VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

KONCEPTNA ZASNOVA, VIZUALIZACIJA IN INTEGRACIJA DIGITALNEGA 3D-OKOLJA V FILM

Kandidat: Marko Vesenjak

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Medijska produkcija

Mentor predavatelj: mag. Anja Tolar Tomšič

Mentor v podjetju: Dominik Turk

Lektor: Eva Horvat, prof. slov.

Maribor, 2026

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Marko Vesenjak, sem avtor diplomskega dela z naslovom *Konceptna zasnova, vizualizacija in integracija digitalnega 3D-okolja v film*, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Anje Tolar Tomšič.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, 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 lastno 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.

Završč, april 2026 Podpis študenta:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svoji mentorici mag. Anji Tolar Tomšič za strokovno usmerjanje, podporo in vse dragocene nasvete, ki so bistveno pripomogli k nastanku te diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi svoji družini, ki me je skozi celoten proces spodbujala in mi nudila neprecenljivo podporo.

Hvala tudi vsem kolegom in prijateljem, ki so mi stali ob strani ter me motivirali pri študiju in ustvarjanju projekta Forgotten City.

POVZETEK

Diplomsko delo obravnava proces načrtovanja, ustvarjanja in postprodukcijske obdelave digitalnega 3D-okolja za potrebe filmske produkcije. Osrednji del predstavlja praktični projekt Forgotten City, zasnovan kot študija primera, ki prikazuje postapokaliptično urbano okolje in omogoča analizo prehoda iz začetne konceptne zasnove v dokončano 3D-animirano vizualizacijo, primerno za filmski kontekst.

Namen projekta je bil raziskati, ali in na kakšen način je mogoče z uporabo dostopnih digitalnih orodij in samostojnim delom doseči profesionalno raven oziroma vizualno prepričljivost digitalnega 3D-okolja. Pri tem je bila izvedena poglobljena analiza celotnega produkcijskega procesa, od konceptne zasnove do končne postprodukcije, ter preučevanje vpliva kompozicije, perspektive, svetlobne postavitve in barvne sheme na končni vizualni rezultat.

Teoretični del naloge predstavlja temeljne vizualne in tehnične osnove konceptnega oblikovanja okolij, s poudarkom na vlogi konceptnih skic, kompozicije filmskega kadra in uporabe sodobnih digitalnih orodij, kot sta Adobe Photoshop in Blender. Posebna pozornost je namenjena razumevanju produkcijskega procesa digitalnih okolij ter povezavi med konceptno zasnovo in kasnejšo 3D-produkcijo.

Praktični del zajema celoten ustvarjalni proces, ki vključuje raziskavo referenc, izdelavo idejnega kolaža, pripravo konceptnih skic, 3D-prostorsko postavitev (angl. blockout), 3D-modeliranje, dodajanje elementov okolja, dodajanje/urejanje materialov in tekstur, osvetljevanje, animacijo kamere ter končno upodabljanje v pogonu Cycles. Atmosferski učinki, kot so megla, mehka dnevna svetloba in dolge sence, so bili uporabljeni z namenom poudarjanja prostorske globine in ustvarjanja občutka zapuščenosti. Postprodukcijska obdelava je bila izvedena v programu DaVinci Resolve, kjer je bila animacija prilagojena filmski obliki z urejanjem zaporedja kadrov, barvno korekcijo, prilagoditvijo kontrasta in razmerja stranic ter dodajanjem ambientalnih zvočnih elementov za celovitejšo predstavitev končnega dela.

Ključne besede: *digitalno 3D-okolje, virtualna scenografija, vizualizacija prostora, integracija 3D-grafike v film, produkcijski proces 3D-animacije, Blender.*

ABSTRACT

Title: Concept design, visualization, and integration of a digital 3D environment into a film

This diploma thesis examines the process of planning, creating, and post-production of a digital 3D environment for film production. The central part of the thesis is the practical project *Forgotten City*, designed as a case study that presents a post-apocalyptic urban environment and enables an analysis of the transition from an initial concept design to a completed 3D animated visualization suitable for a cinematic context.

The aim of the project was to investigate whether and in what way it is possible to achieve a professional level or visual credibility of a digital 3D environment using accessible digital tools and independent work. In this process, an in-depth analysis of the entire production pipeline was conducted, from the initial concept design to final post-production, along with an examination of the influence of composition, perspective, lighting setup, and color scheme on the final visual outcome.

The theoretical part of the thesis presents the fundamental visual and technical principles of environment concept design, with an emphasis on the role of concept sketches, film frame composition, and the use of contemporary digital tools such as Adobe Photoshop and Blender. Special attention is given to understanding the production workflow of digital environments and the relationship between the concept phase and subsequent 3D production stages.

The practical part covers the entire creative process, including reference research, mood board creation, development of concept sketches, basic spatial layout (blockout), 3D modeling, addition of environmental elements, texturing, lighting, and final rendering using the Cycles engine. Atmospheric effects such as fog, soft daylight, and long shadows were applied to enhance spatial depth and evoke a sense of abandonment. Post-production was carried out in DaVinci Resolve, where the animation was adapted into a cinematic format through shot sequencing, color correction, contrast adjustment, aspect ratio refinement, and the addition of ambient sound elements to achieve a cohesive final presentation.

Keywords: *digital 3D environment, virtual scenography, spatial visualization, integration of 3D graphics in film, 3D animation production process, Blender.*

KAZALO VSEBINE

1 UVOD 12

1.1 Opis področja in opredelitev problema 12
1.2 Namen, cilji in osnovne trditve 13
1.3 Predpostavke in omejitve 13
1.4 Uporabljene raziskovalne metode 14
1.5 Hipoteze 15

2 TEORETIČNE OSNOVE KONCEPTNE ZASNOVE OKOLJA 16

2.1 Kompozicija 17
2.2 Perspektiva 19
2.3 Svetloba in barva 21
2.4 Produkcijski proces digitalnega 3D-okolja in integracija v filmski kader 24
2.4.1 Organizacija produkcijskega poteka 24
2.4.2 Groba postavitev okolja (angl. blockout) 26
2.4.3 Modeliranje 28
2.4.4 Dodajanje in urejanje materialov in tekstur 29
2.4.5 Osvetlitev in upodabljanje (angl. rendering) 31
2.5 Analiza obstoječih primerov in pristopov 33
2.5.1 Ruin (2011) 34
2.5.2 The Maze Runner (2014) 35
2.5.3 I Am Legend (2007) 37

3 Praktična realizacija 3D-okolja 39

3.1 Načrtovanje 39
3.2 Časovni načrt 40
3.3 Finančno načrtovanje produkcije 41
3.4 Analiza rezultatov 44
3.4.1 Tehnična analiza 44
3.4.2 Umetniška analiza 45
3.4.3 Samorefleksija in možnosti nadgradnje 47
3.4.4 Uporabnost projekta na profesionalnem nivoju. 47

4 Praktična izvedba po fazah produkcije 49

4.1 Predprodukcija 49
4.2 Produkcija 52
4.3 Postprodukcija 63

5 Sklep 66

6 Viri, literatura 68

7 PRILOGE 70

KAZALO SLIK

Slika 1: Konceptna zasnova za film The Maze Runner, avtor: Ken Barthelmey (2014). 16

Vir: https://theartofken.com/gallery/the-maze-runner-21 16

Slika 2: Primer pravilo tretjin. 18

Vir: https://vision-videoschool.eu/?page_id=49 18

Slika 5: Primer uporabe zračne perspektive, planske razdelitve in kompozicije za ustvarjanje občutka globine v 3D-okolju. 21

Vir: Lastni vir. 21

Slika 6: Uporaba barve in svetlobe za oblikovanje globine, kontrasta in atmosfere prizora. .. 22

Slika 7: Primer barvne palete iz filma The Maze Runner, režija: Ball, (2014). 22

Vir: https://www.pinterest.com/pin/1048283250755860486/ 22

Slika 8: Prikaz izvedbenega načrta/cevovoda produkcije 3D-animacije po fazah. 26

Slika 9: Groba postavitev (blockout) 3D-okolja za preverjanje merila in prostorskih razmerij. 27

Vir: Lastni vir. 27

Slika 10: Primer modeliranja 3D-objekta na podlagi referenčne fotografije. 28

Vir: https://conceptartempire.com/blender-modeling-tutorials/ 28

Slika 11: Uporaba PBR-materialov pri oblikovanju površin 3D-okolja v Blenderju. 30

Vir: Lastni vir. 30

Slika 12: Prikaz osvetlitve in postavitve scene v fazi renderiranja v programu Blender. 31

Vir: Lastni vir. 31

Slika 13: Prizor s končne upodobitve projekta Forgotten City. 35

Vir: Lastni vir. 35

Slika 14: Referenčni kader iz kratkega filma Ruin (2011), režija: Wes Ball. 35

Slika 15: 3D-prizor s končne upodobitve projekta Forgotten City. 36

Vir: Lastni vir. 36

Slika 16: Kader iz filma Maze Runner (2014), režija: Wes Ball.....37

Slika 17: Prizor s končne upodobitve projekta Forgotten City. 38

Vir: Lastni vir. 38

Slika 18: Kader iz filma I Am Legend (2007), režija: Francis Lawrence. 38

Slika 19: Konceptni kolaž, oblikovan po referenčnih slikah s spleta (Google Images, Pinterest, YouTube). Vir: Lastni vir.
39

Slika 35: Prizor s končne upodobitve projekta Forgotten City. 45

Vir: Lastni vir. 45

Slika 36: Primer ponudb 3D-umetnika in njihovih urnih postavk na spletni platformi Fiverr (2026). 48

Slika 20: Črno-bela konceptna skica Forgotten city v Photoshopu.....50

Vir: Lastni vir. 50

Slika 21: Uporaba digitalnih čopičev v programu.....51

Vir: Lastni vir. 51

Slika 22: Prikaz modela v načinu urejanja (Edit Mode) v programu Blender. 53

Vir: Lastni vir. 53

Slika 23: Prikaz modela stavbe z ovijalkami v upodobitvenem pogledu (angl. render view) v programu Blender. Vir: Lastni vir. 54

Slika 24: Dodajanje in urejanje teksture v zavihku za senčenje.....55

Vir: Lastni vir. 55

Slika 25: Vozlišče (angl. node tree) v meniju za senčenje (angl. Shading). 56

Vir: Lastni vir. 56

Slika 26: Del menija za nastavitve lastnosti (angl. Properties Editor). 57

Vir: Lastni vir. 57

Slika 27: Testna upodobitev spremembe svetlobnih učinkov v upodobitvenem pogonu Cycles. Vir: Lastni vir. 58

Slika 28: Meni za nastavitve lastnosti (angl. properties editor) v Blenderju..... 59

Vir: Lastni vir. 59

Slika 29: Prvotna 3D-blokovna postavitev okolja, ustvarjena z odprtokodno geografsko podatkovno bazo (OpenStreetMap). 61

Vir: Lastni vir. 61

Slika 30: Postavitev začetne scene. 62

Vir: Lastni vir. 62

Slika 31: Časovni trak, ki prikazuje animacijo kamere v programu Blender. 63

Vir: Lastni vir. 63

Slika 32: Testna upodobitev v pogonu Cycles v pripravi za Photoshop. 64

Vir: Lastni vir. 64

Slika 33: Testna upodobitev v Adobe Photoshop..... 64

Vir: Lastni vir. 64

Slika 34: Postprodukcija v projekta v programu DaVinci Resolve. 65

Vir: Lastni vir. 65

KAZALO TABEL

Tabela 1: Faze produkcije po tednih. Vir: Lastni vir. 41

Tabela 2: Polna izvedba 3D-okolja. 43

Vir: Lastni vir. 43

Tabela 3: Konceptna zasnova brez 3D-izvedbe. 43

Vir: Lastni vir. 43

Tabela 4: Skupna finančna projekcija. 43

Vir: Lastni vir. 43

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V zadnjih letih je digitalna vizualizacija postala nepogrešljiv del sodobne filmske produkcije. Razvoj tridimenzionalnih (3D) tehnologij omogoča ustvarjanje kompleksnih in vizualno prepričljivih okolij, ki presegajo omejitve fizičnih snemalnih lokacij ter razširjajo možnosti filmske pripovedi. Digitalna 3D-okolja niso več zgolj podporni element vizualnih učinkov, temveč vedno bolj pogosto predstavljajo ključen del filmskega sveta, ki sooblikuje atmosfero, razpoloženje in pripovedni kontekst.

