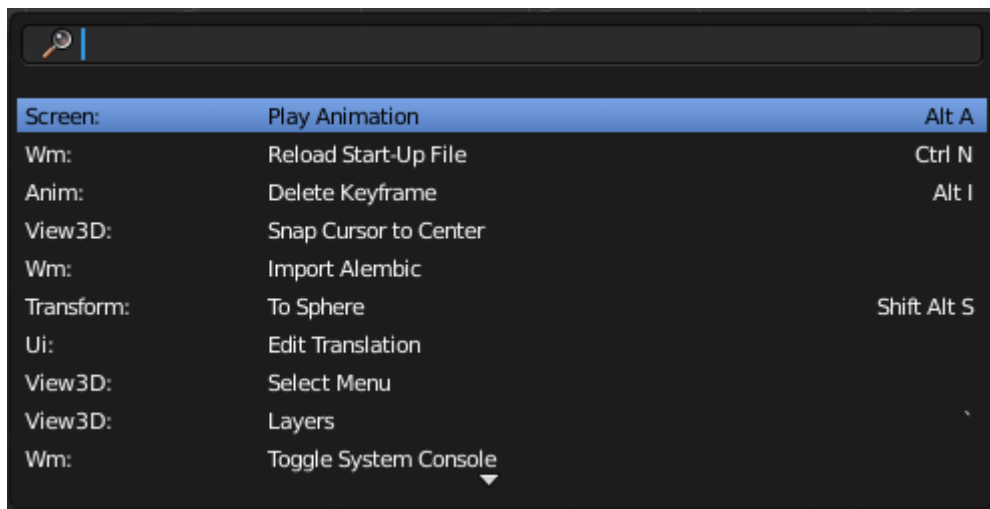
Obrázek 4: Nabídka panelů

Popis panelů:

- Python Console- Konzole pro vyvolávání skriptů, vypisování reportů apod. (Příkazový řádek)
- File Browser- Velice hezky zpracovaný průzkumník souborů
- Info- Řádek s hlavním menu, rychlým výběrem layoutu a renderovacího enginu
- User Preferences- Uživatelské nastavení programu
- Outliner- Stromové uspořádání všech součástí scény
- Properties- Hlavní přehled nástrojů, jejich nastavení apod.
- Logic Editor- Pomocník pro tvoření herní logiky bez nutnosti rozsáhlé znalosti programování
- Text Editor- Jednoduchý textový editor pro psaní skriptů
- Node Editor- Nástroj pro podrobné nastavení materiálů, výstupů a dalšího

- Video Sequence Editor- Integrovaná video střižna
- Movie Clip Editor- Nástroj na generování markerů pro camera tracking
- UV/Image Editor- Editor pro kreslení a úpravu textur
- NLA Editor, Dope Sheet, Graph Editor, Timeline- Skupina nástrojů pro sledování průběhu animací
- 3D View- Jedná se o hlavní panel zobrazující 3D scénu

Další skvělou věcí je pak našeptávač, který je také defaultně integrovaný do Blenderu. Jeho vyvolání se aktivuje stisknutím mezerníku. Našeptávač po té vypisuje výsledky vyhledávání s každým zadaným znakem a navíc k jednotlivým příkazům ukazuje jejich klávesové zkratky



Obrázek 5: Chytrý fulltextový našeptávač

3 POUŽITÉ NÁSTROJE

3.1 Modelování

Tvorba modelů v programu Blender zahrnuje mnoho postupů a technik. Nejjednodušším je modelování pomocí nástroje Extrude. Dalším nástrojem pro modelování je použití modifikátorů. Jejich správnou kombinací je pak možnost například od sebe odečítat objekty nebo generovat řady podle bézierovy křivky.

Samozřejmostí Blenderu jsou také nástroje pro vytváření a správu skupin objektů, spojování více objektů v jeden, práci ve vrstvách, uzamčení objektu proti změnám, nastavení středu objektu a mnoho dalších užitečných nástrojů. Jedny z nich jsou Object mode a Edit mode.

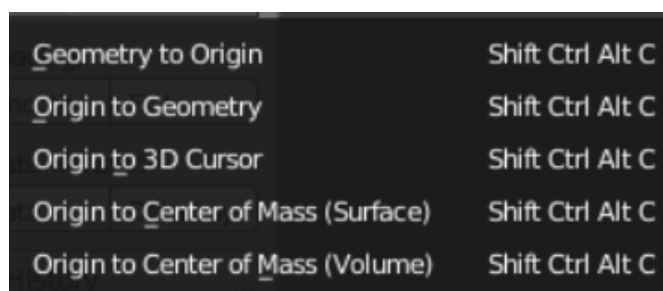
3.1.1 Object mode

Při Object mode program umožňuje práci s objekty jako s celky. Lze s nimi pohybovat po scéně, převádět je mezi vrstvami, zařazovat do skupin, animovat nebo nastavovat jejich střed. [6]

3.1.1.1 Origin a 3D cursor

3D cursor je poloha bodu, která se uloží podle místa posledního kliknutí ve 3D scéně nebo na základě výběru pomocí některého z nástrojů, například Snap Cursor to Selected, čímž se 3D cursor nastaví na pozici aktuálně vybraných objektů, vertexů, hran nebo ploch. [22]

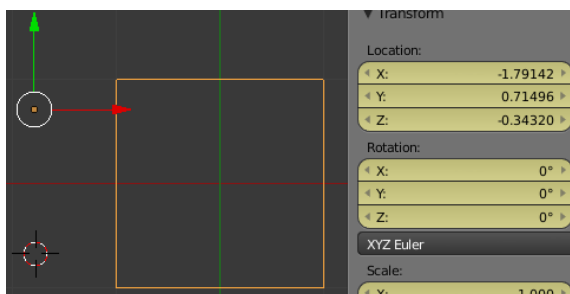
Nastavení středu, tak zvaného Originu, je velice důležité pro správnou funkci modifikátorů a obsahuje několik nastavení, které můžeme vidět na obrázku č. 6.



Obrázek 6: Volby nastavení Originu

V této práci je využito prvních tří nastavení podle aktuální potřeby. První nastavuje samotný objekt na jeho střed (nemusí být vždy ve středu objektu), tedy všechny vertexy přesune na Origin, čímž se přesune ve scéně. Druhá možnost naopak vytvoří střed podle aktu-

ální pozice vertexů objektu, čímž se ve scéně posune pouze střed, který je neviditelný a objekt nezmění svoji polohu oproti ostatním objektům ve scéně. Třetím nastavením je využití 3D cursoru, kdy se opět pohybuje pouze Originem objektu, a to na pozici, kde se aktuálně nachází 3D cursor.

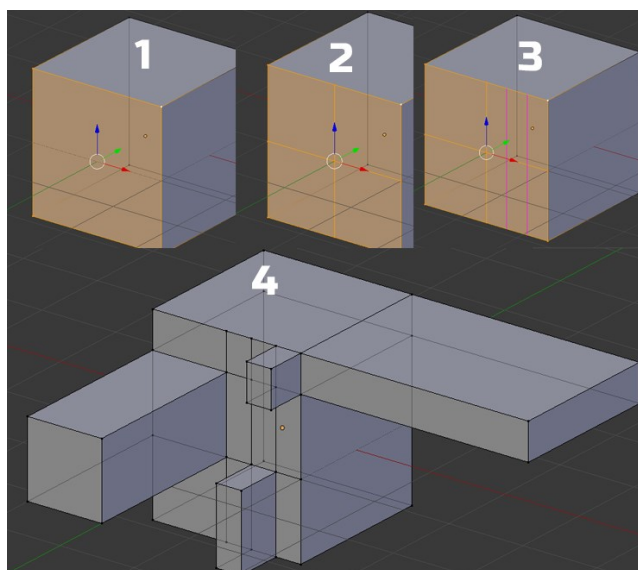


Obrázek 7: Ukázka rozdílu mezi 3D cursorem, Originem a geometrií objektu

Na obrázku můžeme vidět, že se čtverec nachází na nulové pozici ve scéně, tedy jeho souřadnice x a y by měli mít hodnotu nula. Blender však nepracuje s geometrickým středem a tak si lze všimnout, že Origin objektu (tedy i samotný objekt), ze kterého vycházejí dvě šipky, se nachází na souřadnicích $[-1,8; 0,7]$. Na obrázku můžeme vidět také 3D cursor umístěný pod Originem objektu.

3.1.2 Edit mode

Nejjednodušším přechodem do Edit módu je využití klávesové zkratky Tab. Samotný Edit mód nám pak nabízí práci se samotnou sítí objektu. Síť se skládá ze tří částí, které můžeme označovat, a to z vrcholů, hran a ploch. [7]

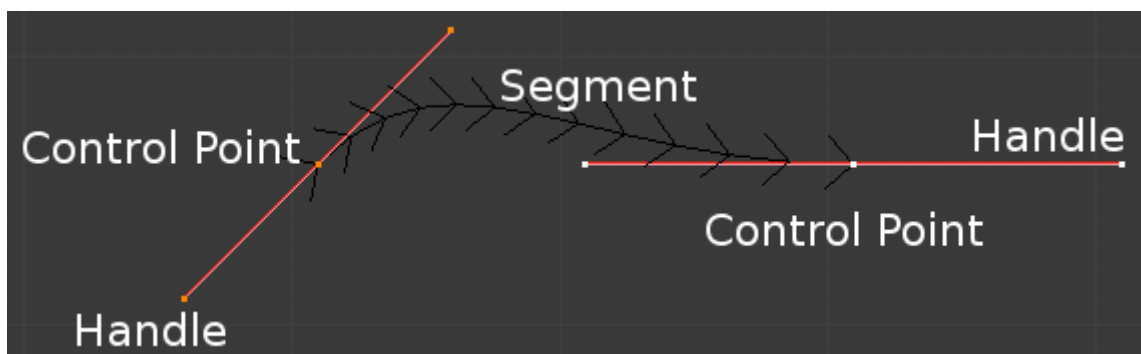


Obrázek 8: Nástroj Extrude

Po nastavení výběru lze editovat části objektu. Základním nástrojem pro modelování je Extrude, který z vybraných bodů vytvoří jejich kopie vázané na původní výběr. Jeho užití můžeme vidět na obrázku č. 8. Dalším nástrojem je Subdivide, sloužící ke zhuštění sítě a jemu příbuzný nástroj Loop Cut and Slide, který vytvoří okolo pravidelného objektu smyčku a tím přidá vertexy na dané síti. [7]

3.1.3 Křivky

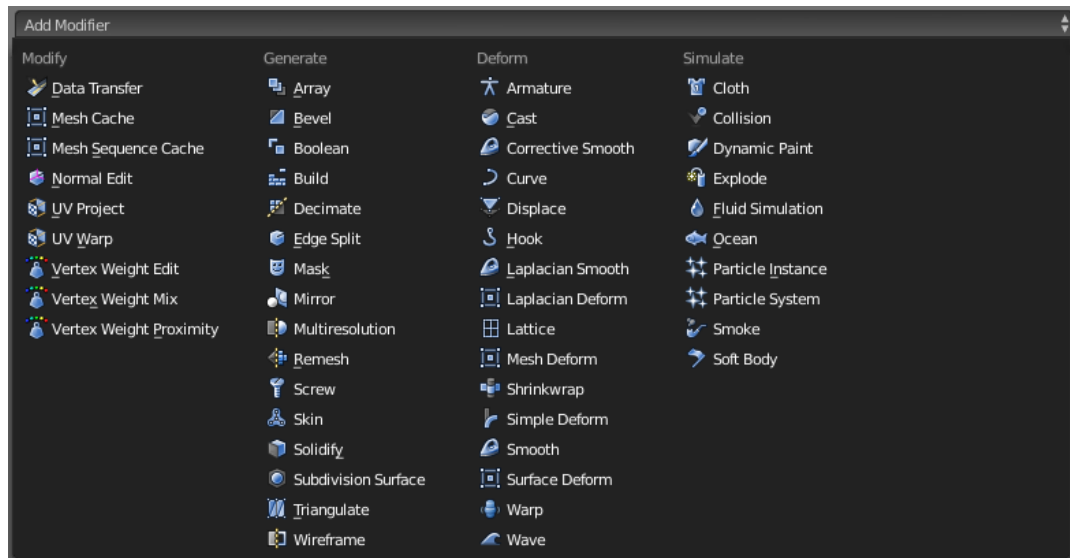
Dalším velice užitečným nástrojem jsou křivky, pomocí kterých lze dosáhnout u modelů požadovaných tvarů nebo je využít při animacích. Blender umožňuje práci s Beziérovými křivkami, které se skládají z kontrolních bodů a uzlů. Pomocí úprav pozice a rotace řídicích bodů a velikosti uzlů se generuje segment, který představuje tvar samotné křivky rozprostírající se mezi kontrolními body. [8]



Obrázek 9: Složení Beziérovky křivky [8]

Kombinací modifikátoru Array, lze podél segmentu křivky generovat část modelu, která se opakuje, tím lze vytvářet modely, které by se v takových podmínkách špatně editovali. Například modelování lana.

