VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

3D ANIMIRANA LEGO REKONSTRUKCIJA PRIZORA IZ VOJNE ZVEZD

Kandidat: Bor Zupanič

Vrsta študija: Študent izrednega študija

Študijski program: Medijska produkcija

Mentor predavatelj: mag. Anja Tolar Tomšič

Mentor v podjetju: Jaka Polutnik, univ. dipl. medij. kom

Lektor: Amadeja Žökš, mag. prof. slo. jez. in knj.; mag. prof. soc.

Maribor, 2026

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani/a Bor Zupanič, sem avtor/ica diplomskega dela z naslovom 3D animirana LEGO rekonstrukcija prizora iz Vojne zvezd, ki sem ga napisal/a pod mentorstvom mag. Anje Tolar Tomšič.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel/a, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, september 2026 Podpis študenta:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorici za strokovno pomoč, usmerjanje in koristne nasvete pri izdelavi diplomskega dela. Zahvala gre tudi vsem profesorjem in predavateljem, ki so mi skozi študij predali znanje in izkušnje, ki so pomembno prispevale k nastanku tega projekta.

POVZETEK

Diplomsko delo obravnava izdelavo 3D animirane rekonstrukcije izbranega prizora iz filma *Vojna zvezd: Jedijeva vrnitev* (angl. *Star Wars: Return of the Jedi*) v prepoznavnem LEGO vizualnem slogu. Namen dela je raziskati možnosti prenosa filmskega prizora v stilizirano digitalno okolje ter prikazati uporabo sodobnih tehnologij računalniške animacije in vizualnih učinkov. Poleg ustvarjalnega vidika delo predstavlja celoten produkcijski proces, od načrtovanja in modeliranja do upodabljanja (angl. *rendering*) in postprodukcije 3D računalniške animacije.

V teoretičnem delu so predstavljeni temeljni koncepti 3D računalniške animacije, vizualnih učinkov, filmskega jezika in digitalne produkcije. Obravnavana so načela animacije, uporaba stiliziranega vizualnega jezika, sodobne produkcijske tehnologije ter vpliv kompozicije, osvetlitve in zvočne podobe na doživljanje animiranih vsebin. Posebna pozornost je namenjena programskim orodjem Blender, Nuke in Adobe Premiere Pro ter uporabi proceduralnega sistema Geometry Nodes. Praktični del zajema izdelavo 3D računalniške animacije, ki vključuje modeliranje LEGO elementov, sestavljanje modelov vesoljskih plovil, razvoj proceduralnega sistema za ustvarjanje okolja vesoljske postaje Zvezde smrti (Death Star), animacijo, postavitev kamer, osvetljevanje, upodabljanje (angl. *rendering*) in postprodukcijsko obdelavo. Pri rekonstrukciji filmskih kadrov je izvedena analiza postavitve in gibanja kamere v izvirnem filmu. S pomočjo programa fSpy je mogoče natančno poustvariti položaj, orientacijo in goriščnico kamere ter zvesto rekonstruirati izvirno kompozicijo kadrov.

Rezultati kažejo, da sodobna 3D programska orodja in produkcijske metode omogočajo izdelavo stilizirane animacije, ki ohranja ključne vizualne in pripovedne značilnosti izvirnega prizora ter jih prilagaja novi estetski podobi. Uporaba LEGO estetike omogoča ustvarjalno reinterpretacijo izvirnika ob ohranjanju njegove prepoznavnosti. Kombinacija modularnih LEGO elementov in proceduralnega sistema Geometry Nodes omogoča učinkovitejšo izdelavo kompleksnega okolja ter poenostavlja produkcijski proces. Diplomsko delo povezuje znanja s področja računalniške grafike, animacije, vizualnih učinkov in digitalne postprodukcije ter prikazuje možnosti uporabe sodobnih produkcijskih tehnologij pri ustvarjanju stiliziranih digitalnih vsebin.

Ključne besede: *3D računalniška animacija, LEGO Star Wars animacija, Blender, Geometry Nodes, Nuke postprodukcija*

ABSTRACT

3D ANIMATED LEGO RECONSTRUCTION OF A SCENE FROM STAR WARS

This bachelor's thesis examines the creation of a 3D animated reconstruction of a selected scene from *Star Wars: Return of the Jedi* in the distinctive LEGO visual style. The aim of the thesis is to explore the possibilities of translating a cinematic scene into a stylized digital environment and to demonstrate the application of contemporary computer animation and visual effects technologies. In addition to the creative aspect, the thesis presents the complete production workflow, from planning and modelling to rendering and the post-production of a 3D computer animation.

The theoretical part introduces the fundamental concepts of 3D computer animation, visual effects, film language, and digital production. It discusses the principles of animation, the use of a stylized visual language, contemporary production technologies, and the influence of composition, lighting, and sound design on the audience's perception of animated content. Particular attention is devoted to the software packages Blender, Nuke, and Adobe Premiere Pro, as well as to the use of the procedural Geometry Nodes system.

The practical part focuses on the production of a 3D computer animation, including the modelling of LEGO elements, the assembly of spacecraft models, the development of a procedural system for generating the environment of the Death Star space station, animation, camera setup, lighting, rendering, and post-production. The reconstruction of the original film shots is based on an analysis of the camera placement and movement in the source material. Using the software fSpy, it is possible to accurately recreate the camera position, orientation, and focal length, thereby faithfully reconstructing the original shot composition.

The results demonstrate that contemporary 3D software and production methods enable the creation of a stylized animation that preserves the key visual and narrative characteristics of the original scene while adapting them to a new aesthetic. The LEGO visual style provides a creative reinterpretation of the original while maintaining its recognisability. Furthermore, the combination of modular LEGO elements and the procedural Geometry Nodes system enables a more efficient creation of complex environments and simplifies the production workflow.

The thesis integrates knowledge from the fields of computer graphics, animation, visual effects, and digital post-production, demonstrating the potential of contemporary production technologies for creating stylized digital content.

Keywords: *3D computer animation, LEGO Star Wars animation, Blender, Geometry Nodes, Nuke post-production*

KAZALO VSEBINE

1. UVOD 12

1.1 OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA 12

1.2 NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE 12

1.3 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE 15

1.4 UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE 15

2. TEORETIČNI DEL 17

2.1 ZGODOVINSKI KONTEKST IN VPLIV VOJNE ZVEZD NA RAZVOJ 3D RAČUNALNIŠKE ANIMACIJE IN POSEBNIH UČINKOV 17

2.2 LEGO KOT VIZUALNI IN PRIPOVEDNI JEZIK V ANIMACIJI 19

2.3 UPORABA NAČEL ANIMACIJE V 3D RAČUNALNIŠKI ANIMACIJI 20

2.4 ANALIZA PRIMEROV URADNIH IN LJUBITELJSKIH LEGO ANIMACIJ 23

2.5 PREGLED UPORABLJENIH PROGRAMSKIH ORODIJ IN TEHNOLOGIJ 27

2.5.1 BLENDER 28

2.5.2 NUKE 30

2.5.3 ADOBE PREMIERE PRO 31

2.6 VPLIV ZVOČNE PODOBE FILMA NA DOŽIVLJANJE ANIMACIJE 32

3. PREDPRODUKCIJA PROJEKTA 34

3.1. IDEJNA ZASNOVA PROJEKTA 34

3.2 ZGODBORIS 36

3.3 LIKOVNA ZASNOVA (ANGL. CONCEPT ART) PROJEKTA 37

3.4 SNEMALNA KNJIGA 40

3.5 IZBOR PROGRAMSKIH ORODIJ 41

3.5.1 BLENDER 42

3.5.2 NUKE 44

3.5.3 ADOBE PREMIERE PRO 45
3.6 NAČRT PRODUKCIJE 46
3.7 FINANČNA ANALIZA PROJEKTA 47
4. PRODUKCIJA 50
4.1 MODELIRANJE IN TEKSTURIRANJE LEGO ELEMENTOV 50
4.1.1 DODAJANJE IN UREJANJE MATERIALOV IN TEKSTUR 53
4.2 UPORABA PROCEDURALNEGA SISTEMA GEOMETRY NODES 56
4.2.1 RAZVOJ SISTEMA 56
4.3 POSTAVITEV SCENE IN KAMERE 60
4.4 ANIMACIJA 3D MODELOV IN KAMER 62
4.5 OSVETLJEVANJE 64
4.6 UPODABLJANJE (RENDERING) IN OPTIMIZACIJA PROCESA UPODABLJANJA 65
5. POSTPRODUKCIJA 68
5.1 MONTAŽA PLASTI (ANGL. COMPOSITING) V PROGRAMU NUKE 68
5.2 DODAJANJE VIZUALNIH UČINKOV 69
5.3 BARVNA KOREKCIJA IN USTVARJANJE KINEMATOGRAFSKEGA VIDEZA 72
5.4 KONČNA MONTAŽA ANIMACIJE 73
6. SKLEP 75
7. VIRI 79

KAZALO SLIK

SLIKA 1: SNEMANJE PRIZORA IZ IZVIRNEGA FILMA Z UPORABO FIZIČNIH MODELOV IN MODREGA OZADJA 17

SLIKA 2: PRIMER SODOBNEGA CGI OKOLJA 18

SLIKA 3: REFERENČNA SLIKA FILMA: THE LEGO MOVIE 24

SLIKA 4: REFERENČNA SLIKA LJUBITELJSKEGA FILMA: LEGO WESTERN STANDOFF 24

SLIKA 5: REFERENČNI PRIKAZ LEGO MODELA IN POVRŠINSKIH LASTNOSTI MATERIALA 26

SLIKA 6: PRIKAZ DELA V PROGRAMSKEM OKOLJU BLENDER 29

SLIKA 7: VOZLIŠČNI POTEK SESTAVLJANJA IN UREJANJA SLIKOVNIH PLASTI (ANGL. COMPOSITING) V PROGRAMU NUKE 31

SLIKA 8: NELINEARNO VIDEO IN AVDIO UREJANJE (MONTAŽA). 32

SLIKA 9: PLAKAT FILMA: STAR WARS: RETURN OF THE JEDI 34

SLIKA 10: PRIMERJAVA IZVIRNEGA FILMSKEGA PRIZORA IN LEGO REKONSTRUKCIJE 35

SLIKA 11: LIKOVNA ZASNOVA (CONCEPT ART) PROJEKTA 38

SLIKA 12: BARVNA SHEMA PROJEKTA 39

SLIKA 13: PROCEDURALNO USTVARJANJE LEGO STRUKTURE EKSPLOZIJ S SISTEMOM GEOMETRY NODES 43

SLIKA 14: SESTAVLJANJE IN OBDELAVA VEČPLASTNIH DATOTEK EXR V PROGRAMU NUKE 44

SLIKA 15: ORGANIZACIJA KADROV NA ČASOVNICI PROGRAMA ADOBE PREMIERE PRO 45

SLIKA 16: LEGO STAR WARS: MILLENNIUM FALCON, SET (75192) 51

SLIKA 17: 3D MODEL MILLENNIUM FALCONA 51

SLIKA 18: LEGO STAR WARS: X-WING, SET (75355) 51

SLIKA 19: 3D MODEL VESOLJSKE LADJE X-WING 51
SLIKA 20: LEGO STAR WARS: TIE FIGHTER, SET (75300) 52
SLIKA 21: 3D MODEL VESOLJSKE LADJE TIE-FIGHTER 52
SLIKA 22: ZGRADBA MATERIALA LEGO PLASTIKE 54
SLIKA 23: PRIPRAVA IN PREVERJANJE MATERIALA LEGO PLASTIKE V DELOVNEM OKOLJU SHADING 55
SLIKA 24: UPODOBLJEN PRIKAZ MATERIALA 55
SLIKA 25: PRIKAZ DELOVANJA SISTEMA GEOMETRY NODES NA IZBRANI GEOMETRIJI 56
SLIKA 26: STANDARDNA LEGO KOCKA 1X1 57
SLIKA 27: ZGRADBA GEOMETRY NODES SISTEMA ZA PRETVARJANJE GEOMETRIJE V LEGO KOCKE 57
SLIKA 28: PRIKAZ GEOMETRY NODES SISTEMA PO UPORABI 59
SLIKA 29: PRIKAZ GEOMETRY NODES SISTEMA PRED UPORABO 59
SLIKA 30: PROCES ANALIZE PRIZORA V PROGRAMU FSPY 61
SLIKA 31: POSTAVITEV IN NASTAVITVE KAMERE 62
SLIKA 32: ANIMACIJSKE POTI OBJEKTOV Z OMEJITVIJO SLEDENJA POTI (ANGL. FOLLOW PATH CONSTRAINT) 63
SLIKA 33: RAZPOREDITEV SVETLOBNIH VIROV ZA OSVETLITEV NOTRANJOSTI ZVEZDE SMRTI 65
SLIKA 34: NASTAVITVE UPODABLJANJA 67
SLIKA 35: PRIKAZ VOZLIŠČNEGA SISTEMA V PROGRAMU NUKE 69
SLIKA 36: NEOBDELANA UPODOBITEV IZ PROGRAMA BLENDER 70
SLIKA 37: UPODOBITEV PO BARVNIH KOREKCIJAH IN UPORABI UČINKA ŽARENJA (ANGL. GLOW) 71
SLIKA 38: KONČNA UPODOBITEV (ANGL. RENDER) 72
SLIKA 39: PRIMERJAVA PRIZORA PRED IN PO IZVEDENI BARVNI KOREKCIJI 72
SLIKA 40: MONTAŽA V PROGRAMU ADOBE PREMIERE PRO 74

KAZALO TABEL

TABELA 1: ZGODBORIS 36
TABELA 2: SNEMALNA KNJIGA 40
TABELA 3: NAČRT PRODUKCIJE 46
TABELA 4: GANTOGRAM 47
TABELA 5: OKVIRNA OCENA ČASA IZDELAVE IN PRODUKCIJSKIH STROŠKOV 48
TABELA 6: PREDVIDENE PRODUKCIJSKE VLOGE PRI IZDELAVI ANIMACIJE 48

1. UVOD

1.1 OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA

Diplomsko delo obravnava izdelavo 3D animirane rekonstrukcije izbranega filmskega prizora iz filma Vojna zvezd: Jedijeva vrnitev (Star Wars: Return of the Jedi) v prepoznavnem LEGO vizualnem slogu. Projekt združuje ključne faze produkcije 3D animiranega filma, od analize izvirnega filmskega prizora, načrtovanja in 3D modeliranja do dodajanja in urejanja materialov ter tekstur, postavitve in animiranje kamer, proceduralnega modeliranja, osvetljevanja, animacije, upodabljanja (angl. rendering), montažo in urejanje slikovnih plasti (angl. compositing) ter digitalno postprodukcijo.

Kot referenca za rekonstrukcijo je bil izbran zaključni prizor, ki prikazuje napad uporniške flote na drugo bojno vesoljsko postajo Zvezde smrti (Death Star), osrednjo bojno postajo Galaktičnega imperija. Prizor velja za enega najbolj prepoznavnih akcijskih dogodkov celotne franšize Vojne zvezd (angl. Star Wars). Zaradi dinamičnosti dogajanja, kompleksne prostorske zasnove in izrazite uporabe filmskih učinkov predstavlja primer zanimiv izziv za raziskovanje možnosti prenosa filmske vsebine v stilizirano tridimenzionalno okolje.

Posebnost projekta predstavlja uporaba LEGO estetike, ki izvirni filmski prizor interpretira na nov način, pri tem pa skuša ohraniti njegovo prepoznavnost in pripovedno moč. S kombinacijo sodobnih 3D produkcijskih tehnologij, proceduralnih metod in filmskih principov animacije, projekt raziskuje možnosti ustvarjanja stiliziranih vsebin in prikazuje celoten proces njihove izdelave, od predprodukcije do končne upodobitve.

1.2 NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE

Namen diplomskega dela bo izdelati 3D računalniško animirano rekonstrukcijo izbranega prizora iz filma Vojna zvezd: Jedijeva vrnitev (Star Wars: Return of the Jedi) v prepoznavnem LEGO vizualnem slogu ter raziskati možnosti prenosa filmske vsebine v stilizirano digitalno okolje. Poleg tehnične izvedbe rekonstrukcije bo namen dela tudi raziskati, kako uporaba različnih produkcijskih postopkov, kot so animacija, postavitev in gibanje kamere, osvetlitev, postprodukcija ter zvočna podoba, vpliva na končni vizualni in pripovedni učinek animacije.

Projekt bo usmerjen v širšo ciljno publiko, ki bo vključevala ljubitelje franšize Star Wars, LEGO skupnost ter gledalce, ki jih zanimajo 3D računalniška animacija, vizualni učinki in digitalna produkcija. LEGO vizualni slog bo omogočal dostopnost vsebine tudi mlajšim gledalcem, hkrati pa bo zaradi prepoznavnih elementov izvirnega filma ohranjal zanimanje starejšega občinstva. Komunikacijska vrednost projekta bo temeljila na povezovanju prepoznavnega filmskega dela z novo stilizirano LEGO interpretacijo ter na raziskovanju vpliva vizualnega sloga na doživljanje animirane vsebine.

Osrednji cilj projekta bo ustvariti tehnično dovršeno in vizualno prepričljivo animacijo, ki bo kljub stilizirani podobi ohranila ključne vizualne in pripovedne značilnosti izvirnega prizora. Pri tem bo poudarek na uporabi sodobnih produkcijskih postopkov in programskih orodij, ki omogočajo izdelavo kakovostnih 3D računalniških animacij ter učinkovito organizacijo celotnega produkcijskega procesa. Hkrati bo delo preverjalo, ali ima lahko takšna oblika animacije potencial za promocijsko, izobraževalno in zabavno uporabo.

Glavni cilji diplomskega dela so:

- analizirati značilnosti izbranega filmskega prizora;
- raziskati uporabo LEGO estetike v 3D računalniški animaciji;
- načrtovati produkcijski proces izdelave 3D animirane rekonstrukcije;
- izdelati knjižnico LEGO elementov ter 3D modele vesoljskih plovil;
- razviti proceduralni sistem za generiranje okolja vesoljske postaje (Death Star (slov. Zvezda smrti);
- rekonstruirati izbrane filmske kadre z analizo postavitve kamere in rekonstrukcijo kamer v 3D prostoru;
- izdelati končno 3D animacijo ter izvesti njeno digitalno postprodukcijsko;
- pripraviti terminski, organizacijski in finančni načrt izvedbe projekta;
- analizirati možnosti trženja ter uporabo vrednost izdelane animacije na slovenskem in mednarodnem trgu;
- ovrednotiti uspešnost projekta z vidika doseganja zastavljenih ciljev, tehnične izvedbe in možnosti uporabe v praksi.

Diplomsko delo temelji na raziskovanju možnosti rekonstrukcije filmskega prizora v LEGO vizualnem slogu ter na analizi vpliva stilizacije na doživljanje animacije.

Raziskovalna vprašanja:

RV1: Kako LEGO vizualna stilizacija vpliva na prepoznavnost in pripovedno jasnost rekonstruiranega filmskega prizora?

RV2: Kako uporaba temeljnih animacijskih načel, postavitve in gibanja kamere ter osvetlitve vpliva na vizualno kakovost in estetsko prepričljivost 3D animirane LEGO rekonstrukcije?

RV3: Kako integrirana uporaba programov Blender, Nuke in Adobe Premiere Pro prispeva k učinkoviti izvedbi produkcijskega procesa ter kakovosti končnega izdelka?

RV4: Kako uporaba proceduralnega modeliranja z Geometry Nodes vpliva na učinkovitost izdelave kompleksnega LEGO okolja?

RV5: Kakšen je potencial izdelane LEGO animacije za promocijsko, izobraževalno in zabavno uporabo na slovenskem oziroma širšem trgu?

Na podlagi raziskovalnih vprašanj so oblikovane naslednje hipoteze:

H1: LEGO vizualna stilizacija omogoča uspešno rekonstrukcijo izbranega filmskega prizora, pri čemer ohranja njegovo prepoznavnost in pripovedno jasnost.

H2: Uporaba temeljnih animacijskih načel, ustrezne postavitve in gibanja kamere ter osvetlitve pomembno prispeva k vizualni kakovosti in estetiki prepričljivosti 3D animirane LEGO rekonstrukcije.

H3: Integrirana uporaba programov Blender, Nuke in Adobe Premiere Pro omogoča učinkovit produkcijski proces ter kakovostno tehnično izvedbo končne animacije primerljivo z uradnimi LEGO produkcijami.

H4: Proceduralne tehnike z Geometry Nodes v Blenderju omogočajo učinkovito gradnjo kompleksnih scen, kar povečuje modularnost in produkcijsko fleksibilnost v rekonstrukciji domišljijskih okolij.

H5: Izdelana LEGO animacija ima potencial za promocijsko, izobraževalno in zabavno uporabo ter predstavlja primer uporabe sodobnih 3D produkcijskih postopkov za slovenski in mednarodni trg.

1.3 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Pri izdelavi diplomskega dela bo predpostavljeno, da bodo izbrana programska orodja omogočala izvedbo vseh načrtovanih faz produkcije, od modeliranja in animacije do upodabljanja (angl. rendering) ter postprodukcije. Predpostavljeno bo tudi, da bodo referenčni materiali iz filma in uradna LEGO navodila zagotavljali dovolj informacij za natančno rekonstrukcijo izbranega prizora.

Izvedba 3D računalniško animirane rekonstrukcije bo predstavljala več produkcijskih in tehničnih izzivov. Eden ključnih bo ohraniti prepoznavnost izvirnega filmskega prizora ob njegovi prilagoditvi v stilizirano LEGO podobo, pri čemer bo treba ohraniti bistvene elemente filmskega jezika, kot so kompozicija, postavitev in gibanje kamere, osvetlitev ter montaža. Pomemben izziv bo predstavljala tudi organizacija produkcijskega procesa, saj bo projekt izveden kot samostojna produkcija, pri kateri bo vse faze izdelave izvajala ena oseba.

Izdelava diplomskega dela bo omejena predvsem z razpoložljivim časom in zmogljivostjo računalniške opreme. Zaradi velikega števila 3D modelov, kompleksnosti scene in zahtevnega upodabljanja, bo treba produkcijski proces skrbno načrtovati in optimizirati. Dodatni izziv bo predstavljalo tudi usklajevanje dela med programi Blender, Nuke in Adobe Premiere Pro ter zagotavljanje enotne vizualne podobe končne animacije. K učinkovitejši izdelavi scene in skrajšanju produkcijskega časa bo prispevala uporaba proceduralnega modeliranja z Geometry Nodes.

Zaradi obsežnosti projekta bo praktični del omejen na rekonstrukcijo izbranega prizora iz filma Vojna zvezd: Jedijeva vrnitev (Star Wars: Return of the Jedi) in ne celotnega filma. Omejitev bo predstavljala tudi uporaba izbranih programskih orodij, saj delo ne bo vključevalo primerjave z drugimi programi za 3D modeliranje, animacijo ali postprodukcijo. Namen diplomskega dela bo prikazati celoten produkcijski proces z uporabo izbranih orodij ter ovrednotiti njihovo uporabnost pri izdelavi 3D animirane rekonstrukcije.

1.4 UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE

Pri izdelavi diplomskega dela bodo uporabljene različne raziskovalne in praktične metode dela. Teoretični del temelji na pregledu strokovne literature s področja računalniške animacije, računalniške grafike, filmskega jezika in digitalne produkcije. Posebna pozornost bo namenjena

uporabi načel animacije, stilizirani vizualni podobi, sodobnim produkcijskim postopkom in tehnologijam, ki se uporabljajo pri izdelavi 3D računalniško animiranih vsebin.