Eden izmed osrednjih izzivov pri ustvarjanju digitalnih okolij v filmu je prehod iz začetne konceptne zasnove okolja v končno 3D-upodobitev. Ta proces zahteva usklajevanje umetniških odločitev, kot so kompozicija, perspektiva, svetlobna zasnova in barvna paleta, s tehničnimi omejitvami ter produkcijskimi zahtevami. Neustrezna ali premalo premišljena konceptna zasnova okolja lahko v kasnejših fazah produkcije povzroči izgubo vizualne konsistentnosti, dodatna ponavljanja in povečane stroške. Poseben poudarek je posledično namenjen vprašanju, kako lahko premišljena konceptna zasnova prispeva k boljši organizaciji produkcijskega procesa, večji vizualni skladnosti ter uspešnejši integraciji digitalnega okolja v filmski kader.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je raziskati in analizirati celoten proces oblikovanja digitalnega 3D-okolja za filmsko produkcijo s poudarkom na prehodu iz konceptne zasnove okolja v končno 3D-vizualizacijo in to upodobiti v praksi. Delo se osredotoča na razumevanje vloge konceptne zasnove okolja ter njenega vpliva na kasnejše faze produkcije, kot so modeliranje, dodajanje materialov in tekstur, osvetljevanje, animacija kamere, upodobitev (angl. rendering) in filmska integracija kadra v postprodukciji.

Glavni cilji so opredeliti vlogo in pomen konceptne zasnove okolja v filmski produkciji, predstaviti temeljna vizualna načela, kot so kompozicija, perspektiva, svetloba in barvna paleta, v kontekstu spajanja 3D-okolja in filma. Med drugim tudi analizirati produkcijski proces digitalnega 3D-okolja od idejne zasnove do končne vizualizacije, praktično prikazati omenjeni proces na primeru lastnega projekta digitalnega okolja ter ovrednotiti vpliv konceptne zasnove na učinkovitost produkcije in vizualno kakovost končnega rezultata.

Osnovna trditev naloge je, da premišljena in natančno zasnovana konceptna zasnova okolja predstavlja ključen temelj za uspešno izdelavo digitalnega 3D-okolja, ki je vizualno prepričljivo ter ustrezno integrirano v filmski kontekst.

1.3 Predpostavke in omejitve

Pri izdelavi diplomskega dela se predpostavlja, da imamo zadostno predznanje na področju digitalne umetnosti, 3D-modeliranja in osnov filmske vizualizacije. Raziskava in praktični del temeljita na uporabi sodobnih digitalnih orodij, kot sta Adobe Photoshop za konceptno zasnovo okolja in Blender za 3D-ustvarjanje.

Omejitve diplomskega dela se nanašajo predvsem na obseg in časovni okvir projekta. Naloga ne vključuje celovite filmske produkcije z igranimi kadri, temveč se osredotoča na izdelavo digitalnega okolja kot samostojnega filmskega prizora oziroma vizualne študije. Prav tako je praktični del omejen na en projekt, zato rezultati ne predstavljajo splošne primerjave različnih produkcijskih pristopov, temveč poglobljeno analizo izbranega primera.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Pri izdelavi diplomskega dela bo uporabljena študija primera, ki se osredotoča na razvoj in vizualno predstavitev enega digitalnega filmskega okolja. Ta pristop omogoča poglobljeno analizo posameznega projekta ter razumevanje postopkov in odločitev, ki vplivajo na končni vizualni rezultat.

Raziskava temelji na kvalitativnem raziskovalnem pristopu, saj vključuje opis, interpretacijo in vrednotenje ustvarjalnega procesa ter analizo posameznih faz nastajanja digitalnega okolja. Poudarek je na razumevanju umetniških in tehničnih odločitev, ki vplivajo na vizualno kakovost, kompozicijo, osvetlitev ter stopnjo realizma končnega prizora.

V raziskovalnem procesu je bila uporabljena tudi raziskava referenc (angl. desk research), ki je vključevala zbiranje in analizo vizualnih referenc iz različnih virov, kot so filmska produkcija, digitalne ilustracije ter druga vizualna gradiva. Namen te metode je bil oblikovanje ustrezne konceptne zasnove okolja ter določitev vizualnega sloga in atmosfere prizora.

Pomemben del metodologije predstavlja tudi praktično projektno delo, ki vključuje eksperimentalni ustvarjalni proces razvoja digitalnega okolja. V okviru tega procesa so bile uporabljene metode digitalnega modeliranja, teksturiranja, osvetljevanja in končne vizualizacije prizorov s postopkom upodabljanja (renderiranja). Ta pristop omogoča preverjanje konceptne zasnove v praksi ter analizo vpliva posameznih tehničnih in vizualnih odločitev na končni rezultat.

1.5 Hipoteze

H1: Natančno izdelana konceptna zasnova okolja bistveno olajša in pospeši proces izdelave kakovostnega 3D-okolja.

Podrobne in premišljene skice, ki vključujejo jasno definirano kompozicijo, barvno paleto in svetlobno zasnovo, ustvarjajo trdno osnovo za nadaljnje 3D-modeliranje. To zmanjšuje potrebo po številnih ponavljanjih, izboljšuje komunikacijo med člani ekipe ter omogoča hitrejši prehod iz konceptne faze v produkcijo, kar posledično skrajša čas izdelave in zmanjša možnost napak.

H2: Uporaba naprednih tehnik osvetljevanja in dodajanje/urejanje materialov in tekstur v 3D-fazi povečuje realizem in vizualno privlačnost končnega izdelka.

Metode, kot so globalna osvetlitev (angl. global illumination), fizikalno pravilno senčenje (angl. physically based rendering oz. PBR) in proceduralno dodajanje/urejanje materialov in tekstur, bistveno vplivajo na stopnjo realizma v 3D-okolju. Ko so ti elementi usklajeni z začetnim konceptom, ustvarijo vizualno koherentno sceno, ki poveča estetsko vrednost prizora in gledalčevo vživljanje.

H3: Pravilna izbira perspektive in kompozicije v fazi predprodukcije pozitivno vpliva na integracijo okolja v filmski kader.

Če so že v fazi predprodukcije določeni ključni parametri, kot so postavitev kamere, kar vključuje plan in kot snemanja, točke zanimanja in ravnotežje elementov, pripomorejo, da je integracija 3D-okolja v končno filmsko kompozicijo bolj tekoča in naravna. To zmanjšuje potrebo po naknadnih popravkih ter zagotavlja skladnost z vizualnim slogom filma.

2 TEORETIČNE OSNOVE KONCEPTNE ZASNOVE OKOLJA

Konceptna zasnova 3D-okolja predstavlja začetno fazo vizualnega oblikovanja prostora, v katerem se odvija filmska ali animirana pripoved. Če scenarij opredeli dogajanje, like in narativno strukturo, konceptna zasnova določi prostorski okvir teh dogodkov: arhitekturo, razmerja med elementi, atmosfero, svetlobne pogoje in barvni ton. Gre za proces pretvorbe idejnih izhodišč v vizualno strukturiran prostor, ki ga je mogoče nadalje razvijati v tridimenzionalnem okolju. V strokovni literaturi je konceptna umetnost opredeljena kot del produkcijskega načrtovanja, saj ne predstavlja zgolj estetske ilustracije, temveč določa smer nadaljnjega razvoja projekta in preverja izvedljivost zastavljenih rešitev (Kerlow, 2009).



Slika 1: Konceptna zasnova za film The Maze Runner, avtor: Ken Barthelmey (2014).

Vir: https://theartofken.com/gallery/the-maze-runner-21

V sodobni produkciji, kjer je velik del okolij računalniško generiran, je konceptna faza tesno povezana tudi s tehničnimi vidiki. Digitalni prostor temelji na matematično definiranih koordinatah, merilih in geometrijskih strukturah, zato mora biti prostorska logika jasno določena že v začetni fazi. Če razmerja, perspektiva ali merilo niso dosledno opredeljeni, lahko to povzroči težave pri modeliranju, postavitvi virtualne kamere in osvetljevanju. Računalniška grafika zahteva natančno strukturiran prostor, zato konceptna zasnova predstavlja prvo prostorsko analizo, ki vpliva na nadaljnjo tridimenzionalno konstrukcijo (Foley, van Dam, Feiner & Hughes, 2013).

Produkcijski proces vključuje več specializiranih oddelkov – režijo, produkcijsko oblikovanje, modeliranje, oblikovanje materialov, osvetljevanje, animacijo in vizualne učinke. Ker vsak od njih obravnava prostor z vidika svoje stroke, je potrebna skupna referenčna osnova, ki zagotavlja usklajenost odločitev. Konceptna podoba opredeli razmerja med masami, barvno paleto, tip svetlobe, teksturalne značilnosti in splošni ton prostora, zato deluje kot del produkcijske dokumentacije, na katero se opirajo kasnejše faze dela. Odločitve o materialih, svetlobnih kontrastih ali barvni obdelavi se tako navezujejo na prvotno zasnovo, ki vzpostavlja vizualne standarde projekta (Kerlow, 2009).

V praksi konceptna faza pogosto poteka iterativno. Za isto okolje nastane več različic, ki se razlikujejo v kompoziciji, svetlobnih razmerah ali časovni situaciji. Takšen postopek omogoča primerjavo rešitev in preverjanje njihove vizualne ter prostorske ustreznosti še pred tridimenzionalno izvedbo. Ker so popravki v konceptni fazi hitrejši in manj zahtevni kot v kasnejših tehničnih fazah, iterativni pristop zmanjšuje tveganje obsežnejših sprememb med modeliranjem ali osvetljevanjem (Kerlow, 2009; Müller, 2020).