3.1.4 Základní modifikátory

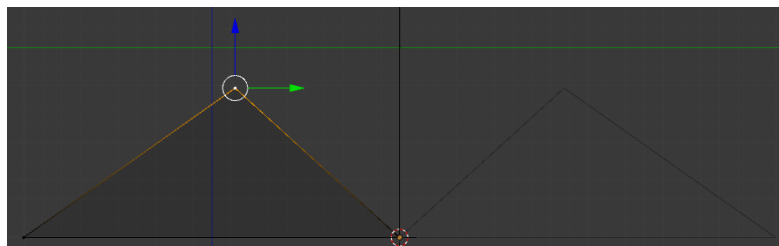


Obrázek 10: Nabídka modifikátorů

Modifikátory v Blenderu se dělí do čtyř kategorií pojmenované Modify, Generate, Deform a Simulate. Modifikátory nám umožňují, jak už z názvu napovídá, modifikovat objekty. Každý modifikátor má jedinečnou funkci, kterou volíme v závislosti na situaci. Důležitou vlastností je tak zvaná virtualizace modifikátorů, kdy modifikátor vidíme pouze v náhledu, ale s modifikovanou sítí objektu manipulovat nemůžeme. Lze manipulovat pouze se sítí, na kterou byl modifikátor použit. Až ve chvíli aplikování se přepíše změny a můžeme manipulovat s novou sítí objektu. [23]

3.1.4.1 Mirror

Modifikátor Mirror umožňuje promítnout tvar modelu z jedné strany na druhou, a to po určité ose v závislosti na jeho středu nebo-li Originu. Díky tomu lze snadno modelovat symetrické objekty jako například auta. Stačí zde modelovat pouze jednu polovinu a modifikátor Mirror veškerý postup automaticky zrcadlově promítá na druhou stranu (viz obrázek č. 11). Na obrázku lze vidět, jak se trojúhelník zrcadlí na druhou stranu podle středu objektu, který je umístěn v pravém dolním vrcholu. [24]



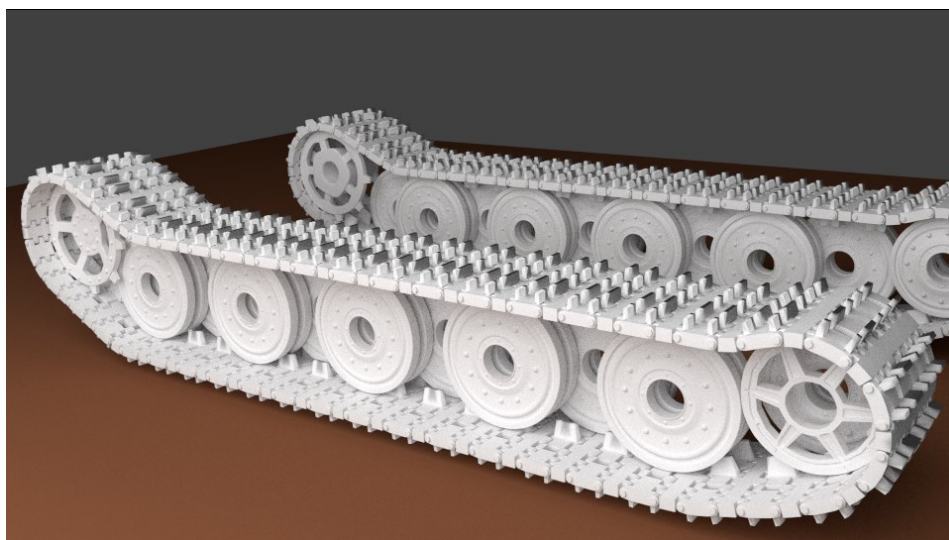
Obrázek 11: Použití modifikátoru Mirror

Obrovskou výhodou tohoto modifikátoru je také snížení nároků na hw požadavky, kdy Mirroring dokáže skrýt klidně více než polovinu všech polygonů ve scéně. Díky tomu se stává modeling a samotná práce efektivnější. [24]

3.1.4.2 Array

Hlavní úlohou modifikátoru Array je generování objektu v libovolném množství s pravidelným odsazením po všech osách. Modifikátor se hodí především na pravidelně se ve scéně opakující objekty. [25]

Například modelování podvozku, včetně pásů pro tank. Na obrázku lze vidět kompletní podvozek, ve skutečnosti je však vymodelován pouze jeden článek pásu a jedno kolo (přední a zadní jsou modelována samostatně), zbytek je pak generován pomocí modifikátoru Array.

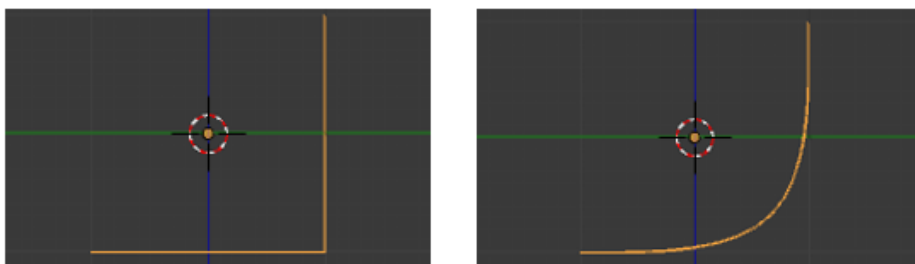


Obrázek 12: Příklad využití modifikátoru Array

Na jeden objekt lze použít modifikátor Array vícekrát, díky tomu lze generovat klidně trojrozměrné matice, protože další Array generuje vše, co se generovalo před ním. [25]

3.1.4.3 Subdivision surface

Pro mě jeden z nejvyužívanějších modifikátorů, aplikuje se na téměř všechny objekty a způsobuje zhuštění sítě podle našeho požadavku, tím způsobí vyhlazení celého objektu ale ne pouze na oko, jako je tomu u nástroje Smooth (ten pouze vygeneruje jakýsi přechod mezi ostrými hranami). Subdivision surface do prostoru mezi dva vrcholy vloží body, které zaujmou takovou pozici, aby mezi vrcholy vytvořil plynulý oblouk, jako je na obrázku č. 13. [26]

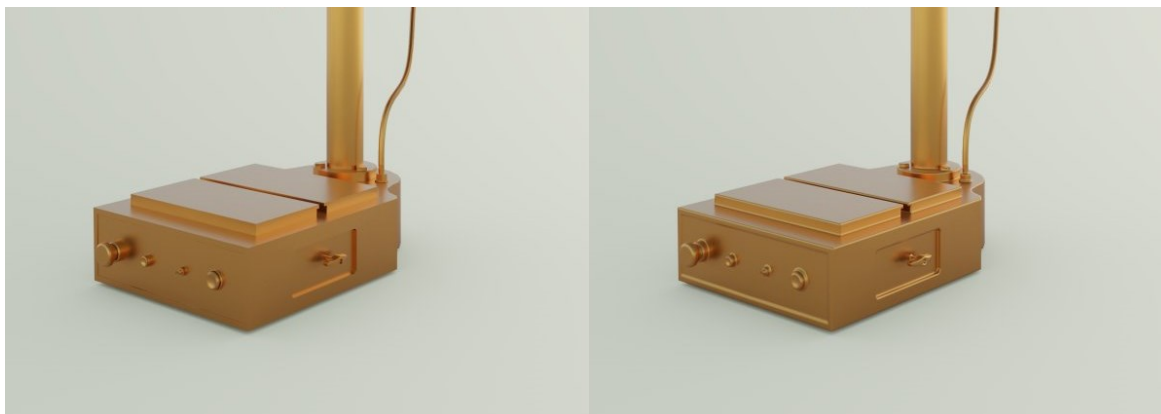


Obrázek 13: Použití modifikátoru Subdivision surface

Velkou nevýhodou modifikátoru Subdivision surface je jeho náročnost při modelingu, na druhou stranu, každý modifikátor obsahuje nastavení zobrazování a lze si pak určit, zda se má modifikátor používat při modelingu i renderingu nebo pouze u renderingu.

3.1.4.4 Bevel

Tento modifikátor má jednu obrovskou výhodu. Funguje velice podobně jako modifikátor Subdivision surface, ten ovšem vyhlazuje. Bevel je rozdílný v tom že ostré hrany pouze zkosí, bez upravení základní sítě modelu. Tato vlastnost je velice důležitá v případě, kdy chceme vytvářet realistické výstupy. [28]

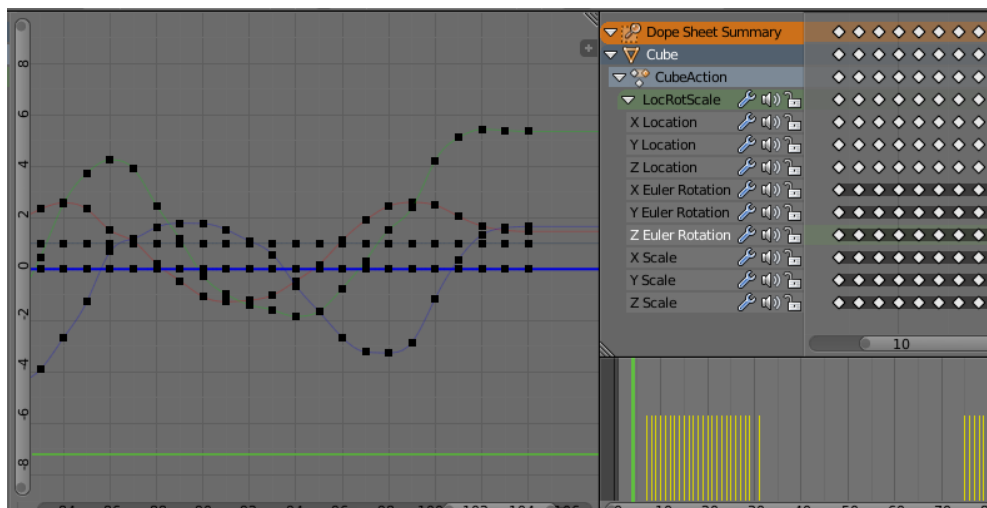


Obrázek 14: Rozdíl při použití modifikátoru Bevel [28]

Pokud se rozhlédnete okolo sebe, zjistíte, že hrana stolu není dokonale ostrá. Téměř nic není, a právě pro to se tento modifikátor používá. Objekty nepůsobí tak kýčovitě a lépe zapadají do prostoru. Toto zkosení se dá samozřejmě modelovat ručně, ale to by mělo za následek obrovské zkomplikování sítě objektu, a právě proto používáme modifikátory.

3.2 Animace

Předním využitím 3D grafiky je bezesporu animace, která se využívá v mnoha odvětvích od filmů, reklam až po počítačové hry. Oproti animacím ve 2D grafice se zde animací nerozumí pouze pohyb objektu, ale také světel, kamer, kostí a dalších součástí scény, které se mohou měnit v čase. Nejpoužívanější metoda animace se nazývá keyframing, ta je založená na časové ose, kdy uživatel definuje takzvané klíčové snímky, během kterých dochází ke změně oproti předchozímu klíčovému snímku. Pohyb mezi těmito dvěma klíči se dopočítává automaticky, a to tak, aby došlo k plynulé transformaci změněných parametrů. [9]



Obrázek 15: Možnosti editace KeyFrame

K definování klíčových snímků animace v čase se používá časová osa, která je vyobrazena na obrázku č. 15. Na časové ose jsou tyto snímky zobrazeny, dají se editovat nebo generovat na základě nějakého impulsu. Ke generování animace vede více způsobů. Prvním je funkce zvaná Automatic keyframe, kdy se snímá pohyb při spuštění časové ose a tím dochází k zaznamenání pohybu do keyframů. Dalšími způsoby mohou být simulace různých materiálů v čase, které jako výstup taktéž používají keyframy, ve kterých je uložen pohyb materiálu oproti předchozímu framu. [30]

3.3 Camera a object tracking

Camera a object tracking lze shrnout pod jeden termín Motion Tracking. Jedná se o možnost sledování objektů nebo pozadí na základě dodaného klipu. Z pohybu v klipu lze vypočítat pohyb kamery ve scéně, díky čemuž lze propojovat scény vytvořené v některém z 3D programů do reálných záběrů. Základní camera tracking funguje na principu dopočítávání perspektivy z Markerů, což jsou kontrastní body na daném podkladu. Mimo samotné dopočítání lze v Blenderu definovat množinu bodů představující podlahu, zeď nebo jednotlivé osy a tím nastavit kameru ve scéně do správné polohy včetně její rotace. [34]

Markery lze určit ručně nebo pomocí automatických funkcí. Čím více Markerů je využito, tím jemnější jsou výpočty, ale na druhou stranu stoupá náročnost dané operace. V základu se jedná o výpočet protipohybu Markerů oproti předchozímu snímku. [34]

Tento proces se využívá téměř ve všech filmech pro přidání speciálních efektů a modelů pro dosažení lepších záběrů a shrnuje se pod termínem VFX.