V praktičnem delu bo uporabljena metoda študije primera, ki bo zajemala rekonstrukcijo izbranega filmskega prizora v novem vizualnem slogu. Projekt bo temeljil na opazovanju in analizi referenčnega filmskega gradiva, izdelavi 3D modelov, teksturiranja, animacij, postavitvi scene, osvetljevanju, upodabljanju (angl. rendering) ter digitalni postprodukciji. V okviru razvoja proceduralnega sistema bo uporabljena eksperimentalna metoda, ki bo vključevala načrtovanje, preizkušanje in vrednotenje različnih rešitev z uporabo Geometry Nodes. Pri izvedbi projekta bodo uporabljeni programi Blender, Nuke in Adobe Premiere Pro, ki skupaj omogočajo izvedbo celotnega produkcijskega procesa.

Med izdelavo projekta bo uporabljena tudi refleksivna metoda, ki bo temeljila na sprotnem vrednotenju ustvarjalnega procesa, analizi sprejetih odločitev in odpravljanju ugotovljenih pomanjkljivosti. Uspešnost rekonstrukcije bo ovrednotena s primerjalno analizo končne animacije glede na izvirni filmski proces ter z vidika doseganja zastavljenih ciljev in potencialne uporabnosti za ciljno publiko.

Diplomsko delo bo razdeljeno na teoretični in praktični del. Teoretični del predstavlja strokovna izhodišča za razumevanje področja 3D računalniške animacije, vizualnih učinkov in digitalne produkcije, praktični del pa bo podrobno opisal posamezne faze izdelave animacije ter analiziral dosežene rezultate. Takšna struktura bo omogočala povezovanje teoretičnih spoznanj s praktično izvedbo projekta in celovito vrednotenje končnega izdelka.

2. TEORETIČNI DEL

2.1 ZGODOVINSKI KONTEKST IN VPLIV VOJNE ZVEZD NA RAZVOJ 3D RAČUNALNIŠKE ANIMACIJE IN POSEBNIH UČINKOV

Franšiza Vojne Zvezd (Star Wars) predstavlja eno najvplivnejših filmskih serij v zgodovini sodobne kinematografije. Poleg kulturnega pomena je pomembno prispevala tudi k razvoju filmskih produkcijskih postopkov, predvsem na področju posebnih vizualnih učinkov (angl. visual effects – VFX). Pri nastajanju prvih filmov so bile razvite številne inovativne tehnike snemanja, uporabe maket, optičnega združevanja posnetkov in nadzora gibanja kamere (angl. motion control), ki so postavile nove standarde filmske produkcije (Rinzler, 2013).

V naslednjih desetletjih je razvoj računalniške grafike omogočil postopno uvajanje digitalnih modelov in računalniško ustvarjenih vizualnih učinkov (angl. computer-generated imagery – CGI). S tem se je razširil nabor produkcijskih postopkov, saj je bilo mogoče zahtevne prizore ustvarjati z uporabo tridimenzionalnega modeliranja, digitalne osvetlitve, simulacij in računalniške animacije. Razvoj teh tehnologij je pomembno vplival na sodobno filmsko produkcijo in omogočil nastanek novih načinov ustvarjanja vizualnih učinkov (Kerlow, 2009; Beane, 2012; Birn, 2013).



Slika 1: Snemanje prizora iz izvirnega filma z uporabo fizičnih modelov in modrega ozadja.

Vir: https://www.ilm.com/vfx/star-wars-episode-iv-a-new-hope/

Napredek računalniške tehnologije je prispeval tudi k razvoju dostopnejših programskih orodij za 3D grafiko. Programska oprema, kot je Blender, omogoča modeliranje, animiranje, izdelavo materialov, osvetljevanje in upodabljanje (rendering) znotraj enotnega produkcijskega okolja, zaradi česar predstavlja pomembno orodje tako v profesionalni produkciji kot tudi v izobraževalnem okolju (Blender Documentation Team, 2024; Gabrijelčič Tomc idr., 2021).



Slika 2: Primer sodobnega CGI okolja.

Vir: https://www.starwarsnewsnet.com/2016/09/new-ilm-vfx-reel-from-star-wars-the-force-awakens.html

Pomemben del sodobne produkcije predstavlja tudi digitalna postprodukcija. Programi. namenjeni sestavljanju slikovnih plasti (angl. compositing), omogočajo združevanje posameznih upodobljenih (angl. rendered) slojev (angl. render passes), barvne korekcije ter dodajanje različnih vizualnih učinkov, kar ustvarjalcem omogoča večji nadzor nad končno podobo animacije. Takšen način dela danes predstavlja standardni del profesionalne produkcije računalniško ustvarjenih animacij in vizualnih učinkov (Foundry, 2024; Bordwell in Thompson, 2019).

Franšiza Vojne zvezd (Star Wars) je pomembno prispevala k razvoju filmskih produkcijskih tehnik ter spodbudila širšo uporabo naprednih vizualnih učinkov v filmski industriji. Skupaj z razvojem računalniške grafike in sodobnih produkcijskih orodij je omogočila postopke, ki danes predstavljajo pomemben del profesionalne in neodvisne produkcije 3D računalniških animacij (Rinzler, 2013; Kerlow, 2009).

2.2 LEGO KOT VIZUALNI IN PRIPOVEDNI JEZIK V ANIMACIJI

Wells animacijo obravnava kot samostojno filmsko obliko z lastnimi načini vizualnega predstavljanja in pripovedovanja. Vizualni slog zato ni le estetska značilnost, temveč vpliva tudi na način, kako gledalec razume prostor, objekte in dogajanje. V obravnavanem diplomskem delu prenos filmskega prizora v LEGO okolje ne predstavlja zgolj spremembe videza, temveč reinterpretacijo izvirnika v drugačnem vizualnem sistemu. Wells sicer ne obravnava neposredno LEGO animacije, vendar njegovo delo omogoča razumevanje stilizacije kot dejavnega dela animiranega pripovedovanja (Wells, 1998).

LEGO je mogoče razumeti kot vizualni jezik zaradi ponavljajočih se in prepoznavnih oblik, razmerij, barv ter konstrukcijskih pravil. Brownlee ugotavlja, da LEGO animacije pogosto uporabljajo motive in like iz znanih filmskih franšiz ter jih prilagajajo značilni podobi kock in figur. Pri takšni reinterpretaciji LEGO deluje kot vizualni filter, ki zmanjša količino podrobnosti, vendar lahko z ohranjanjem ključnih oblik, barv, razmerij in kompozicijskih značilnosti še vedno ohrani identiteto izvirnega prizora. Pri rekonstrukciji prizora iz filma Vojna zvezd: Jedijeva vrnitev je bilo zato pomembno, da so Millennium Falcon, X-Wing, TIE Fighters in okolje Zvezde smrti kljub poenostavljeni LEGO geometriji ostali jasno prepoznavni (Brownlee, 2016; Wells, 1998).

Brownlee pri analizi LEGO stop animacij (angl. stop-motion animation) poudarja tudi pomen preglednega gibanja, stabilne kamere, scenografije in zvoka. Čeprav se njene ugotovitve nanašajo predvsem na fizično stop-motion produkcijo, so pomembne tudi za digitalno 3D animacijo, saj lahko neustrezno gibanje kamere ali objektov zmanjša razumljivost prizora. V diplomskem projektu so bile zato poti kamer in vesoljskih plovil načrtovane na podlagi izvirnega filma, njihova hitrost in časovna usklajenost pa sta bili prilagojeni tako, da je dogajanje ostalo jasno in dinamično (prav tam).

Bordwell idr. filmski slog razlagajo kot povezavo mizanscene, kamere, montaže in zvoka, ki skupaj vplivajo na gledalčevo razumevanje dogajanja. Njihov pristop dopolnjuje Wellsovo razumevanje animacije in Brownleejino analizo LEGO produkcij. Pri rekonstrukciji zato ni bilo dovolj izdelati samo prepoznavnih LEGO modelov, temveč je bilo treba ohraniti tudi kompozicijo, perspektivo, gibanje kamere, osvetlitev, ritem montaže in zvočno podobo izvirnega prizora. Ti elementi so bili pomembni predvsem zato, ker je LEGO geometrija poenostavljena in sama po sebi ne more prenesti vseh prostorskih ter pripovednih informacij izvirnega filma (Bordwell in Thompson, 2019; Brownlee, 2016; Wells, 1998).

Williams poudarja pomen tempiranja, razporeditve gibanja in jasne uprizoritve animirane akcije. Pri animiranju vesoljskih plovil sta tempiranje in spreminjanje hitrosti vplivala na občutek njihove mase, hitrosti in oddaljenosti. Vseh načel klasične animacije pri togih LEGO modelih ni bilo mogoče uporabiti, saj deformacije, značilne za animacijo živih likov, za takšne objekte niso primerne. Večji pomen so zato imeli časovna razporeditev gibanja, gibanje po načrtovanih poteh in pregledna postavitev objektov v kadru (Williams, 2009).

LEGO stilizacija ima v primerjavi s fotorealistično animacijo določene prednosti in omejitve. Njena prednost je prepoznaven in enoten vizualni sistem, ki omogoča novo interpretacijo že znane filmske vsebine. Po drugi strani lahko poenostavljena geometrija, merilo igrače in togost elementov zmanjšajo občutek velikosti, prostorske globine ali resnosti dogajanja. Te omejitve so bile v diplomskem projektu zmanjšane z ohranjanjem značilnih silhuet, rekonstrukcijo perspektive, dinamičnim gibanjem kamer, ustrezno osvetlitvijo in postprodukcijsko obdelavo. Takšen pristop kaže, da stilizacija ne pomeni nujno zmanjšanja pripovedne jasnosti, vendar zahteva premišljeno uporabo filmskih in animacijskih izraznih sredstev (Bordwell in Thompson, 2019; Brownlee, 2016; Williams, 2009).

Primerjava uporabljenih virov pokaže, da LEGO kot vizualni in pripovedni jezik ne temelji samo na videzu kock. Wells pojasnjuje vlogo stilizacije v animaciji, Bordwell idr. pomen filmskih izraznih sredstev, Williams načela jasnega in prepričljivega gibanja, Brownlee pa njihove posebnosti pri LEGO animacijah. V obravnavanem projektu je LEGO vizualni jezik zato nastal s povezovanjem modularne podobe kock, prepoznavnih elementov franšize Vojna zvezd, načel animacije in filmskega jezika (Bordwell in Thompson, 2019; Brownlee, 2016; Wells, 1998; Williams, 2009).

2.3 UPORABA NAČEL ANIMACIJE V 3D RAČUNALNIŠKI ANIMACIJI

Dvanajst načel animacije sta oblikovala Disneyjeva animatorja Frank Thomas in Ollie Johnston ter jih predstavila v knjigi The Illusion of Life: Disney Animation (Thomas in Johnston, 1981). Njihov namen je ustvariti naravno, jasno in gledalcu razumljivo gibanje. Čeprav izvirajo iz tradicionalne animacije, se uporabljajo tudi v 3D računalniški animaciji, kjer jih je treba prilagoditi tehničnim značilnostim digitalnega okolja in vrsti animiranega objekta (Thomas in Johnston, 1981; Goetz idr., 2016; Tolar Tomšič, 2025).

Stiskanje in raztezanje/elastičnost (angl. squash and stretch) ustvarja občutek mase, teže in prožnosti objekta, pri čemer se njegova prostornina praviloma ne spremeni. Pričakovanje z zaustavitvijo (angl. anticipation) pa pomeni pripravo na glavno dejanje, s katero gledalca opozorimo na prihajajočo akcijo. Pri togih LEGO vesoljskih plovilih večje deformacije niso primerne, anticipacija pa se lahko uporabi pri pripravi na pospešek ali spremembo smeri gibanja, vendar je pri tem načelu potrebno upoštevati, da se objekt v 3D animaciji ne sme nikoli popolnoma zaustaviti, saj v tem primeru deluje plosko (porazgubi se 3D učinek), zato v 3D animaciji lahko uporabljamo le t.i. "active hold" oziroma zaustavitev z rahlim gibanjem ali nihanjem (Thomas in Johnston, 1981; Goetz idr., 2016; Tolar Tomšič, 2025).

Uprizoritev (angl. staging) pomeni jasno in razumljivo predstavitev dogajanja, razpoloženja ali ideje. V 3D animaciji jo oblikujemo s kompozicijo, položajem kamere, osvetlitvijo, barvami in razporeditvijo objektov v prostoru. Pri izdelavi rekonstrukcije je bilo pomembno, da je Millennium Falcon kljub kompleksnemu okolju ostal glavni in jasno prepoznaven element prizora (prav tam).

Neprekinjeno animiranje in animiranje s ključnimi sličicami (angl. straight ahead action and pose to pose) predstavljata dva različna pristopa. Pri neprekinjenem animiranju se gibanje oblikuje zaporedno od začetka do konca, zato je pristop primeren za nepredvidljive pojave, kot so ogenj, dim in eksplozije. Pri animiranju od poze do poze pa se najprej določijo glavni položaji (angl. keyframes) gibanja, nato pa se mednje dodajo vmesni položaji (angl. inbetweens), ki jih s pomočjo tvininga (angl. tweening) pri animaciji v Blendeju ustvarja program sam, avtomatsko (prav tam).

Zakasnjeno gibanje in prekrivanje akcije (angl. follow through and overlapping action) pomenita, da se vsi deli objekta ne začnejo gibati ali ustavljati istočasno. Posamezni elementi po zaključku primarnega gibanja zaradi vztrajnosti nadaljujejo gibanje ali se ustavijo z zamikom, kar prispeva k bolj naravni, tekoči in prepričljivi animaciji. Načelo zakasnjenega gibanja in prekrivanja akcije je bilo v danem projektu uporabljeno predvsem pri animaciji eksplozij, kjer se delci, dim in ostanki po glavni eksploziji ne ustavijo hkrati, temveč se zaradi simulacije vztrajnosti gibljejo z različnimi hitrostmi in časovnimi zamiki (prav tam).

Pospeševanje in upočasnjevanje (angl. slow in slow out) pa omogoča, da se gibanje začne počasneje, v sredini pospeši in se pred koncem ponovno upočasni. V 3D animaciji se takšno gibanje ureja z animacijskimi krivuljami in interpolacijo. V praktičnem delu je bilo to načelo najpogosteje uporabljeno pri animiranju kamer, saj je omogočilo bolj gladke prehode med

posameznimi premiki ter zmanjšalo občutek nenadnih in mehanskih sprememb hitrosti (prav tam).

Loki (angl. arcs) temeljijo na ugotovitvi, da se večina naravnih gibanj odvija po krivuljah, medtem ko so ravne poti značilnejše za mehanske premike. Vzporedno dejanje (angl. secondary action) je dodatno gibanje, ki podpira glavno akcijo, vendar ne sme preusmeriti gledalčeve pozornosti. Pri obravnavanem projektu so bili loki pomembni pri oblikovanju poti kamer in vesoljskih plovil. Sekundarna akcija je v projektu uporabljena predvsem pri eksplozijah, sistemih delcev, laserskih izstrelkih in gibanju kamere, saj ti elementi dopolnjujejo glavno dogajanje, povečujejo dinamiko prizora ter usmerjajo gledalčevo pozornost, ne da bi zasenčili osrednjo akcijo (prav tam).

Tempiranje (angl. timing) določa trajanje posamezne akcije oziroma število sličic, namenjenih določenemu gibanju/akciji. Z njim animator določi časovni potek animacije in usklajenost posameznih dogodkov, s čemer vpliva na gledalčevo razumevanje dogajanja. V obravnavanem projektu je bilo tempiranje prilagojeno izvirnemu filmskemu prizoru, saj je bila animacija zasnovana kot njegova rekonstrukcija. Trajanje posameznih kadrov, gibanj vesoljskih plovil ter prehodov med prizori je bilo določeno glede na časovni potek izvirnega filma. Pospeševanje in upočasnjevanje gibanja (angl. slow in and slow out) pa je bilo urejeno ločeno z interpolacijskimi krivuljami v urejevalniku grafov (angl. Graph Editor), s čimer so bili doseženi mehkejši začetki in zaključki gibanja kamer ter vesoljskih plovil.

Pretiravanje (angl. exaggeration) poudari izbrane elemente gibanja ali vizualne podobe, da postanejo za gledalca izrazitejši, pri čemer mora biti njegova stopnja prilagojena slogu animacije (Thomas in Johnston, 1995; Tolar Tomšič, 2025). V obravnavanem projektu je načelo uporabljeno predvsem pri vizualnih učinkih eksplozij, svetlobnih učinkih laserskih izstrelkov ter dinamiki akcijskih prizorov. Čeprav animacija sledi izvirnemu filmskemu prizoru, zmerno poudarjeni vizualni učinki prispevajo k večji dramatičnosti in prepoznavnosti dogajanja, ne da bi porušili značilno LEGO estetiko ali zvestobo izvirniku (Thomas in Johnston, 1981; Goetz idr., 2016; Tolar Tomšič, 2025).

Uravnotežena risba (angl. solid drawing) se pri 3D animaciji nanaša na ohranjanje jasnih oblik, pravilnih razmerij, volumna in prepoznavne silhuete objekta. Karizmatičnost oziroma privlačnost (angl. appeal) pa pomeni, da mora biti lik, predmet ali okolje vizualno zanimivo in prepoznavno. Pri rekonstrukciji sta bili načeli pomembni predvsem pri ohranjanju značilnih

oblik vesoljskih plovil ter povezovanju njihove prepoznavnosti z LEGO vizualnim slogom (prav tam).

Načela animacije se uporabljajo povezano, vendar niso vsa enako primerna za vsak projekt. Pri animiranju togih LEGO vesoljskih plovil so bila najpomembnejša uprizoritev, animiranje od poze do poze, pospeševanje in upočasnjevanje, gibanje po lokih ter tempiranje. Stiskanje in raztezanje je bilo zaradi trdne konstrukcije modelov uporabno le v omejenem obsegu. Premišljena uporaba izbranih načel je prispevala k jasnejšemu, tekočemu in vizualno prepričljivemu gibanju objektov ter kamer (prav tam).

2.4 ANALIZA PRIMEROV URADNIH IN LJUBITELJSKIH LEGO ANIMACIJ

LEGO animacije danes obsegajo tako profesionalne filmske produkcije kot tudi ljubiteljske projekte. Med najbolj prepoznavnimi profesionalnimi deli so filmi The LEGO Movie (2014), The LEGO Batman Movie (2017) in The LEGO Ninjago Movie (2017). Ti filmi uporabljajo računalniško ustvarjeno (CGI) animacijo, pri kateri je vizualna podoba zasnovana tako, da posnema videz stop animacije z resničnimi LEGO kockami. Posebna pozornost je namenjena simulaciji lastnosti LEGO elementov, kot so omejena gibljivost minifigur, videz plastičnega materiala, vidni spoji med kockami ter osvetlitev, ki ustvarja vtis fizično zgrajenih modelov. Takšen pristop združuje tehnične prednosti računalniške animacije z značilno estetiko klasičnih LEGO animacij ter predstavlja pomemben primer sodobne digitalne produkcije (Polan, D. 2020).

Po drugi strani pa ljubiteljske (angl. fan-made) animacije predstavljajo pomemben del filmskih skupnosti, saj omogočajo eksperimentiranje, učenje novih tehnik ter reinterpretacijo znanih zgodb. Pogosto temeljijo na rekonstrukciji prizorov iz priljubljenih filmov, pri čemer avtorji kljub omejenim produkcijskim sredstvom pogosto dosegajo visoko stopnjo tehnične in vizualne kakovosti. Takšni projekti ustvarjalcem omogočajo razvijanje znanja in praktičnih izkušenj s področja 3D računalniške animacije, modeliranja, vizualnih učinkov in postprodukcije ter hkrati predstavljajo njihov ustvarjalni portfelj, s katerim lahko svoje kompetence predstavijo potencialnim naročnikom ali delodajalcem. Za mnoge avtorje so tovrstni projekti tudi izraz spoštovanja do izvirnega filmskega dela in njegove produkcije. Poleg ustvarjalnega izražanja

prispevajo k ohranjanju zanimanja za filmske franšize ter spodbujajo sodelovanje, izmenjavo znanja in izkušenj znotraj spletnih skupnosti ustvarjalcev.

Za analizo je bila izbrana uradna celovečerna animacija The LEGO Movie iz leta 2014 in ljubiteljska računalniško ustvarjena animacija LEGO Western Standoff | 3D Animation (ft. Clint Eastwood), ki jo je na platformi YouTube objavil ustvarjalec LEGO Crow. Izbrana primera omogočata primerjavo profesionalne studijske produkcije z delom manjšega neodvisnega ustvarjalca. Primerjava je osredotočena na uporabo kamere, filmski jezik, modeliranje, materiale, teksture, osvetlitev in animacijo.



Slika 3: Referenčna slika filma: The LEGO Movie.

Vir:
https://www.youtube.com/watch?v=fZ_JOBCLF-I



Slika 4: Referenčna slika ljubiteljskega filma: LEGO Western Standoff.

Vir:
https://www.youtube.com/watch?v=xtZm2lPhvBU

Pri analizi uporabe kamere in filmskega jezika Bordwell idr. poudarjajo, da velikost kadra, položaj in gibanje kamere ter montaža usmerjajo gledalčevo pozornost in vplivajo na razumevanje prostora. V filmu The LEGO Movie se izmenjujejo široki kadri, bližnji posnetki in dinamično sledenje objektom. Premiki kamere, omejena globinska ostrina, nepravilnosti objektivov in nadzorovani tresljaji ustvarjajo vtis, da je digitalno okolje posneto s fizično filmsko kamero. Hitra montaža je prilagojena intenzivnosti dogajanja, pomembni elementi pa so poudarjeni s kompozicijo, ostrino in barvnimi kontrasti (Bordwell idr., 2019; Lord in Miller, 2014).

V animaciji LEGO Western Standoff je uporaba kamere in filmskega jezika prilagojena značilnostim vesterna. Široki kadri predstavijo prostor in medsebojni položaj likov, bližnji posnetki obrazov, rok in orožja pa postopoma povečujejo napetost pred obračunom. Kamera je večinoma umirjena, menjavanje kadrov pa počasnejše kot v filmu The LEGO Movie. Primerjava pokaže, da zahtevni premiki kamere sami po sebi niso pogoj za učinkovito

pripovedovanje. Pomembneje je, da so velikost kadrov, njihovo zaporedje in ritem montaže prilagojeni dogajanju ter izbranemu filmskemu žanru (Bordwell idr., 2019; LEGO Crow, 2023).

Pri primerjavi modelov, materialov in tekstur vizualna podoba filma The LEGO Movie temelji na digitalnih različicah dejanskih LEGO elementov. Objekti so zasnovani v skladu s konstrukcijskimi pravili kock, površine pa vsebujejo praske, prah, odtise in manjše nepravilnosti. Ti detajli zmanjšujejo občutek popolne računalniške enakomernosti ter ustvarjajo vtis fizično sestavljenih in fotografiranih modelov. Namen ustvarjalcev je bil združiti možnosti računalniške animacije z videzom doma izdelane stop-animacije (Lord in Miller, 2014).