Konceptna zasnova ima tudi pomembno komunikacijsko funkcijo, zlasti pri projektih, kjer fizičnih referenc ni. Postane skupni vizualni jezik produkcije, ki povezuje narativno idejo s tehnično realizacijo. Na njeni osnovi se določajo postavitev virtualne kamere, merilo prostora, svetlobna razmerja in materialne lastnosti. S tem zagotavlja vizualno konsistentnost in zmanjšuje možnost razhajanj med posameznimi oddelki, ki bi sicer lahko različno interpretirali isti scenarij (Kerlow, 2009; Müller, 2020).

2.1 Kompozicija

Kompozicija določa način, kako so likovni elementi organizirani v prostoru in kako gledalec zaznava ter interpretira prizor. Ne gre zgolj za razporeditev objektov v kadru, temveč za premišljeno vzpostavljanje odnosov med oblikami, velikostmi, smermi, svetlobnimi poudarki in praznimi površinami. S kompozicijo se oblikuje vizualna hierarhija, ki omogoča jasno razločevanje med nosilnimi in podpornimi elementi prizora. Glavni motiv mora biti umeščen tako, da prevzame primarno pozornost, medtem ko sekundarni elementi podpirajo narativni kontekst in ne rušijo ravnotežja celote (Kerlow, 2009).

V likovni teoriji je kompozicija opredeljena kot organizacija likovnih prvin – točke, linije, ploskve, barve, svetlobe in prostora – v smiselno celoto. Ravnotežje, kontrast, ritem,

ponavljanje in poudarek so temeljni principi, ki določajo stabilnost ali dinamiko podobe. Simetrično ravnotežje ustvarja občutek urejenosti in miru, medtem ko asimetrična ureditev vnaša napetost in gibanje. Kontrasti med svetlim in temnim, toplim in hladnim ali velikim in majhnim omogočajo jasnejšo orientacijo ter poudarjajo nosilne elemente kompozicije. Ritem, ki nastane s ponavljanjem oblik ali smeri, vodi pogled skozi prostor in vzpostavlja notranjo povezanost prizora (Butina, 2000; Erzetič & Gabrijelčič Tomc, 2010; Gabrijelčič Tomc, Kočevar & Iskra, 2021).

Kompozicija je v filmskem jeziku tesno povezana z izbiro izreza oziroma plana. Izrez določa, kateri del prostora je viden in kako intenzivno je okolje vključeno v pripoved. Skupni plan poudari širino prostora in odnose med liki ter okoljem, srednji plan omogoča uravnoteženo razmerje med akcijo in prostorskim kontekstom, bližnji plan pa osredotoči pozornost na detajl ali izraz, pri čemer okolje postane sekundarno. Izbira plana tako neposredno vpliva na kompozicijo, saj določa razmerje med zapolnjenim in praznim prostorom ter med ospredjem in ozadjem. Kompozicija in izrez delujeta soodvisno: sprememba plana spremeni vizualno hierarhijo in lahko preoblikuje pomen prizora (Williams, 2012).

Pravilo tretjin (angl. rule of thirds) predstavlja eno izmed metod organizacije prostora, vendar je v praksi le izhodišče. Učinkovita kompozicija temelji predvsem na razporeditvi vizualne teže in odnosu med svetlobnimi ter barvnimi masami. Svetlejši in kontrastnejši deli pritegnejo pogled, temnejši ustvarjajo občutek globine in stabilnosti, medtem ko barvni kontrasti usmerjajo pozornost ter oblikujejo poudarke. Takšna razmerja postanejo še izrazitejša v filmskem kontekstu, kjer svetlobni poudarki pogosto določajo, kateri del kadra ima narativno pomembno vlogo (Gurney, 2010).



Slika 2: Primer pravilo tretjin.

Vir: https://vision-videoschool.eu/?page_id=49

V animaciji kompozicija ni statična, temveč mora delovati skozi čas. Prostorska organizacija mora omogočati jasno branje gibanja, saj se elementi premikajo, vstopajo v kader ali iz njega izstopajo. Prehod med različnimi plani ali sprememba izreza lahko spremeni kompozicijsko ravnotežje in vpliva na zaznavo akcije. Če je prostor nepregleden ali preobremenjen, lahko gledalec izgubi orientacijo, zato mora kompozicija podpirati akcijo in ne tekmovati z njo. Jasna struktura prostora omogoča, da je gibanje razumljivo in narativno učinkovito (Williams, 2012).

Kompozicija vpliva tudi na emocionalni ton prizora. Zaprte kompozicije z omejenim vidnim poljem in zgoščenimi masami lahko ustvarijo občutek napetosti ali utesnjenosti, medtem ko odprte kompozicije z izrazito globinsko strukturo poudarjajo širino prostora in lahko vzpostavijo občutek svobode ali izolacije. Razmerja med praznim in zapolnjenim prostorom ter med stabilnimi in dinamičnimi linijami vplivajo na psihološko doživljanje okolja. V filmski pripovedi kompozicija zato ni zgolj formalna ureditev elementov, temveč del izraznega sistema, ki skupaj z izrezom in planom oblikuje pomen prostora (Kerlow, 2009; Butina, 2000).

2.2 Perspektiva

Perspektiva je temeljni način prikazovanja globine na dvodimenzionalni površini in predstavlja osnovo za nadaljnjo tridimenzionalno konstrukcijo prostora. V konceptni fazi mora biti perspektivni sistem jasno in dosledno vzpostavljen, saj neposredno vpliva na razumevanje merila, razmerij med objekti ter na kasnejšo postavitev virtualne kamere v 3D-okolju. V linearni perspektivi se vzporednice, usmerjene v globino prostora, navidezno stekajo v točko na horizontni črti, kamor se projicirajo smeri prostorskih linij. Ta točka določa smer pogleda, medtem ko horizontna črta predstavlja višino opazovalčevega očesa. Sprememba višine pogleda ali položaja kamere zato vpliva na organizacijo prostora in zaznavo globine (Butina, 2000; Erzetič & Gabrijelčič Tomc, 2010).

Perspektiva je v filmskem jeziku tesno povezana z rakurzom oziroma kotom snemanja. Nizek rakurz (pogled od spodaj navzgor) poudari vertikale in poveča občutek monumentalnosti prostora, medtem ko visok rakurz (pogled od zgoraj navzdol) zmanjša dominantnost elementov ter ustvari občutek pregleda ali distance. Nevtralni rakurz deluje opisno in stabilno, poševni rakurz pa lahko vzpostavi občutek napetosti ali nestabilnosti. Izbira rakurza ni zgolj tehnična

odločitev, temveč vpliva na pomen prostora in razmerja med elementi v kadru, saj določa, s katerega položaja gledalec opazuje dogajanje (Williams, 2012).



Slika 3: Pogled navzdol.
Vir: Lastni vir.



Slika 4: Pogled navzgor.
Vir: Lastni vir.

S perspektivo je povezana tudi izbira izreza oziroma plana. Skupni plan poudari prostorsko širino in razmerja med elementi okolja, medtem ko bližnji plan zmanjša pomen širšega prostora in usmeri pozornost na detajl ali lik. Prehajanje med plani vpliva na občutek globine in na to, kako izrazito je okolje prisotno v pripovedi. Širokokotni zorni kot poudari razdalje med prostorskimi plastmi in poveča občutek dinamike, medtem ko ožji zorni kot prostor vizualno stisne in zmanjša zaznavo globine. Takšne odločitve so del konceptne zasnove, saj določajo razmerje med prostorom in dogajanjem (Foley et al., 2013; Williams, 2012).

Dodatno dimenzijo perspektive predstavlja gibanje kamere. Medtem ko statičen kader omogoča stabilno opazovanje prostora, gibanje kamere – bodisi pomik, približevanje, oddaljevanje ali kroženje – razkriva prostorske odnose postopoma in ustvarja občutek tridimenzionalnosti skozi čas. Premik kamere lahko poudari globino prostora, razkrije nove prostorske plasti ali spremeni razmerje med ospredjem in ozadjem. Pri animaciji in digitalni produkciji je gibanje virtualne kamere natančno nadzorovano, zato mora biti že v konceptni fazi predvideno, kako se bo pogled premikal skozi prostor. Neusklajenost med perspektivno konstrukcijo in predvidenim gibanjem kamere lahko oslabi občutek prostorske logike (Kerlow, 2009).

Poleg linearne perspektive ima pomembno vlogo tudi zračna perspektiva, pri kateri se z oddaljenostjo zmanjšujeta kontrast in barvna nasičenost. Oddaljeni elementi postanejo svetlejši in manj kontrastni, kar dodatno okrepi zaznavo globine. V kombinaciji z izbiro rakurza, plana in gibanjem kamere ta zakonitost omogoča plastenje prostora in ustvarjanje kompleksnejše prostorske strukture. Perspektiva, rakurzi, plani in gibanje kamere tako skupaj oblikujejo način, kako gledalec doživlja prostor, ter predstavljajo povezavo med likovno konstrukcijo in filmskim jezikom (Butina, 2000; Kerlow, 2009).



Slika 5: Primer uporabe zračne perspektive, planske razdelitve in kompozicije za ustvarjanje občutka globine v 3D-okolju.

Vir: Lastni vir.

2.3 Svetloba in barva

Svetloba in barva sta temeljna gradnika vizualne organizacije prostora, saj neposredno vplivata na zaznavo globine, materialnosti in atmosfere prizora. Svetloba določa razmerje med svetlim in temnim, poudarja obliko ter razkriva strukturo površin, barva pa oblikuje tonalno in emocionalno razpoloženje prostora. V konceptni fazi mora biti svetlobna zasnova jasno opredeljena, saj predstavlja osnovo za kasnejšo tehnično izvedbo v tridimenzionalnem okolju. Če svetlobna logika ni premišljena že na začetku, lahko pride do razhajanj med prvotno vizualno idejo in končno digitalno upodobitvijo (Kerlow, 2009).



Slika 6: Uporaba barve in svetlobe za oblikovanje globine, kontrasta in atmosfere prizora.

Vir: https://www.youtube.com/watch?v=C-sAcPM0B6Q&t=81s

Smer, kakovost in intenzivnost svetlobe vplivajo na zaznavo globine in plastičnost oblik. Bočna svetloba poudari relief in teksturo, čelna svetloba zmanjša kontrast in deluje bolj opisno, osvetlitev od zadaj pa ustvari silhueto ter poudari obris forme. Mehka, razpršena svetloba ustvarja enotnejšo tonaliteto in blažje prehode med svetlim in temnim, medtem ko ostra svetloba z izrazitimi sencami okrepi dramatičnost in poudari prostorsko razmerje med elementi. Svetlobni kontrast zato ni zgolj tehnični parameter, temveč sredstvo za vzpostavljanje vizualne hierarhije in poudarkov (Birn, 2014).