3.4 Tvorba materiálů

Vzhledem k tomu, že je v práci využíván renderovací engine Cycles, byl pro tvorbu materiálů jasnou volbou Node editor.

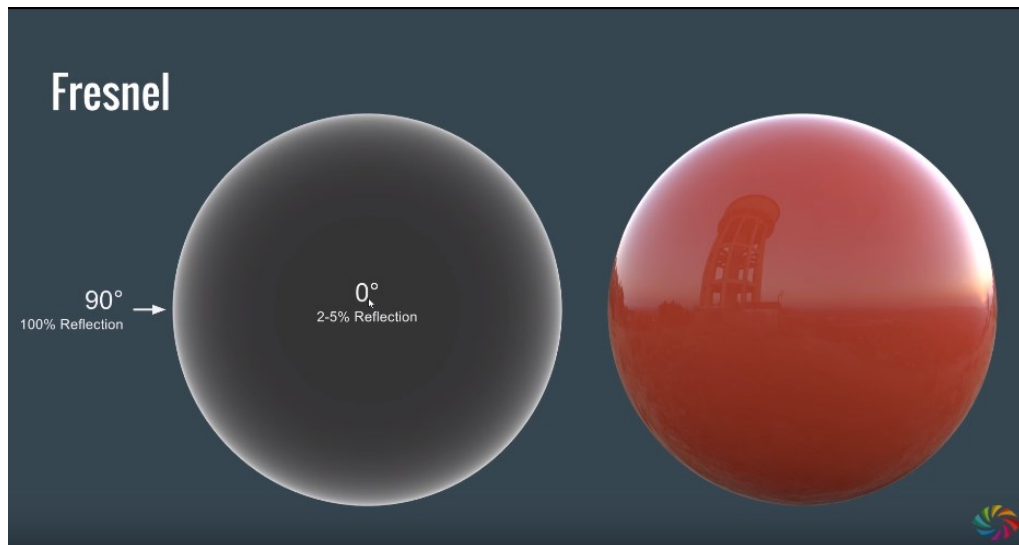
3.4.1 Node editor

Tento nástroj umožňuje detailnější úpravu materiálů, například smíchání více shaderů dohromady v určitém poměru a to za pomoci takzvaných uzlů (Nodes). Mimo úpravu materiálů lze díky Node editoru také editovat hotové výstupy, nebo skládání více vyrenderovaných vrstev. [10] [11]

Každý uzel obsahuje několik vstupů a výstupů. Vstupem může být obrázek, barva nebo například nějaká funkční hodnota. Výstupem se pak rozumí vstup transformovaný podle nastavení daného uzlu na výstup. [10] [11]

3.4.2 Materiály

K vytvoření realistických materiálů je mimo jiné pochopení základních principů reálného světa. Tyto principy jsou skvěle vysvětlené v tutoriálu na kanále Blender Guru na portálu YouTube. [12]

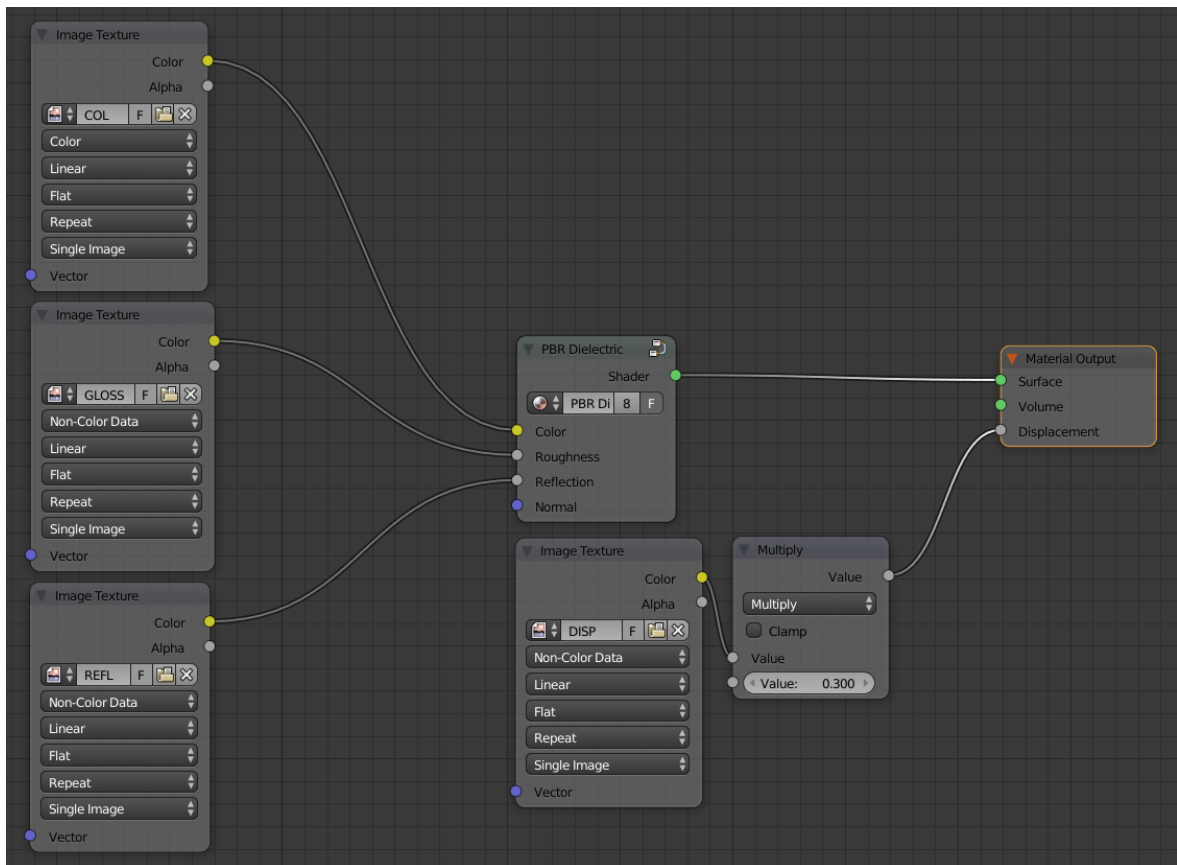


Obrázek 16: Náhled Fersnel efektu [29]

K vygenerování materiálů slouží shadery. Blender nabízí několik základních materiálů jako například Diffuse, Glass, Glossy, Emission, Transparent a další. Každý ze shaderů má vlastní možnosti nastavení. Spojením více shaderů se možnosti rozšiřují. Shader Glossy například generuje lesklý povrch a zvýšením hodnoty Roughness se mění hodnota hrubosti materiálu a povrch začne odrážet světlo různými směry, naopak při nastavení hrubosti na hodnotu 0 se povrch vyleští a stane se z něj zrcadlo. [31]

3.4.3 Textury

Pro vytvoření kvalitního vzhledu textur je potřeba dodržet vlastnosti materiálů představené výše a mít kvalitní textury. Celá textura není pouze o jednom obrázku, jak si většina myslí. Pro vytvoření fotorealistických textur je potřeba mít několik map. Tyto mapy lze získat několika způsoby. Jedním je server www.poliigon.com, dalším způsobem je využití softwaru CrazyBump, který dokáže ze vstupního obrázku vygenerovat zbývající mapy. Na obrázku níže je vyobrazeno nastavení základního materiálu pro aplikaci texturových map. [13]



Obrázek 17: Sestavení Node editoru pro tvorbu realistických textur [13]

1. Vstup pro klasickou texturu, která udává barvu
2. Vstup pro mapu, znázorňující, kde se má textura lesknout
3. Vstup pro mapu definující místa, na kterých bude docházet k odleskům světla
4. Vstup pro displacement mapu, která dodá materiálu hloubku, díky které vystoupí například kachličky oproti spárám do prostoru a to i v případě, kdy je textura aplikována na rovné ploše.

4 TVORBA VÝSTUPŮ

4.1 Cycles render engine

Jedná se o fyzikálně založený render engine, který vznikl pro program Blender a jeho vývoj stále není u konce. Aktuálně je nativně implementovaný také v programech Poser, Rhino a pomocí pluginu ho lze zavést také do programů Cinema4D a 3Ds Max. [14]

Cycles má vysokou podporu grafických karet a dokáže využívat také speciální knihovny obou výrobců grafických karet NVIDIA CUDA a AMD OpenCL. Samozřejmostí je také více jádrové vykreslování pomocí CPU s možností nastavení počtu využívaných jader. [14]

Ve verzi Blenderu s označením v2.79.4, která ještě není oficiálně vydaná, lze využít nové funkce a to renderování pomocí CPU i GPU najednou. [14]



Obrázek 18: Porovnání renderovacích enginů [15]

Oproti přednostem, jako například možnosti nastavení Depth of Field nebo Blur, má Cycles engine nevýhodu ve své náročnosti oproti ostatním enginům. Nicméně je potřeba podotknout, že ne všechny enginy (viz obrázek č. 18) jsou zdarma stejně jako Cycles engine. [15]

4.2 Osvětlení

Správné nasvícení scény je základem pro kvalitní výstupy. Samotné osvětlení se odvíjí od typu scény. V této práci se pracovalo se záběry exteriéru reálného světa, a proto bylo jasnou volbou využití slunce jako hlavním zdrojem světla. [16]

Samotný Blender obsahuje 6 možností interpretace světla:

1. Point- Jedná se o bod, který vyzařuje světlo všemi směry, podle určené intenzity.
2. Sun- Z překladu se jedná o slunce, u kterého lze nastavit jeho velikost, což má za následek zjemnění stínů.
3. Spot- Bodové světlo vyzařující ve tvaru kuželu. Velice podobné například reflektoru na osvětlení stage.
4. Hemi- V podstatě se jedná o fotografický deštník, který dodává opravdu jemné osvětlení. Vhodný na produktové fotografie.
5. Area, Emission- Představuje světelnou plochu vyzařující světlo, rozdíl mezi Area a Emission je v interpretaci objektu jako takového. Area je neviditelná plocha vyzařující světlo, kdežto Emission je materiál, který dokáže vyzařovat světlo a může být aplikován na jakýkoliv objekt ve scéně. [33]

Další věcí je Ambient Occlusion. Tento nástroj napomáhá zesvětlit povrchy modelů, přičemž se ale nejedná o světlo, nýbrž renderovací trik, aby scéna vypadala uhlazeněji. Zapnutí této funkce naplno nevede k výstupům, které nevypadají příliš realisticky, naopak při použití jako doplněk již nasvětlené scény, může napomoci ke zjemnění stínů a mírnému „prosvětlení“ celé scény. [17]

5 SKYWAY

„SkyWay je nadúrovňový dopravní systém, který k pohybu využívá patentovanou strunovou technologii. Je to inovativní, dynamicky se rozvíjející a převratný dopravní systém, který změní dějiny dopravy a možná i celého lidstva! Celý systém je plně zautomatizovaný. Jedná se o 3 typy dopravy, a to vysokorychlostní, městské a nákladní. Autorem projektu je ruský vědec Anatolij Eduardovič Junitskij, který je mj. členem Federální kosmonautiky SSSR a autorem 140 vynálezů. Na projektu SkyWay pracoval dlouhých asi 40 roků!“ [18]

Technologie SkyWay využívá pohyb po nadzemních strunových kolejnicích, jejichž součástí jsou předpjatá ocelová lana, takzvané struny. Komponenty strunové technologie jsou v porovnání s ostatními technologiemi levné a tak celá technologie slibuje rychlou návratnost. [18] [19]

Jak vyplývá z citace výše, SkyWay se zabývá třemi hlavními odvětvími. Prvním z nich je vysokorychlostní doprava. Zde se jedná o vozidla dokonalého aerodynamického tvaru dosahující rychlosti až 500 km/h. Druhé odvětví se zaměřuje na městskou dopravu, kde jsou vozidla o kapacitě až 100 cestujících v závislosti na zvoleném vozidle. Tato vozidla dosahují rychlosti až 150 km/h. Díky dvěma variantám usazení na kolejnice, a to usazení na vrchní stranu kolejnice nebo zavěšením zespod kolejnice, lze tento typ dopravy kombinovat například s vysokorychlostní, kdy na upravené estakádě lze kombinovat dva typy dopravy najednou. Třetím odvětvím je nákladní doprava, které přinese úspory zejména v průmyslu. Jedná se o speciální moduly, schopné převážet náklad o hmotnosti až 20 tis. tun při rychlosti 120 km/h. Náklady na tuto dopravu jsou při tom 2x nižší než náklady na provoz železnice. [18] [19]



Obrázek 19: Ukázka technologie SkyWay [18]