V animaciji LEGO Western Standoff modeli, materiali in teksture ohranjajo prepoznavne oblike in razmerja LEGO elementov. Kavbojski liki, orožje in stavbe jasno predstavijo okolje, značilno za vestern čeprav je število modelov in površinskih podrobnosti manjše kot v profesionalni produkciji. Materiali so bolj enotni, zato nekoliko izraziteje delujejo kot računalniško ustvarjene površine. Primerjava kaže, da velika količina podrobnosti ni edini pogoj za prepričljivo LEGO podobo. Pomembni so predvsem dosledna merila, prepoznavne silhuete, konstrukcijska logika kock in enotno oblikovanje materialov (Brownlee, 2016; LEGO Crow, 2023; Lord in Miller, 2014).

Pri primerjavi osvetlitve Birn pojasnjuje, da osvetlitev oblikuje prostorsko globino, usmerja gledalčevo pozornost in podpira razpoloženje prizora. V filmu The LEGO Movie svetlobni viri poudarjajo obliko plastičnih površin ter ločujejo like in predmete od kompleksnega ozadja. Odsevi, sence in barvni kontrasti se spreminjajo glede na okolje in razpoloženje prizora, svetloba pa ima tudi jasno pripovedno funkcijo (Birn, 2013; Lord in Miller, 2014).

V animaciji LEGO Western Standoff je osvetlitev preprostejša kot v profesionalnem filmu, vendar ostaja slogovno usklajena z okoljem. Prevladuje močna in topla svetloba, ki ustvarja vtis sončnega ter prašnega okolja ameriškega zahoda. Izrazite sence poudarjajo položaje likov in prispevajo k vestern vzdušju. Iz primerjave izhaja, da učinkovitost osvetlitve ni odvisna samo od števila svetlobnih virov, temveč predvsem od njihovega namena, položaja in povezave z vizualnim slogom prizora (Birn, 2013; LEGO Crow, 2023).

Na podlagi primerjave obeh animacij je razvidno, da se glavne razlike pojavljajo predvsem v obsegu produkcije, količini podrobnosti in tehnični kompleksnosti. The LEGO Movie uporablja obsežna okolja, zahtevnejšo animacijo, podrobnejše materiale in bolj raznolik filmski jezik. LEGO Western Standoff temelji na omejeni lokaciji in manjšem številu likov, vendar z

učinkovito uporabo kamere, montaže in osvetlitve uspešno poustvari značilnosti vesterna in z njim povezanega žanra.

Primerjava profesionalne in ljubiteljske LEGO animacije je predstavljala pomembno izhodišče za načrtovanje praktičnega dela diplomske naloge. Analiza je pokazala, da na kakovost animacije pomembno vplivajo premišljena uporaba materialov, kamere, osvetlitve in kompozicije kadrov, ne glede na obseg produkcije.

Te ugotovitve so bile upoštevane tudi pri izdelavi lastne animacije. Gibanje kamere je bilo načrtovano tako, da sledi glavnemu objektu in gledalcu omogoča jasno prostorsko orientacijo med letom Millennium Falcona skozi notranjost Zvezde smrti (Death Star). Osvetlitev je bila zasnovana z uporabo več svetlobnih virov, ki poudarijo obliko modelov, odseve na LEGO materialih ter ustvarjajo kontrast med osvetljenimi in temnejšimi deli prizora. Pri načrtovanju kompozicije je bil Millennium Falcon dosledno postavljen kot osrednji vizualni element, medtem ko okolje podpira dogajanje, ne da bi preusmerjalo gledalčevo pozornost.

Posebna pozornost je bila namenjena tudi izdelavi materialov, pri katerih so bili poleg značilnega sijaja LEGO plastike vključeni drobni površinski detajli, kot so praske, odtisi prstov in manjše nepravilnosti. Takšna obdelava materialov prispeva k večji vizualni prepričljivosti računalniško ustvarjene animacije ter ustvarja vtis fizično sestavljenega LEGO modela.



Slika 5: Referenčni prikaz LEGO modela in površinskih lastnosti materiala.

Vir : https://media.gq.com/photos/5bf4656bf58f4262ea4cfef9/16:9/w_1920,c_limit/Lego-Movie-2-Trailer-GQ-2018-112018.png

Analiza tako ni bila namenjena neposrednemu posnemanju enega izmed obravnavanih primerov, temveč določanju meril za prepričljivo LEGO animacijo. Pokazala je, da morajo modeli, materiali, kamera, osvetlitev, montaža in gibanje delovati kot povezan vizualni sistem. Te ugotovitve predstavljajo strokovno izhodišče za praktični del diplomskega dela, v katerem je opisana njihova uporaba pri rekonstrukciji prizora iz filma Vojna zvezd: Jedijeva vrnitev (Brownlee, 2016; Wells, 1998).

2.5 PREGLED UPORABLJENIH PROGRAMSKIH ORODIJ IN TEHNOLOGIJ

Produkcija 3D računalniške animacije vključuje več povezanih faz, kot so modeliranje, izdelava materialov in tekstur, animiranje, osvetljevanje, upodabljanje (angl. rendering) ter postprodukcija. Posamezne faze je mogoče izvesti v celovitem 3D programu ali s kombinacijo specializiranih orodij. Njihova izbira je odvisna od zahtev projekta, združljivosti datotek in poznavanja posameznih programov (Beane, 2012).

Osrednje programsko okolje pri izdelavi projekta je predstavljal Blender, ki je bil uporabljen za modeliranje LEGO elementov in vesoljskih plovil, izdelavo materialov, proceduralno ustvarjanje okolja z Geometry Nodes, animiranje, osvetljevanje in upodabljanje (angl. rendering). Ker program združuje več faz 3D produkcije v enem okolju, je zmanjšal potrebo po prenašanju podatkov med različnimi programi (Blender Documentation Team, 2024).

Za podrobno modeliranje in teksturiranje bi bilo mogoče uporabiti tudi programa ZBrush in Substance 3D Painter. ZBrush je namenjen predvsem digitalnemu kiparjenju (angl. sculpting) podrobnih modelov, Substance 3D Painter pa izdelavi tekstur in materialov. Programa nista bila uporabljena, ker LEGO elementi temeljijo na pravilnih in modularnih geometrijskih oblikah, materiali pa so bili izdelani neposredno v Blenderju (Adobe, 2026; Maxon, b. d.).

Alternativo proceduralnemu modeliranju z Geometry Nodes predstavlja Houdini, ki omogoča proceduralno izdelavo geometrije, simulacij in vizualnih učinkov. V projektu je bil izbran Geometry Nodes, ker je neposredno vključen v Blender in je omogočil izdelavo modularnega okolja Zvezde smrti (Death Star) brez dodatnega prenosa geometrije med programi (SideFX, b. d.; Blender Documentation Team, 2024).

Za sestavljanja slikovnih plasti (angl. compositing) in postprodukcijsko obdelavo je bil uporabljen Nuke. Program je omogočil združevanje upodobljenih slojev, barvno korekcijo ter

dodajanje vizualnih učinkov. Alternativo predstavlja Adobe After Effects, vendar je bil Nuke izbran zaradi vozliščnega načina dela, preglednejše obdelave večplastnih datotek EXR in predhodnega poznavanja programa (Foundry, 2024; Adobe, b. d. -a).

Za končno montažo bi bilo mogoče uporabiti tudi DaVinci Resolve ali Avid Media Composer. DaVinci Resolve združuje montažo, barvno korekcijo, vizualne učinke in obdelavo zvoka, Avid Media Composer pa je namenjen profesionalni filmski in video montaži. Pri projektu je bil uporabljen Adobe Premiere Pro, saj je omogočal sestavljanje slikovnih sekvenc, urejanje trajanja kadrov, obdelavo zvoka in izvoz končne animacije, njegov delovni postopek pa sem že poznal (Avid Technology, 2024; Blackmagic Design, b. d.; Adobe, b. d.-b).

Končni produkcijski postopek je temeljil na povezovanju programov Blender, Nuke, Adobe Premiere Pro in fSpy. Blender je bil uporabljen za izdelavo 3D vsebine, Nuke za sestavljanje slikovnih plasti (angl. compositing), Adobe Premiere Pro za montažo in zvok, fSpy pa za rekonstrukcijo kamer. Druga predstavljena orodja bi omogočala izvedbo posameznih nalog, vendar njihova vključitev glede na zahteve projekta ne bi bistveno izboljšala produkcijskega postopka.

2.5.1 BLENDER

Blender je odprtokodni program za izdelavo 3D računalniške grafike in animacije. V enotnem delovnem okolju združuje orodja za modeliranje, izdelavo materialov in tekstur, animiranje, simulacije, osvetljevanje, upodabljanje (angl. rendering) ter sestavljanje slikovnih plasti. Zaradi povezovanja različnih produkcijskih področij omogoča izvedbo več zaporednih faz izdelave 3D vsebine brez stalnega prenosa podatkov med različnimi programi (Blender Documentation Team, 2024).

Modelirna orodja v Blenderju omogočajo izdelavo in spreminjanje tridimenzionalne geometrije. Uporabnik lahko ustvarja nove objekte, spreminja njihove oblike, povezuje posamezne dele ter prilagaja topologijo modela. Program podpira različne načine modeliranja, med katerimi so poligonsko modeliranje, delo s krivuljami, kiparjenje in proceduralno ustvarjanje geometrije. Izbira načina je odvisna od vrste objekta, zahtevane stopnje podrobnosti in nadaljnje uporabe modela (prav tam).

Pomemben del vizualne podobe predstavljajo tudi materiali in teksture. Blender omogoča izdelavo materialov z vozliščnim sistemom, s katerim se določajo lastnosti površin, kot so barva, hrapavost, odbojnost, kovinskost in prosojnost. Materiali so povezani z osvetlitvijo

prizora, saj se njihov videz spreminja glede na lastnosti svetlobnih virov, okolja in izbranega načina upodobitve. Vozliščna zasnova omogoča tudi izdelavo kompleksnejših materialov s kombiniranjem različnih tekstur in matematičnih operacij (prav tam).



Slika 6: Prikaz dela v programskem okolju Blender.

Vir : https://cdn.prod.website-files.com/644188e5702ceee70f4eeaa8/65a18a059c52cdc31fbf5a63_blender%20article%20face.png

Blender ponuja obsežen nabor orodij za animacijo, ki omogočajo animiranje objektov, kamer, svetlobnih virov, materialov in drugih lastnosti prizora. Gibanje se določa predvsem s ključnimi sličicami (angl. keyframes), med katerimi program izračuna vmesne vrednosti (angl. tweening). Animator lahko časovni potek in način gibanja dodatno ureja z animacijskimi krivuljami, omejitvami in gonilniki. Program podpira tudi izdelavo skeletnih sistemov, deformacije modelov ter različne simulacije, kot so delci, dim, tekočine, tkanine in toga telesa (Blender Documentation Team, 2024).

Med naprednejšimi funkcionalnostmi programa Blender je tudi uporaba sistema Geometry Nodes, ki omogoča proceduralno ustvarjanje in spreminjanje geometrije z vozlišči. Pri takšnem načinu dela uporabnik ne ureja vsakega elementa posebej, temveč oblikuje sistem pravil in parametrov, ki določajo končni rezultat. Sprememba posamezne vhodne vrednosti se samodejno prenese skozi celotno vozliščno strukturo, zato je mogoče kompleksne modele hitro

prilagajati in ponovno uporabiti. V diplomskem projektu je bil sistem Geometry Nodes uporabljen za pretvorbo površine modela Zvezde smrti v strukturo iz LEGO kock, saj bi bila ročna postavitev tako velikega števila elementov časovno zelo zahtevna (prav tam).

Za upodobitvijo tridimenzionalnih prizorov Blender ponuja več upodabljalnikov. Cycles je namenjen fizikalno zasnovanemu izračunavanju svetlobe in omogoča realistično prikazovanje senc, odbojev ter posredne osvetlitve. Eevee je zasnovan za hitrejše upodabljanje v realnem času, zato je primeren za predoglede in projekte, pri katerih je pomembna hitrost. Izbira upodabljalnika je odvisna od želenega videza, zahtevnosti prizora, razpoložljive računalniške opreme in časa, namenjenega upodabljanju (Blender Documentation Team, 2024).

Blender podpira tudi sestavljanje in urejanje slikovnih plasti (angl. compositing). V kompozitorju je mogoče z vozlišči združevati različne upodobljene prehode, prilagajati barve, kontrast in svetlost ter dodajati osnovne vizualne učinke. Posamezne plasti in prehode je mogoče tudi izvoziti v slikovnih formatih, kot je večplastni EXR, ter jih nato nadalje obdelati v specializiranih programih za postprodukcijo. S tem Blender omogoča povezovanje izdelave 3D prizora z nadaljnjo slikovno obdelavo (prav tam).

2.5.2 NUKE

Nuke je profesionalni program za filmsko postprodukcijo, namenjen sestavljanju in urejanju slikovnih plasti (angl. compositing), barvni korekciji, združevanju več upodobitvenih slojev (angl. render passes) ter dodajanju vizualnih učinkov (angl. visual effects). Program omogoča natančno obdelavo računalniško ustvarjenih posnetkov in pripravo končnega slikovnega gradiva za različne medijske formate. Zaradi podpore naprednim postprodukcijskim postopkom in učinkovite obdelave kompleksnih projektov, predstavlja enega izmed standardnih programskih orodij v industriji vizualnih učinkov (Foundry, b. d.).

V primerjavi s plastnim načinom dela, ki ga uporabljajo nekateri drugi programi za filmsko produkcijo, vozliščni sistem programa Nuke omogoča večjo preglednost in lažje spreminjanje posameznih postopkov. Takšen pristop je posebej primeren pri kompleksnih projektih, kjer je potrebno združevati veliko število različnih vizualnih elementov in učinkov (prav tam).

Programa Blender in Nuke se med seboj dopolnjujeta in omogočata izvedbo celotnega delovnega procesa, ki zajema produkcijo in postprodukcijo 3D računalniške animacije. Takšen

pristop omogoča visoko stopnjo nadzora nad celotnim procesom in zagotavlja kakovosten in profesionalen rezultat.



Slika 7: Vozliščni potek sestavljanja in urejanja slikovnih plasti (angl. compositing) v programu Nuke.

Vir : https://www.fxphd.com/wp/wp-content/uploads/course-images/nuk313_thumb.jpg

2.5.3 ADOBE PREMIERE PRO

Adobe Premiere Pro je profesionalni program za montažo videa. Omogoča izdelavo grafične opreme (uvodne in/ali zaključne špice), dodajanja preprostih vizualnih učinkov, barvne prilagoditve ter urejanje in montažo zvoka. Video in zvočno gradivo je mogoče povezati v skupno časovno zaporedje ter ga prilagoditi zahtevam končnega avdiovizualnega izdelka (Adobe, b. d.).



Slika 8: Nelinearno video in avdio urejanje (montaža).

Vir: https://cdn.mos.cms.futurecdn.net/DPP8ZLeWnYiH98Zxyv7nTF-970-80.jpg.webp

Za izdelavo računalniških animacij je pomembna podpora zaporedjem slik. Program lahko zaporedno oštevilčene slikovne datoteke uvozi kot enoten videoposnetek, pri čemer posamezna slika predstavlja eno sličico animacije. Uporabnik lahko določi tudi hitrost predvajanja uvoženega zaporedja, zato je program primeren za montažo animacij, ki so bile upodobljene kot zaporedje slik (Adobe, b. d.).

Program omogoča izvoz končnega videa in zvoka v različnih formatih. Pri izvozu je mogoče določiti ločljivost, število sličic na sekundo, razmerje stranic, videoformat ter nastavitve zvočnih kanalov. Končni izdelek je mogoče izvoziti neposredno iz programa ali ga poslati v Adobe Media Encoder, ki omogoča nadaljnje kodiranje in upravljanje izvoza (prav tam).

2.6 VPLIV ZVOČNE PODOBE FILMA NA DOŽIVLJANJE ANIMACIJE

Zvočna podoba predstavlja enega izmed temeljnih elementov filmskega jezika, saj skupaj s sliko oblikuje celovito avdiovizualno izkušnjo. Sestavljajo jo dialog, glasba, zvočni učinki in ambientalni zvoki, ki prispevajo k oblikovanju prostora, časa, ritma ter čustvenega odziva gledalca. Usklajenost zvočnih in vizualnih elementov pomembno vpliva na razumljivost

pripovedi ter stopnjo prepričljivosti filmskega oziroma animiranega dela (Bordwell in Thompson, 2019; Wells, 1998).

Filmska glasba opravlja več funkcij hkrati. Poleg ustvarjanja razpoloženja in stopnjevanja dramatičnosti usmerja gledalčevo pozornost, povezuje posamezne prizore in prispeva k ritmu filmske pripovedi. Z ustrezno izbiro glasbenih motivov je mogoče poudariti napetost, dinamiko ali čustveni pomen posameznega prizora, zato predstavlja pomemben pripovedni element filmske in animirane produkcije (Bordwell in Thompson, 2019).

Pomemben del zvočne podobe predstavljajo tudi zvočni učinki (sound effects), ki dopolnjujejo vizualno dogajanje ter povečujejo občutek prostorske in fizične prepričljivosti. Mednje sodijo zvoki gibanja, trkov, eksplozij, delovanja naprav ter ambientalni zvoki okolja. Njihova natančna sinhronizacija s sliko omogoča boljše zaznavanje gibanja in dogajanja ter prispeva k večji stopnji realizma animacije (Wells, 1998; Beane, 2012).

Montaža zvoka vključuje izbor, urejanje, časovno usklajevanje in uravnoteženje vseh zvočnih elementov v enotno zvočno celoto. Pri tem je pomembno doseči ustrezno razmerje med glasbo, zvočnimi učinki in dialogom, saj lahko neustrezna zvočna uravnoteženost zmanjša razumljivost pripovedi ali oslabi čustveni učinek posameznih prizorov. Kakovostna zvočna montaža zato predstavlja pomemben del postprodukcijskega procesa in pomembno vpliva na končno kakovost avdiovizualnega dela (Beane, 2012; Bordwell in Thompson, 2019).

3. PREDPRODUKCIJA PROJEKTA

3.1. IDEJNA ZASNOVA PROJEKTA

Idejna zasnova projekta temelji na rekonstrukciji izbranega filmskega prizora iz filma Vojna zvezd: Jedijeva vrnitev (Star Wars: Episode VI – Return of the Jedi, 1983) v prepoznavnem vizualnem slogu LEGO. Namen izbire ni poustvarjanje izvirnega prizora, temveč analiza produkcijskih postopkov ter njihova prilagoditev stiliziranemu tridimenzionalnemu okolju.



Slika 9: Plakat filma: Star Wars: Return of the Jedi.

Vir: https://starwars.fandom.com/wiki/Star_Wars:_Episode_VI_Return_of_the_Jedi

Za izvedbo je bil izbran zaključni prizor napada na drugo bojno postajo, Zvezdo smrti (Death Star), v katerem Millennium Falcon sodeluje pri njenem uničenju. Prizor je bil izbran zaradi izrazite kombinacije dinamičnega gibanja kamere, hitrega ritma montaže, kompleksnega prostorskega okolja, večjega števila hkrati animiranih objektov ter zahtevne osvetlitve in vizualnih učinkov. Takšna zasnova omogoča uporabo in preverjanje celotnega produkcijskega poteka – od analize referenčnega gradiva, rekonstrukcije kamere, modeliranja, izdelave

materialov, animacije, osvetlitve in izrisovanja do sestavljanja slikovnih plasti (angl. compositing) ter končne montaže.



Slika 10: Primerjava izvirnega filmskega prizora in LEGO-rekonstrukcije.

Vir: Lastni vir

Izbrani prizor predstavlja primer, na katerem je mogoče preveriti, kako se posamezne produkcijske odločitve odražajo v končnem vizualnem rezultatu. Že v fazi predprodukcije je zato treba določiti vizualni slog, način stilizacije, obseg rekonstrukcije, tehnične omejitve ter organizacijo dela, saj te odločitve neposredno vplivajo na delo vseh nadaljnjih faz produkcije. Jasno opredeljena idejna zasnova omogoča učinkovitejše načrtovanje modeliranja, animacije, osvetlitve, sestavljanja in urejanja slikovnih plasti (angl. compositing) in organizacije projekta ter zmanjšuje potrebo po kasnejših vsebinskih in tehničnih spremembah.

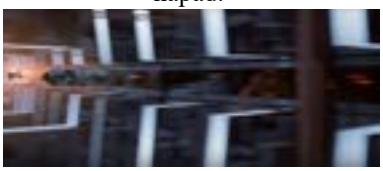
Ker gre za rekonstrukcijo obstoječega filmskega prizora, predstavlja projekt tudi primer prenosa filmskega jezika v drugačen vizualni medij. Pri tem je cilj ohraniti ključne pripovedne in vizualne značilnosti izvirnika – kompozicijo kadrov, gibanje kamere, ritem dogajanja in vzdušje prizora – ter jih prilagoditi omejitvam in značilnostim LEGO estetike. Takšen pristop omogoča primerjavo med izvirnim filmskim prizorom in njegovo stilizirano 3D interpretacijo ter predstavlja primer dobre prakse pri načrtovanju podobnih projektov v 3D računalniški animaciji. Ker projekt temelji na rekonstrukciji že obstoječega filmskega prizora, izdelava sinopsisa in scenarija ni bila potrebna. Po analizi izvirnega filma sem zato neposredno pristopil k izdelavi zgodborisa in snemalne knjige, ki sta služila kot podlaga za načrtovanje nadaljnjih produkcijskih faz.

3.2 ZGODBORIS

Pred začetkom izdelave animacije je bilo potrebno pripraviti vizualno zasnovo projekta ter določiti splošno podobo končnega izdelka. Ker gre za rekonstrukcijo že obstoječega filmskega prizora, je bil glavni vir referenc izvirni film Vojne zvezd: Jedijeva vrnitev (Star Wars: Return of the Jedi).

Pri načrtovanju animacije je bi izdelan preprost zgodboris (angl. storyboard), ki je služil kot osnova za organizacijo kadrov, postavitev in gibanja kamere in poteka zgodbe. Namen zgodborisa ni bil popolna reprodukcija vseh kadrov iz filma, temveč predvsem določitev zaporedja dogodkov, ključnih prehodov med kadri in orientacija v prostoru. Ker gre v obravnavanem prizoru za hitro gibanje in pogoste menjave kadrov, je bilo pomembno že v zgodnji fazi določiti posamezne izreze (plane), zaporedje kadrov ter glavne smeri gibanja ključnih elementov v prizoru.

Tabela 1: Zgodboris

 X-Wing je zadet.	 X-Wing eksplodira.	 Millennium Falcon manevrira.
 Let proti reaktorju.	 X-Wing se približuje reaktorju.	 Vsa plovila dosežejo reaktor.
 X-Wing izvede napad.	 Millennium Falcon nadaljuje napad.	 Millennium Falcon se obrne proti izhodu.
 Millennium Falcon beži.	 Ladja z veliko hitrostjo beži proti izhodu.	 Millennium Falcon zapusti notranjost Zvezde smrti.

Vir: Lastni vir

3.3 LIKOVNA ZASNOVA (ANGL. CONCEPT ART) PROJEKTA

Po pripravi scenarija in snemalne knjige je bila izdelana likovna zasnova (angl. concept art) projekta, ki je predstavljala vizualno podlago za nadaljnje produkcijske faze. Pri njeni izdelavi so bile najprej zbrane referenčne slike iz filma, uradnih LEGO kompletov ter drugih vizualnih virov, ki so prikazovali videz okolja, vesoljskih plovil, osvetlitve in barvne sheme. Zbrane reference so bile nato združene v celoto v programu Adobe Photoshop, kjer je bila oblikovana celovita likovna zasnova projekta. Na njeni podlagi je bil določen končni vizualni slog animacije, preverjena medsebojna usklajenost posameznih elementov ter opredeljeni videz okolja, vesoljskih plovil, osvetlitev in barvna shema. Tako so bile že pred začetkom modeliranja prepoznane morebitne oblikovne pomanjkljivosti, hkrati pa je bila zagotovljena enotna vizualna podoba celotnega projekta.