Slika 7: Primer barvne palete iz filma The Maze Runner, režija: Ball, (2014).

Vir: https://www.pinterest.com/pin/1048283250755860486/

Barva je s svetlobo neločljivo povezana, saj je njena zaznava odvisna od svetlobnega vira in njegove temperature. Barvna temperatura vpliva na občutek topline ali hladnosti prostora, medtem ko barvni kontrasti določajo napetost in ravnotežje prizora. Butina izpostavlja pomen kontrastov svetlo – temno, toplo – hladno, komplementarnih kontrastov ter kontrasta nasičenosti, saj ti ustvarjajo poudarke in usmerjajo gledalčevo zaznavo. Razmerja med toplimi in hladnimi toni vplivajo tudi na občutek globine, saj tople barve delujejo bližje, hladne pa se navidezno umikajo v ozadje (Butina, 2000; Gurney, 2010).

V digitalni produkciji se te zakonitosti uresničujejo s pomočjo različnih vrst svetlobnih virov v programski opremi, kot je Blender. Program omogoča uporabo več osnovnih tipov luči: točkovne luči (angl. point light), ki oddajajo svetlobo enakomerno v vse smeri; reflektorske luči (angl. spot light), ki ustvarjajo usmerjen svetlobni snop; ploskovne luči (angl. area light), ki simulirajo mehkejše svetlobne površine; in sončne luči (angl. sun light), ki ustvarjajo vzporedne žarke in simulirajo naravno osvetlitev na večjih razdaljah. Izbira tipa svetlobe vpliva na ostrino senc, razpršitev svetlobe in splošni značaj prizora (Blender Documentation Team, 2024).

Poleg vrste svetlobe so pomembne tudi nastavitve, kot so jakost (moč), barva svetlobnega vira, velikost izvora ter razdalja do objekta. Večji svetlobni vir ustvari mehkejše sence, manjši pa ostrejše robove. Sprememba barve svetlobe vpliva na barvno temperaturo celotnega prizora, medtem ko nastavitev padanja svetlobe (angl. falloff) določa, kako hitro se intenzivnost zmanjšuje z razdaljo. V fizikalno pravilnem senčenju (angl. physically based rendering – PBR) se ti parametri obnašajo skladno z zakonitostmi svetlobne fizike, kar omogoča realističnejšo interakcijo med svetlobo in materiali (Pharr et al., 2016).

V Blenderju je svetlobna zasnova tesno povezana tudi z izbiro upodabljalnega pogona. Pogona Cycles in Eevee omogočata različne načine izračuna svetlobe; Cycles temelji na sledenju žarkom (angl. ray tracing) in natančnejši simulaciji globalne osvetlitve, medtem ko Eevee omogoča hitrejši prikaz z uporabo približkov svetlobnih učinkov. Razumevanje teh razlik je pomembno, saj tehnična izbira vpliva na končni videz svetlobnih kontrastov, refleksij in barvnih prehodov (Blender Documentation Team, 2024).

Svetloba in barva v digitalnem okolju zato nista zgolj rezultat tehničnih nastavitev, temveč posledica premišljene zasnove, ki združuje likovno teorijo, filmsko izraznost in programske možnosti. Tehnična natančnost mora slediti konceptni logiki prostora, saj je cilj ustvariti vizualno prepričljivo in narativno smiselno okolje, v katerem svetloba in barva delujeta kot nosilca pomena (Kerlow, 2009; Butina, 2000).

2.4 Produkcijski proces digitalnega 3D -okolja in integracija v filmski kader

Produkcijski proces digitalnega tridimenzionalnega okolja predstavlja sistematičen prehod iz dvodimenzionalne konceptne zasnove v funkcionalen in vizualno prepričljiv tridimenzionalni prostor. Če je konceptna faza usmerjena predvsem v vizualno idejo in atmosfero, je produkcijska faza osredotočena na tehnično izvedbo te ideje. V tej fazi se umetniška odločitev začne prepletati s tehničnimi omejitvami programske opreme, računalniške zmogljivosti in zahtevami izrisa. Kerlow (2009) produkcijski potek (angl. pipeline) opredeljuje kot organizirano zaporedje medsebojno povezanih faz, ki omogočajo učinkovito in logično gradnjo digitalnega sveta.

Pri razvoju 3D-okolja je proces sicer razdeljen na posamezne korake, vendar ti v praksi nikoli ne potekajo popolnoma ločeno. Modeliranje vpliva na teksturiranje, na osvetljevanje, osvetljevanje pa lahko zahteva spremembe v geometriji. Zato je pomembno, da je celoten proces zasnovan kot fleksibilen sistem, ki omogoča prilagoditve in popravke.

2.4.1 Organizacija produkcijskega poteka

Organizacija produkcijskega poteka v tridimenzionalni (3D) produkciji pomeni premišljeno načrtovanje in usklajevanje vseh ustvarjalnih ter tehničnih dejavnosti, ki vodijo od začetne ideje do končne upodobitve (angl. rendering). V strokovni literaturi je produkcija razumljena kot strukturiran proces, v katerem posamezne faze niso naključne, temveč logično povezane in medsebojno odvisne. Takšen pristop omogoča obvladovanje kompleksnosti digitalnih projektov, kjer se prepletajo oblikovni, tehnični in organizacijski vidiki (Kerlow, 2009).

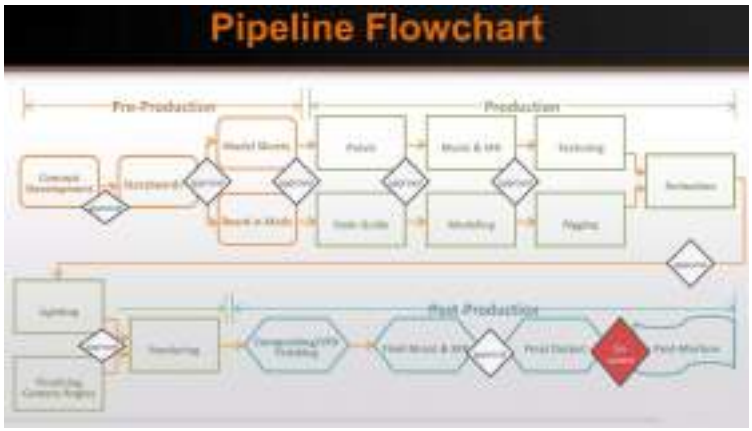
Produkcijski proces se praviloma deli na predprodukcijo, produkcijo in postprodukcijo, vendar te faze v praksi niso strogo ločene, temveč se pogosto delno prekrivajo. Predprodukcija vključuje raziskavo, zbiranje referenc, oblikovanje koncepta ter tehnično načrtovanje. V tem obdobju se določijo temeljne značilnosti projekta, kot so uporabljena programska orodja, tehnični parametri, struktura datotek in način shranjevanja podatkov. Produkcija obsega modeliranje, urejanje geometrije, določanje materialov, postavitev svetlobe in pripravo testnih upodobitev. Postprodukcija pa pomeni zaključne posege, kot so končna upodobitev, morebitna

barvna korekcija ali kompoziting. Takšna fazna razdelitev omogoča večjo preglednost dela in jasnejše določanje odgovornosti znotraj produkcijskega okolja (Vaughan, 2014).

Pomemben vidik organizacije produkcije je časovno načrtovanje. V kreativnih industrijah se pogosto uporablja gantogram (angl. Gantt chart), ki grafično prikazuje trajanje posameznih nalog in njihovo zaporedje. Gantogram omogoča vpogled v to, katere faze se lahko izvajajo vzporedno in katere so med seboj odvisne. V primeru 3D-produkcije lahko tak načrt vključuje raziskavo in konceptualno zasnovo, modeliranje osnovnih struktur, detajliranje, pripravo materialov, osvetlitev ter končno upodobitev. Posebej pomembno je prepoznavanje t. i. kritične poti, torej zaporedja nalog, katerih zamuda neposredno vpliva na celoten projekt. Takšen način razmišljanja izhaja iz projektnega vodenja, ki se je v zadnjih desetletjih močno uveljavilo tudi na področju digitalnih medijev (Project Management Institute, 2021).

Časovna razporeditev v manjših 3D-produkcijah običajno odraža dejstvo, da največ časa zahteva modeliranje in oblikovna natančnost. Priprava geometrije pogosto predstavlja osrednji del procesa, saj vpliva na vse nadaljnje faze. Sledi določanje materialov in osvetlitve, ki pomembno oblikujeta vizualni vtis prizora, medtem ko je faza končne upodobitve tehnično zahtevna, a časovno praviloma krajša, če je projekt ustrezno pripravljen. Takšna porazdelitev dela je značilna za številne produkcijske modele v animaciji in vizualizaciji (Kerlow, 2009; Vaughan, 2014).

Organizacija produkcije ne zajema zgolj časovnega načrta, temveč tudi sistematično upravljanje digitalnih sredstev. V 3D-projektih nastaja veliko število datotek, ki vključujejo modele, teksture, svetlobne nastavitve, testne upodobitve in različice projektnih datotek. Brez dosledne strukture map in jasnega poimenovanja datotek lahko hitro pride do zmede ali izgube podatkov. Profesionalna okolja zato uporabljajo standardizirane postopke verzioniranja in arhiviranja, s čimer zagotavljajo sledljivost sprememb ter tehnično varnost projekta (Blender Documentation Team, 2024).



Slika 8: Prikaz izvedbenega načrta/cevovoda produkcije 3D-animacije po fazah.