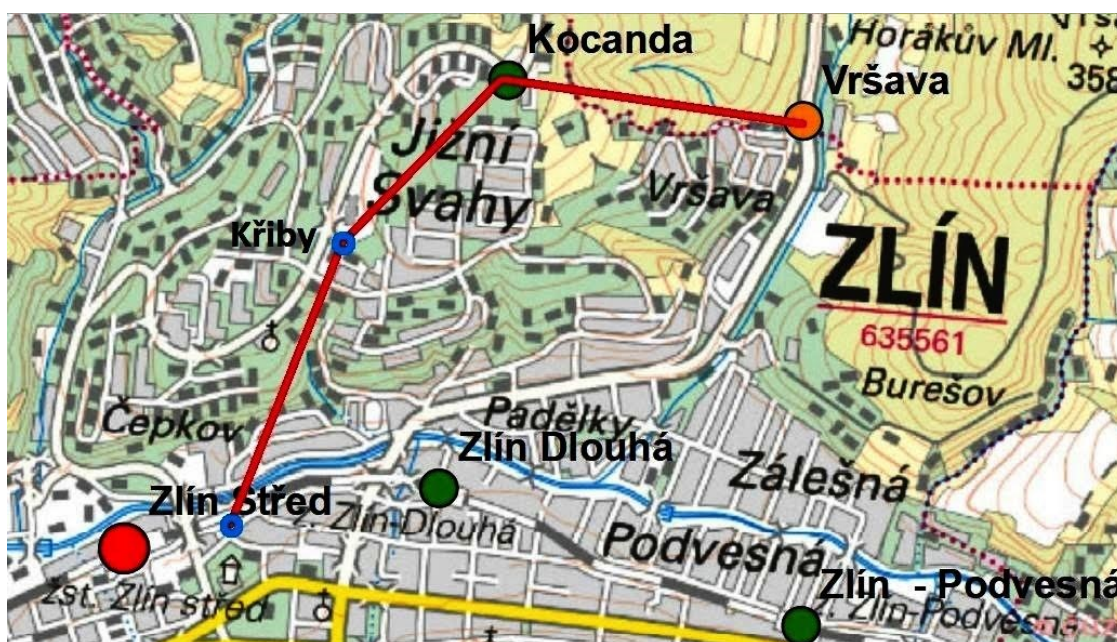
Velkou výhodou je bezesporu „jednoduchost“ (viz obrázek č. 19) technologie, která využívá klasická kola pohybující se po kolejnici. Například oproti systému Hyperloop, který má zatím velké nedostatky.

Pro předvádění technologie obchodním partnerům a veřejnosti v Bělorusku vzniká takzvaný EkoTechnoPark, ve kterém jsou tyto technologie realizovány a testovány. [18] [19]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘÍPRAVA PODKLADŮ

Prvním krokem bylo pořízení záběrů, do kterých se budou vytvořené modely vkládat. Záběry byly zachyceny pomocí systémového fotoaparátu Sony a6000 v rozlišení Full HD při 50fps. Nejideálnějším řešením by bylo pořízení pomocí dronu s kamerou, bohužel tohle řešení je z finančního hlediska dosti nákladné. Bylo využito proto veřejně přístupných budov a zachycena alespoň část navrhované trasy pana Ing. Zbyňka Domanského. Záběry byly pořízeny z budovy 21, přilehlých garáží a parkoviště u velkého kina.



Obrázek 20: Trasa plánovaná podle pana Ing. Zbyňka Domanského

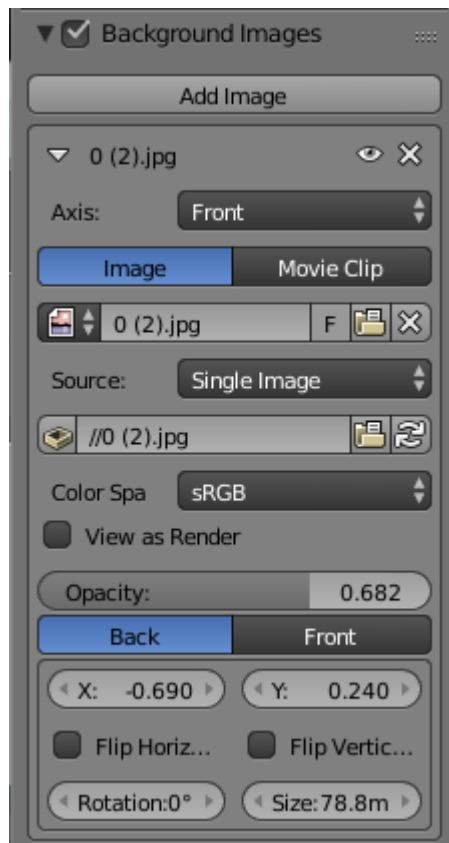
Dalším krokem byl výběr konkrétní technologie SkyWay. Zde po konzultaci s Ing. Zbyňkem Domanským byla zvolena zavěšená kolejnice z důvodu menšího vizuálního dopadu na architekturu Zlína. Vozidlo bylo zvoleno v souvislosti jeho kapacity, a proto bylo vybráno vozidlo Unibus U4-210 v prodloužené verzi, které je schopno přepravit až 24 cestujících.

Prvním problémem bylo získání potřebných materiálů, protože neexistují žádné zveřejněné půdorysy technologie SkyWay. Proto bylo nutné obstarat již existující vizualizace nebo fotografie již realizovaných součástí této technologie. Bohužel většina z nich nezabírala modely ze základních směrů a tak mnohdy vymodelovaná část musela být porovnána s více obrázky, pro dosažení co nejvěrnější kopie modelů.

Obstarání podkladů pro přepravní modul, nebylo složité. Ovšem problém nastal při hledání budov, které byly buď příliš futuristické, nebo nebyly vhodné pro mé scény.

7 TVORBA MODELŮ

Blender podporuje tzv. Background Images. Jedná se o promítnutí obrázků, videí nebo plánů na pozadí modelované scény, a to s nastavením pro určitý pohled, průhlednosti, velikosti, pozice a rotace. Sjednocením měřítek s více pohledy pak vzniká příjemné pracovní prostředí s možností velice přesného modelování.



Obrázek 21: Použití Background Images

7.1.1 Modul

Samotný přepravní modul je jedním z nejpropracovanějších modelů v této práci. Prvním krokem bylo vždy rozdělení modelu na určité části a určení základních velikostí, od kterých se později odvíjelo.

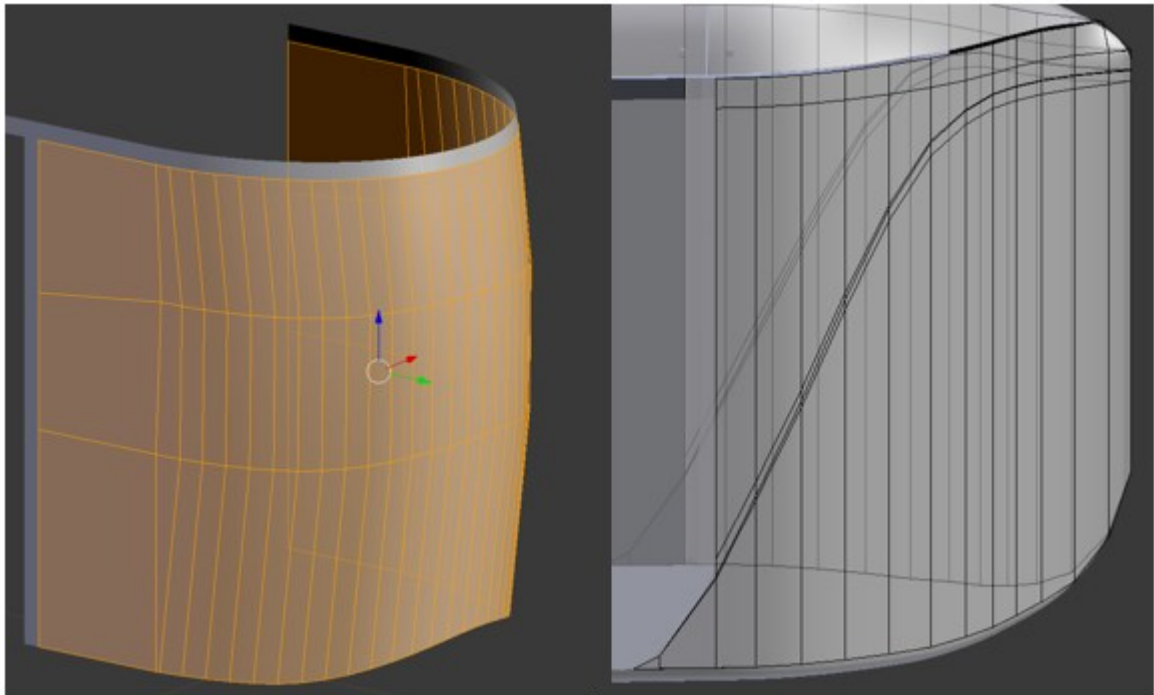


Obrázek 22: Rozvržení proporcí

Na tento proces bylo využito obyčejných objektů Box, podle se pracovalo dál. Dalším krokem bylo vytvoření oken a jejich rámu. Realizováno pomocí objektu Plane s aplikovanou rotací o 90° po ose X. Byla nastavena velikost klávesou „S“ na šíři rámu oken, umístěn tento čtverec na spodek modulu, kde rámy začínají, v Edit módu označena horní hrana a vytáhnuta po ose Z na místo, kde začíná horní rám nad okny. Zde bylo z této hrany pomocí nástroje Extrude vygenerována další hrana a umístěna po ose Z na horní hranu vrchního rámu. Díky tomu na každé straně vznikla možnost generovat dál horní rám nezávisle na prvním sloupcu. Touto metodou se pokračovalo po celé části, kdy se jednalo o rovné plochy. Přední část a zadní část totiž mění tvar, z důvodu aerodynamiky.

Vytvořit skleněné plochy, které přesně zapadají do rámu, nebyl problém díky nástroji Snap during transform, který vybranou část modelu přitáhne jako magnet k části podle nastavení. Stačilo tedy použít další plochu jako v předchozím případě, pomocí magnetu přitáhnout k jedné straně rámu a v Edit módu zbývající tři strany taktéž přisadit k okolním stěnám.

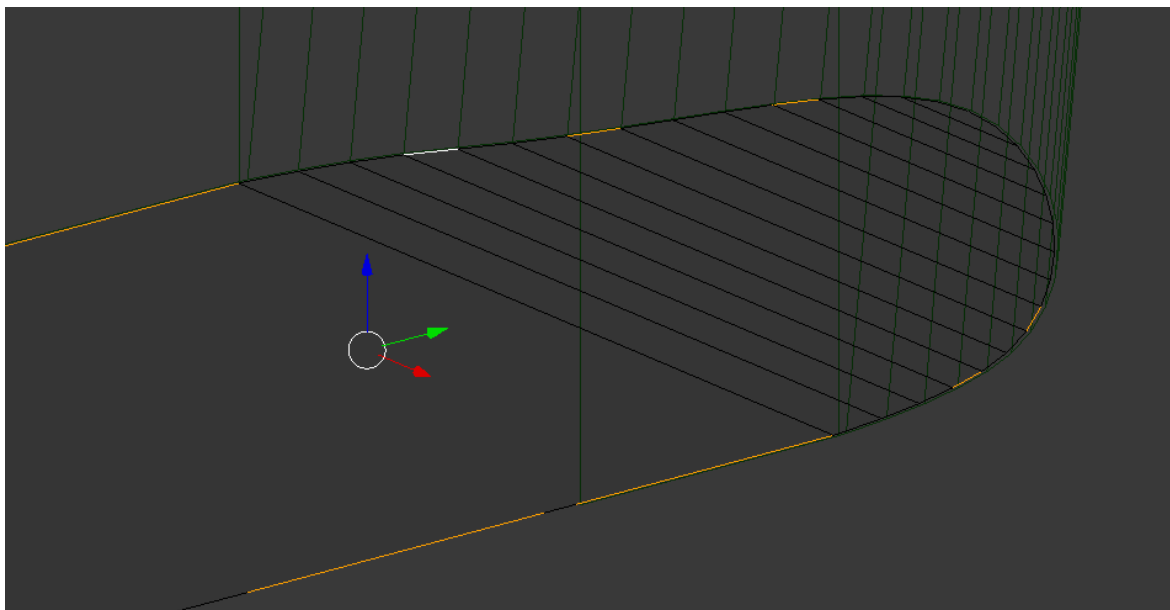
Na přední zaoblenou stranu bylo využito další ze základních objektů a to Cylinder (válec). Byla nastavena přiměřená hustota bodů, se kterou se dobře pracovalo a polovinu tohoto válce bylo potřeba smazat, čímž vznikl půlkruh. Pro dosažení optimálního tvaru bylo využito transformací po ose X a klávesovou zkratku CTRL + R pro vytvoření horizontálních řezů v síti, z důvodu prohnutého tvaru čelního skla z bočního pohledu. Dále byla použita transformace z předchozího kroku separátně na každý z vytvořených řezů. Pro přesné umístění čelního skla byla protáhnuta vertikální řada bodů v krajích až po rám z předchozích kroků. Stejným způsobem vznikl rám na čelním sklem, kdy byla vybrána pouze horní hrana skla, duplikována a nástrojem Extrude vytáhnuta až po výšku rámu.