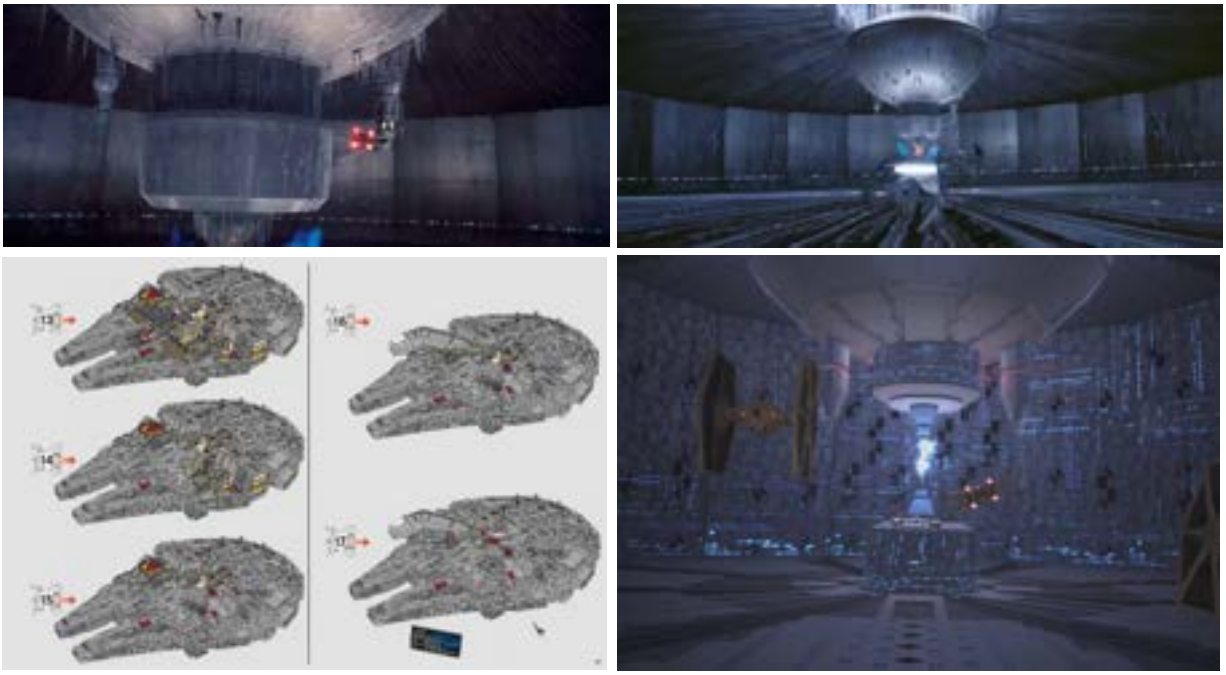
Ker je cilj diplomskega dela izdelava 3D računalniško animirane rekonstrukcije filmskega prizora v prepoznavnem vizualnem slogu LEGO, namen likovne zasnove ni bil ustvariti fotorealistične rekonstrukcije izvirnega filma, temveč poiskati ravnovesje med prepoznavnostjo filmskega prizora in stilizirano podobo sveta LEGO. Pri oblikovanju so bile zato ohranjene značilne silhuete, razmerja in ključni oblikovni elementi objektov, hkrati pa so bili prilagojeni konstrukcijskim zakonitostim LEGO elementov.

Posebna pozornost je bila namenjena modeliranju vesoljskih plovil Millennium Falcon, X-Wing in TIE Fighter, saj predstavljajo najbolj prepoznavne objekte iz izbranega prizora. Kot glavna referenca so bila uporabljena originalna navodila za sestavljanje uradnih LEGO kompletov. Takšen pristop je omogočil izdelavo digitalnih modelov, ki po obliki, razmerjih in konstrukciji ustrezajo dejanskim LEGO izdelkom ter ohranjajo njihovo prepoznavnost. Ker ima Millennium Falcon osrednjo vlogo v animaciji, je bilo njegovi izdelavi namenjene največ pozornosti, saj je moral biti primeren tako za bližnje kadre kot tudi za zahtevnejšo animacijo.

Za razliko od vesoljskih plovil druga bojna postaja, Zvezda smrti II (angl. Death Star II), ne obstaja kot enoten uradni LEGO model, ki bi ustrezal potrebam izbranega prizora. Zato je bila njena notranjost zasnovana na podlagi referenčnih posnetkov iz filma Star Wars: Episode VI – Return of the Jedi (Vrnitev Jedija, 1983), pri čemer so bili značilni arhitekturni elementi interpretirani v skladu z estetiko LEGO. Pri načrtovanju je bila posebna pozornost namenjena modularni zasnovi konstrukcije, saj je takšen pristop omogočil učinkovitejše modeliranje, lažje prilagajanje posameznih delov scene ter ponovno uporabo elementov v različnih kadrih.

Likovna zasnova je predstavljala tudi osnovo za določitev barvne sheme in načrtovanje osvetlitve. Vizualna podoba notranjosti Zvezde smrti temelji predvsem na sivih in kovinskih odtenkih, ki so značilni za izvirni filmski prizor. Zaradi omejene barvne palete je bilo treba z uporabo osvetlitve ustvariti zadosten kontrast med posameznimi elementi scene ter usmeriti gledalčevo pozornost na ključne dele dogajanja. Osvetlitev zato ni predstavljala zgolj tehničnega sredstva za osvetlitev prostora, temveč tudi pomemben element vizualnega pripovedovanja, saj je poudarjala globino prostora, dinamiko prizora in dramaturgijo posameznih kadrov.

Izdelana likovna zasnova je v nadaljevanju projekta predstavljala referenčno dokumentacijo pri modeliranju, dodajanju materialov in tekstur, postavitvi osvetlitve ter pripravi posameznih kadrov. Ker so bile ključne vizualne odločitve sprejete že v fazi predprodukcije, je bil produkcijski proces preglednejši, število sprememb med izdelavo animacije pa bistveno manjše.



Slika 11: Likovna zasnova (concept art) projekta.

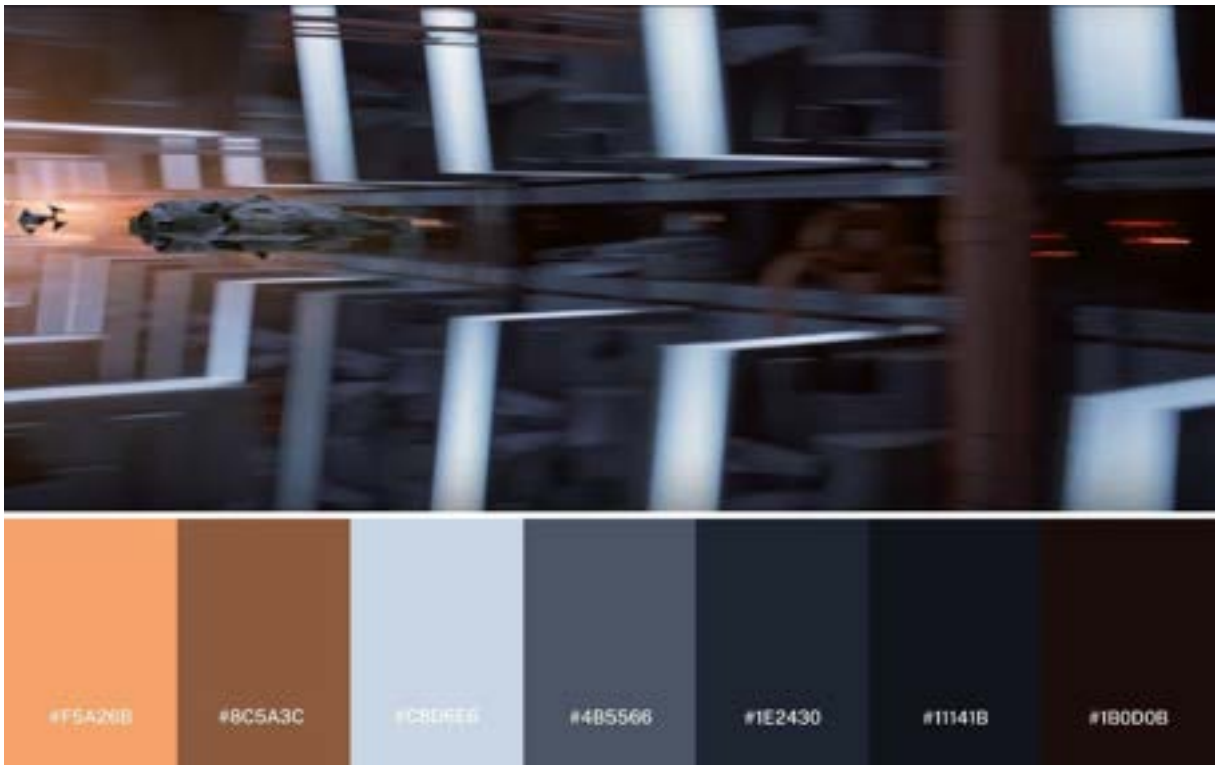
Vir: Lastni vir

Likovna zasnova je služila tudi kot podlaga za določitev barvne sheme in načrtovanje osvetlitve. Vizualna podoba notranjosti Zvezde smrti temelji predvsem na sivih in kovinskih odtenkih, značilnih za izvirni filmski prizor. Zaradi omejene barvne palete je bilo treba z osvetlitvijo ustvariti zadosten kontrast med posameznimi elementi scene ter usmerjati gledalčevo pozornost

na ključne dele dogajanja. Osvetlitev zato ni predstavljala zgolj tehničnega sredstva za osvetlitev prostora, temveč pomemben element vizualnega pripovedovanja, saj je poudarjala globino prostora, dinamiko prizora in dramaturgijo posameznih kadrov.

Izdelana likovna zasnova je v nadaljevanju projekta služila kot referenčna dokumentacija pri modeliranju, izdelavi materialov, postavitvi osvetlitve in pripravi posameznih kadrov. Ker so bile ključne vizualne odločitve sprejete že v fazi predprodukcije, je bil produkcijski proces preglednejši, število sprememb med izdelavo pa bistveno manjše.

Za pripravo barvne sheme je bil v programu Adobe Photoshop analiziran eden izmed vizualno najbolj raznolikih kadrov iz izbranega filmskega prizora. Izbran je bil kader z največjim številom različnih barvnih odtenkov, iz katerega so bile določene prevladujoče in dopolnilne barve. Na podlagi pridobljene analize je bila oblikovana barvna shema projekta, ki je predstavljala izhodišče za izdelavo materialov, načrtovanje osvetlitve ter zagotavljanje enotne vizualne podobe animacije.



Slika 12: Barvna shema projekta.

Vir : Lastni vir

3.4 SNEMALNA KNJIGA

Pred začetkom izdelave animacije je bil podrobno analiziran izbrani filmski prizor, na podlagi katerega je bila pripravljena snemalna knjiga. Ta je predstavljala glavno vodilo pri izvedbi projekta. Ker je cilj diplomskega dela predstavljala 3D računalniško animirana rekonstrukcija obstoječega filmskega prizora, snemalna knjiga ni nastala na podlagi izvirnega scenarija, temveč na podlagi natančne analize filma. Pri njeni pripravi so bili določeni zaporedje kadrov, njihove kompozicije, približno trajanje posameznih prizorov ter gibanje virtualne kamere.

Snemalna knjiga je omogočila boljši pregled nad celotnim potekom animacije in olajšala organizacijo nadaljnjih produkcijskih faz. Na njeni podlagi je bila načrtovana postavitev virtualnih kamer, pripravljena rekonstrukcija perspektive s pomočjo programa fSpy ter določeni položaji glavnih objektov v posameznih prizorih. Program fSpy je bil izbran, ker omogoča hitro in natančno rekonstrukcijo perspektive ter položaja kamere na podlagi referenčne slike. S prenosom podatkov o položaju, orientaciji in goriščni razdalji kamere neposredno v program Blender,, je bil postopek rekonstrukcije filmskih kadrov bistveno poenostavljen, hkrati pa je bila omogočena natančnejša postavitev virtualnih kamer. Snemalna knjiga je predstavljala tudi pomembno referenco pri animiranju vesoljskih plovil ter usklajevanju njihovega gibanja z dogajanjem v izvirnem filmu.

Tabela 2: Snemalna knjiga

Kader	Trajanje	Dogajanje	Modeli	Izrez (plan) in gibanje kamere
1	4 sekunde	X-Wing je zadet in eksplodira.	X-Wing	Ozki total (angl. full shot), sledenje kamere objektu (angl. tracking shot)
2	2 sekundi	Millennium Falcon manevrira med konstrukcijskimi elementi.	Millennium Falcon	Total (angl. wide shot), vožnja v liniji horizonta (angl. tracking left/right)
3	3 sekunde	X-Wing in Millennium Falcon nadaljujeta let proti reaktorju, zasledujejo ju lovci TIE Fighter.	X-Wing, Millennium Falcon, TIE Fighterji	Total (angl. wide shot), vožnja – primik (angl. dolly in)
4	2 sekundi	X-Wing se približuje reaktorskemu jašku.	X-Wing	Ozki total (angl. full shot), sledenje kamere objektu (angl. tracking shot)
5	3 sekunde	Millennium Falcon nadaljuje let proti reaktorju.	Millennium Falcon, TIE Fighterji	Ozki total (angl. full shot), sledenje kamere objektu (angl. tracking shot)
6	4 sekunde	Vsa plovila dosežejo območje glavnega reaktorja.	X-Wing, Millennium Falcon, TIE Fighterji	Total (angl. wide shot), statična kamera (angl. static shot)

7	6 sekund	X-Wing izvede napad na glavni reaktor.	X-Wing	Ozki total (angl. full shot), vožnja – primik (angl. dolly in)
8	2 sekundi	Millennium Falcon nadaljuje napad in zapusti območje reaktorja.	Millennium Falcon, TIE Fighterji	Ozki total (angl. full shot), sledenje kamere objektu (angl. tracking shot)
9	3 sekunde	Glavni reaktor eksplodira.	–	Široki total (angl. wide shot), statična kamera (angl. static shot)
10	4 sekunde	Millennium Falcon se obrne proti izhodu.	Millennium Falcon, TIE Fighterji	Ozki total (angl. full shot), sledenje kamere objektu (angl. tracking shot)
11	4 sekunde	Millennium Falcon beži pred eksplozijo.	Millennium Falcon, TIE Fighterji	Total (angl. wide shot), vožnja – odmik (angl. dolly out)
12	3 sekunde	Millennium Falcon z veliko hitrostjo leti proti izhodu.	Millennium Falcon, TIE Fighterji	Total (angl. wide shot), vožnja v liniji horizonta (angl. tracking left/right)
13	2 sekundi	Millennium Falcon zapusti notranjost Zvezde smrti.	Millennium Falcon	Široki total (angl. wide shot), statična kamera (angl. static shot)

Vir : Lastni vir

Pri načrtovanju kadrov je bila posebna pozornost namenjena kompoziciji ter postavitvi in gibanju virtualne kamere. Millennium Falcon je v večini prizorov umeščen v osrednji del kadra, saj predstavlja glavni objekt animacije. Gibanje virtualne kamere je bilo prilagojeno poteku dogajanja, z namenom poudarjanja občutka hitrosti ter zagotavljanja boljše prostorske orientacije v kompleksni notranjosti druge bojne postaje Zvezda smrti II (angl. Death Star II). Prevladujejo kadri s sledenjem objektu (angl. tracking shot), ki gledalcu omogočajo preglednejše spremljanje dogajanja in povečujejo občutek dinamičnega leta skozi koridorje vesoljske postaje. V posameznih prizorih so bili uporabljeni tudi širši izrezi (plani), s katerimi sta poudarjena prostorska razsežnost okolja in orientacija gledalca v prostoru.

Čeprav snemalna knjiga ni bila izdelana v obliki klasične filmske snemalne knjige (angl. storyboard), je predstavljala pomemben organizacijski pripomoček skozi celoten produkcijski proces. Omogočila je sistematično načrtovanje posameznih prizorov ter pripomogla k učinkovitejši izvedbi modeliranja, animacije, osvetljevanja in upodabljanja.

3.5 IZBOR PROGRAMSKIH ORODIJ

Pred začetkom praktičnega dela sem izbral programska orodja, ki so omogočala izvedbo celotnega produkcijskega poteka – od izdelave 3D modelov in animacije do večplastnega

upodabljanja, montaže plasti ter končne montaže animacije. Pri izbiri sem upošteval predvsem zmogljivost posameznih programov, njihovo medsebojno združljivost ter možnost izmenjave datotek med posameznimi fazami produkcije.

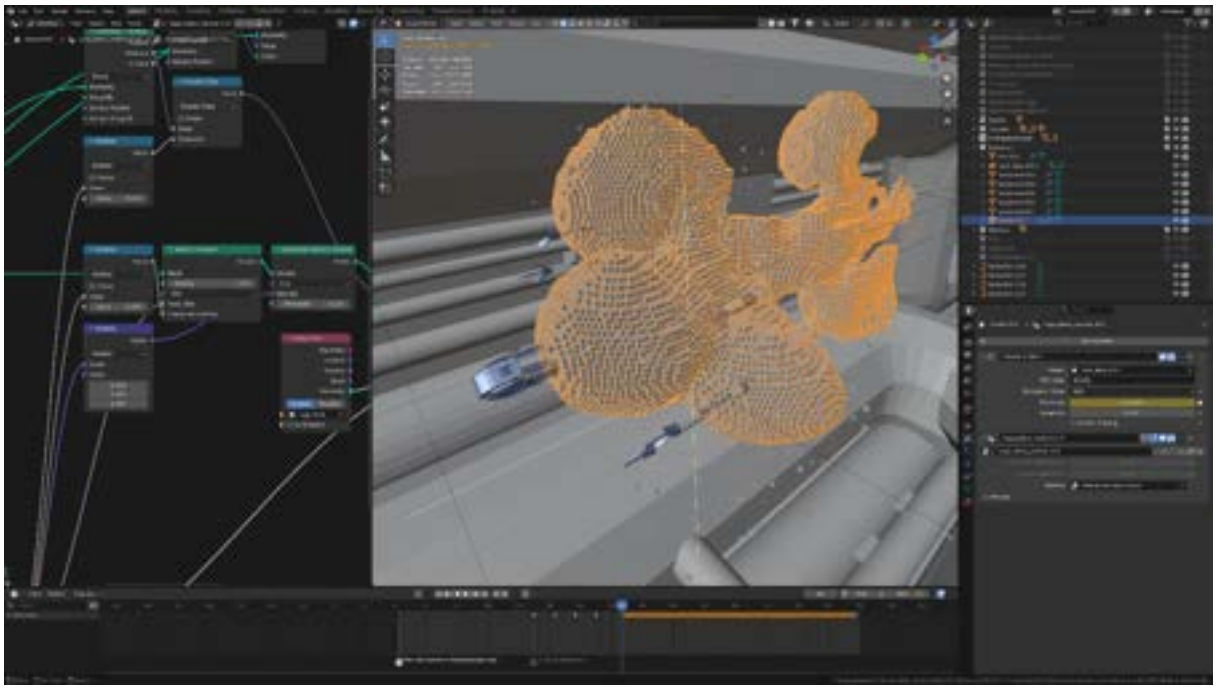
Pri izbiri programskih orodij sem se odločil za rešitve, ki jih že dobro poznam in sem jih v času študija ter pri samostojnih projektih največ uporabljal. Pri izbiri sem upošteval predvsem zmogljivost posameznih programov, njihovo medsebojno združljivost ter možnost izmenjave datotek med posameznimi fazami produkcije.

Za izdelavo praktičnega dela sem uporabil programe Blender, Nuke in Adobe Premiere Pro.

3.5.1 BLENDER

Proces produkcije je bil večinoma izveden v programu Blender. Gre za odprtokodni 3D program, ki omogoča izvajanje celotnega procesa ustvarjanja animacije. V projektu je bil uporabljen za modeliranje objektov, izdelavo materialov, postavitev scen, animiranje, osvetljevanje in večplastno upodabljanje (angl. multi-pass rendering).

Pomembna prednost programa Blender je združevanje več produkcijskih orodij v enotnem delovnem okolju. Takšen način dela omogoča učinkovitejši potek produkcije, saj zmanjšuje potrebo po prenosu podatkov med različnimi programi, hkrati pa zagotavlja večjo preglednost projekta in lažje usklajevanje posameznih produkcijskih faz.



Slika 13: Proceduralno ustvarjanje LEGO strukture eksplozij s sistemom Geometry Nodes.

Vir: Lastni vir

Posebno pomembno vlogo pri izdelavi scene je imel sistem Geometry Nodes, ki v programu Blender omogoča proceduralno modeliranje. Gre za vozliščni sistem (angl. node-based system), pri katerem se geometrija ne oblikuje ročno, temveč se njena zgradba, razporeditev in lastnosti določijo z zaporedjem med seboj povezanih vozlišč. Takšen način dela omogoča hitro ustvarjanje kompleksnih struktur ter njihovo enostavno prilagajanje brez ponovnega modeliranja posameznih elementov.

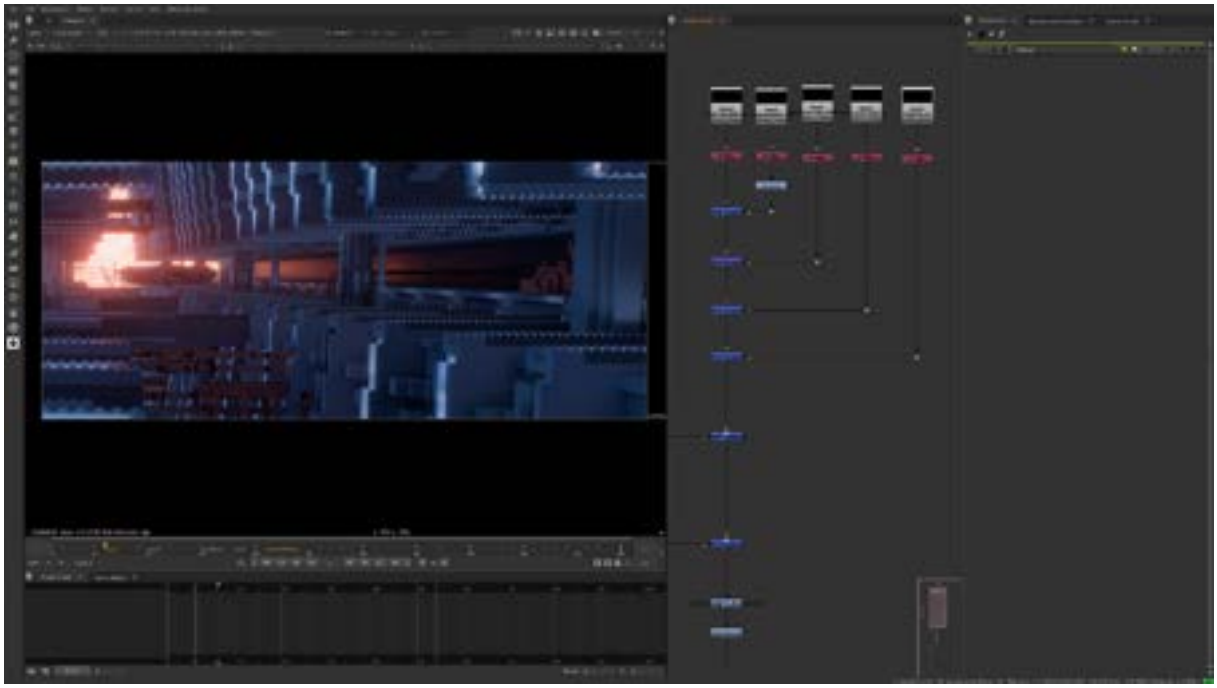
V obravnavanem projektu je bil sistem Geometry Nodes uporabljen predvsem za izdelavo modela/geometrije druge bojne postaje Zvezda smrti (Death Star II), ki jo sestavlja veliko število ponavljajočih se konstrukcijskih elementov. Namesto ročnega postavljanja posameznih LEGO kock je bilo mogoče s proceduralnim sistemom avtomatizirati njihovo razporeditev, spreminjati gostoto, velikost in orientacijo elementov ter hkrati ohraniti nedestruktiven način dela. Vsaka sprememba parametrov se je samodejno odrazila na celotni geometriji, kar je bistveno skrajšalo čas izdelave, olajšalo nadaljnje prilagoditve scene ter zmanjšalo možnost napak pri modeliranju.