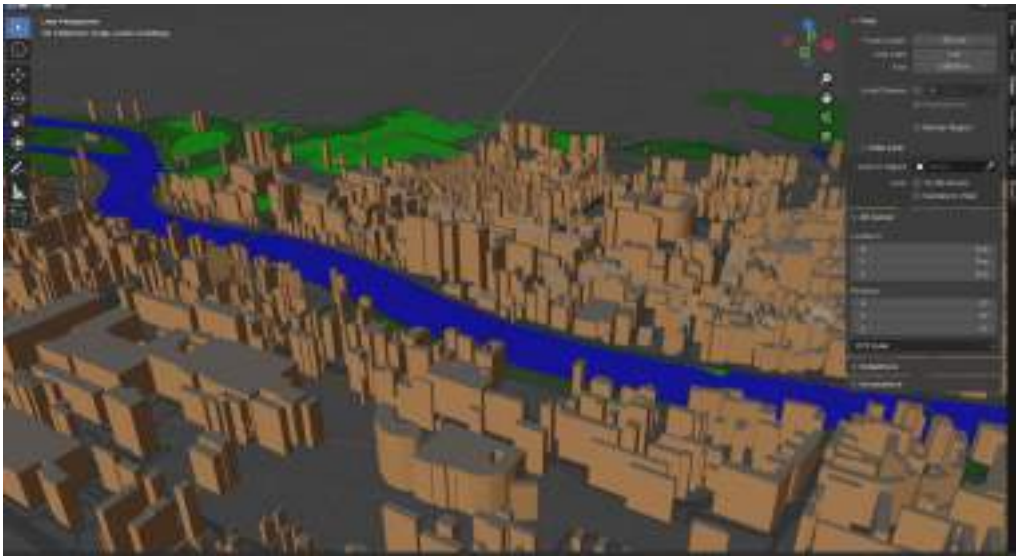
Vir: https://www.slideshare.net/slideshow/object-oriented-3d-animation-pipeline/90193697

Pomembno je tudi razumevanje, da produkcija poteka iterativno. Sprememba v fazi modeliranja lahko zahteva prilagoditev materialov ali osvetlitve, podobno pa lahko testne upodobitve razkrijejo pomanjkljivosti, ki terjajo vrnitev v prejšnje faze. Ta krožni značaj produkcije pomeni, da organizacija ne sme biti toga, temveč mora omogočati prilagoditve. Prav zato se načela projektnega vodenja, kot so sprotno spremljanje napredka, vrednotenje rezultatov in obvladovanje tveganj, vse pogosteje vključujejo tudi v kreativne procese (Project Management Institute, 2021). Organizacija produkcijskega poteka tako predstavlja povezavo med ustvarjalnostjo in sistematičnostjo. Brez jasno strukturiranega procesa lahko tehnično znanje in oblikovna ideja izgubita učinkovitost, medtem ko premišljeno načrtovanje omogoča, da se tridimenzionalni projekt razvija usklajeno in nadzorovano. V sodobni 3D-produkciji je zato organizacija enakovreden del strokovne kompetence, saj zagotavlja tehnično doslednost, časovno učinkovitost in kakovost končnega rezultata (Kerlow, 2009; Vaughan, 2014; Project Management Institute, 2021; Blender Documentation Team, 2024).

2.4.2 Groba postavitev okolja (angl. blockout)

Prvi korak tridimenzionalne izvedbe konceptne zasnove je groba postavitev prostora, pogosto imenovana tudi blockout. V tej fazi se prostor oblikuje z enostavnimi volumni brez podrobnosti, materialov ali tekstur. Čeprav je ta faza na prvi pogled tehnično preprosta, je v resnici ena najpomembnejših, saj določa merilo, razmerja in prostorsko logiko celotnega okolja. Kerlow (2009) poudarja, da je veliko napak v produkciji posledica neustrezno preverjenega merila

prostora. Če je arhitektura prevelika ali premajhna glede na predvideno kamero, bo končni rezultat deloval nepravilno, ne glede na kakovost modeliranja ali tekstur. Zato je v tej fazi ključno, da se določi realna merska enota in da se preveri odnos med človekom (ali drugim referenčnim objektom) in prostorom.



Slika 9: Groba postavitev (blockout) 3D-okolja za preverjanje merila in prostorskih razmerij.

Vir: Lastni vir.

V programu Blender (Blender Foundation, 2024) groba postavitev omogoča hitro preverjanje razmerij z uporabo osnovnih geometrijskih teles. Pomembno je tudi določiti približno končno pozicijo kamere in njeno goriščno razdaljo (angl. focal length), saj ta bistveno vpliva na zaznavanje globine. Širokokotni objektiv lahko prostor optično poveča in ustvari dramatičen občutek globine, medtem ko daljša goriščnica prostor stisne in ga naredi bolj ploskega. Foley idr. (2013) opozarjajo, da je projekcijski sistem kamere matematično določen in neposredno vpliva na zaznavo perspektive, zato je smiselno te parametre testirati že na začetku.

Groba postavitev omogoča tudi preverjanje silhuete prostora. Če osnovna silhueta že v tej fazi ni vizualno zanimiva ali berljiva, jo je smiselno prilagoditi, preden se začne z detajliranjem. Na ta način se izognemo nepotrebnemu delu in zagotovimo, da je prostorska kompozicija že na začetku trdna.

2.4.3 Modeliranje

Ko je v fazi grobe postavitve potrjena prostorska logika okolja, se proces nadaljuje z modeliranjem, kjer osnovni volumni postopoma dobijo končno geometrijsko strukturo. V tej fazi tridimenzionalno okolje postane matematično definirana mreža, sestavljena iz točk, robov in ploskev, ki določajo volumen, proporce in konstrukcijsko stabilnost objekta. Modeliranje tako predstavlja prehod iz konceptualne prostorske ideje v tehnično strukturiran sistem podatkov, ki mora biti hkrati vizualno prepričljiv in tehnično izvedljiv (Kerlow, 2009).

Pri oblikovanju digitalnih okolij se praviloma prepletata modeliranje trdih površin in organsko modeliranje. Arhitekturni elementi zahtevajo natančno konstrukcijo robov, jasno definirane ploskve in dosledno geometrijsko strukturo, medtem ko naravni elementi, kot so teren ali skalne formacije, vključujejo nepravilnosti in mehkejše prehode med oblikami. Uspešna izvedba tridimenzionalnega okolja zato zahteva razumevanje obeh pristopov in prilagajanje metode glede na značaj posameznega elementa (Kerlow, 2009).



Slika 10: Primer modeliranja 3D-objekta na podlagi referenčne fotografije.

Vir: https://conceptartempire.com/blender-modeling-tutorials/

Ključno strokovno vprašanje modeliranja predstavlja topologija, to je razporeditev poligonov po površini objekta. Enakomerna in logična topološka struktura omogoča stabilno senčenje ter enakomerno porazdelitev svetlobe po površini, medtem ko nepravilna topologija povzroča vizualne napake, kot so nenaravni prelomi senc ali svetlobni artefakti. Geometrija mora biti zato zasnovana tako, da podpira kasnejšo fazo osvetlitve in fizikalno pravilnega upodabljanja, saj svetloba reagira neposredno na strukturo površine (Gabrijelčič Tomc, Kočevar & Iskra, 2021). Modeliranje hkrati zahteva razmislek o optimizaciji. Prekomerno število poligonov

podaljša čas upodabljanja in obremeni sistem, medtem ko prenizka ločljivost povzroči vizualno grobost in izgubo detajlov. Ustrezno ravnotežje med podrobnostjo in učinkovitostjo je zato bistven element strokovne izvedbe tridimenzionalnega okolja, še posebej v projektih, kjer je končni cilj kakovostna upodobitev in ne zgolj tehnična konstrukcija modela (Ivaninić, 2019).

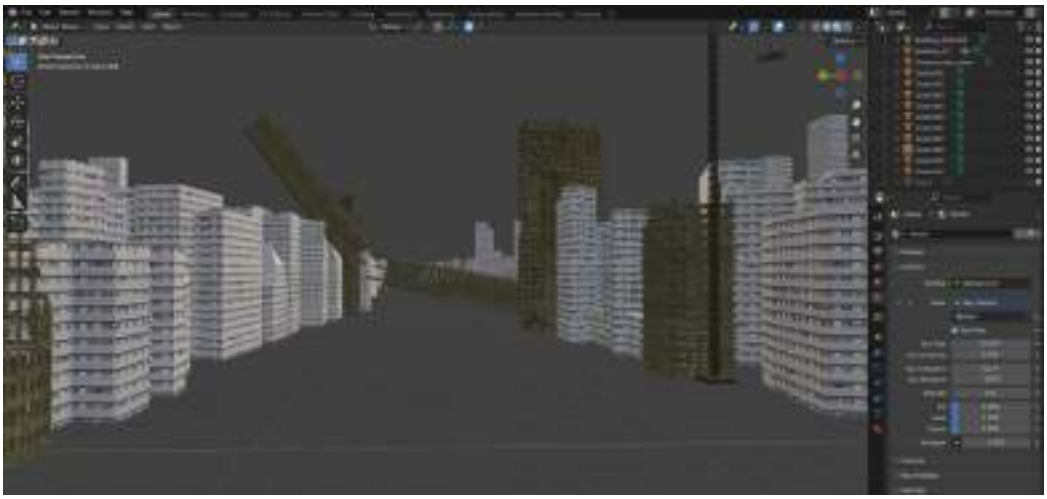
Sodobna programska orodja omogočajo uporabo nedestruktivnih postopkov, kot so modifikatorji, ki omogočajo kasnejše prilagoditve geometrije brez popolne ponovne konstrukcije objekta. Takšen pristop omogoča iterativno izboljševanje modela in je skladen s sodobnim produkcijskim potekom, kjer se posamezne faze med seboj prepletajo in dopolnjujejo (Blender Documentation Team, 2024; Kerlow, 2009).

Modeliranje tako ni zgolj tehnični korak po konceptni zasnovi, temveč ključna faza, v kateri se preveri, ali je mogoče likovno idejo pretvoriti v stabilno in funkcionalno tridimenzionalno strukturo, ki bo podpirala nadaljnje faze teksturiranja, osvetlitve in končne upodobitve.

2.4.4 Dodajanje in urejanje materialov in tekstur

Ko je geometrija prostora oblikovana in tehnično stabilna, tridimenzionalni objekti dobijo svojo površinsko identiteto skozi dodajanje materialov in tekstur. Če modeliranje določa konstrukcijo in volumen, materiali določajo vizualni značaj površine ter vplivajo na zaznavanje realizma. Površina lahko deluje gladko, mat, kovinsko, hrapavo ali obrabljeno, pri čemer te lastnosti neposredno določajo, kako bo svetloba reagirala na objekt v fazi osvetlitve in upodabljanja.

Sodobni pristop temelji na fizikalno pravilnem senčenju (angl. physically based rendering – PBR), kjer so materiali definirani z več medsebojno povezanimi parametri, kot so osnovna barva, hrapavost in kovinskost. Takšen sistem temelji na fizikalnih zakonitostih odboja in absorpcije svetlobe ter omogoča konsistentne rezultate v različnih svetlobnih pogojih. Materiali so zasnovani tako, da ohranjajo energijsko ravnotežje, kar pomeni, da svetloba reagira na površino skladno z realnimi fizikalnimi procesi (Pharr, Jakob & Humphreys, 2016).



Slika 11: Uporaba PBR-materialov pri oblikovanju površin 3D-okolja v Blenderju.

Vir: Lastni vir.

Uporaba PBR-pristopa omogoča stabilnost materialov tudi ob spremembah svetlobne postavitve, kar je ključno pri razvoju tridimenzionalnega okolja, kjer se svetloba pogosto prilagaja glede na končno atmosfero prostora. Takšna doslednost med materialom in svetlobnim odzivom prispeva k vizualni koherenci celotne scene (Pharr et al., 2016).

Materiali se v sodobnih programih oblikujejo z vozliščnim sistemom, ki omogoča kompleksno povezovanje tekstur in parametrov v enoten materialni model. Takšen pristop omogoča tako uporabo slikovnih tekstur kot tudi proceduralno generiranje vzorcev, kjer se tekstura ustvarja matematično in ni vezana na ponavljajočo se slikovno datoteko. Proceduralni pristop povečuje fleksibilnost in omogoča lažje prilagajanje materialov brez popolne rekonstrukcije (Blender Documentation Team, 2024). Vizualna prepričljivost materiala ne izhaja iz popolne gladkosti ali enotnosti, temveč iz subtilnih nepravilnosti, ki posnemajo realne pogoje obrabe in variabilnosti površin. Površine v realnem okolju skoraj nikoli niso popolnoma enotne, zato vključevanje drobnih variacij v barvi, hrapavosti ali refleksiji bistveno prispeva k občutku pristnosti (Baxter, 2018).