Obrázek 23: Pohled na přední a zadní část modulu

Obdobným postupem vznikala i zadní část modelu s jednou výjimkou. Na zadní části se střídají dvě barvy v šikmém řezu, kde bylo potřeba vytvořit pomocí bodů v síti řez, který by tyto dvě barvy oddělil. Díky komplikovanějšímu tvaru tato práce nebyla zrovna jednoduchá, proto byl využit nástroj Proportional Editing, který okolo výběru vytvoří oblast, ve které okolní body reagují na změnu výběru. Tím bylo dosaženo hladkého tvaru potřebného pro oddělení barev.

Abych se nemusela znovu modelovat druhá stranu rámu a oken, byl použit modifikátor Mirror. Vzhledem k tomu, že čelní sklo představuje celou šíři modulu, byl nastaven 3D cursor na střed geometrie tohoto objektu a na tento 3D cursor pak umístěn Origin oken a rámu. Po následné aplikaci Mirror modifikátoru došlo k vygenerování druhé strany modulu.

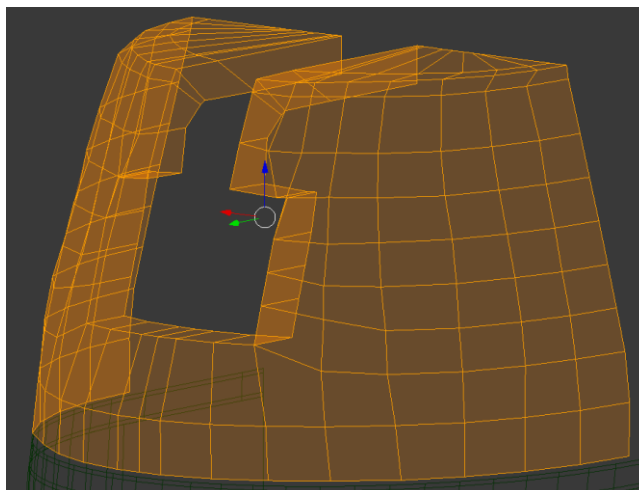


Obrázek 24: Žebrování podlahy

Tím byl základní tvar modulu hotový. Vytvoření podlahy a stropu bylo podobné, nejdříve byly z každého objektu, který určoval tvar, separovány hraniční body. Tyto body byly následně spojeny, čímž vznikl kompletní 2D obrys modulu. Poté stačilo všechny body označit a klávesou „F“ vygenerovat plochu mezi nimi. Problémem byla podlaha, která se v přední části mírně zvedá právě u čelního okna. Zde bylo potřeba provést jakési žebrování přesně podle cylindru použitého na okno a každé žebro pomocí magnetu přichytit k jeho síti. Tím byla vytvořena podlaha, přesně kopírující tvar modulu.

Posledním krokem vnějšku modulu bylo vytvoření krytů, ukrývající technologii pohonu. Aby vše lícovalo, byl zvolen opět postup separování hraničních bodů, které aktuálně představoval strop. Délku těchto krytů představovaly boxy vytvořené v prvním kroku.

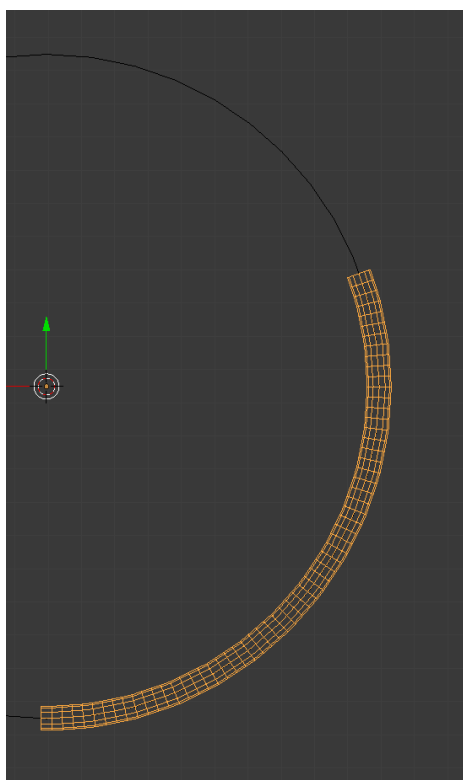
Nejvíce času zabral přední a zadní kryt. Kromě použití základního tvaru a extrudováním na požadovanou výšku, bylo potřeba vytvořit několik dalších horizontálních řezů. Po té vybrat některé z ploch a smazat je bez poškození okolní sítě pro vytvoření vstupu strunové kolenice.



Obrázek 25: Čelní kryt modulu

Nutností bylo ovládání bodů zvláště pro získání požadovaného tvaru. U této části se musel znovu využívat modifikátor Mirror aby bylo docíleno jednotného vzhledu na obou stranách.

Pro dosažení reálnějších výstupů, byl vytvořen také jednoduchý interiér. Žádný z použitých záběrů není ze vzdálenosti, kdy by bylo potřeba modelovat detailní interiér, proto bylo při této části improvizováno. V první části vymodelovány jednoduché sedadla z objektu Box v kombinaci s nástrojem Extrude a vytvoření řezů v síti.



Obrázek 26: Generování zábradlí podle křivky

V dalším kroku vytvořeno přední opěradlo ve tvaru čelního skla a to za pomoci generování válce po tvaru křivky. Jedná se o použití jednoho článku v kombinaci se dvěma modifikátory. Prvním z nich je Curve, ve kterém se vybere cílová křivka, po které se bude generovat. Druhým je jednoduchý modifikátor Array, pomocí kterého byl generován řadu těchto článků až po vytvoření půlkruhu. Poté stačilo modifikátory aplikovat, čímž vznikla editovatelná síť.

Do prostoru kabiny byly umístěny low poly modely postav, převzaté ze serveru <https://www.blendswap.com> [32]. Při aplikování materiálů bylo povšimnuto, že vše uvnitř kabiny zaniká, proto byly přidány na strop modulu dva úzké podélné pruhy, představující LED pásy pro osvětlení kabiny.

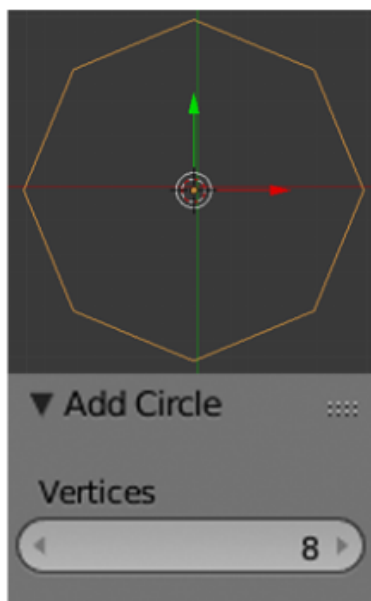
Posledním detailem jsou šrouby na krytech technologie, vytvořené pomocí low poly cylinderu.



Obrázek 27: Hotový model vozidla

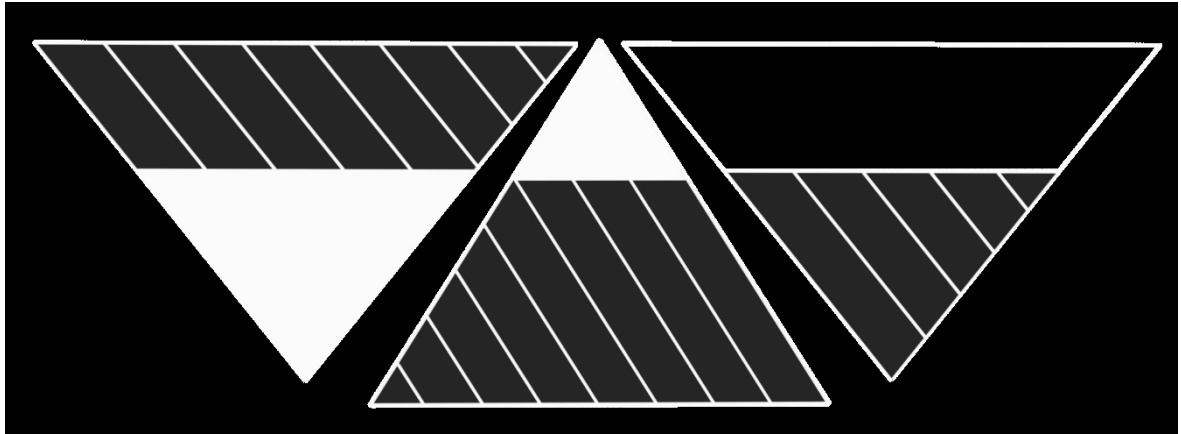
7.1.2 Budovy

Největší problém byl bezesporu najít ideální řešení budovy pro záběr viz příloha P II, kde se nachází nástupní budova pro tři trasy najednou. Musel být vymyšlen tvar, který by umožnil spojení těchto tras. Jednou z variant byla budova ve tvaru písmena T, ovšem trasy nevycházely do takhle pravidelných směrů a tak byl použit tvar osmiúhelníku.



Obrázek 28: Vytvoření Objektu Circle

Prvním krokem bylo přidání objektu Circle s pevným nastavením počtu vertexů na 8. V editačním módu byla pomocí nástroje Extrude z tohoto kruhu vytvořena základna o výšce jednopodlažní budovy, označena horní část kruhu a klávesou F vytvořena podlaha. Záměrem bylo, aby se budova směrem vzhůru rozšiřovala a tak byla vytvořen další osmiúhelník, který byl mírně zvětšen, Extrudován po ose Z na tloušťku stropu a vytvořena plocha na spodní i horní straně této krycí desky. Modifikátorem Bevel jsem pak hrany horní desky zkosil za účelem získání uhlazenějšího vzhledu. Tento modifikátor byl použit na všechny ostré hrany budov. Pro dosažení modernějšího vzhledu budovy byly oproti klasickým obdélníkovým stěnám použity trojúhelníky, přičemž každý druhý z nich byl horizontálně otočený. Nejdříve bylo potřeba vytvořit tři typy těchto trojúhelníků, které se střídají v řadě. Po seskládání okolo základny budovy tvoří sjednocený celek a vytváří několik možných vjezdů pro vozidla SkyWay.



Obrázek 29: Vytvořené varianty krycích částí budovy

Pro druhou budovu byly využity komponenty z hlavní budovy a to konkrétně šikmé žebrování oken. Obě budovy musí být vyšší, právě kvůli nadzemní technologii. Budovy nebyly navrhovány bezhlavě. Spodní patra těchto budov mohou být použity hned na několik účelů, jako například parkoviště pro kola, auta, obchody nebo kanceláře. Tyto možnosti jsou vítány především u budovy větší, která se nachází na místě nadzemních garáží.



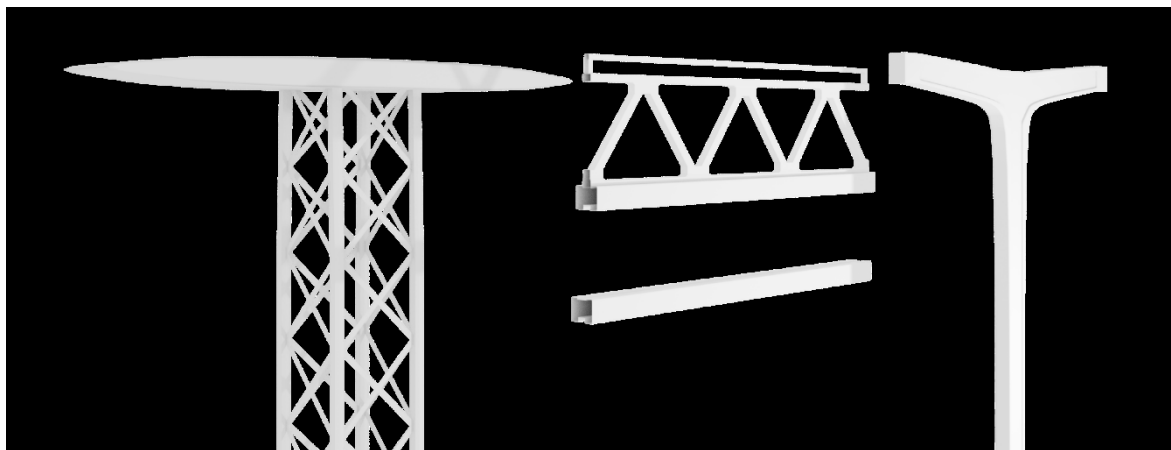
Obrázek 30: Hotové modely budov

7.1.3 Nosné technologie

Nejjednodušší částí byly bezesporu nosné technologie, kterými mám na mysli kolejnice a podpůrné konstrukce. Co se týká jednoduchého sloupu a strunové kolejnice, byl použit objekt Box, který byl v editačním módu upraven pomocí nástrojů Subdivide a Extrude.