3.5.2 NUKE

Program Nuke je bil uporabljen za postprodukcijo in montažo plasti (angl. *compositing*). Gre za eno izmed najpogosteje uporabljenih programskih orodij v profesionalni filmski industriji ter na področju vizualnih učinkov (VFX). Njegova glavna prednost je vozliščni sistem (angl. *node-based system*), ki omogoča natančno, pregledno in nedestruktivno obdelavo slikovnega gradiva.

V okviru projekta je bil Nuke uporabljen za združevanje upodobitvenih slojev (angl. render passes), barvno korekcijo, prilagajanje kontrasta in dodajanje različnih vizualnih učinkov. Takšen način dela omogoča večji nadzor nad končnim videzom animacije in zmanjšuje potrebo po ponovnem upodabljanju (angl. rendering) posameznih kadrov.

Posebej uporabna je možnost dela z večplastnimi EXR datotekami, saj omogoča ločeno obdelavo osvetlitve, senc, refleksij in drugih elementov slike. To bistveno poveča fleksibilnost postprodukcijskega procesa.

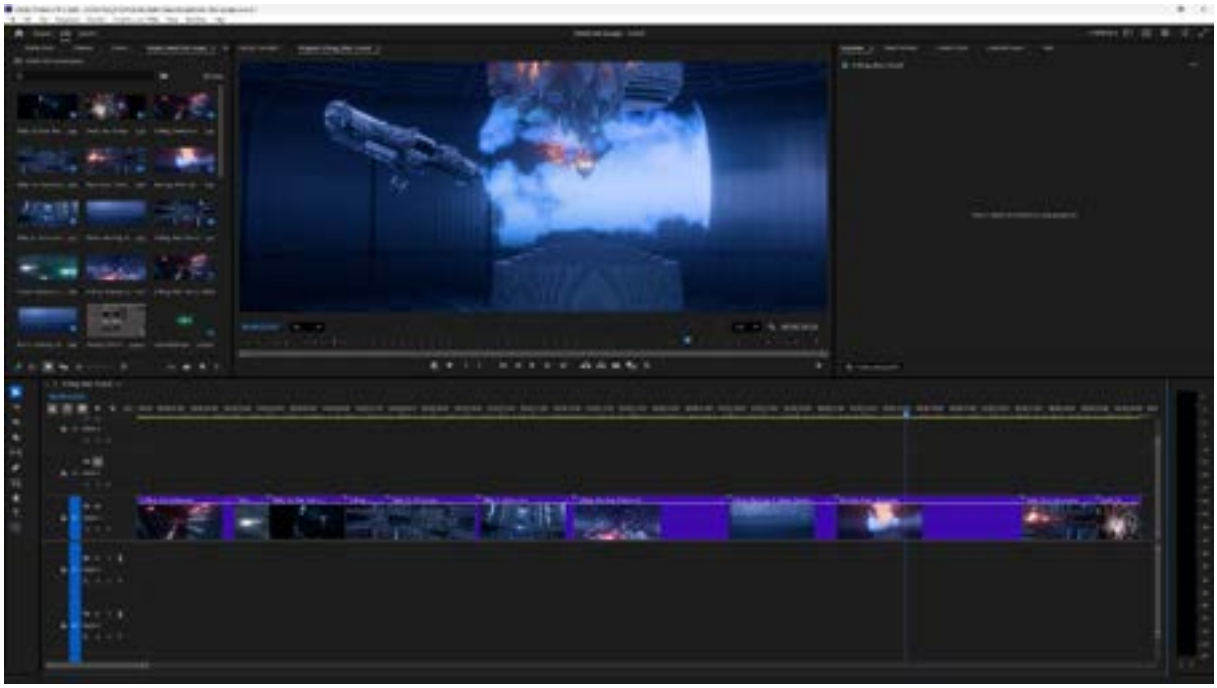


Slika 14: Sestavljanje in obdelava večplastnih datotek EXR v programu Nuke.

Vir: Lastni vir

3.5.3 ADOBE PREMIERE PRO

Program Adobe Premiere Pro je bil uporabljen za končno montažo animacije, časovno usklajevanje slike in zvoka ter pripravo končnega filma. Po zaključeni montaži in urejanju plasti (angl. *compositing*) v programu Nuke so bili posamezni upodobljeni kadri uvoženi v Adobe Premiere Pro, kjer so bili zmontirani v končno zaporedje. V tej fazi je bila izvedena tudi sinhronizacija zvočne podlage s sliko, usklajeni časovni prehodi med kadri ter pripravljen končni izvoz animacije.



Slika 15: Organizacija kadrov na časovnici programa Adobe Premiere Pro.

Vir: Lastni vir

Uporabljena programska orodja so omogočila logično razdelitev posameznih produkcijskih nalog in učinkovit potek dela. Prenos podatkov med programi je potekal brez večjih težav, kar je omogočilo nemoteno nadaljevanje dela v vseh fazah izdelave 3D računalniško animirane rekonstrukcije.

3.6 NAČRT PRODUKCIJE

Pri izdelavi projekta je bila pomembna organizacija dela, saj je ta animacije vključevala več medsebojno povezanih produkcijskih faz. Zaradi kompleksnosti projekta je bilo potrebno delo razdeliti na posamezne časovne sklope, ki omogočajo učinkovito načrtovanje in spremljanje napredka.

Produkcijski proces je bil razdeljen na raziskavo, predprodukcijo, produkcijo, postprodukcijo in nazadnje še pripravo diplomskega dela.

Prva faza projekta je bila namenjena raziskavi referenčnega materiala in razvoja idejne zasnove. V drugi fazi je sledila izdelava 3D modelov in priprava scene. Ta del je zajemal modeliranje in teksturiranje. Tretja faza je bila namenjena animiranju in upodabljanju (angl. rendering). V tem obdobju je bilo izvedeno animiranje vseh objektov, postavitev in animacija kamere, osvetljevanje ter optimizacija celotne animacije.

Po zaključku produkcije je sledila postprodukcija, ki je vključevala urejanje slikovnih plasti (angl. compositing), montažo videa ter montažo zvoka in dodajanje grafične opreme animacije. Zadnja faza projekta je bila namenjena pripravi pisnega dela diplomske naloge, analizi rezultatov, refleksiji ustvarjalnih procesov ter pripravi končne predstavitve projekta.

Tabela 3: Načrt produkcije

Mesec	Aktivnosti
julij 2025	Raziskava, analiza referenc, razvoj koncepta, zbiranje referenčnega gradiva.
avgust 2025	Modeliranje, dodajanje in urejanje materialov ter tekstur in osvetlitev prizorov.
september 2025	Animacija, postavitev kamer, optimizacija in upodabljanje (angl. rendering).
oktober 2025	Postprodukcijsko urejanje, končni izvoz animacije, priprava za predvajanje /objavo.
november 2025	Pisanje diplomskega dela, analiza rezultatov in priprava predstavitve.

Vir : Lastni vir

Za lažjo organizacijo projekta je bila pripravljen tudi gantogram, ki prikazuje časovno razporeditev posameznih aktivnosti skozi celoten produkcijski proces. Takšen način načrtovanja omogoča boljši pregled nad potekom dela ter lažje spremljanje doseganja zastavljenih ciljev.

Tabela 4: Gantogram

Aktivnost	Julij	Avgust	September	Oktober	November
PREDPRODUKCIJA					
idejna zasnova	□□				
izdelava zgodborisa (storyboarda)	□□	□			
izdelava likovne zasnove (concept art)	□□	□			
izdelava snemalne knjige		□□			
PRODUKCIJA					
modeliranje		□□	□□□		
dodajanje in urejanje materialov ter tekstur		□	□□	□	
osvetljevanje			□□	□	
postavitev in animiranje kamer			□□	□□	
animiranje modelov			□	□□□	
upodabljanje (rendering)				□□□	□□
POSTPRODUKCIJA					
urejanje plasti (compositing)				□□	□
montaža videa				□□	□□
montaža zvoka					□□
dodajanje grafične opreme					□□
DOKUMENTACIJA					
pisanje diplomskega dela	□	□	□	□	□□

Barve:

□ **predprodukcija** – modra
□ **produkcija** – zelena
□ **postprodukcija** – oranžna
□ **pisanje diplomskega dela** – vijolična (poteka ves čas projekta)

Vir : Lastni vir

3.7 FINANČNA ANALIZA PROJEKTA

Izdelava kakovostne 3D računalniške animacije predstavlja časovno in tehnično zahteven proces, ki vključuje številne faze, kot so načrtovanje, modeliranje, animacija, upodabljanje (angl. rendering) in postprodukcija. Čeprav je bila animacija v okviru diplomskega projekta izdelana kot študentski izdelek, bi primerljiva storitev v profesionalnem okolju predstavljala visoke produkcijske stroške.

Projekt je zahteval uporabo različnih programskih orodij, med katerimi imajo nekatera komercialne licence (Adobe Premiere Pro, Nuke) poleg tega pa tudi zmogljivejšo računalniško opremo, ki omogoča delo z obsežnimi 3D prizori in upodabljanjem (angl. rendering) visoke kakovosti. Pomemben strošek predstavlja tudi čas izdelave, saj projekt vključuje modeliranje,

dodajanje in urejanje materialov in tekstur, osvetljevanje, razvoj proceduralnih sistemov, animacijo, postprodukcijo in pripravo končnega izdelka.

Če bi bil projekt izdelan po naročilu profesionalnega studia ali podjetja, bi bila njegova vrednost bistveno višja od neposrednih stroškov programske opreme in drugih omejenih sredstev domače produkcije. V industriji se podobni projekti običajno vrednotijo glede na število delovnih ur, zahtevnost in uporabo specializiranega znanja.

Tabela 5: Okvirna ocena časa izdelave in produkcijskih stroškov

Faza projekta	**Ocenjeno število ur**	**€ na uro**
raziskava in priprava referenc	15 h	375 € - 600 €
modeliranje lego elementov	30 h	750 € - 1200 €
sestavljanje lego modelov	80 h	2000 € - 3200 €
izdelava materialov in tekstur	20 h	500 € - 800 €
izdelava geometry nodes sistema	50 h	1250 € - 2000 €
Modeliranje okolja Zvezde smrti (Death star)	20 h	500 € - 800 €
animacija (elementi, kamere)	40 h	1000 € - 1600 €
upodabljanje (angl. rendering) in optimizacija datoteke	80 h	2000 € - 3200 €
postprodukcija	15 h	375 € - 600 €
skupaj	350 h	8750 € - 14000 €

Vir : Lastni vir

Tabela 6: Predvidene produkcijske vloge pri izdelavi animacije

Delovno mesto	**Naloge v projektu**
3D modelar	Modeliranje lego elementov, vesoljskih plovil in okolja
Umetnik za teksture (angl. texture artist)	Izdelava materialov in tekstur lego elementov
3D računalniški animator	Animacija kamer in vesoljskih plovil
Umetnik osvetljave (angl. lighting artist)	Osvetlitev prizorov in priprava za upodabljanje
Montažer plasti (angl. compositing artist)	Kompoziting, barvna korekcija in vizualni učinki
Montažer videa in zvoka (angl. video editor)	Montaža končnega videa in zvočna obdelava

Vir : Lastni vir

Pri oceni finančne vrednosti projekta je bila upoštevana predpostavka, da bi v profesionalnem produkcijskem okolju posamezne faze izvedli različni strokovnjaki, kot so 3D modelar, teksturer, animator, strokovnjak za osvetljevanje, umetnik za sestavljanja slikovnih plasti (angl. compositing artist) in montažer. V okviru diplomskega dela sem vse navedene naloge opravil

sam, vendar bi bile pri komercialnem projektu praviloma razdeljene med več članov produkcijske ekipe.

Ocena stroškov temelji na primerljivih plačah in urnih postavkah strokovnjakov s področja računalniške grafike, animacije in vizualnih učinkov, objavljenih v strokovnih pregledih in raziskavah trga dela. Na podlagi teh podatkov je mogoče oceniti, da bi tržna vrednost projekta, ob predpostavki približno 350 ur dela, znašala med približno 8.750 € in 14.000 €. (CG Spectrum, 2022a, 2022b).

Projekt ima tudi potencial za komercialno uporabo. Podobne animacije se uporabljajo za promocijske videe, predstavitve izdelkov, digitalnega marketinga, izobraževalne vsebine in objave na družabnih omrežjih. Kombinacija priljubljene LEGO estetike in sodobnih 3D produkcijskih tehnik omogoča izdelavo vsebin, ki lahko dosežejo široko občinstvo.

Poleg tega bi bilo možno projekt prodajati tudi celotno zbirko LEGO elementov, vesoljskih plovil ali proceduralnega sistema Geometry Nodes. Vse te elemente bi se dalo ponuditi kot digitalne dodatke (angl. asset pack, addon) na specializiranih spletnih platformah, kot so Blender Market, Fab (Epic Games), CGTrader, TurboSquid, Sketchfab in Gumroad, kjer uporabniki kupujejo 3D modele, materiale, proceduralne sisteme in druge digitalne vsebine. Na ta način bi bilo mogoče projekt nadgraditi v komercialen izdelek ter ustvariti dodaten vir prihodkov tudi po zaključku same izdelave animacije.

4. PRODUKCIJA

4.1 MODELIRANJE IN TEKSTURIRANJE LEGO ELEMENTOV

Modeliranje posameznih digitalnih LEGO elementov je potekalo v programu Blender, z uporabo tehnike poligonskega modeliranja (angl. polygon modeling). Osnovni elementi so bili izdelani iz geometrijskih osnov (angl. mesh primitives), ki so bile nato obdelane v načinu Edit Mode. Pri modeliranju so bila uporabljena predvsem orodja Extrude, Inset, Bevel, Loop Cut, Knife in Boolean, s katerimi so bile oblikovane značilne geometrijske podrobnosti posameznih LEGO elementov. Za zagotavljanje natančnih dimenzij in pravilnega prileganja elementov je bila uporabljena funkcija Snap, ki je omogočila poravnavo oglišč, robov in ploskev na mrežo oziroma druge elemente. Zaradi simetrične zasnove številnih gradnikov je bil pogosto uporabljen tudi modifikator Mirror, pri ponavljajočih se delih pa modifikator Array, ki je omogočil samodejno ustvarjanje več enakih kopij elementov.

Posebna pozornost je bila namenjena dimenzijski natančnosti posameznih digitalnih gradnikov. Že manjša odstopanja pri velikosti ali položaju povezovalnih elementov bi lahko povzročila nepravilno prileganje pri sestavljanju digitalnih modelov vesoljskih plovil. Zato so bile dimenzije posameznih elementov sproti primerjane z uradnimi LEGO navodili ter preverjene v 3D prostoru.

Po izdelavi digitalne knjižnice LEGO elementov je sledilo modeliranje vesoljskih plovil. Pri tem so bila uporabljena originalna navodila za sestavljanje uradnih LEGO kompletov, ki so služila kot referenca za postavitev posameznih digitalnih elementov. Takšen pristop je omogočil izdelavo 3D modelov, ki po obliki, razmerjih in konstrukciji ustrezajo dejanskim LEGO kompletom.

Prvi in hkrati najzahtevnejši model je predstavljal LEGO Star Wars Millennium Falcon (75192). Millennium Falcon je legendarna tihotapska vesoljska ladja Hana Sola in Chewbacce ter eno najbolj prepoznavnih plovil iz filmske sage Vojna zvezd (angl. Star Wars). LEGO komplet 75192 spada med največje in najpodrobnejše komercialne LEGO modele, saj vsebuje več kot 7.500 elementov. Zaradi velikega števila digitalno rekonstruiranih gradnikov, kompleksne geometrije in številnih konstrukcijskih podrobnosti je njegovo modeliranje predstavljalo najzahtevnejši del praktičnega dela.



Slika 16: Lego Star Wars: Millennium Falcon, set (75192).

Vir: https://www.lego.com/en-si/product/millennium-falcon-75192



Slika 17: 3D-model Millennium Falcona.

Vir: Lastni vir

Poleg modela Millennium Falcon je bil izdelan tudi model LEGO Star Wars X-Wing Starfighter (75355). X-Wing predstavlja večnamensko lovsko plovilo Uporniškega zavezništva (angl. Rebel Alliance), namenjeno predvsem vesoljskim bojem. Zaradi značilnih premičnih kril v obliki črke X ter pomembne vloge v zaključnem napadu na drugo bojno postajo Zvezda smrti II (angl. Death Star II), predstavlja eno najbolj prepoznavnih plovil franšize Vojna zvezd.



Slika 18: Lego Star Wars: X-Wing, set (75355).

Vir: https://lstore.si/products/lego-star-wars-75355?srsltid=AfmBOor6-RZxmfBF4oJDSMUE5NJ3nXx608pMCmZR1vOE6BcaBTtfvKOL



Slika 19: 3D-model vesoljske ladje X-Wing.

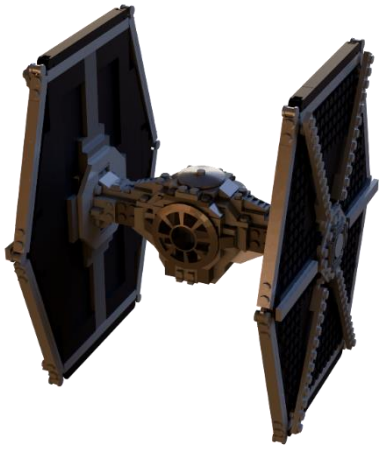
Vir: Lastni vir

Tretji 3D model je bil LEGO Star Wars TIE Fighter (75300). TIE Fighter je standardno enosedežno lovsko plovilo Galaktičnega imperija, namenjeno prestrezanju sovražnih plovil in bojnemu delovanju. Zaradi značilnih šestkotnih sončnih panelov in velike okretnosti predstavlja enega najbolj prepoznavnih simbolov imperijske flote ter pomemben element akcijskih prizorov izbranega filmskega odlomka.



Slika 20: Lego Star Wars: Tie Fighter, set (75300).

Vir: https://www.lego.com/en-us/product/imperial-tie-fighter-75300



Slika 21: 3D-model vesoljske ladje TIE-Fighter.

Vir: Lastni vir

Izdelava vseh treh 3D modelov je zahtevala veliko časa in natančnosti, saj je bilo treba digitalno sestaviti več tisoč LEGO elementov. Uporaba predhodno izdelane digitalne knjižnice gradnikov je bistveno poenostavila delo, saj posameznih elementov ni bilo treba ponovno modelirati. Takšen modularni pristop je omogočil hitrejše modeliranje, enotno uporabo materialov ter dosledno ohranjanje dimenzij vseh sestavnih delov.

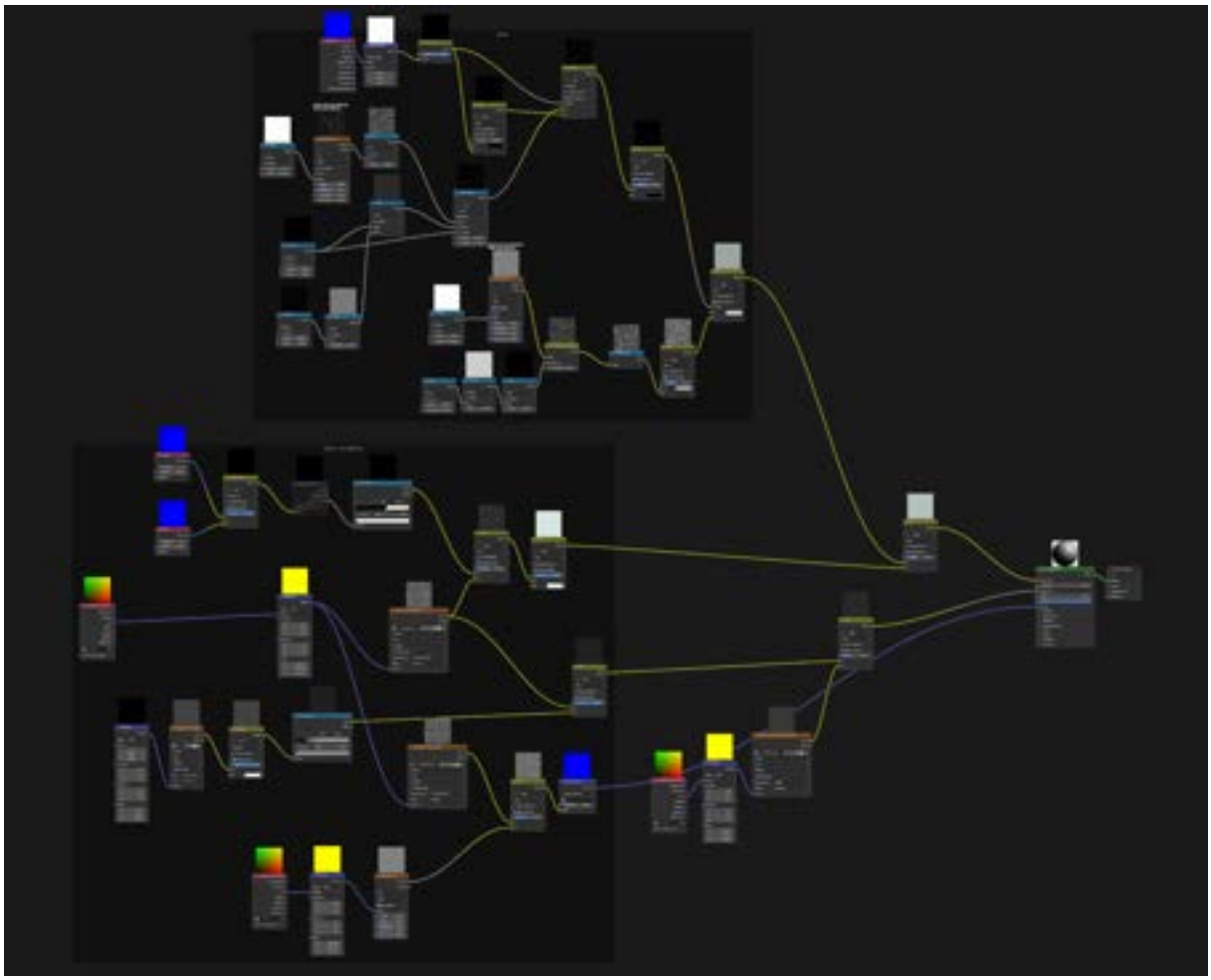
Po zaključku modeliranja vesoljskih plovil je sledila izdelava digitalnega 3D okolja notranjosti druge bojne postaje Zvezda smrti II (angl. Death Star II). Ker okolje vsebuje veliko število ponavljajočih se konstrukcijskih elementov, je bila najprej izdelana osnovna geometrija posameznih tunelov, reaktorskega prostora in izhodnega kanala. Osnovni volumni so bili modelirani iz preprostih geometrijskih teles, kot so kocke, valji in ravnine, brez značilnih LEGO podrobnosti. Takšna zasnova je predstavljala osnovo za nadaljnjo uporabo sistema Geometry Nodes, s katerim je bila osnovna geometrija proceduralno pretvorjena v podrobno LEGO konstrukcijo.