Dodajanje materialov in tekstur tako predstavlja nadaljevanje likovne interpretacije konceptne zasnove. V tej fazi se preverja, ali površinska obdelava podpira zastavljeno atmosfero prostora in ali materiali smiselno sodelujejo s svetlobno zasnovo. Šele usklajenost geometrije, materialov in svetlobe omogoči končno prepričljivo tridimenzionalno upodobitev (Kerlow, 2009; Pharr et al., 2016).

2.4.5 Osvetlitev in upodabljanje (angl. rendering)

Osvetlitev je tista faza tridimenzionalnega procesa, v kateri se tehnična konstrukcija prostora dokončno preoblikuje v vizualno prepričljiv svet. Če modeliranje določi volumen in proporce, teksturiranje pa materialno identiteto površin, svetloba razkrije odnose med temi elementi in jim da končni pomen. Šele v tej točki tridimenzionalni model preneha delovati kot digitalna struktura iz poligonov in začne delovati kot prostorska celota z atmosfero, globino in emocionalnim tonom. Birn (2014) poudarja, da osvetlitev v digitalnem okolju ni zgolj tehnična nastavitev svetlobnih virov, temveč oblikovalska odločitev, ki mora izhajati iz vsebinske in likovne zasnove projekta. Svetloba mora podpirati zgodbo, ne pa je nadomestiti.



Slika 12: Prikaz osvetlitve in postavitve scene v fazi renderiranja v programu Blender.

Vir: Lastni vir.

V diplomskem projektu, kjer je cilj dosledna pretvorba konceptne zasnove v tridimenzionalno okolje, ima osvetlitev posebno vlogo preverjanja. Konceptna podoba že določa smer svetlobe, razmerje med svetlimi in temnimi površinami, kontrast ter barvno temperaturo prostora. Če se tridimenzionalna faza teh elementov ne prenese ustrezno, pride do razhajanja med idejno in izvedbeno ravnijo. Kerlow (2009) opozarja, da je prav doslednost med konceptno fazo in končno upodobitvijo eden ključnih pokazateljev profesionalne izvedbe. Svetloba zato ni

naknadni dodatek, temveč sestavni del interpretacije koncepta. Upodabljanje (angl. rendering) temelji na fizikalno pravilnih modelih svetlobne simulacije, kar pomeni, da svetloba v digitalnem prostoru ne deluje več zgolj kot grafični učinek, temveč kot energija, ki se širi, odbija in absorbira skladno z matematičnimi zakonitostmi. Globalna osvetlitev (angl. global illumination) omogoča simulacijo večkratnih odbojev svetlobe med površinami, zaradi česar prostor pridobi mehke prehode med svetlobo in senco ter subtilne barvne vplive ene površine na drugo. V realnem okolju svetloba nikoli ne obstaja izolirano, temveč se nenehno odbija in vpliva na celoten prostorski sistem, kar v digitalnem prostoru omogoča prav fizikalno pravilna simulacija (Pharr, Jakob & Humphreys, 2016). Brez teh sekundarnih odbojev prizor pogosto deluje tog in umetno kontrasten.

Metoda sledenja žarkom (angl. ray tracing) je osnova takšnega pristopa, saj omogoča izračun poti svetlobnih žarkov od kamere do svetlobnega vira in njihove interakcije z materiali v prostoru. Pharr idr. (2016) pojasnjujejo, da ta metoda temelji na energijsko ohranitvenih principih, kar pomeni, da material ne more odbijati več svetlobe, kot je prejme. Prav ta fizikalna doslednost omogoča realistično upodobitev senc, odbojev in lomov svetlobe, kar bistveno poveča vizualno prepričljivost okolja. V kontekstu diplomskega dela, kjer je poudarek na strokovni utemeljenosti postopka, uporaba fizikalno pravilnega upodabljanja ni le estetska odločitev, temveč tudi metodološka.

Program Blender, ki je uporabljen pri praktičnem delu, ponuja dva sistema za upodabljanje, Cycles in Eevee (Blender Documentation Team, 2024). Medtem ko Eevee omogoča hitrejši, realnočasovni prikaz in je primeren za predoglede, Cycles temelji na sledenju žarkom in omogoča uporabo globalne osvetlitve ter natančno simulacijo materialnih odzivov. Ker je v diplomskem projektu poudarek na kakovosti končne podobe in doslednem prenosu konceptne atmosfere, je izbira sistema Cycles smiselna, saj omogoča večjo natančnost svetlobnih izračunov in bolj naravno interakcijo med svetlobo in materiali (Blender Documentation Team, 2024). Izbira programskega orodja za upodabljanje mora vedno izhajati iz vizualnega cilja projekta in ne zgolj iz praktičnih razlogov, kot je hitrost obdelave. (Kerlow, 2009)

Pomemben element osvetlitve je tudi razumevanje barvne temperature in kontrasta. Svetloba ni nevtralna; njena barva vpliva na emocionalni ton prizora. Gurney (2010) opozarja, da je barvna temperatura neposredno povezana s svetlobnimi pogoji in da mora biti usklajena s celotno barvno paleto prostora. Hladna svetloba lahko poudari občutek odtujenosti ali napetosti, topla svetloba pa ustvarja občutek bližine ali nostalgičnega vzdušja. Če je konceptna zasnova

temeljila na določenem svetlobnem razpoloženju, mora tridimenzionalna izvedba to logiko ohraniti, sicer se lahko spremeni celotna interpretacija prostora.

Upodabljanje kot zaključna faza združuje geometrijo, materiale, svetlobo in kamero v končno dvodimenzionalno podobo. Ta trenutek ni zgolj tehnična pretvorba podatkov v sliko, temveč preverjanje celotnega procesa. Če je bila konceptna zasnova dosledno prenesena skozi faze modeliranja, teksturiranja in osvetlitve, bo končna upodobitev vizualno skladna in atmosferično prepričljiva. Če pa pride do neskladja med fazami, se prav v tej točki pokažejo razlike med prvotno idejo in končnim rezultatom, kar potrjuje pomen celostnega in premišljenega produkcijskega procesa (Kerlow, 2009).

2.5 Analiza obstoječih primerov in pristopov

Pri ustvarjanju digitalnega 3D-okolja Forgotten City je bilo ključno razumevanje načinov, kako sodobni filmi obravnavajo urbano okolje v apokaliptičnih in postapokaliptičnih pripovedih. V teh filmih prostor ne deluje zgolj kot prizorišče dogajanja, temveč kot aktiven nosilec pomena, ki s svojo strukturo, praznino in stopnjo razgradnje vpliva na gledalčevo razumevanje sveta po katastrofi. Zapuščena arhitektura, odsotnost človeške prisotnosti in postopna prevlada narave so ponavljajoči se vizualni elementi, s katerimi film gradi atmosfero in psihološki učinek prostora (Lindohf, 2002).

Kot referenčni primeri so bili analizirani kratki film *Ruin* (2011) ter celovečerna filma *Maze Runner* (2014) in *I Am Legend* (2007). Čeprav se razlikujejo po žanrskem okviru, produkcijskem obsegu in stopnji stilizacije, jih povezuje soroden pristop k reprezentaciji urbanega prostora: mesto je prikazano kot prostor po razpadu civilizacijskega reda, v katerem arhitektura ohranja sledi preteklosti, narava pa postopoma prevzema prevladujočo vlogo. Takšen pristop je skladen z ugotovitvami Lindohfove (2002), da postapokaliptični filmi uporabljajo urbano okolje kot simbolni in pripovedni element, ne zgolj v vizualno ozadje.

Analizirani filmi kažejo skupen pristop k obravnavi postapokaliptičnega urbanega prostora: mesto deluje kot nosilec zgodovine, pomena in psihološkega učinka, ne zgolj kot vizualno ozadje. Ti pristopi so bili v projektu *Forgotten City* uporabljeni kot teoretični in analitični okvir, ne kot osnova za neposredno posnemanje posameznih prizorov.

Pri lastni izvedbi projekta v okviru diplomskega dela je bilo potrebno upoštevati omejitve samostojnega dela, kot so omejen čas, odsotnost veččlanske ekipe in uporaba brezplačnih ali dostopnih programskih orodij.

Zato je bil poudarek usmerjen v elemente, ki imajo največji vpliv na filmsko berljivost prostora: kompozicijo kadra, razmerje med svetlobo in senco, barvne odnose, gibanje kamere ter stopnjo razgradnje arhitekturnih struktur. Na ta način je bilo mogoče ustvariti koherentno digitalno okolje, ki v filmskem kontekstu deluje prepričljivo in sledi uveljavljenim pristopom reprezentacije postapokaliptičnega mesta, kot jih v svoji doktorski dizertaciji z naslovom Images of the end: Representations of the apocalyptic in contemporary film, opisuje Lindohfova (2002).

2.5.1 Ruin (2011)

Kratki film *Ruin* režiserja Wesa Balla predstavlja izrazit primer digitalno ustvarjenega postapokaliptičnega urbanega okolja, kjer je poudarek na materialni razgradnji arhitekture in jasni berljivosti prostora. Mesto je prikazano kot zapuščena urbana struktura, prepletena z vegetacijo, razpokami in sledmi propada. Arhitekturni elementi ostajajo prepoznavni, vendar izgubijo svojo prvotno funkcijo in delujejo kot nosilci pomena pretekle civilizacije.

V teoretičnem smislu *Ruin* sledi konceptu postapokaliptičnega mesta kot prostora, ki hkrati priča o preteklosti in nakazuje preobrazbo sveta po katastrofi. Pomembno je razmerje med statičnostjo arhitekture in organsko prisotnostjo narave, ki ustvarja občutek postopne, dolgotrajne zapuščenosti prostora.

Ta pristop je vplival na zasnovo projekta Forgotten City, predvsem pri obravnavi vegetacije kot sestavnega dela urbanega okolja. Rastlinje, mah in ovijalke niso uporabljeni zgolj kot dekorativni elementi, temveč kot sredstvo za vizualno razgradnjo arhitekturnih struktur in poudarjanje časovne distance od človeške prisotnosti.



Slika 13: Prizor s končne upodobitve projekta Forgotten City.

Vir: Lastni vir.



Slika 14: Referenčni kader iz kratkega filma Ruin (2011), režija: Wes Ball.

Vir: Ball, W. (2011). Ruin. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=doteMqP6eSc&t=41s

2.5.2 The Maze Runner (2014)

Film *The Maze Runner*, prav tako v režiji Wesa Balla, razvija podoben vizualni jezik kot Ruin, vendar v okviru večje studijske produkcije. Osrednji prostorski element filma je labirint, katerega masivne stene in omejena prostorska organizacija ustvarjajo občutek zaprtosti in

nadzora. Arhitektura deluje dominantno in presega človeško mero, kar vpliva na gledalčevo doživljanje prostora kot nevarnega in psihološko utesnjujočega.