U velkého nosníku byla mezi hlavní nohy umístěna podpůrná konstrukce ve tvaru písmene X. Využity byly dva objekty plochy protažené do obdélníku, pootočené o 45° proti sobě, čímž vznikl tvar zmíněného písmene X. Poté modifikátorem Array tento tvar vygenerován

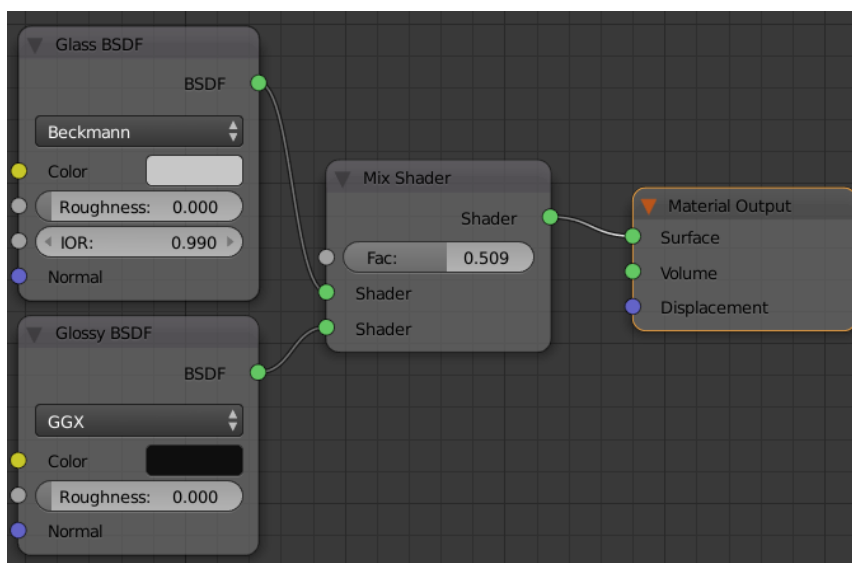
po ose Z a aplikován na všechny 4 stěny. Posledním krokem bylo sjednocení podpůrné a hlavní konstrukce do jednoho modelu. Obdobně bylo postupováno u podpůrné konstrukce pro kolejnici, která nakonec v záběrech není zakomponována. U obou kolejnic byl vytvořen jeden článek, který se později snadno generoval do požadované délky a to opět modifikátorem Array. Pro dosažení reálnějšího lomu světla byl využit modifikátor Bevel.



Obrázek 31: Hotové modely nosných částí

7.2 Materiály a osvětlení

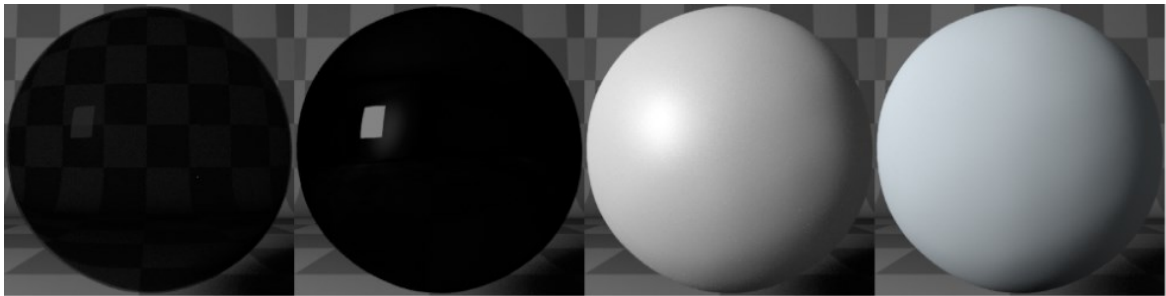
Vzhledem ke vzdálenosti všech objektů nebylo nutné vytvářet složité materiály a osvětlení, proto bylo vycházeno ze základních materiálů a aplikovány jen drobné úpravy. Materiál skla vytvořený ze dvou základních materiálů pomocí Node editoru.



Obrázek 32: Využití node editoru pro vytvoření ztmaveného skla

Na obrázku 32 je vidět kombinace zvolená pro vytvoření skleněného materiálu. Jedná se o kombinaci skla a lesklého objektu. Efekt lze vidět na obrázku 33, kde se odráží čtverec. Bez kombinace by byl materiál pouze průhledný a ztmavoval by vše za ním.

K osvětlení scén nebylo potřeba složitějšího rozmístění světel. Byl zvolen světelný bod typu slunce a směr jeho paprsků namířen podle každého záběru pro dosažení stejného nasvícení jako ve videoklipech. Aby bylo docíleno draze světla od ostatních věcí v záběru, musel být využit nástroj Ambient Occlusion, díky čemuž se prosvětlyly i ostatní tmavší části modelů.



Obrázek 33: Ukázka vytvořených materiálů

8 CAMERA TRACKING

8.1 Analýza záběrů

Pro analýzu záběrů byl v Blenderu zvolen nástroj Movie clip editor. Prvním krokem bylo nahrání požadovaného klipu do paměti. Pro tento krok bylo potřeba lehce upravit samotné nastavení Blenderu a to konkrétně Sequence/Clip Editor: Memory Cache Limit. Jedná se o nastavení maximální velikosti operační paměti, která je Blenderu k dispozici. Díky tomuto nastavení se celá délka klipu nahrála do paměti a následné přehrávání probíhalo plynule a rychleji. Před samotnou analýzou bylo potřeba nastavit ještě několik základních údajů o zařízení, které daný klip nasnímalo. V tomto případě se jednalo o systémový fotoaparát Sony a6000, který disponuje čipem o šířce 23,5 milimetrů. Druhým údajem, který Blender potřebuje pro správný výpočet je ohnisková vzdálenost. Při nahrávání záběrů byla udělána velká chyba, protože ohnisková vzdálenost nebyla nikam zapsána. Velkou výhodou Blenderu je, že si dokáže tuto hodnotu dopočítat, pokud je zadána alespoň přibližná hodnota. Proto byla tato hodnota volena při každém záběru podle zvoleného objektivu. Další krok lze provést dvěma způsoby. První je manuální zadání bodů, které se budou analyzovat. Byla zvolena automatická funkce Detect Features. Tato funkce na záběru označí anomálie, které se budou dít spolehlivě trackovat.

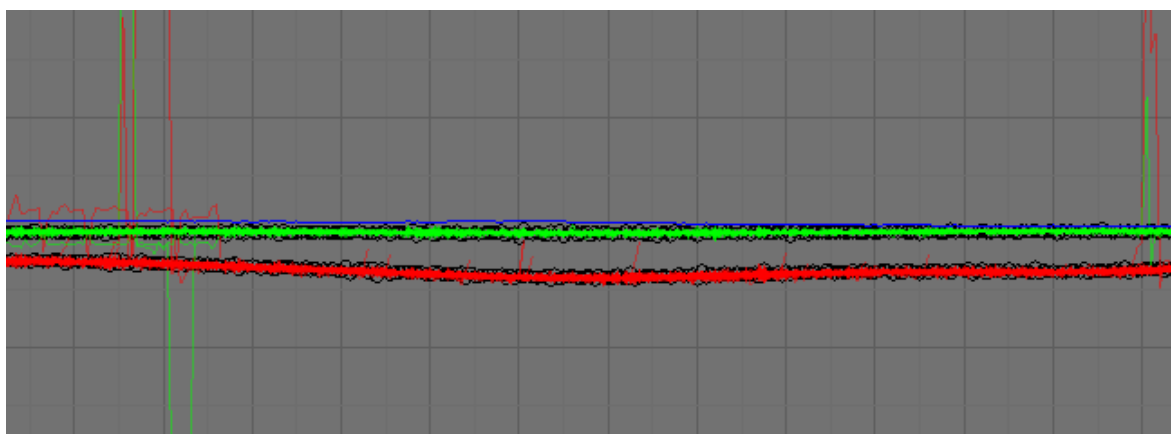


Obrázek 34: Markery určené k trackování

Po označení všech bodů byl záběr opět přehrán, při čemž se zaznamenávaly změny bodů oproti předchozím snímkům. Pro dosažení lepších výsledků bylo provedeno ještě zpětné trackování, kdy se na posledním snímku opět označí anomálie a klip se analyzuje pozpátku.

Bohužel funkce Detect Features vyhodnocuje body bez ohledu na to, kde se nachází. Problém nastává, kdy Blender sleduje bod na autě, které jede po záběru. Když světlé auto projede okolo sloupu, může se stát, že Blender vyhodnotí jako onen světlý bod na autě jako sloup a přestane sledovat auto. Tím vznikají v plynulosti pohybu anomálie, které je potřeba před aplikací eliminovat.

Pro eliminaci těchto anomálií bylo využito pohledu v Movie clip editoru, který se nazývá Graph. Veškeré výkyvy pohybů jsem v tomto pohledu znázorněny v grafu oproti nulové hodnotě. Lehké výkyvy způsobuje například pohyb bodu mimo záběr. Tyto lehké výkyvy jsou relativně v pořádku. Problémem jsou velké výkyvy, které můžeme vidět na obrázku 35.



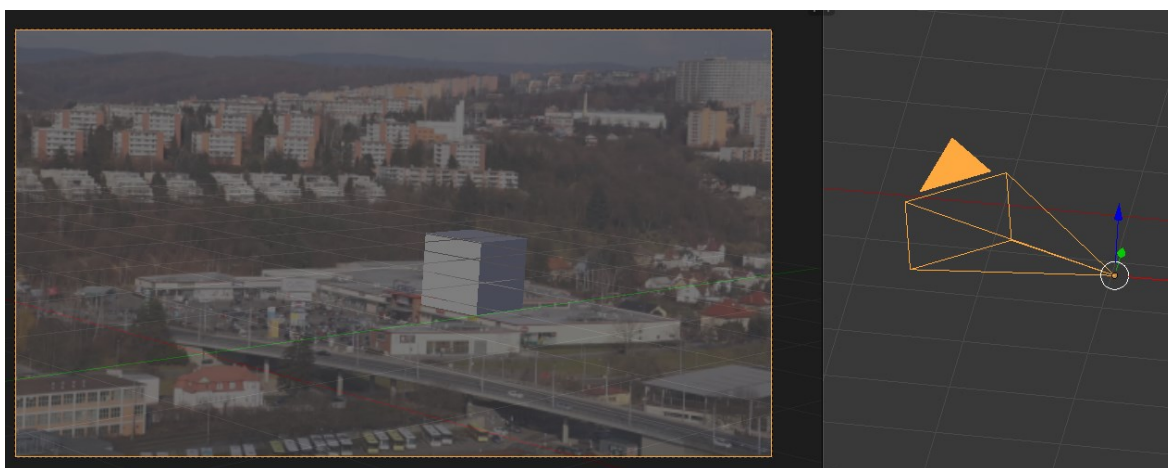
Obrázek 35: Graf pohybu jednotlivých Markerů a jejich výkyvů

Označením křivky velkého výkyvu dochází k označení bodu, který tuto anomálii způsobuje. Tyto problémy byly vyřešeny smazáním těchto bodů. Vzhledem k celkovému množství bodů nemá ztráta několika žádný vliv.

Po vyčištění zaznamenaných dat bylo provedeno vyhodnocení těchto dat pomocí nástroje Solve Camera Motion. Před samotným spuštěním nástroje je nutné nastavit, o jaký typ záběru se jedná a co se bude počítat. V tomto případě bylo zatrženo natáčení ze stativu a požadovaným výstupem byla ohnisková vzdálenost, která byla známa jen přibližně. Po spuštění výše zmíněného nástroje je důležitý report této akce ve formě hodnoty Solve error. Tato hodnota se musí v ideálním případě pohybovat okolo hodnoty 0. Při analýzách byla dodržena hodnota nižší než 1.

8.2 Nastavení kamery ve scéně

Nastavením výpočtu na základě klipu pořízeného ze stativu odpadá automatické nastavení kamery v dané scéně. Blender totiž počítá s perspektivou, která se v mých záběrech příliš nemění. Po dokončení výpočtů byly výsledky aplikovány hned dvakrát. V prvním kroku bylo nastaveno pozadí scény na analyzovaný klip a v druhém kroku proběhlo nastavení výsledků na kameru ve scéně. U druhého kroku lze při normálním stavu určit podlahu záběru a Blender kompletně nastaví scénu. Díky nastavení, které bylo zvoleno, bylo potřeba nastavit směr a pozici kamery ručně. Nebylo efektivní, vytvářet konkrétní scénu. Místo toho bylo využito základního objektu Box.