4.1.1 DODAJANJE IN UREJANJE MATERIALOV IN TEKSTUR

Po zaključku modeliranja je sledilo oblikovanje, dodajanje in urejanje materialov v programu Blender. Pri oblikovanju materialov je bil cilj doseči ravnovesje med realizmom in stilizacijo. LEGO elementi so bili opremljeni z značilnimi plastičnimi materiali, ki vključujejo odboje svetlobe in subtilne refleksije. Takšen pristop omogoča, da so objekti jasno prepoznavni kot LEGO modeli, hkrati pa ohranjajo dovolj vizualne kakovosti za filmski prizor.

Ker je bil cilj doseči čim bolj avtentičen videz LEGO elementov, je bilo najprej potrebno raziskati uradno LEGO barvno paleto. Za posamezne materiale so bile uporabljene barve, ki ustrezajo dejanskim LEGO odtenkom, uporabljenih v originalnih LEGO modelih. Na ta način je bilo možno ohraniti prepoznavnost LEGO videza in hkrati zagotoviti vizualno skladnost med vsemi modeli.

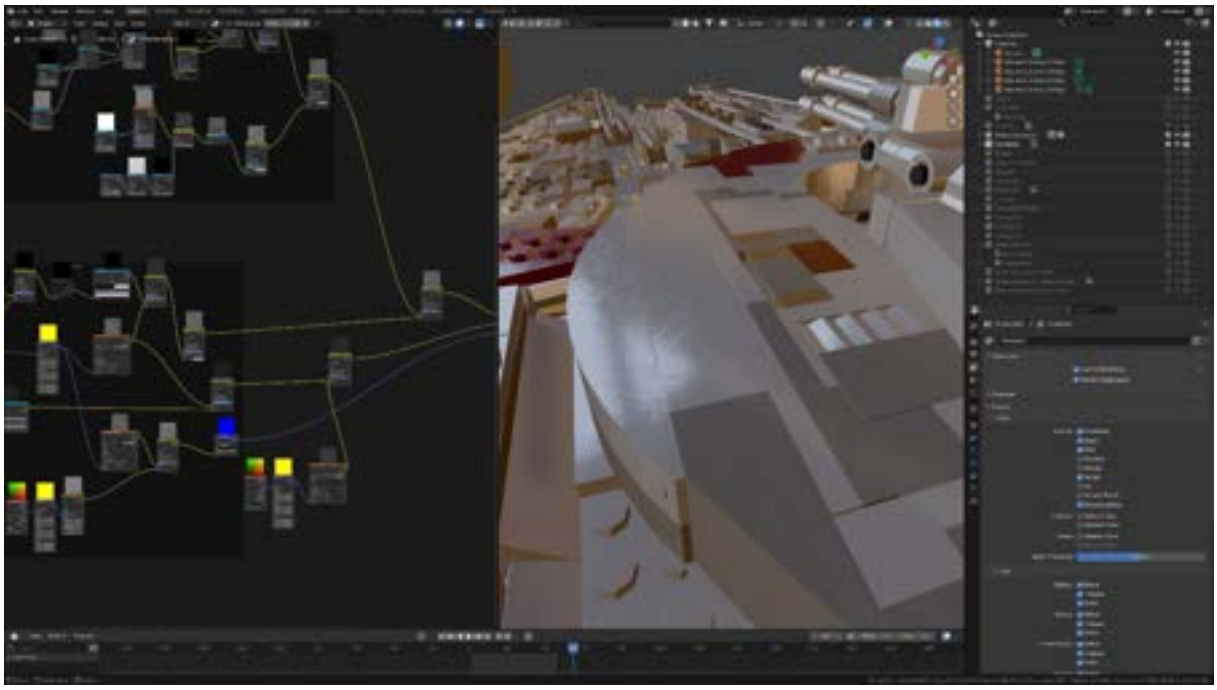
Spodaj je prikazana vozliščna struktura materiala LEGO kocke, izdelana v urejevalniku materialov (angl. Shader Editor) programa Blender. Material je razdeljen na več funkcionalnih sklopov. Prvi določa osnovno barvo in lastnosti plastične površine, drugi dodaja nepravilnosti, kot so praske, prah in prstni odtisi, tretji pa vsebuje subtilne barvne variacije, ki preprečujejo popolnoma enoten videz površine. Posamezni sklopi so na koncu združeni v enoten material, ki je povezan z vozliščem Principled BSDF, kar omogoča realistično upodabljanje LEGO plastike.



Slika 22: Zgradba materiala LEGO plastike.

Vir: Lastni vir

Osnovni del materiala je bil prilagojen tako, da simulira lastnosti plastike. Nato sem posebno pozornost namenil odbijanju svetlobe, hrapavosti površine in refleksijam. LEGO kocke imajo značilen sijaj in specifičen odsev svetlobe, zato je bilo potrebno natančno uravnovesiti posamezne parametre materiala.



Slika 23: Priprava in preverjanje materiala LEGO-plastike v delovnem okolju Shading.

Vir: Lastni vir

Za povečanje stopnje vizualnega realizma so bili materialom dodani tudi različni teksturni detajli, kot so praske, drobni delci prahu, prstni odtisi in subtilne barvne variacije. S temi podrobnostmi je bila zmanjšana umetna enakomernost površin ter ustvarjen videz naravne obrabe in uporabe LEGO elementov. Takšen pristop je prispeval k večji vizualni prepričljivosti digitalnih 3D modelov.



Slika 24: Upodobljen prikaz materiala.

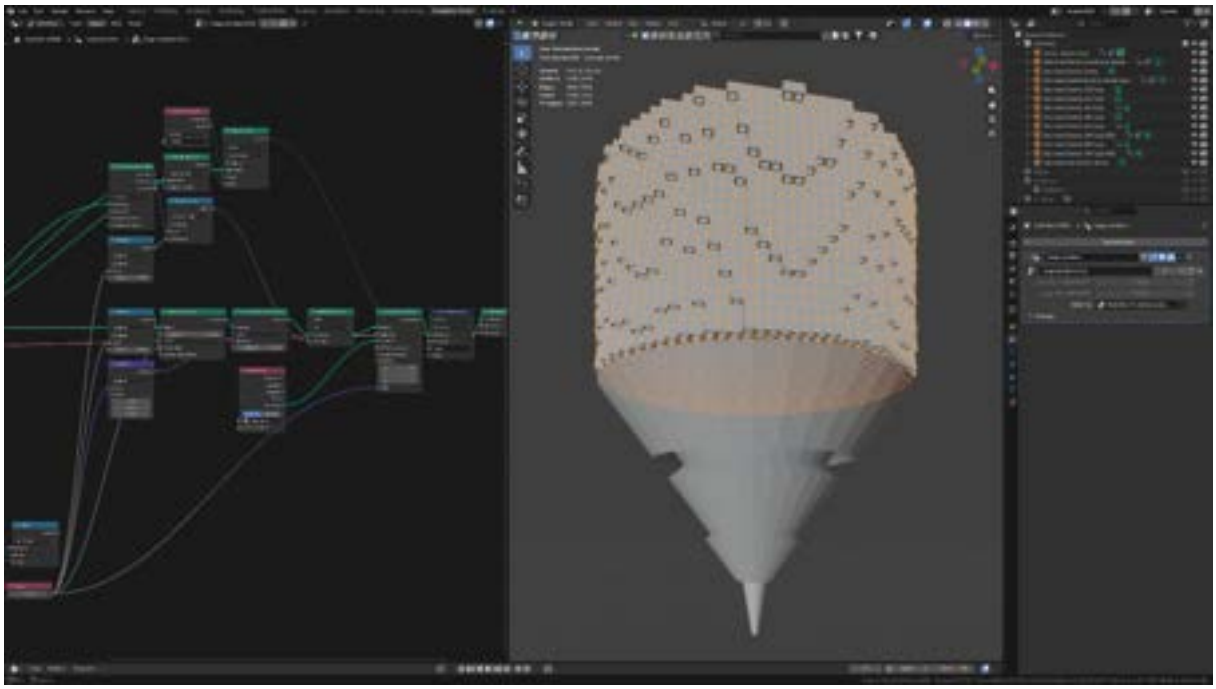
Vir: Lastni vir

4.2 UPORABA PROCEDURALNEGA SISTEMA GEOMETRY NODES

4.2.1 RAZVOJ SISTEMA

Po zaključku modeliranja vesoljskih plovil in izdelavi materialov je sledila izdelava okolja Zvezde smrti (Death Star). Ker notranjost postaje vsebuje ogromno količino geometrije in številnih ponavljajočih se konstrukcij, bi bilo ročno sestavljanje celotnega okolja iz LEGO kock izjemno zamudno in produkcijsko neučinkovito.

Zaradi tega je bil razvit poseben proceduralni sistem z uporabo orodja Geometry Nodes v programu Blender. Namen sistema je bil avtomatsko pretvoriti vso geometrijo Zvezde smrti (Death Star) v strukturo, sestavljeno iz LEGO elementov. Takšen pristop je omogočil hitrejše ustvarjanje okolja in bistveno zmanjšal količino ročnega dela.



Slika 25: Prikaz delovanja sistema Geometry Nodes na izbrani geometriji.

Vir: Lastni vir

Posebnost sistema je, da uporablja samo eno vrsto LEGO elementa, in sicer standardno LEGO kocko velikosti 1 × 1. Ta element predstavlja osnovni gradnik celotnega sistema. Z dovolj veliko gostoto razporeditve teh kock je mogoče ustvariti tudi zelo kompleksne tridimenzionalne

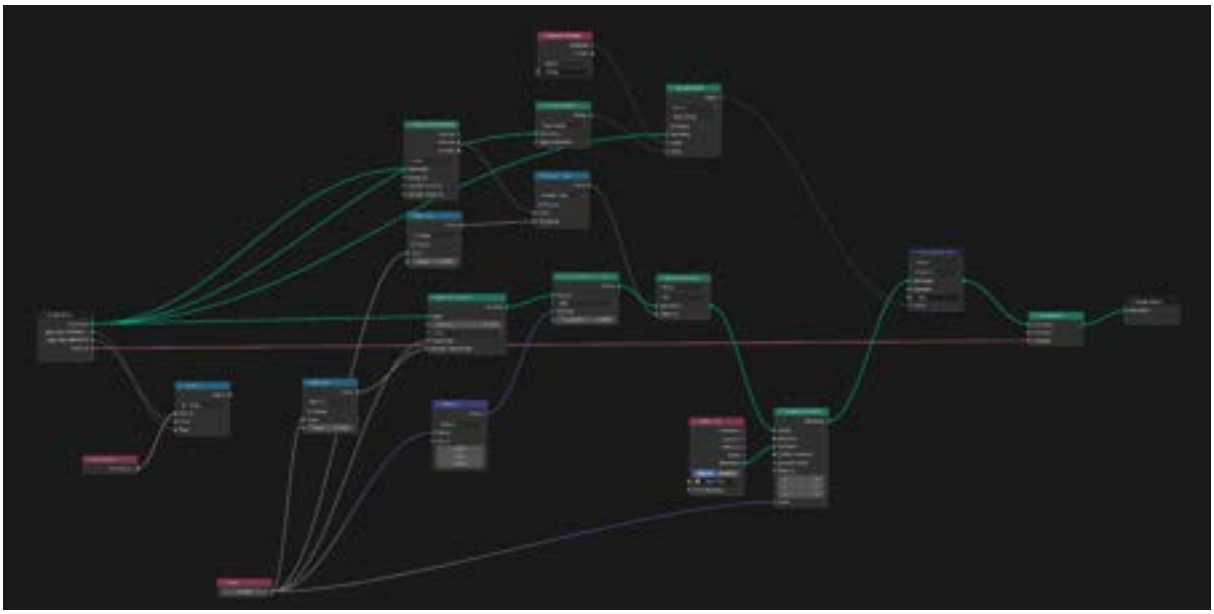
oblike. Takšen način gradnje je podoben načinu, pri katerem je tridimenzionalni objekt sestavljen iz velikega števila enakomerno razporejenih majhnih prostorskih elementov, podobno kot je digitalna slika sestavljena iz slikovnih točk.



Slika 26: Standardna LEGO kocka 1 x 1.

Vir: https://www.lego.com/en-gr/product/1x1-brick-nitelite-red-5007231

Na hitro povedano je celoten sistem analiza izbrane geometrije. To pomeni, da uporabnik v sistem vnese poljuben 3D model, sistem pa na podlagi oblike te geometrije izračuna položaje, na katere bodo postavljene LEGO kocke. Pri danem projektu so bili ti izbrani elementi komponente notranjosti Zvezde smrti (Death Star).



Slika 27: Zgradba Geometry nodes sistema za pretvarjanje geometrije v LEGO kocke.
Vir: lastni vir

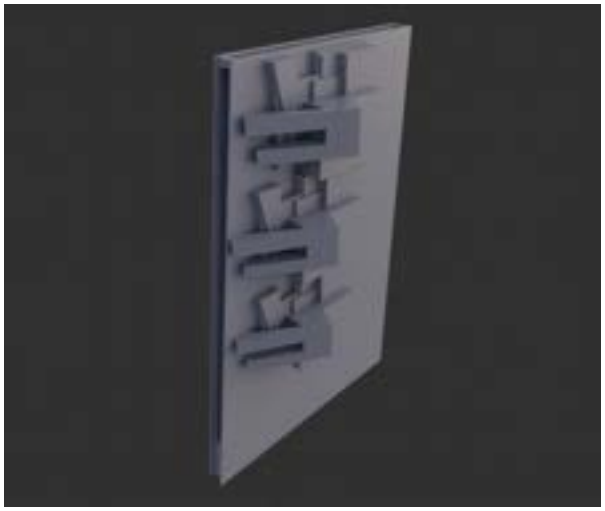
V prvem koraku je bila analizirana izbrana vhodna geometrija, ki je predstavljala osnovo za nadaljnjo proceduralno obdelavo. Z vozliščem Mesh to Volume je bila poligonska geometrija pretvorjena v prostorninski zapis. To je omogočilo, da je bila oblika modela v nadaljnjih korakih obravnavana kot tridimenzionalni prostor in ne zgolj kot njegova površina.

Po pretvorbi geometrije je bilo uporabljeno vozlišče Distribute Points in Volume, s katerim so bile znotraj ustvarjenega volumna razporejene točke. Te so predstavljale potencialne položaje za postavitev digitalnih LEGO elementov. Z nastavitvijo gostote razporeditve točk je bilo mogoče nadzorovati število uporabljenih elementov in posledično stopnjo podrobnosti končne geometrije. Večja gostota je omogočila natančnejše približevanje obliki izhodiščnega 3D modela, vendar je hkrati povečala računsko zahtevnost sistema.

Ker vse ustvarjene točke niso bile potrebne za ohranitev zunanje oblike modela, je bilo v vozliščno strukturo vključeno tudi vozlišče Geometry Proximity. Z njim je bila izračunana oddaljenost posameznih točk od površine izhodiščne geometrije. Na podlagi dobljenih vrednosti je bil pripravljen izbor točk, pri katerem so bile odstranjene točke globlje v notranjosti modela, ki ne bi vplivale na njegovo zunanjo vizualno obliko. Ohranjene so bile predvsem točke v bližini površine, potrebne za oblikovanje prepoznavne silhuete in značilnih oblikovnih podrobnosti izhodiščnega modela. S tem je bilo zmanjšano število nepotrebnih LEGO elementov in posledično tudi računska zahtevnost scene.

V naslednjem koraku je bilo uporabljeno vozlišče Instance on Points, s katerim so bile na izbrane točke razporejene instance digitalnega modela LEGO kocke velikosti 1 × 1. Ker pri tem niso bile ustvarjene samostojne kopije celotne geometrije vsakega elementa, temveč njegove instance, je bilo mogoče v sceni uporabiti veliko število ponovitev istega elementa z manjšo porabo računalniških virov.

Rezultat izdelane vozliščne strukture je bila proceduralno ustvarjena tridimenzionalna geometrija, sestavljena iz velikega števila digitalnih LEGO elementov velikosti 1 × 1. Njihova razporeditev je sledila obliki izhodiščnega 3D modela, pri čemer je bilo mogoče s spreminjanjem vhodnih parametrov prilagajati gostoto elementov in stopnjo podrobnosti končne strukture.



Slika 28: Prikaz Geometry Nodes sistema pred uporabo

Vir: Lastni vir



Slika 29: Prikaz Geometry Nodes sistema po uporabi

Vir: Lastni vir

Ker lahko sistem ustvari zelo veliko število LEGO elementov, je bila potrebna tudi optimizacija celotne datoteke.

Ena izmed funkcij sistema omogoča samodejno prepoznavanje, ali se scena prikazuje v vidnem polju (angl. viewport) ali v končni sliki. V vidnem polju (angl. viewport) se uporablja manjše število celotne gostote elementov, kar omogoča tekoče delo in hitrejše obdelovanje prizora.

Se pa pri upodabljanju (angl. rendering) primerjalno uporabi večja količina elementov, kar izboljša vizualno kakovost končnega rezultata. Takšen pristop omogoča učinkovito delo tudi pri zelo kompleksnih scenah, kakršne so denimo v naši animaciji.

Največja prednost sistema je bistveno hitrejša izdelava LEGO okolja. Namesto ročnega postavljanja več tisoč posameznih kock lahko sistem uredi strukturo s pomočjo samo nekaj parametrov.

Prednost tega načina dela je vidna v veliki prilagodljivosti, saj je mogoče sistem uporabiti na praktično katerem koli 3D modelu. S spremembo vhodne geometrije je mogoče ustvariti v celoti nove LEGO strukture, brez dodatnega modeliranja. Menim pa, da je največja prednost to, da je za računalnik veliko lažje pri upodabljanju (angl. rendering) veliko lažje računati ta sistem, kot, da bi vsak model ročno izdelali.

Kljub številnim prednostim pa ima sistem tudi določene omejitve. Ker uporablja izključno LEGO kocke 1 x 1, lahko pri zelo podrobnih modelih pride do izgube drobnih detajlov.

Natančnost sistema je odvisna predvsem od gostote postavljenih elementov, kar pomeni, da večja kakovost vedno zahteva tudi večjo računalniško moč.

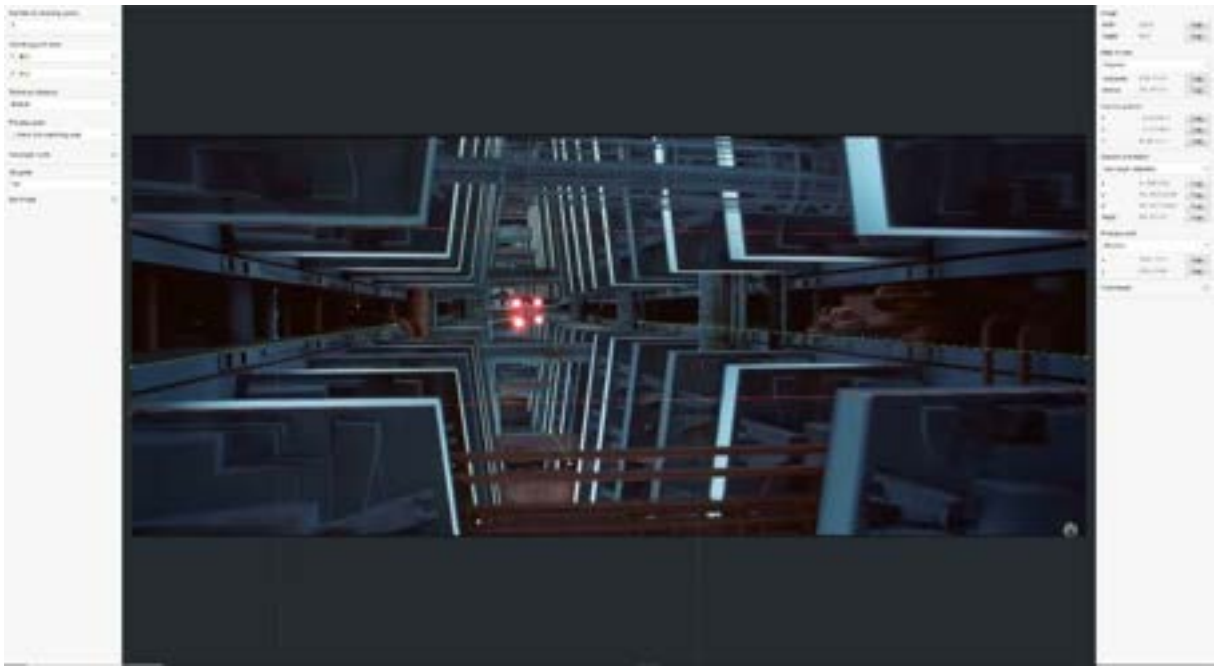
Kljub navedenim omejitvam se je izdelani sistem izkazal kot učinkovita rešitev za proceduralno izdelavo digitalnega LEGO okolja. Omogočil je hitrejšo izdelavo kompleksnih struktur, njihovo sprotno prilagajanje ter optimizacijo scene glede na potrebe dela v 3D pogledu in končnega upodabljanja.

4.3 POSTAVITEV SCENE IN KAMERE

Eden izmed glavnih ciljev projekta je bil čim bolj natančno poustvariti izbrane prizore iz filma Vojna zvezd: Jedijeva vrnitev (Star Wars: Return of the Jedi). Zaradi tega je bilo potrebno posebno pozornost nameniti postavitvi kamere in organizaciji scene. Namesto približnega posnemanja filmskih kadrov sem izvedel čim natančnejšo rekonstrukcijo postavitve in gibanja kamere na podlagi referenčnih posnetkov.

Prvi korak pri izdelavi posameznega prizora je bila analiza izvirnega filma. Za vsak kader sem natančno pregledal začetni in končni trenutek prizora, ta dva trenutka sta služila kot referenca za postavitev in animacijo 3D kamere.

Za analizo perspektive je bil uporabljen program fSpy, ki omogoča rekonstrukcijo nastavitev virtualne kamere na podlagi referenčne slike. Na izbranem filmskem kadru so bile določene perspektivne linije oziroma bežiščnice, ki se zaradi linearne perspektive navidezno stekajo proti očišču (angl. vanishing point). Na podlagi njihovega poteka je bilo mogoče analizirati perspektivo izvirnega kadra ter določiti orientacijo kamere in oceniti njeno goriščno razdaljo. Tako pridobljeni podatki so bili nato uporabljeni za čim natančnejšo rekonstrukcijo položaja in nastavitev virtualne kamere v 3D okolju programa Blender.



Slika 28: Proces analize prizora v programu fSpy.