Pomemben element filma je tudi osvetlitev, ki temelji na razmerju med toplo barvno svetlobo osvetljenih površin in hladnejšo barvno svetlobo senčnih predelov, pogosto v pridušenih zelenih tonih. Takšna svetlobna zasnova prispeva k občutku utesnjenosti in latentne grožnje, pri čemer prostor sam deluje kot vir napetosti.

V projektu Forgotten City je bil ta pristop uporabljen predvsem pri oblikovanju prostorskih razmerij, razporeditvi volumnov in postavitvi kamere. Čeprav okolje ni zasnovano kot zaprt labirint, so masivni arhitekturni volumni in način osvetlitve uporabljeni za ustvarjanje občutka monumentalnosti in tišine. Poleg tega je *The Maze Runner* služil kot referenca za ritem gibanja kamere. Počasno in nadzorovano gibanje omogoča postopno razkrivanje prostora in poudarja njegovo prostorsko strukturo.



Slika 15: 3D-prizor s končne upodobitve projekta Forgotten City.

Vir: Lastni vir.



Slika 16: Kader iz filma Maze Runner (2014), režija: Wes Ball.

Vir: Ball, W. (2014). Maze Runner. 20th Century Fox.

2.5.3 I Am Legend (2007)

Film *I Am Legend,* režiserja Francisa Lawrencea, ponuja drugačen, vendar konceptualno soroden pristop k prikazu postapokaliptičnega urbanega okolja. Mesto je prikazano v zgodnejši fazi razpada, arhitektura in urbana infrastruktura ostajata večinoma nepoškodovani. Ulice so prazne, prostori prepoznavni, a prepuščeni tišini in postopni rasti vegetacije.

Ključni element filma je uporaba praznine kot psihološkega sredstva. Znano urbano okolje postane nelagodno prav zaradi svoje prepoznavnosti in odsotnosti ljudi, kar ustvarja kontrast med preteklim življenjem mesta in njegovim trenutnim stanjem. Takšna obravnava prostora je skladna z ugotovitvami, da apokaliptični filmi pogosto gradijo pomen skozi tišino, odsotnost dejavnosti in statičnost urbanega prostora.

Ta pristop je vplival na projekt Forgotten City predvsem pri uporabi zvočnih in ambientalnih elementov. Zvočni učinki, kot so veter, ptice in žuželke, so uporabljeni za poudarjanje prisotnosti naravnega življenja v prostoru brez človeka, s čemer okolje deluje preoblikovano, a še vedno aktivno.



Slika 17: Prizor s končne upodobitve projekta Forgotten City.

Vir: Lastni vir.



Slika 18: Kader iz filma I Am Legend (2007), režija: Francis Lawrence.

Vir: Lawrence, F. (2007). I Am Legend. Warner Bros.

3 PRAKTIČNA REALIZACIJA 3D-OKOLJA

3.1 Načrtovanje

Prvi korak pri izdelavi digitalnega 3D-okolja *Forgotten City* je bila raziskava vizualnih referenc in oblikovanje idejnega kolaža. Namen te faze je bil vzpostaviti osnovno razpoloženje okolja, atmosfero in barvno dinamiko projekta, ki bi služile kot izhodišče za nadaljnje umetniške in tehnične odločitve v procesu oblikovanja digitalnega okolja. Uporaba vizualnih referenc v zgodnji fazi ustvarjanja predstavlja uveljavljeno prakso v filmski in digitalni produkciji, saj omogoča jasnejšo artikulacijo vizualnih ciljev ter učinkovitejše usmerjanje nadaljnjih faz dela (Kerlow, 2009).



Slika 19: Konceptni kolaž, oblikovan po referenčnih slikah s spleta (Google Images, Pinterest, YouTube). Vir: Lastni vir.

Pri iskanju referenčnega gradiva so bili uporabljeni spletni viri, kot so Google Images, Pinterest in YouTube, ki omogočajo dostop do širokega spektra filmskih, fotografskih in konceptualnih vizualnih primerov. Zbrano gradivo je zajemalo prizore zapuščenih urbanih okolij, zaraščene arhitekture in kontrasta med naravnimi elementi ter propadlo infrastrukturo, kar je ustrezalo tematskemu izhodišču projekta.

Poseben poudarek je bil namenjen kratkemu filmu *Ruin* (režija Wes Ball), ki je služil kot ključna vizualna referenca. Film *Ruin* je bil pomemben zaradi izrazite postapokaliptične estetike, ki temelji na prikazu zaraščenih mest, mehansko propadle infrastrukture in občutka tišine po civilizacijskem zlomu. Ta vizualni pristop je kasneje v razširjeni obliki prisoten tudi v filmski trilogiji *The Maze Runner,* kar dodatno potrjuje relevantnost izbrane reference za obravnavani projekt.

Iz izbranih prizorov filma *Ruin* so bile zajete ključne slike, ki ponazarjajo razmerje med naravo in urbanimi ruševinami. Te slike so bile analizirane z vidika kompozicije, barvne temperature in kontrasta med svetlobo in senco ter uporabljene kot podlaga za oblikovanje idejnega kolaža. Tako zasnovan idejni kolaž je deloval kot konceptualni kompas, ki je usmerjal nadaljnje faze ustvarjanja 3D-digitalnega okolja in zagotavljal vizualno konsistentnost skozi celoten proces.

3.2 Časovni načrt

Celoten projekt je bil zasnovan kot samostojna produkcija, izvedena v domačem delovnem okolju. Organizacija dela je temeljila na uveljavljenem modelu produkcijskega cevovoda 3D-animacije (angl. prodcution pipeline), ki proces razdeli na faze predprodukcije, produkcije in postprodukcije. Takšna struktura omogoča pregledno razporejanje nalog, učinkovito upravljanje časa ter postopno nadgrajevanje projekta od konceptualne zasnove do končnega vizualnega rezultata.

V prvi fazi je bila izvedena raziskava in zbiranje vizualnih referenc, namenjenih oblikovanju idejnega kolaža (angl. moodboard). V tej fazi so bile uporabljene spletne platforme, kot so Google Images, Pinterest in YouTube, ki omogočajo dostop do širokega spektra filmskih in vizualnih referenc. Na tej stopnji je bil izbran tudi ključni referenčni material, kratki film Ruin (2011) režiserja Wesa Balla, ki je pomembno vplival na razpoloženje, atmosfero in vizualni slog celotnega projekta.

Časovni načrt projekta je bil zasnovan kot zaporedje jasno opredeljenih faz, ki sledijo uveljavljenemu produkcijskemu modelu 3D-animacije. Celoten projekt je bil načrtovan v okvirnem trajanju približno petih tednov, pri čemer je vsaka faza predstavljala logično nadgradnjo prejšnje.

V prvi fazi, ki je trajala približno 3 do 5 dni, je bil poudarek na zbiranju vizualnih referenc in oblikovanju idejnega kolaža. V tem časovnem okviru je bil določen tudi ključni referenčni material, ki je usmerjal nadaljnji razvoj projekta.

Druga faza je obsegala izdelavo konceptne zasnove in je trajala približno 5 do 7 dni. V tem obdobju je bila definirana kompozicija, prostorska razporeditev elementov ter osnovni svetlobni odnosi, ki so služili kot izhodišče za tridimenzionalno izvedbo.

V tretji fazi, ki je trajala približno 2 do 3 dni, je bila izvedena tridimenzionalna blokovna postavitev (blockout), s katero je bilo vzpostavljeno osnovno prostorsko ogrodje okolja.

Četrta faza je predstavljala osrednji del produkcije in je trajala približno 10 do 14 dni. V tem času je potekalo dodajanje in prilagajanje tridimenzionalnih modelov, urejanje materialov in tekstur ter osvetljevanje scene, pri čemer so bile odločitve sproti prilagajane glede na vizualno skladnost prizora.

Faza	**Teden 1**	**Teden 2**	**Teden 3**	**Teden 4**	**Teden 5**
Zbiranje referenc	■■■■				
Konceptna zasnova	■■■■	■			
Blockout		■■■			
Modeliranje + teksture			■■■■	■■■	
Osvetlitev				■■■	
Renderiranje					■■■
Postprodukcija					■■■

Tabela 1: Faze produkcije po tednih.

Vir: Lastni vir.

3.3 Finančno načrtovanje produkcije

Namen tega poglavja je oceniti finančno izvedljivost in tržno smiselnost izdelave digitalnega 3D-okolja za filmsko produkcijo ob upoštevanju razmer na slovenskem trgu kreativnih, vizualnih in avdiovizualnih storitev. Ker je bil projekt Forgotten City v okviru diplomskega dela izveden brez neposrednih finančnih stroškov, ta finančni plan ne odraža dejanskih

stroškov, temveč predstavlja realistično simulacijo stroškov, ki bi nastali v primeru profesionalne izvedbe projekta.

Na podlagi pregleda razponov plač in tržnih ocen za kreativne in digitalne poklice v Sloveniji je povprečna urna postavka za samostojnega 3D-umetnika ali vizualnega oblikovalca ocenjena med 10 in 40 EUR na uro, odvisno od zahtevnosti projekta, stopnje izkušenj in naročnika (Mojedelo.com, n. d.).

Za potrebe finančne projekcije je bila uporabljena predvidena povprečna bruto urna postavka 25 EUR, ki realno odraža razmere na slovenskem trgu. Projekt obsega več faz dela, od predprodukcije, produkcije do postprodukcije. Skupni obseg dela je ocenjen na približno 120 delovnih ur, kar bi v realnem produkcijskem okolju predstavljalo strošek približno 3.000 EUR.

Če bi bil projekt omejen zgolj na konceptno zasnovo okolja, brez izdelave tridimenzionalnega okolja in animacije, bi bil obseg dela bistveno manjši. Konceptna zasnova bi v tem primeru vključevala raziskavo referenc, oblikovanje idejnega kolaža ter izdelavo ene ali več konceptnih zasnov, ki določajo kompozicijo, barvno in svetlobno zasnovo prizora. Takšen obseg dela bi zahteval približno 30 do 40 delovnih ur, kar bi ob enaki urni postavki pomenilo strošek med 750 in 1.000 EUR. Takšna cenovna raven je primerljiva s praksami na trgu konceptne umetnosti in je značilna za projekte v fazi predprodukcije filma, animacije ali videoiger.

Poleg stroškov avtorskega dela bi v profesionalnem okolju nastali tudi materialni in produkcijski stroški. Ti bi vključevali programsko opremo ter nakup obstoječih tipskih 3D-modelov in tekstur. Medtem ko je programska oprema Blender brezplačna odprtokodna rešitev, bi bila programska oprema za 2D-grafiko, kot je Adobe Photoshop, v profesionalnem okolju vezana na mesečno (33,49 EUR) ali letno licenco (401,88 EUR). Prav tako bi se v komercialnem projektu pogosto uporabljali plačljivi 3D-modeli in teksture, kar bi omogočilo hitrejšo produkcijo, vendar bi predstavljalo dodaten strošek. Glede na obseg projekta bi se ti stroški gibali približno med 300 in 600 EUR.