Obrázek 36: Rozdělení pracovní plochy pro správné nastavení kamery

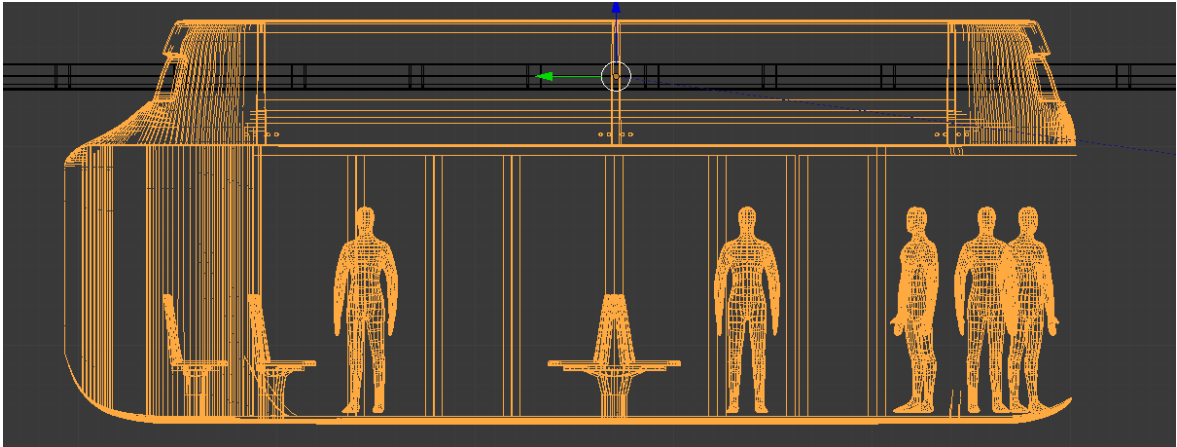
Rozdělením pracovní plochy na dvě části byla zvýšena efektivita tohoto kroku, kdy bylo využito náhledu samotné kamery a v druhé polovině normálního pohledu na scénu, při kterém probíhalo nastavování kamery tak, aby hrana objektu Box kopírovala hrany některého objektu z klipu. Byla provedena kontrola přehráním klipu, kdy objekt Box kopíroval pohyb na základě pohybu kamery.

8.3 Sestavení scén

Základem sestavení scén bylo vygenerování jednotlivých tras. Vzhledem k nedostatku záběrů trasy pana Ing. Zbyňka Domanského byla jeho vize doplněna o mnou domyšlené trasy pro vznik zajímavějších výstupů této práce.

Zaklad pro generování tvořila křivka. Pomocí křivek byla vymodelována dráha jednotlivých tras. Každá křivka byla později využita jako dráha pro generování strunové kolejnice. Po sjednocení středů, jak pro kolejnici, tak i pro křivku, bylo využito modifikátoru Curve, který

přichytí objekt k samotné křivce. Druhým modifikátorem Array pak bylo snadné vygenerovat množinu těchto kolejnic deformovanou podle dané křivky.



Obrázek 37: Ukázka kopírování středu vozidla po křivce uvnitř kolejnice

Pro snazší animaci modulů po dráze bylo opět využito křivek. Křivky prochází středem kolejnice. Pro animaci byly aplikovány na modulu všechny modifikátory a všechny jeho komponenty sjednoceny do jednoho objektu. Tento sjednocený modul byl později umístěn na kolejnici a nastaven jeho střed do úrovně na ose Z právě do bodu, který protínal danou křivku (viz obrázek č. 37). Využitím konstanty ClampTo dochází k pohybu středu modulu po samotné křivce. Pro správný sklon modulů u kolejnic, u kterých docházelo z důvodu vzdálenosti k průvěsům, bylo potřeba cca každý 20tý snímek provést ruční úpravu animace a sklonit model podle lokální osy dle daného záběru.

9 TVORBA VÝSTUPŮ

9.1 Rendering

Pro rendering byl využit renderovací engine Cycles s nastavením podle vstupních záběrů. Tyto záběry v rozlišení FullHD 1920x1080 natočené při snímkovací frekvenci 50 snímků za sekundu. Kvalita výsledného snímku v enginu Cycles se mimo jiné udává v Samplech. Tato hodnota byla nastavena konstantně pro všechny záběry na hodnotu 1000. Byla využita možnost renderování pomocí GPU i CPU a to konkrétně grafické karty NVIDIA 1060 6GB OC a procesoru AMD Ryzen 7 1700 s šestnácti vlákny.

Jako výstup z Blenderu byl využit export do formátu PNG s alfa kanálem, místo kterého bylo později doplněno pozadí záběrů. Pro 4 záběry z této práce byla vyrenderována PNG sekvence složená z 3152 souborů. I přes relativně velký výkon sestavy zabralo vykreslení jednoho snímku v průměru 35 sekund. Tedy výsledný renderovací čas (v Blenderu) činil asi 31 hodin.

9.2 Maskování a střih

Maskování překrývajících objektů bylo provedeno v trial verzi programu Adobe After Effects. Stejně jako Blender, dokáže i program Adobe After Effects dopočítávat změny mezi jednotlivými klíčovými snímky.

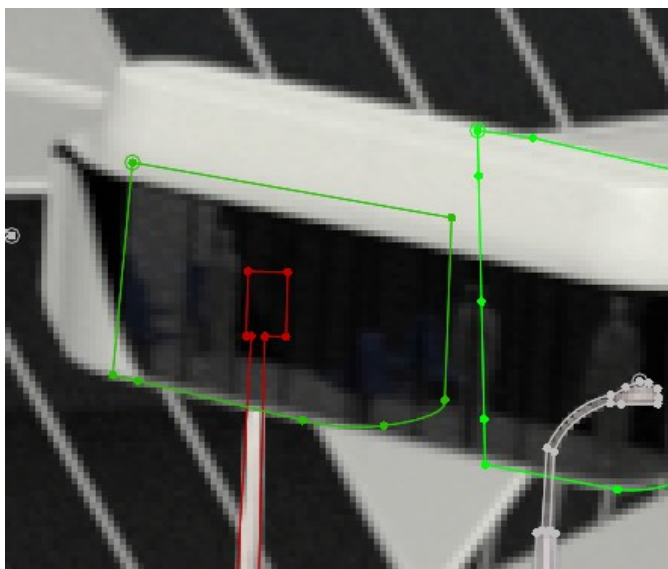
V Blenderu byly dopočítávány hodnoty po matematicky definované křivce. Pro natočení pohybu na stativu však nebyl využit žádný pohon, tedy otáčení na stativu není zcela pravidelné. Bylo tedy potřeba testovat pohyb všech masek a při vychýlení tuto odchylku eliminovat dalším klíčovým snímkem.

Samotné masky byly tvořeny nezávisle na sobě za účelem efektivnějšího řízení. Vrstvy byly seřazeny tak, aby na poslední pozici byl původní záběr a nad ním vyrenderovaná sekvence z Blenderu s alfa kanálem. Do samotné sekvence pak byly tvořeny masky pomocí nástroje Pen Tool. Klíčování pohybu masek byly prováděny postupně, nejdříve bylo klíčováno asi každé dvě vteřiny záběru a po té se mezi tyto klíče vkládaly další pro jemnější kontrolu. Efektivita v tomto postupu byla především v tom, že program vypočítal pozici alespoň přibližně.

Mimo klíčování pohybu, bylo občas potřeba klíčovat i průhlednost masky. Masky se přidávaly a ubíraly podle dění v záběru. Některé sloupy byly skryté, dokud se kamera neotočila a

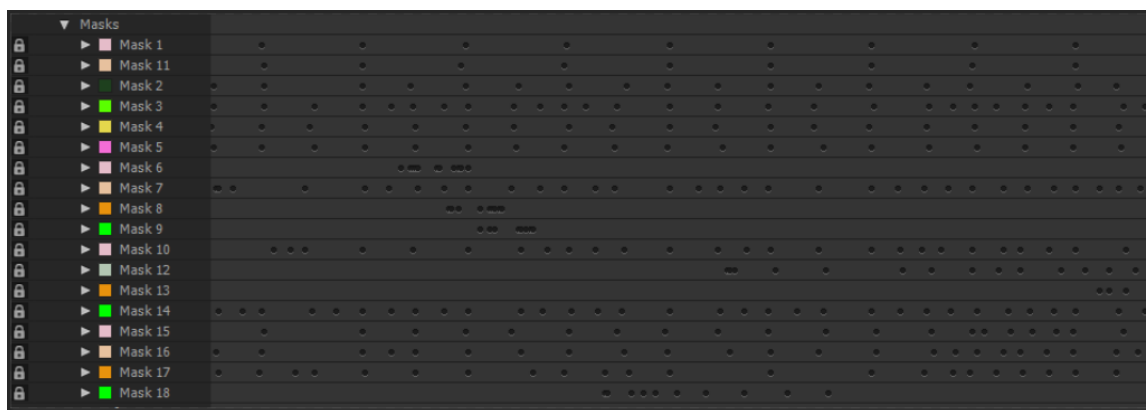
opačně. Pro tyto případy byl vždy cca tři snímky před potřebou masky vytvořen klíčový snímek, udržující průhlednost na hodnotě 0 a ve snímek potřeby masky dalším klíčem nastavena hodnota průhlednosti na 100, čímž maska nabyla účinnosti.

Dalším krokem bylo nastavení funkce masek. Na to byly využity dvě metody, a to Subtract a Add. Subtract jednoduše do daného záběru vytvoří trhlinu ve tvaru masky a vyplní ji alfa kanálem. Díky tomu se pak v dané masce objeví vrstva pod ní, tedy původní záběr. V některých chvílích bylo potřeba tyto dvě metody skombinovat.



Obrázek 38: Poziční postavení masek (Bílá, zelená, červená)

Na obrázku číslo 38 si lze všimnout, že červené masky musí být celý klip aktivní, aby původní sloupy překrývaly strunovou kolejnici a nástupní budovu. Nicméně ve chvíli, kdy projíždí kabina do nástupní budovy, je pozičně před červenou maskou. Je tedy potřeba v tuto chvíli funkci masky anulovat v rozsahu kabiny. Zelené masky byly tedy nastaveny na metodu Add, čímž došlo k anulování metody Subtract.



Obrázek 39: Ukázka masek a k nim přiřazených klíčových snímků

V poslední části práce bylo vytvořeno jednoduché video sestavené z výsledných záběrů, které byly zkráceny dle potřeby přímo na časové ose a umístěny do vrstev. Efekt přechodu byl vytvořen jednoduchou animací průhlednosti při lehkém přesahu záběrů mezi sebou. Celý klip je doprovázen hudbou z promo videa[35] umístěného na kanále SkyWay na serveru www.youtube.com, odkud bylo převzato také animované logo na začátku klipu. Snímky z tohoto klipu jsou vyobrazeny v přílohách 2-6 a samotný klip je obsahem DVD, přiloženého k této práci.

ZÁVĚR

Základní myšlenkou práce bylo vytvoření vizualizace trasy pana Ing. Zbyňka Domanského. Nicméně obstarání všech potřebných záběrů nebylo v mých silách a tak mimo jednoho záběru plánované trasy vzniklo několik dalších tras, jako rozšíření výstupů této práce, ale také jako náhled v případě širšího využití SkyWay, mimo trasu pana Ing. Zbyňka Domanského.

Možnosti programu Blender jsou takřka neomezené. Díky tomu má širokou oblast využití ať už ve filmovém a reklamním průmyslu nebo v použití u architektonických vizualizací, které mohou napomoci k realizaci nových technologií.

Během práce nastalo několik komplikací. Jednou z nich je bezesporu absence podkladů technologie SkyWay pro veřejnost, potřebných pro možnost přesnějšího modelování všech částí této technologie, a to ve formě technických výkresů.

Podkladové záběry byly natočeny na kvalitní fotoaparát Sony a6000, nicméně nebyl k dispozici tak kvalitní objektiv, aby bylo dosaženo požadované ostrosti záběrů.

Během modelování bylo díky pokročilejším metodám dosaženo detailního modelu vozidla technologie SkyWay. Ostatní části této technologie byly vytvořeny s určitou dávkou představitosti vzhledem k absenci konkrétních materiálů.

Během celé práce byl kladen důraz na využití konkrétních technik, vedoucích k co nejreálnějším výstupům práce. U modelování to byla bezesporu práce s modifikátory Bevel, tvorba kvalitních materiálů a dostatečná výstupní kvalita enginu Cycles. Při postprocessingu se pak jednalo o detailní maskování samotných záběrů. Některé z maskovaných objektů byly o velikosti méně než tři obrazové pixely na šířku. Nicméně pro dosažení co nejreálnějšího podání výstupů musely být přesně zamaskovány. V důsledku toho vzniklo větší množství masek, než se předpokládalo.

Možnost vylepšení práce by mohla spočívat v použití kvalitního dronu s kamerou, díky kterému by bylo možné zachytit požadovanou trasu a vytvořit zajímavější výstupy celé práce. Dále by se mnou vytvořené modely daly využít jako základ pro rozšířenou realitu.