Vir: Lastni vir

Po zaključeni analizi so bili podatki o kameri izvoženi iz programa fSpy in uvoženi v Blender. Na njihovi podlagi je bila vzpostavljena virtualna kamera s položajem, orientacijo in goriščno razdaljo, primerljivimi z izvirnim filmskim kadrom. Takšen postopek je omogočil natančnejšo rekonstrukcijo perspektive in kompozicije kadra kot ročno določanje nastavitev kamere.



Slika 29: Postavitev in nastavitve kamere.

Vir: Lastni vir

Po postavitvi virtualne kamere je sledilo natančnejše prilagajanje 3D okolja posameznega prizora. Predhodno modelirani tuneli Zvezde smrti (angl. Death Star) so bili izdelani le kot približna rekonstrukcija okolja iz izvirnega filma, zato je bila njihova geometrija dodatno prilagojena perspektivi rekonstruirane kamere. Ker so bili položaj, orientacija in nastavitve kamere že določeni, je bilo mogoče geometrijo urejati neposredno glede na pogled kamere ter jo natančneje uskladiti s kompozicijo izvirnega filmskega kadra.

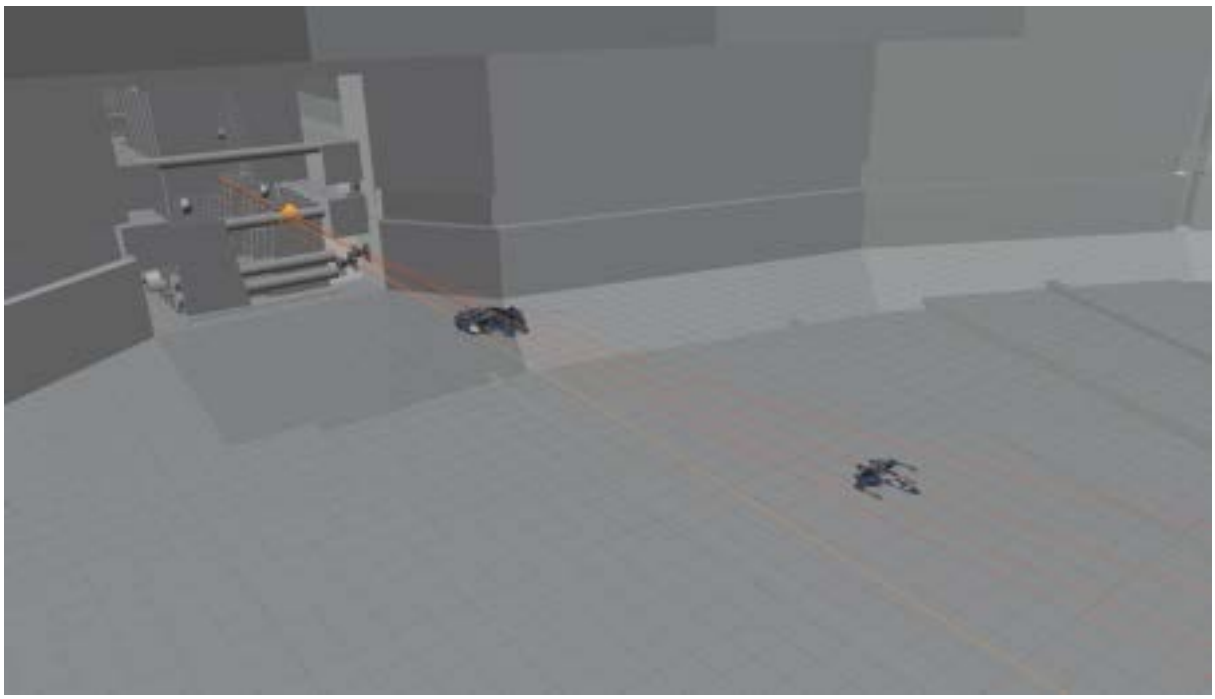
4.4 ANIMACIJA 3D MODELOV IN KAMER

Postopek rekonstrukcije kamere in prilagajanja 3D okolja je bil ponovljen za vsak prizor. Po določitvi ustrezne postavitve kamere in geometrije prizora je sledilo animiranje kamere. Na podlagi predhodne analize začetnega in končnega stanja posameznega kadra so bili določeni smer, potek in dinamika njenega gibanja. Takšen pristop je omogočil ohranjanje ključnih značilnosti gibanja kamere in vizualnega jezika izvirnega filmskega prizora, hkrati pa je dopuščal prilagoditve, potrebne za izvedbo v stiliziranem LEGO 3D okolju.

Pri primerjanju animacij z izvirnim filmom sem neprestano preverjal skladnost med referenčnimi kadri in izdelano sceno. Posamezni kadri so bili prav tako večkrat primerjani z originalnimi posnetki, da bi bila zagotovljena čim večja podobnost v kompoziciji, perspektivi in dinamiki poteka dogajanja.

Po postavitvi kamer so bili v 3D prizor umeščeni tudi modeli vesoljskih plovil. Osnova za njihovo animiranje je bila omejitev sledenja poti (angl. follow path constraint), ki v programu Blender spada med omejitve objektov (angl. object constraints) in omogoča premikanje izbranega objekta po vnaprej določeni poti.

Za posamezne kamere in vesoljska plovila so bile najprej izdelane krivulje (angl. curves), katerih potek je bil določen na podlagi analize gibanja v izvirnem filmskem prizoru. Z obliko posamezne krivulje je bila določena pot premikanja kamere oziroma plovila skozi 3D prostor. Nato je bila objektom dodeljena že omenjena omejitev sledenja poti (angl. follow path constraint), s katero so bili povezani z ustreznimi krivuljami. Enak postopek je bil uporabljen pri animiranju kamer in vesoljskih plovil.



Slika 30: Animacijske poti objektov z omejitvijo sledenja poti (angl. follow path constraint).

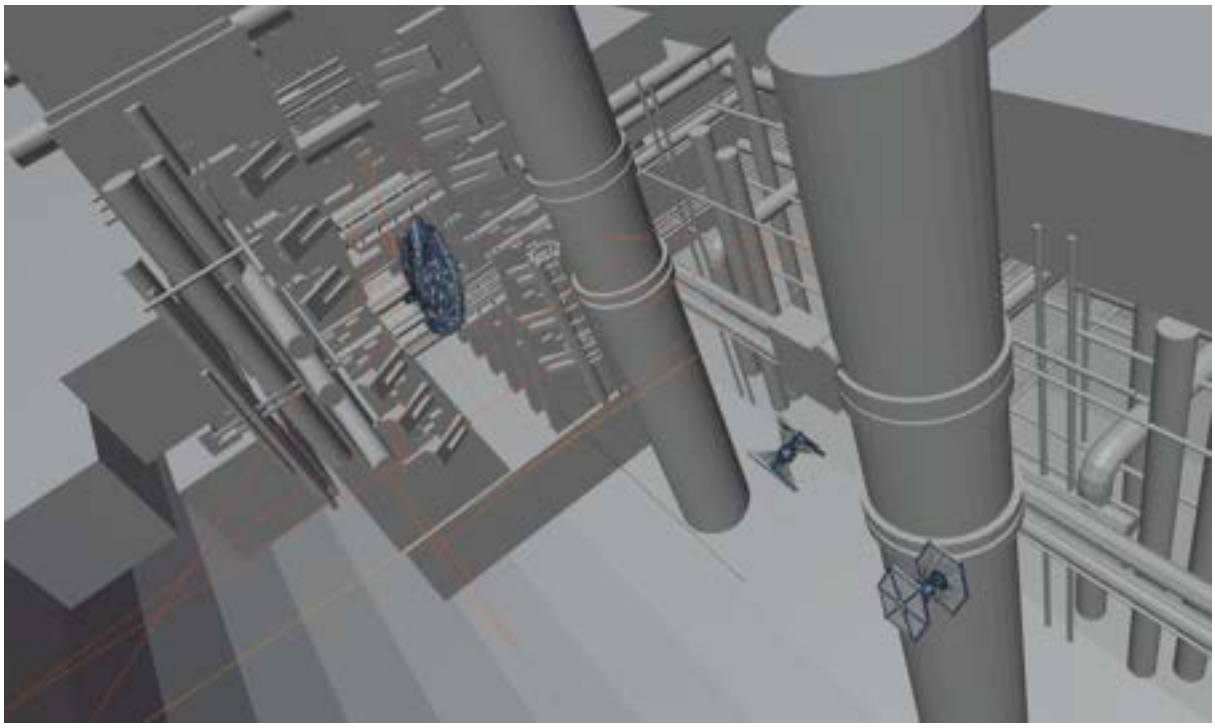
Vir: Lastni vir

Po vzpostavitvi osnovnih poti gibanja so bili dodatno prilagojeni hitrost premikanja, orientacija objektov in časovni potek animacije. Izdelana animacija je bila sproti primerjana z izvirnim filmskim prizorom, na podlagi primerjave pa so bile po potrebi popravljene oblike krivulj ter položaji in časovna razporeditev ključnih sličic (angl. keyframes). S postopnim prilagajanjem je bilo gibanje kamer in vesoljskih plovil čim natančneje usklajeno z referenčnim filmskim prizorom.

4.5 OSVETLJEVANJE

Po zaključeni postavitvi scene in animacije je sledilo osvetljevanje posameznih prizorov. Kot referenca so bili uporabljeni kadri iz izvirnega filma, na podlagi katerih so bili analizirani smer, položaj, intenzivnost in barvne značilnosti svetlobe. Cilj osvetljevanja je bil čim natančneje poustvariti svetlobno vzdušje izvirnega prizora, hkrati pa ustrezno poudariti obliko in površinske lastnosti digitalnih LEGO modelov.

Po analizi referenčnih kadrov so bile v posamezne prizore v programu Blender umeščene površinske luči (angl. area lights). Njihova postavitev je bila določena glede na smer in značilnosti svetlobe v izvirnih kadrih, nato pa so bili postopoma prilagojeni njihova intenzivnost, velikost in barvni odtenek. Posebna pozornost je bila namenjena osvetlitvi glavnih objektov, predvsem plovila Millennium Falcon, pri katerem je bilo treba skozi celotno animacijo zagotoviti visoko stopnjo razločljivosti silhuete in ustrezno vizualno ločitev od temnejšega okolja.



Slika 31: Razporeditev svetlobnih virov za osvetlitev notranjosti Zvezde smrti.

Vir: Lastni vir

Drugačen pristop je bil uporabljen pri zaključnem prizoru, v katerem Millennium Falcon zapusti notranjost druge bojne postaje Zvezda smrti II (angl. Death Star II) in preide v odprti vesoljski prostor. Za osvetlitev tega prizora je bilo uporabljeno okolje HDRI (angl. High Dynamic Range Image), ki je omogočilo osvetljevanje scene na podlagi panoramske slike z visokim dinamičnim razponom. S tem so bili na površinah digitalnih LEGO modelov ustvarjeni ustreznejši svetlobni odboji in refleksije, osvetlitev pa je bila prilagojena vizualnim značilnostim odprtega vesoljskega okolja. Takšen pristop je omogočil tudi jasnejšo vizualno razlikovanje med osvetlitvijo notranjosti Zvezde smrti in zaključnim prizorom v odprtem vesolju.

4.6 UPODABLJANJE (RENDERING) IN OPTIMIZACIJA PROCESA UPODABLJANJA

Po zaključku procesov produkcije je sledila priprava prizorov za upodabljanje (angl. rendering). Ker je bil projekt načrtovan z obsežno postprodukcijo v programu Nuke, je bilo potrebno že v

tej fazi organizirati posamezne elemente scene tako, da bodo kasneje omogočali čim večjo fleksibilnost pri urejanju slikovnih plasti (angl. compositing).

Pred začetkom upodabljanja (angl. rendering) so bili vsi prizori organizirani v več različnih plasti pogleda (angl. view layers) in upodobitvenih slojev (angl. render passes). To pomeni, da razplastimo različne elemente upodobljene sličice in jih kasneje združimo pri procesu urejanja plasti (angl. compositing). Takšen pristop omogoča ločeno obdelavo posameznih elementov slike v postprodukciji. Namesto ene same končne slike je bilo mogoče izvoziti različne komponente, kot so osvetlitev, refleksije, emisije objektov, globinske informacije in še druge podatke, ki so bili kasneje spojeni v programu Nuke.

Za upravljanje barvnega prostora je bil uporabljen sistem ACES (Academy Color Encoding System). ACES predstavlja industrijski standard za barvno upravljanje v filmski in VFX industriji. Njegova glavna prednost je ohranjanje velike količine barvnih in svetlobnih informacij skozi celoten produkcijski proces. Uporaba sistema ACES je bila posebej pomembna zaradi kasnejšega dela v programu Nuke. Ker so vse upodobljene slike (angl. render) uporabljale enoten barvni prostor, je bilo mogoče zagotoviti konsistenten videz slike. Poleg tega je ACES omogočil bolj naravno obnašanje zelo svetlih območjih slike, kar je pomembno pri svetlobnih učinkih, emisijskih materialih, eksplozijah in seveda kasnejši postprodukciji.

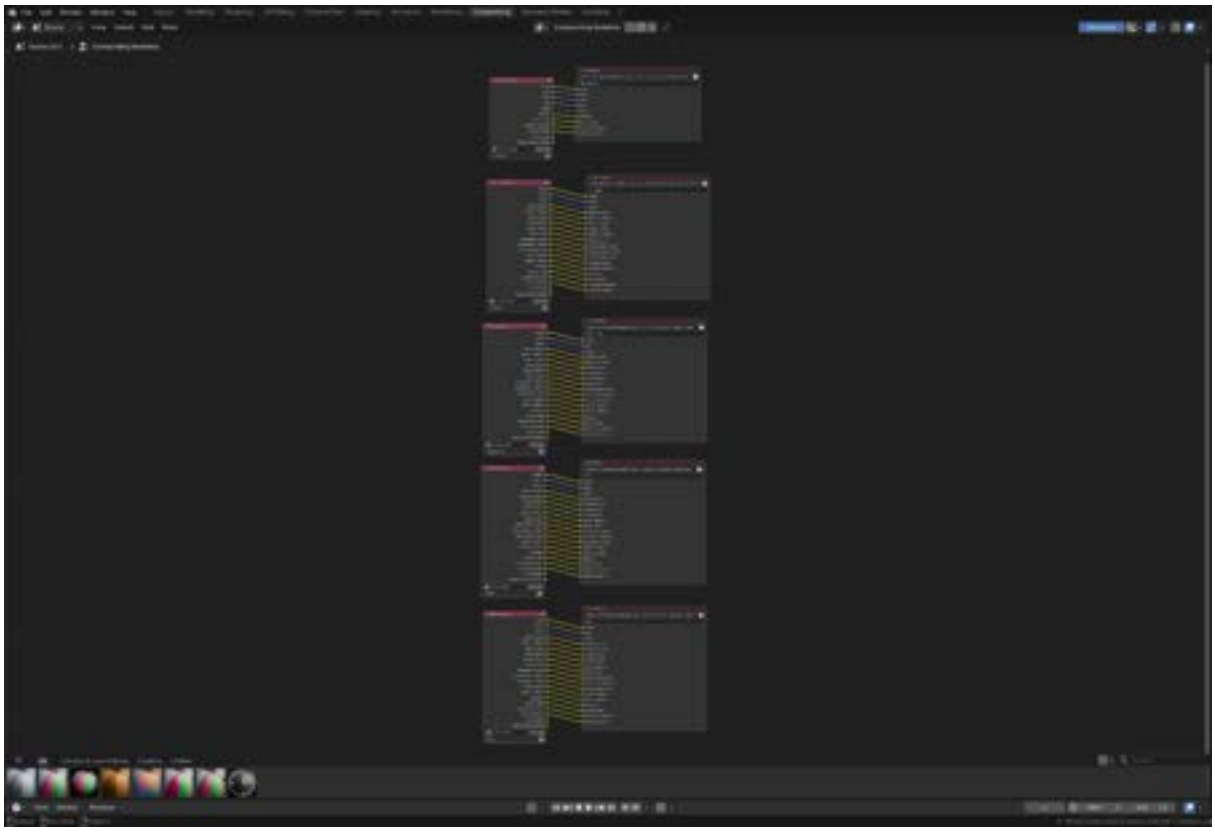
Za povečanje filmskega učinka animacije je bilo kameram dodano tudi rahel učinek globinske ostrine (angl. depth of field). Ta učinek simulira obnašanje resničnih kamer, pri katerih niso vsi deli slike enako ostri. Globinska ostrina pomaga tudi usmerjati gledalčevo pozornost na najpomembnejše elemente prizora in prispeva k večji vizualni prepričljivosti animacije.

Pri uporabi globinske ostrine (angl. depth of field) je bilo pomembno ohraniti ravnovesje med realizmom in nepreglednostjo celotne slike. Zaradi hitrega premikanja skozi tunele Zvezde smrti (Death Star-a) bi bil premočen učinek zmotljiv, zato je bila uporabljena samo rahla zameglitev oddaljenih delov prostora.

Animacija je bila upodobljena (angl. rendered) s hitrostjo 24 sličic na sekundo (24 fps), kar predstavlja standardno hitrost predvajanja v filmski industriji. Takšna hitrost omogoča naravno gibanje in dodatno prispeva h kinematskemu občutku animacije.

Za izvoz je bil nato uporabljen format Multi-Layer OpenEXR. Ta format omogoča shranjevanje velike količine podatkov znotraj ene datoteke, vključno z vsemi upodobitvenimi sloji (angl. render passes) in dodatnimi informacijami o sliki. Prednost takega pristopa je boljša

organizacija produkcije, enostavnejši prenos podatkov in seveda tudi kvalitetnejša slika kot jpg ali png.



Slika 32: Nastavitve upodabljanja.

Vir: Lastni vir

Z uporabo plasti pogleda (angl. view layers), upodobitvenih slojev (angl. render passes), sistema za upravljanje barv ACES in večplastnega formata OpenEXR (angl. Multi-Layer EXR) je bila vzpostavljena preglednejša organizacija upodobljenih podatkov ter zagotovljena večja prilagodljivost pri nadaljnji postprodukciji. Z ustrezno optimizacijo scene je bila hkrati zmanjšana računska zahtevnost upodabljanja ob ohranjanju zahtevane kakovosti končne slike.

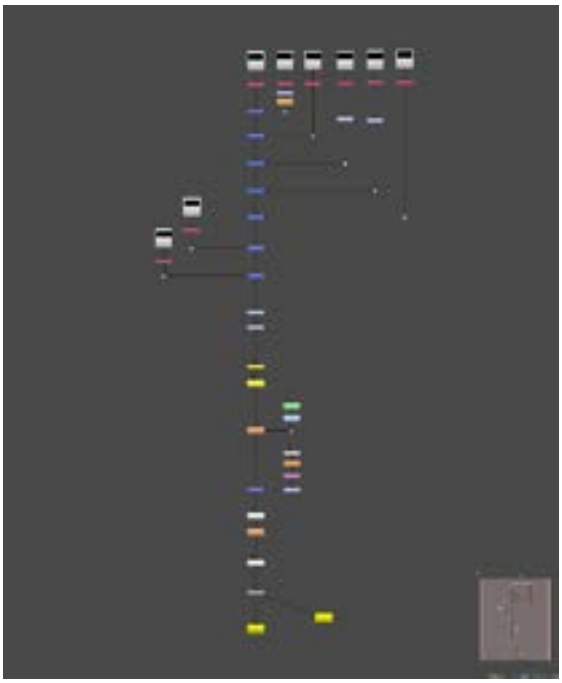
5. POSTPRODUKCIJA

5.1 MONTAŽA PLASTI (ANGL. COMPOSITING) V PROGRAMU NUKE

Po zaključku upodabljanja (angl. rendering) je sledila postprodukcija v programu Nuke, katere namen je bil združiti posamezne upodobitvene sloje (angl. render passes) v končno sliko ter izvesti nadaljnje vizualne izboljšave animacije. Za razliko od neposrednega izvoza ene končne slike iz programa Blender je bil uporabljen profesionalni produkcijski potek dela z zapisom v formatu Multi-layer OpenEXR, ki omogoča shranjevanje več upodobitvenih slojev v eno datoteko.

Pri upodabljanju so bile uporabljene plasti pogleda (angl. view layers) in upodobitveni sloji (angl. render passes), ki vsebujejo ločene informacije o posameznih komponentah slike, kot so osvetlitev, sence, odboji, emisije in drugi vizualni elementi. Takšen način izvoza omogoča njihovo neodvisno obdelavo in združevanje v postprodukciji brez ponovnega upodabljanja celotne scene.

Program Nuke uporablja vozliščni sistem obdelave (angl. node-based workflow), pri katerem je vsak korak postprodukcije predstavljen z ločenim vozliščem. Takšen pristop omogoča nedestruktivno urejanje slike, saj se posamezne operacije izvajajo kot zaporedje obdelav, pri čemer izvorni slikovni podatki ostanejo nespremenjeni. Posamezna vozlišča omogočajo prilagajanje različnih parametrov, kot so barvne korekcije, svetlost, kontrast, združevanje plasti, maskiranje ter dodajanje vizualnih učinkov. Zaradi takšnega načina dela je mogoče posamezne korake postprodukcije kadar koli naknadno prilagoditi ali dopolniti, ne da bi bilo treba celotno 3D sceno ponovno upodobiti.



Slika 33: Prikaz vozliščnega sistema v programu Nuke.

Vir: Lastni vir

Prvi korak postprodukcije je predstavljalo sestavljanje vseh upodobitvenih slojev (angl. render passes) in plasti pogleda (angl. view layers) v končno kompozicijo. Posamezni upodobitveni sloji (angl. render passes) vsebujejo različne informacije o osvetlitvi, sencah, odbojih, emisijah in drugih komponentah slike, kar pri postprodukcijski obdelavi omogoča natančen nadzor nad posameznimi elementi končnega posnetka. Prednost takšnega pristopa je, da je mogoče posamezne dele slike naknadno prilagoditi brez ponovnega upodabljanja celotne scene, kar bistveno skrajša čas postprodukcije in omogoča učinkovitejše odpravljanje napak.

5.2 DODAJANJE VIZUALNIH UČINKOV

Po zaključeni montaži in urejanju plasti (angl. compositing) je sledila izdelava dodatnih vizualnih učinkov, namenjenih vizualni nadgradnji posameznih kadrov ter približevanju svetlobnih, barvnih in atmosferskih značilnosti podobi izvirnega filma Vojna zvezd: Jedijeva vrnitev (Star Wars: Return of the Jedi). Večina učinkov je bila izvedena v programu Nuke, ki

omogoča nedestruktivno urejanje posameznih upodobitvenih slojev (angl. render passes) ter natančen nadzor nad končnim videzom animacije.

Med prvimi uporabljenimi upodobitvenimi sloji je bila ambientna okluzija (angl. ambient occlusion), ki poudari stike med objekti ter izboljša zaznavanje prostorskih odnosov in globine prizora. Zaradi izrazitejših robov in prehodov med posameznimi elementi postane tridimenzionalna struktura scene bolj berljiva in vizualno prepričljivejša. Uporabljen je bil tudi upodobitveni sloj meglica (angl. mist), ki vsebuje podatke o oddaljenosti objektov od kamere. Na njegovi podlagi je bilo mogoče postopno zmanjševati kontrast in ostrino bolj oddaljenih objektov ter ustvariti bolj naraven občutek prostorske globine.



Slika 34: Neobdelana upodobitev iz programa Blender.