Bylo vytvořeno několik modelů technologie SkyWay, u kterých bude možnost využití v dalších vizualizacích této technologie. I přes všechny komplikace vznikly jako výsledek práce snímky, znázorňující možnou podobu technologie SkyWay ve městě Zlín. Mimo tyto snímky bylo vytvořeno video obsahující samotné záběry s animovanými modely technologie SkyWay, sloužící pro rozšíření představy o této technologii.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software. blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software [online] [cit. 2018-02-02]. Dostupné z: <https://www.blender.org/>
- [2] Blender Reference Manual — Blender Manual. Blender Documentation - blender.org [online]. Copyright © Copyright [cit. 2018-02-02]. Dostupné z: <https://docs.blender.org/manual/en/dev/>
- [3] Doc:CZ/2.6/Manual/Introduction/History - BlenderWiki. Main Page - BlenderWiki [online]. [cit. 2018-02-03] Dostupné z: <https://wiki.blender.org/index.php/Doc:CZ/2.6/Manual/Introduction/History>
- [4] Historie vzniku Blenderu | Blender Spirit.cz - česká blender wiki. Blender Spirit.cz - česká blender wiki | stránky pro českou Blender3D komunitu – wiki, návody, zajímavosti, novinky atd. [online]. [cit. 2018-02-03] Dostupné z: <http://www.blender-spirit.cz/blender-entertainment/historie-vzniku-blenderu/>
- [5] Charakteristika programu Blender | Blender3d.cz. [online]. Copyright © 2005 Blender3dcz. Všechna práva vyhrazena. [cit. 2018-02-05]. Dostupné z: <http://www.blender3d.cz/drupal/?q=charakteristika>
- [6] Doc:CZ/2.6/Manual/Modeling/Objects - BlenderWiki. Main Page - BlenderWiki [online]. [cit. 2018-02-05] Dostupné z: <https://wiki.blender.org/index.php/Doc:CZ/2.6/Manual/Modeling/Objects>
- [7] Doc:CZ/2.6/Manual/Modeling/Meshes - BlenderWiki. Main Page - BlenderWiki [online]. [cit. 2018-02-05] Dostupné z: <https://wiki.blender.org/index.php/Doc:CZ/2.6/Manual/Modeling/Meshes>

- [8] Doc:CZ/2.6/Manual/Modeling/Curves - BlenderWiki. Main Page - BlenderWiki [online]. [cit. 2018-02-10] Dostupné z: <https://wiki.blender.org/index.php/Doc:CZ/2.6/Manual/Modeling/Curves>
- [9] 11. Animace – Stránky k výuce informatiky. Stránky k výuce informatiky – určené nejen pro studenty Gymnázia Vlašim [online]. Copyright © 2018 [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: <http://www.ivt.mzf.cz/seminar/11-animace/>
- [10] Introduction to Nodes — Blender Manual. Blender Documentation - blender.org [online]. Copyright © Copyright [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: https://docs.blender.org/manual/en/dev/render/blender_render/materials/nodes/introduction.html
- [11] Blender Basics Classroom Tutorial Book 5th Edition 2018 [online] [cit. 2018-02-20] Ke stažení dostupné z: http://www.cdschools.org/cms/lib04/PA09000075/Centricity/Domain/81/BlenderBasics_5thEdition2017.pdf
- [12] Making Realistic PBR Materials - Part 1, Blender Guru [online]. Copyright © 2017 Blender Guru [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <https://www.blenderguru.com/tutorials/pbr-shader-tutorial-pt1>
- [13] Dead Easy Tiles, Blender Guru [online]. Copyright © 2017 Blender Guru [cit. 2018-02-20]. Dostupné z: <http://www.blenderguru.com/tutorials/dead-easy-tile-tutorial>
- [14] Cycles. Cycles [online]. Copyright © 2018 Blender Foundation [cit. 2018-02-25]. Dostupné z: <https://www.cycles-renderer.org/about/>
- [15] Render Engine Comparison: Cycles vs The Rest, Blender Guru [online]. Copyright © 2017 Blender Guru [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <https://www.blenderguru.com/articles/render-engine-comparison-cycles-vs-giants>

- [16] Lamps — Blender Manual. Blender Documentation - blender.org [online]. Copyright © Copyright [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://docs.blender.org/manual/en/dev/render/cycles/lamps.html?highlight=lights>
- [17] Ambient Occlusion — Blender Manual. Blender Documentation - blender.org [online]. Copyright © Copyright [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: https://docs.blender.org/manual/en/dev/render/blender_render/world/ambient_occlusion.html
- [18] Struny::Skywayreal. Skywayreal [online]. Copyright © 2017 Skyway Real Int, Czech Republic [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://SkyWayreal.webnode.cz/struny/>
- [19] SkyWay - About. Official site of SkyWay group of companies [online]. Copyright © 2017 Rsw [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <http://rsw-systems.com/etp>
- [20] From Blender 3D 1.60 to 2.50 on Vimeo. Vimeo | The high-quality home for video hosting and watching [online]. Copyright © 2018 Vimeo, Inc. All rights reserved. [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <https://vimeo.com/8567074>
- [21] Blender 3D - řešení nejenom pro šetřilky - MujMAC.cz - Apple, Mac OS X, Apple iPod. MujMAC.cz - Apple, Mac OS X, Apple iPod[online]. Copyright © MujMAC.cz [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <http://www.mujmac.cz/rubriky/software/blender-3d-reseni-nejenom-pro-setrilky-55433cz>
- [22] Object Origin — Blender Manual. Blender Documentation - blender.org [online]. Copyright © Copyright [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://docs.blender.org/manual/en/dev/editors/3dview/object/origin.html>
- [23] Introduction — Blender Manual. Blender Documentation - blender.org [online]. Copyright © Copyright [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://docs.blender.org/manual/en/dev/modeling/modifiers/introduction.html>

- [24] Mirror Modifier — Blender Manual. Blender Documentation - blender.org [online]. Copyright © Copyright [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://docs.blender.org/manual/en/dev/modeling/modifiers/generate/mirror.html?highlight=mirror>
- [25] Array Modifier — Blender Manual. Blender Documentation - blender.org [online]. Copyright © Copyright [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://docs.blender.org/manual/en/dev/modeling/modifiers/generate/array.html>
- [26] Subdivision Surface Modifier — Blender Manual. Blender Documentation - blender.org [online]. Copyright © Copyright [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://docs.blender.org/manual/en/dev/modeling/modifiers/generate/subsurf.html>
- [27] Blender Full Keyboard Shortcuts by henriqueog - Download free from Cheatography - Cheatography.com: Cheat Sheets For Every Occasion. Build Cheat Sheets and Share Your Favourites! - Cheatography.com: Cheat Sheets For Every Occasion [online]. Copyright © 2011 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.cheatography.com/henriqueog/cheat-sheets/blender-full/>
- [28] Mike Pan on Twitter: "Very excited about the new soft edge rendering in #b3d Cycles. Add bevel without additional geometry!... ". Twitter. It's what's happening. [online]. Copyright © 2018 Twitter [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <https://twitter.com/themikepan/status/902959559664218112>
- [29] How to Make Photorealistic PBR Materials - Part 1 - YouTube. YouTube [online]. [cit. 2018-04-25] Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=V3wghbZ-Vh4&>
- [30] Timeline Editor — Blender Manual. Blender Documentation - blender.org [online]. Copyright © Copyright [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://docs.blender.org/manual/en/dev/editors/timeline.html>

- [31] Shader Nodes — Blender Manual. Blender Documentation - blender.org [online]. Copyright © Copyright [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://docs.blender.org/manual/en/dev/render/cycles/nodes/types/shaders/index.html>
- [32] Very Low Poly Human Basemesh | Blend Swap. Welcome to Blend Swap! | Blend Swap [online]. Copyright © 2009 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.blend-swap.com/blends/view/55698>
- [33] POKORNÝ, Pavel. Blender: naučte se 3D grafiku. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-244-2.
- [34] DOBBERT, Tim. Matchmoving the Invisible Art of Camera Tracking. 2nd ed. New York: Wiley, 2012. ISBN 1118529669.
- [35] SkyWay – The Road to the Future - YouTube. YouTube [online]. [cit. 2018-05-17] Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=jYAh-HdBFqg>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

GNU	General public license
NLA	Non-Linear Animation
HW	Hardware
CPU	Central processing unit
CUDA	Compute Unified Device Architecture
OpenCL	Open Computing Language
GPU	Graphic processing unit
HD	High-definition
LED	Light-Emitting Diode
VFX	Visual Effects

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Logo programu Blender [1]	11
Obrázek 2: Ukázka části klávesových zkratk [27].....	15
Obrázek 3: Rozdělení rozhraní Blenderu 2.79.....	16
Obrázek 4: Nabídka panelů.....	17
Obrázek 5: Chytrý fulltextový našeptávač.....	18
Obrázek 6: Volby nastavení Originu	19
Obrázek 7: Ukázka rozdílu mezi 3D cursorem, Originem a geometrií objektu	20
Obrázek 8: Nástroj Extrude	20
Obrázek 9: Složení Beziérovky křivky [8]	21
Obrázek 10: Nabídka modifikátorů	22
Obrázek 11: Použití modifikátoru Mirror	23
Obrázek 12: Příklad využití modifikátoru Array	23
Obrázek 13: Použití modifikátoru Subdivision surface	24
Obrázek 14: Rozdíl při použití modifikátoru Bevel [28].....	24
Obrázek 15: Možnosti editace KeyFrame	25
Obrázek 16: Náhled Fersnel efektu [29].....	27
Obrázek 17: Sestavení Node editoru pro tvorbu realistických textur [13]	28
Obrázek 18: Porovnání renderovacích enginů [15]	29
Obrázek 19: Ukázka technologie SkyWay [18]	32
Obrázek 20: Trasa plánovaná podle pana Ing. Zbyňka Domanského	34
Obrázek 21: Použití Background Images	35
Obrázek 22: Rozvržení proporcí	36
Obrázek 23: Pohled na přední a zadní část modulu.....	37
Obrázek 24: Žebrování podlahy	38
Obrázek 25: Čelní kryt modulu	39
Obrázek 26: Generování zábradlí podle křivky	39
Obrázek 27: Hotový model vozidla	40
Obrázek 28: Vytvoření Objektu Circle	41
Obrázek 29: Vytvořené varianty krycích částí budovy	42
Obrázek 30: Hotové modely budov	42
Obrázek 31: Hotové modely nosných částí	43
Obrázek 32: Využití node editoru pro vytvoření ztmaveného skla	43

Obrázek 33: Ukázka vytvořených materiálů	44
Obrázek 34: Markery určené k trackování	45
Obrázek 35: Graf pohybu jednotlivých Markerů a jejich výkyvů	46
Obrázek 36: Rozdělení pracovní plochy pro správné nastavení kamery	47
Obrázek 37: Ukázka kopírování středu vozidla po křivce uvnitř kolejnice	48
Obrázek 38: Poziční postavení masek (Bílá, zelená, červená)	50
Obrázek 39: Ukázka masek a k nim přiřazených klíčových snímků	50

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Struktura DVD
- P II Záběr Jižní Svahy
- P III Záběr budova 21
- P IV Záběr náměstí Práce 1
- P V Záběr náměstí Práce 2
- P VI Záběr směr Otrokovice

PŘÍLOHA I: STRUKTURA DVD

```
D:.  
|   Nástroje Camera a Object Tracking v Blenderu Lukáš Laštůvka.docx  
|  
+---Blender  
|   animation1.blend  
|   animation2.blend  
|   animation3.blend  
|   animation4.blend  
|   Human.blend  
|   Modely.blend  
|  
+---Podkladové fotografie  
|   01 stanice.jpg  
|   02 kotevniopodpera.jpg  
|   03 unicar 6-místne.jpg  
|   04 unibus 18-místný 3 sekce.jpg  
|   3-sekce 2x.JPG  
|   3-sekce.JPG  
|   katalog unibiky.JPG  
|   katalog unibusy a unicar.JPG  
|   katalog unibusy a unicity.JPG  
|   Krasnodar městská lanová.jpg  
|   městská doprava.JPG  
|   městská nad zácpou.jpg  
|   na příhradové konstrukci.jpg  
|   nad-pod hory.jpg  
|   návěsný 2x.JPG  
|   SW linear cities.JPG  
|   SW městská nadzemní.JPG  
|   sw podvěsná 01.jpg  
|   titul.JPG  
|   unibike + unibus.jpg  
|   unibike - večerní Budapešť.JPG  
|   unibike šedý.jpg  
|   unibike.jpg  
|   unibus 48-místný.jpg  
|   unibus a unibike.JPG  
|   unibus boční pohled.JPG  
|   unicar jede.JPG  
|   unicar na letišti s oplocením.JPG  
|   Zlín střed - JS - Vršava.jpg  
|  
+---Podkladové záběry  
|   1.mp4  
|   2.mp4  
|   3.mp4  
|   4.mp4  
|  
\---Výstupy  
|   1.png  
|   2.png  
|   3.png  
|   4.png  
|   5.png  
|   SkyWay_Zlín.mp4
```

PŘÍLOHA P II: ZÁBĚR JIŽNÍ SVAHY



PŘÍLOHA P III: ZÁBĚR BUDOVA 21



PŘÍLOHA P IV: ZÁBĚR NÁMĚSTÍ PRÁCE 1



PŘÍLOHA P V: ZÁBĚR NÁMĚSTÍ PRÁCE 2



PŘÍLOHA P VI: ZÁBĚR SMĚR OTROKOVICE