Vir: Lastni vir

Pomemben del postprodukcije je predstavljal tudi učinek žarenja (angl. glow), ki poudari svetlobne vire in materiale z emisijskimi lastnostmi. Uporabljen je bil predvsem pri eksplozijah, motorjih vesoljskih plovil, laserskih strelih in drugih svetlobnih elementih, kjer je prispeval k večji intenzivnosti svetlobe ter izrazitejšemu občutku dinamike prizora.

Za simulacijo optičnih lastnosti objektiva je bil uporabljen učinek kromatske aberacije (angl. chromatic aberration), pri katerem pride do rahlega razmika barvnih kanalov na robovih slike. Ker se ta optični pojav pojavlja tudi pri resničnih objektivih, njegova zmerna uporaba prispeva k bolj naravnemu in filmskemu videzu digitalne slike. Zaradi možnosti pretiranega učinka je bila njegova intenzivnost dozirana zelo previdno.



Slika 35: Upodobitev po barvnih korekcijah in uporabi učinka žarenja (angl. glow).

Vir: Lastni vir

Za bolj filmski videz je bil dodan tudi filmski šum (angl. film grain). Digitalno ustvarjene slike so pogosto zelo čiste in brez naključnih nepravilnosti, zato zmerna količina filmskega šuma prispeva k bolj naravnemu videzu ter zmanjša občutek računalniško ustvarjene slike.

Za simulacijo optičnih lastnosti kamere je bilo uporabljeno tudi popačenje objektiva (angl. lens distortion), ki poustvari rahlo geometrijsko popačenje slike, značilno za resnične objektive. Poleg tega je bilo dodano še vinjetiranje (angl. vignette), ki rahlo potemni robove kadra in usmeri gledalčevo pozornost proti njegovemu osrednjemu delu.

Kot zadnji korak postprodukcije je bila uporabljena še zameglitev gibanja (angl. motion blur), ki simulira zamegljenost hitro premikajočih se objektov med osvetlitvijo posamezne filmske sličice. Čeprav program Blender omogoča uporabo tega učinka že med upodabljanjem (angl. rendering), je bila njegova izvedba prestavljena v postprodukcijo. Takšen način dela omogoča natančnejše prilagajanje intenzivnosti učinka, lažje odpravljanje morebitnih napak ter večjo prilagodljivost brez potrebe po ponovnem upodabljanju celotne animacije.



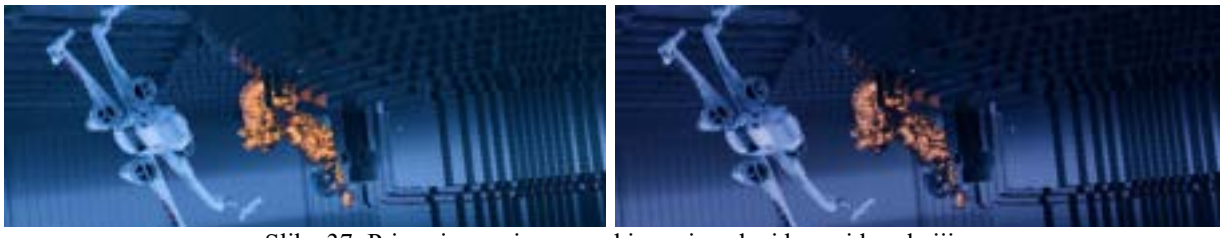
Slika 36: Končna upodobitev (angl. render).

Vir: Lastni vir

5.3 BARVNA KOREKCIJA IN USTVARJANJE KINEMATOGRAFSKEGA VIDEZA

Eden izmed ključnih ciljev postprodukcije je bil z barvno korekcijo oblikovati končni videz animacije ter ga čim bolj približati vizualni estetiki filma Vojna zvezd: Jedijeva vrnitev (Star Wars: Return of the Jedi). Namen barvne obdelave ni bil popolna reprodukcija izvirnega filma, temveč ustvarjanje primerljivega vzdušja, ki ohranja prepoznavne značilnosti filmskega prizora, hkrati pa upošteva stiliziran videz LEGO modelov.

Kot referenca pri barvni korekciji so bili uporabljeni izvirni filmski kadri, na podlagi katerih so bili primerjani kontrast, nasičenost barv, svetlost ter razmerje med osvetljenimi in senčnimi deli slike. Posebna pozornost je bila namenjena značilni hladni modrikasti osvetlitvi notranjosti druge bojne postaje Zvezda smrti (Death Star II) ter izrazitim toplim oranžnim odtenkom eksplozij, motorjev vesoljskih plovil in drugih svetlobnih učinkov. Prav kontrast med hladnimi in toplimi barvnimi toni pomembno prispeva k prepoznavni vizualni podobi izvirnega prizora.



Slika 37: Primerjava prizora pred in po izvedeni barvni korekciji.

Vir: Lastni vir

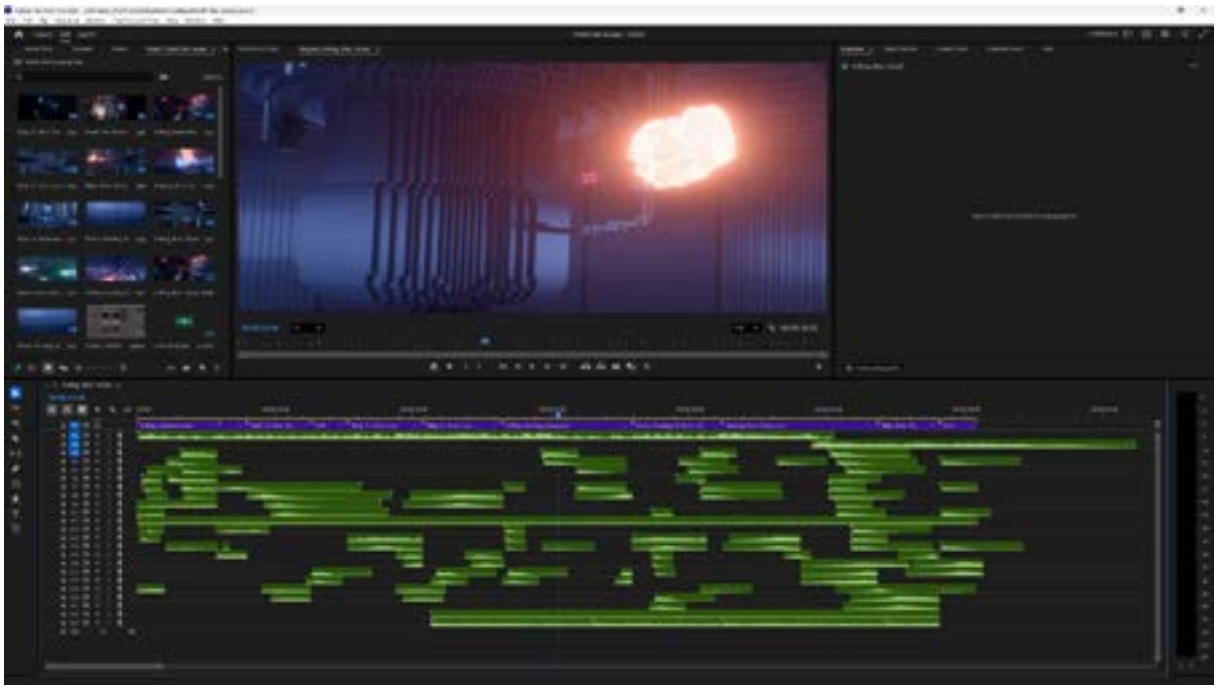
Barvna korekcija je bila izvedena z uporabo sistema ACES (angl. Academy Color Encoding System), ki zagotavlja enotno upravljanje barv skozi celoten produkcijski proces. Sistem omogoča dosledno interpretacijo barv med različnimi programskimi okolji ter natančnejši prikaz svetlih in temnih delov slike, pri čemer se ohrani več podrobnosti v območjih z visokim dinamičnim razponom. Takšen pristop omogoča bolj naravno reprodukcijo svetlobnih učinkov, natančnejše uravnoteženje kontrasta in barvne temperature ter večjo skladnost vseh kadrov končne animacije.

Končni videz animacije je bil oblikovan s prilagajanjem kontrasta, nasičenosti barv, svetlosti in barvne temperature, pri čemer so bili vsi posegi izvedeni zmerno. Cilj ni bil ustvariti popolnoma enakega videza kot v izvirnem filmu, temveč doseči vizualno prepričljivo rekonstrukcijo prizora, ki ohranja značilno filmsko vzdušje in hkrati poudari prepoznavno estetiko LEGO sveta.

5.4 KONČNA MONTAŽA ANIMACIJE

Po zaključeni montaži plasti (angl. compositing) v programu Nuke so bili vsi obdelani kadri izvoženi kot zaporedja posameznih, visokokakovostnih sličic, ki so bile uvožene in spojene v video trakove v postproduckiji v programu Adobe Premiere Pro. V tej fazi so bili posamezni kadri razporejeni na časovnico, preverjena je bila njihova časovna usklajenost ter izveden končni izvoz animacije v izbrani video zapis.

Pomemben del montaže je predstavljala tudi sinhronizacija slike z zvočno podlago. Pri tem je bila uporabljena izvirna glasba iz filma Star Wars: Return of the Jedi (Vojna zvezd: Jedijeva vrnitev), saj je omogočila ohranitev ritma, dinamike in dramaturške zasnove izbranega prizora. Posebna pozornost je bila namenjena natančni časovni usklajenosti gibanja vesoljskih plovil, eksplozij in drugih vizualnih dogodkov z značilnimi zvočnimi učinki ter glasbeno podlago. Takšna sinhronizacija je pomembno prispevala k prepričljivosti animacije in izboljšala njeno avdiovizualno usklajenost.



Slika 38: Montaža v programu Adobe Premiere Pro.

Vir: Lastni vir

Pred končnim izvozom je bil opravljen še pregled celotnega zaporedja kadrov, pri katerem so bili preverjeni: pravilnost poteka animacije, prehodov med kadri, skladnost barvne obdelave ter odpravljene morebitne nepravilnosti, nastale med postprodukcijo. Končni izvoz je bil izveden v formatu, primernem za predvajanje in predstavitev diplomskega projekta.

Končni rezultat predstavlja kratko 3D računalniško animacijo v LEGO estetiki, ki združuje tehnike 3D modeliranja, računalniške animacije, montaže plasti in filmske postprodukcije. Animacija predstavlja interpretacijo izbranega prizora iz filma Vojna zvezd: Jedijeva vrnitev (Star Wars: Return of the Jedi), pri čemer ohranja prepoznavno vizualno podobo izvirnega dela in jo uspešno prenese v stiliziran svet LEGO modelov.

6. SKLEP

Diplomsko delo je obravnavalo izdelavo 3D računalniško animirane rekonstrukcije izbranega prizora iz filma Vojna zvezd: Jedijeva vrnitev (Star Wars: Return of the Jedi) v prepoznavnem LEGO vizualnem slogu. Namen dela je bil preveriti, ali je mogoče kompleksen filmski prizor prenesti v stilizirano digitalno okolje, pri tem pa ohraniti njegovo prepoznavnost, pripovedno jasnost in osnovno filmsko dinamiko. Hkrati sem želel raziskati uporabo sodobnih postopkov 3D produkcije, povezovanje različnih programskih orodij ter možnosti proceduralnega modeliranja pri izdelavi obsežnega LEGO okolja.

Osrednji cilj projekta je bil izdelati prepoznavno LEGO rekonstrukcijo prizora, v katerem vesoljska plovila letijo skozi notranjost Zvezde smrti (Death Star). Pri primerjavi končne animacije z izvirnim prizorom sem ugotovil, da so bile ohranjene njegove bistvene vizualne in pripovedne značilnosti. Prepoznavni so ostali osnovna prostorska zasnova, kompozicija kadrov, smer gibanja plovil, postavitev in gibanje kamere ter časovni potek najpomembnejših dogodkov. Popolna vizualna enakost z izvirnikom ni bila niti mogoča niti cilj projekta, saj LEGO stilizacija temelji na poenostavljeni geometriji, drugačnih materialih in merilu igrače. Kljub temu se končni izdelek jasno navezuje na izvirni filmski prizor in ga predstavi kot novo, vizualno enotno in zanimivo reinterpretacijo.

Na prvo raziskovalno vprašanje, ki je obravnavalo vpliv LEGO stilizacije na prepoznavnost in pripovedno jasnost, lahko zato odgovorim pritrdilno. Poenostavitev geometrije ni preprečila razumevanja dogajanja, saj so bile ohranjene značilne silhuete vesoljskih plovil, ključna razmerja, barve in osnovna struktura okolja. Pri tem se je pokazalo, da prepoznavnost prizora ni odvisna samo od količine podrobnosti, temveč predvsem od pravilne izbire vizualnih značilnosti, ki jih gledalec povezuje z izvirnikom. Prva hipoteza, da LEGO vizualna stilizacija omogoča ohranitev prepoznavnosti in pripovedne jasnosti prizora, je bila s tem potrjena.

Drugo raziskovalno vprašanje se je nanašalo na vpliv načel animacije, kamere in osvetlitve na kakovost končnega izdelka. Med izdelavo sem ugotovil, da imajo ti elementi pomembnejšo vlogo kot sama kompleksnost modelov. Pri togih LEGO plovilih ni bilo mogoče enakovredno uporabiti vseh načel klasične animacije, zato so bili pomembnejši tempiranje, spreminjanje hitrosti, gibanje po načrtovanih poteh in jasna postavitev objektov v kadru. Rekonstrukcija perspektive in približnega položaja kamer je pripomogla k večji podobnosti z izvirnikom, medtem ko je osvetlitev omogočila ločevanje glavnih objektov od podrobnega okolja. Druga

hipoteza, da premišljena uporaba animacije, kamere in osvetlitve prispeva k vizualni kakovosti in estetski prepričljivosti, je bila potrjena.

Pomembna ugotovitev primerjalne analize uradne in ljubiteljske LEGO animacije je bila, da kakovost ni odvisna samo od velikosti produkcije ali količine uporabljenih tehničnih sredstev. Profesionalna produkcija omogoča večje število modelov, podrobnejše materiale in zahtevnejše vizualne učinke, vendar lahko tudi manj obsežna produkcija doseže jasen in prepričljiv rezultat, kadar so kamera, montaža, osvetlitev, gibanje in vizualni slog medsebojno usklajeni. Pri načrtovanju lastnega filma je bilo zato pomembno predvsem ohranjanje prepoznavnih silhuet, jasna prostorska orientacija pri hitrem gibanju in dosledna vizualna upodobitev materialov. Površinske nepravilnosti, kot so manjše praske, prah in odtisi, so dodatno zmanjšale vtis popolnoma računalniško ustvarjenih površin ter približale videz fizični LEGO plastiki.

Tretje raziskovalno vprašanje je obravnavalo povezovanje programov Blender, Nuke in Adobe Premiere Pro. Blender je predstavljal osrednje okolje za modeliranje, izdelavo materialov, animiranje, osvetljevanje in upodabljanje (angl. rendering). Nuke je omogočil sestavljanje slikovnih plasti, barvno obdelavo in dodajanje vizualnih učinkov, Adobe Premiere Pro pa končno montažo ter urejanje zvočne podobe. Povezava med programi je omogočila razdelitev postopka na jasno določene faze in boljši nadzor nad posameznimi deli produkcije. Pri prenosu datotek in organizaciji večjega števila upodobljenih sličic je bilo potrebno skrbno upravljanje datotek, vendar je bil izbrani postopek kot celota primeren za tehnično izvedbo projekta. Tretja hipoteza je bila zato potrjena.

Eden izmed najzahtevnejših in hkrati najpomembnejših delov projekta je bil razvoj sistema Geometry Nodes za proceduralno ustvarjanje LEGO okolja Zvezde smrti. Ročna postavitev tako velikega števila elementov bi bila časovno neučinkovita in bi močno omejila poznejše prilagoditve. Proceduralni sistem je omogočil, da se je izhodiščna geometrija samodejno pretvorila v modularno strukturo LEGO kock. S spreminjanjem vhodnih nastavitev je bilo mogoče prilagajati razporeditev in količino elementov, ne da bi bilo treba vsak del okolja ponovno ročno izdelati. Na četrto raziskovalno vprašanje lahko zato odgovorim, da je uporaba Geometry Nodes izboljšala učinkovitost, prilagodljivost in modularnost izdelave kompleksnega okolja. S tem je bila potrjena tudi četrta hipoteza.

Pri razvoju proceduralnega sistema so se pokazale tudi njegove omejitve. Velika količina uporabljene geometrije je povečala zahtevnost prizorov, obremenitev računalniške opreme in čas upodabljanja. Zaradi nezadostno optimiziranih različic datotek je prihajalo tudi do

nestabilnega delovanja programa Blender. Zato je bilo treba iskati ravnovesje med količino podrobnosti, vizualno kakovostjo in tehnično zmogljivostjo sistema. Iz te izkušnje sem ugotovil, da proceduralni pristop sam po sebi ne zagotavlja učinkovitega postopka, če sistem ni ustrezno zasnovan in optimiziran. Pri podobnih projektih je zato pomembno že med razvojem preverjati gostoto geometrije, uporabo instanc in zahtevnost posameznih prizorov.

Med večje izzive je sodila tudi izdelava knjižnice LEGO elementov in sestavljanje vesoljskih plovil brez uporabe že pripravljenih končnih modelov. Takšen pristop je zahteval veliko časa, vendar mi je omogočil večji nadzor nad obliko, merilom, materiali in organizacijo modelov. Zahtevna je bila tudi rekonstrukcija kamer. Program fSpy je postopek olajšal, vendar pridobljenih nastavitev ni bilo mogoče vedno neposredno uporabiti brez dodatnega prilagajanja. Končni položaji in gibanje kamer so zato nastali s kombinacijo tehnične rekonstrukcije ter vizualnega primerjanja z referenčnimi posnetki.

Zastavljeni produkcijski cilji so bili večinoma doseženi. Izdelana je bila zaključena animacija, ki povezuje vse faze produkcije. Dosežena je bila prepoznavna LEGO reinterpretacija izbranega prizora, ne pa popolna kopija izvirnega filma. Razlike so posledica izbrane stilizacije, omejitev LEGO geometrije, razpoložljive računalniške opreme in obsega projekta, ki ga je izvedel posamezni ustvarjalec. Te razlike ne predstavljajo neuspeha, saj je bil namen izdelati lastno stilizirano rekonstrukcijo in ne popolnoma identično ponovitev izvirnika.

Peto raziskovalno vprašanje se je nanašalo na možnosti uporabe takšne animacije na promocijskem, izobraževalnem in zabavnem področju. Končni izdelek prikazuje, da je mogoče znano filmsko vsebino povezati s prepoznavnim LEGO slogom in jo predstaviti kot samostojno ustvarjalno delo. Projekt je primeren tudi kot predstavitev dognanj s področja 3D animacije, proceduralnega modeliranja in digitalne postprodukcije. Ker odzivov občinstva in tržnega potenciala nisem preverjal z raziskavo ali drugimi empiričnimi metodami, pete hipoteze ni mogoče v celoti potrditi. Na podlagi izvedenega projekta je mogoče ugotoviti, da takšen potencial obstaja, vendar bi bilo za njegovo zanesljivo vrednotenje potrebno dodatno preverjanje pri ciljnih skupinah.

Kot ključna priporočila za podobne projekte lahko izpostavim zgodnje načrtovanje produkcijskega postopka, uporabo referenčnih posnetkov, sprotno optimizacijo prizorov in smiselno uporabo proceduralnih metod. Pomembno je tudi, da se vizualna kakovost ne ocenjuje samo glede na število podrobnosti, temveč glede na povezanost modelov, materialov, osvetlitve, kamere, gibanja in postprodukcije. Pri obsežnih projektih je priporočljivo izdelavo razdeliti na

manjše zaključene sklope ter že v zgodnjih fazah preverjati tehnično zahtevnost upodabljanja (angl. rendering).

Diplomsko delo mi je omogočilo povezovanje znanja z različnih področij računalniške grafike, animacije in filmske produkcije. Največ novih izkušenj sem pridobil pri proceduralnem modeliranju, rekonstrukciji filmskih kamer, organizaciji obsežnejšega projekta in optimizaciji kompleksnih prizorov. Rezultat projekta ni pomemben samo kot končna animacija, temveč tudi kot prikaz celotnega procesa reševanja tehničnih in ustvarjalnih problemov. Na podlagi končnega izdelka in izvedene analize lahko sklenem, da je mogoče filmski prizor uspešno prenesti v LEGO vizualni slog, če se pri tem premišljeno ohranijo ključne značilnosti izvirnika in medsebojno uskladijo vsi pomembni elementi produkcije 3D računalniške animacije.

7. VIRI

Adobe. (b. d.-b). Adobe Premiere. Pridobljeno 6. julija 2026 s https://www.adobe.com/products/premiere.html.

Beane, A. (2012). *3D animation essentials*. John Wiley & Sons.

Birn, J. (2013). *Digital lighting and rendering* (3. izd.). New Riders.

Blender Documentation Team. (2024). *Blender 4.4 manual* [Spletni priročnik]. Blender Foundation. Pridobljeno 12. februarja 2026 s https://docs.blender.org/manual/en/4.4/.

Bordwell, D., & Thompson, K. (2019). *Film art: An introduction* (12. izd.). McGraw Hill.

Brownlee, S. (2016). Amateurism and the aesthetics of LEGO stop-motion on YouTube. *Film Criticism, 40*(2). https://doi.org/10.3998/fc.13761232.0040.204.

CG Spectrum. (2022a). 3D modeling career guide. Pridobljeno 8. julija 2026 s https://www.cgspectrum.com/hubfs/3dmodeling-careerguide.pdf.

CG Spectrum. (2022b). Animation career guide. Pridobljeno 8. julija 2026 s https://www.cgspectrum.com/hubfs/animation-careerguide.pdf.

Foundry. (2024). *Nuke user guide* [Spletni priročnik]. Pridobljeno 27. februarja 2026 s https://learn.foundry.com/nuke/.

Gabrijelčič Tomc, H., Kočevar, T. N., & Iskra, A. (2021). *3D animacije: Ustvarjanje od giba do simulacije*. Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta.

Goetz, A., Krajnc, M., Krušič, S., Leder, T., Peštaj, M., Prassel, I., Repše, H., Saksida, K., & Šturm, M. (2016). *Animirajmo!: Priročnik za animirani film v vrtcih in šolah*. Zavod Republike Slovenije za šolstvo.

Kerlow, I. V. (2009). *The art of 3D computer animation and effects* (4. izd.). John Wiley & Sons.

LEGO Crow. (2023). *LEGO Western standoff | 3D animation (ft. Clint Eastwood)* [Videoposnetek]. YouTube. Pridobljeno 15. julija 2026 s https://www.youtube.com/watch?v=xtZm2lPhvBU.

Lucasfilm Ltd. (1983). *Star Wars: Episode VI – Return of the Jedi* [Film].

Rinzler, J. W. (2013). *The making of Star Wars: Return of the Jedi*. Del Rey.

Stuffmatic. (2024). *fSpy documentation* [Spletni priročnik]. Pridobljeno 5. marca 2026 s https://fspy.io/.

Thomas, F., & Johnston, O. (1981). *The illusion of life: Disney animation*. Walt Disney Productions.

Tolar Tomšič, A. (2025). *Gradiva pri predmetu 3D modeliranje in animacija* [Neobjavljeno študijsko gradivo]. Višja strokovna šola Academia Maribor.

Wells, P. (1998). *Understanding animation*. Routledge.

Williams, R. (2009). *The animator's survival kit* (Razširjena izd.). Faber & Faber.