Na podlagi navedenih ocen je mogoče skupne stroške izdelave primerljivega digitalnega 3D-okolja za filmsko uporabo oceniti na približno 3.900 do 4.200 EUR. Z vidika tržne smiselnosti je takšen projekt ekonomsko upravičen predvsem v okviru filmske, oglaševalske, animacijske (npr. računalniških iger) ali konceptualne produkcije, kjer digitalno okolje predstavlja del večjega vizualnega projekta.

Na slovenskem trgu je takšna storitev primerna za manjše filmske produkcije, oglaševalske agencije ter kulturne in kreativne projekte, kjer digitalna okolja pogosto nadomeščajo fizične scenografije in s tem zmanjšujejo stroške lokacij, gradnje scenografije in logistike. Na podlagi finančne projekcije je mogoče zaključiti, da je izdelava digitalnega 3D-okolja za filmsko uporabo finančno smiselna storitev, zlasti kadar se okolje uporablja v več kadrih ali projektih, kjer se začetni strošek produkcije razporedi na več uporab.

RAZPREDELNICA Primer: **Polna izvedba 3D-okolja (profesionalna produkcija)**

Faza dela	**Predvidene ure**	**Urna postavka**	**Ocenjen strošek**
Raziskava referenc	15 h	25 €	375 €
Idejni kolaž	10 h	25 €	250 €
Konceptna zasnova	20 h	25 €	500 €
3D-postavitev okolja	25 h	25 €	625 €
Modeliranje in prilagoditve	20 h	25 €	500 €
Dodajanje in urejanje materialov in tekstur	10 h	25 €	250 €
Osvetlitev	8 h	25 €	200 €
Animacija kamere	6 h	25 €	150 €
Končna vizualizacija (render)	6 h	25 €	150 €
Skupaj	**120 h**		**3.000 €**

Tabela 2: Polna izvedba 3D-okolja.

Vir: Lastni vir.

Primer: Samo konceptna zasnova (brez 3D-izvedbe)

Faza dela	**Predvidene ure**	**Urna postavka**	**Ocenjen strošek**
Raziskava referenc	10 h	25 €	250 €
Idejni kolaž	8 h	25 €	200 €
Konceptna zasnova	15–20 h	25 €	375–500 €
Skupaj	**30–40 h**		**750–1.000 €**

Tabela 3: Konceptna zasnova brez 3D-izvedbe.

Vir: Lastni vir.

Primer: Skupna finančna projekcija (polna produkcija)

Postavka	**Znesek**
Avtorsko delo (120 h)	3.000 €
Materialni stroški	300–600 €
Skupaj projekt	**3.900–4.200 €**

Tabela 4: Skupna finančna projekcija.

Vir: Lastni vir.

Ob upoštevanju mednarodnih podatkov o cenah 3D-storitev se urna postavka 3D-umetnikov na platformah, kot je Upwork (2024), ter po analizah stroškov modeliranja in animacije (Cad Crowd, 2023; Pixune, 2023) običajno giblje med 30 in 60 EUR na uro, odvisno od zahtevnosti projekta in izkušenj izvajalca. Če predpostavimo zmerno profesionalno postavko 40 EUR na uro in ocenjen obseg približno 150 delovnih ur za izdelavo primerljivega digitalnega okolja, znaša projicirana vrednost projekta približno 6.000 EUR. Ob dodatnih stroških programske opreme, morebitnih plačljivih 3D-modelov, električne energije in amortizacije strojne opreme bi se realni stroški lahko približali 6.500–7.000 EUR. V slovenskem prostoru je takšna investicija primerljiva z manjšimi produkcijskimi ali oglaševalskimi projekti, vendar za posameznega naročnika predstavlja relativno visoko finančno obremenitev. Zato je izvajanje tovrstne storitve dolgoročno smiselno predvsem kot del večjega produkcijskega sistema ali kot specializirana faza znotraj širšega projekta, medtem ko je samostojna izvedba celotnega kompleksnega 3D-okolja ekonomsko izvedljiva le ob stabilnem dotoku naročil ali sodelovanju z agencijami (Upwork, 2024; Cad Crowd, 2023; Pixune, 2023).

Za samostojnega ustvarjalca bi bila profesionalna uporabnost podobnih projektov večja, če bi šlo za specializacijo v posamezne faze produkcije, na primer v izdelavo in prilagoditev digitalnih okolij, optimizacijo 3D-modelov ali pripravo scen za nadaljnjo uporabo v filmu, igrah ipd. Moj projekt Forgotten City tako jasno pokaže, da je samostojna izdelava kompleksnih digitalnih okolij tehnično izvedljiva in ustvarjalno smiselna, kljub temu pa je potrebno premišljeno pretehtati obseg dela, potrebno časovno investicijo in tržno vrednost končnega izdelka.

3.4 Analiza rezultatov

3.4.1 Tehnična analiza

Končni rezultat projekta Forgotten City je presegel moja začetna pričakovanja glede tehnične izvedbe in vizualne kakovosti. Čeprav je bil projekt sprva zasnovan kot eksperimentalni poskus ustvarjanja realističnega okolja, je končna upodobitev (*ang. render*) dosegla raven realizma in kompozicijske konsistence, ki bi jo bilo mogoče primerjati z referenčnimi filmskimi prizori, kot jih poznamo iz produkcij filmov *Ruin* in *The Maze Runner*.



Slika 35: Prizor s končne upodobitve projekta Forgotten City.

Vir: Lastni vir.

Upodobitev v Blender pogonu Cycles je omogočila natančno simulacijo svetlobnih učinkov, lastnosti različnih materialov ipd., kar je bistveno prispevalo k doseganju želenega tona in globine prizora, ter predvsem kakovosti. Kljub temu da projekt vključuje veliko število elementov (zgradbe, rastlinje, atmosferski učinki), je sistem deloval stabilno, kar dokazuje ustrezno tehnično optimizacijo in organizacijo delovnega procesa.

Med procesom so se pojavile manjše težave s počasnim delovanjem programa Blender, predvsem zaradi goste geometrije, oziroma števila ploskev, predvsem zaradi velike količine rastlinja oziroma ovijalk, ki so obremenjevale sistem. Težava je bila rešena s pomočjo grupiranja in skrivalnih slojev (angl. hide function), kar je omogočilo, da so se posamezni elementi prikazovali le, ko je bilo to potrebno. Ta popravek je izboljšal pretočnost dela in hkrati ohranil stabilnost projekta.

3.4.2 Umetniška analiza

Z umetniškega vidika je bil temeljni cilj projekta vzpostaviti atmosfero zapuščenosti, tišine in postopnega vračanja narave v urbano okolje. Ta učinek ni bil dosežen zgolj z motiviko

razpadajočega mesta, temveč predvsem z zavestno uporabo likovnih elementov, kot so kompozicija, svetloba in barva. Prostorska organizacija temelji na globinski kompoziciji, kjer se prizor bere postopoma – od vegetacije v ospredju, preko arhitekturnih mas v srednjem planu, do rahlo zamegljenega ozadja. Takšna razplastitev (razporeditev na prostorske plane) ustvarja občutek razsežnosti prostora in hkrati poudarja njegovo praznino ter odsotnost človeške prisotnosti.

Svetlobna zasnova temelji na nizkem vpadnem kotu svetlobe sončnih žarkov, zaradi česar nastajajo podaljšane sence in jasno izražen svetlo-temni kontrast. Dolge sence poudarjajo volumne arhitekture in razkrivajo teksturo materialov, vendar mehki prehodi med osvetljenimi in zasenčenimi deli preprečujejo pretirano dramatičnost prizora. Svetloba tako ne deluje agresivno, temveč umirjeno in melanholično, kar podpira občutek časovne distance in tišine. Kontrast svetlo-temno ima v tem primeru dvojno funkcijo: oblikovno, saj modelira prostor, ter izrazno, saj soustvarja emocionalni ton prizora.

Barvna zasnova je zadržana in temelji na omejeni, rahlo desaturirani paleti, v kateri prevladujejo zelenkasto-sivi in zemeljski toni. Takšna izbira poudarja zaraščanje in razpad urbanih struktur ter zmanjšuje vizualno agresivnost prizora. V barvni strukturi je prisoten tudi subtilen kontrast toplo-hladno: toplejši sončni poudarki na fasadah nežno kontrirajo hladnejšim sencam in oddaljenim delom prostora. Ta odnos prispeva k občutku globine, saj tople barve optično približujejo elemente, hladne pa jih potiskajo v ozadje. Zmanjšana nasičenost barv dodatno povezuje prizor v enotno atmosfero, brez izrazitih barvnih poudarkov, ki bi porušili občutek zapuščenosti.

Poseben kompozicijski in estetski pomen imajo ovijalke, ki niso zgolj dekorativni dodatek, temveč aktivni gradnik likovne organizacije. Njihova nepravilna rast prekinja linearne arhitekturne strukture in mehča strogo geometrijo stavb, s čimer nastaja kontrast med ravnimi, togimi linijami urbanega prostora in organsko dinamiko narave. Ovijalke delujejo tudi kot plastenje prostora – prekrivajo fasade, ustvarjajo dodatne sence in razbijajo enotne ploskve, kar povečuje občutek kompleksnosti in časovne degradacije okolja, hkrati pa vizualno povezuje posamezne dele kompozicije.

Premikajoča se kamera dodatno poudarja prostorsko strukturo in omogoča postopno razkrivanje kompozicije, pri čemer rahla meglica zmanjšuje kontrast v ozadju in krepi globinsko perspektivo. Vizualna plast je dopolnjena z zvočno kuliso vetra, ptičev in žuželk, ki še okrepi občutek odsotnosti človeške dejavnosti in poudari naravno regeneracijo prostora.

Projekt tako ne deluje zgolj kot tehnična predstavitev tridimenzionalnega okolja, temveč kot kratka filmska sekvenca, v kateri kompozicija, svetlobni kontrasti in barvna zadržanost skupaj oblikujejo enotno in smiselno vizualno pripoved.

3.4.3 Samorefleksija in možnosti nadgradnje

Končni izdelek je tehnično dovršen in estetsko skladen z začetno vizijo. Rezultat je presegal moja pričakovanja glede zahtevnosti projekta, saj se je izkazalo, da je proces kljub kompleksnosti okolja potekal bolj gladko, kot je bilo sprva predvideno.

Posebno zadovoljstvo prinaša dejstvo, da se končni izdelek po občutku močno približa estetiki filmov, kot je The Maze Runner, kar potrjuje uspešno izvedbo cilja, torej ustvariti realistično in atmosferično digitalno okolje s samostojnim ustvarjalnim pristopom.

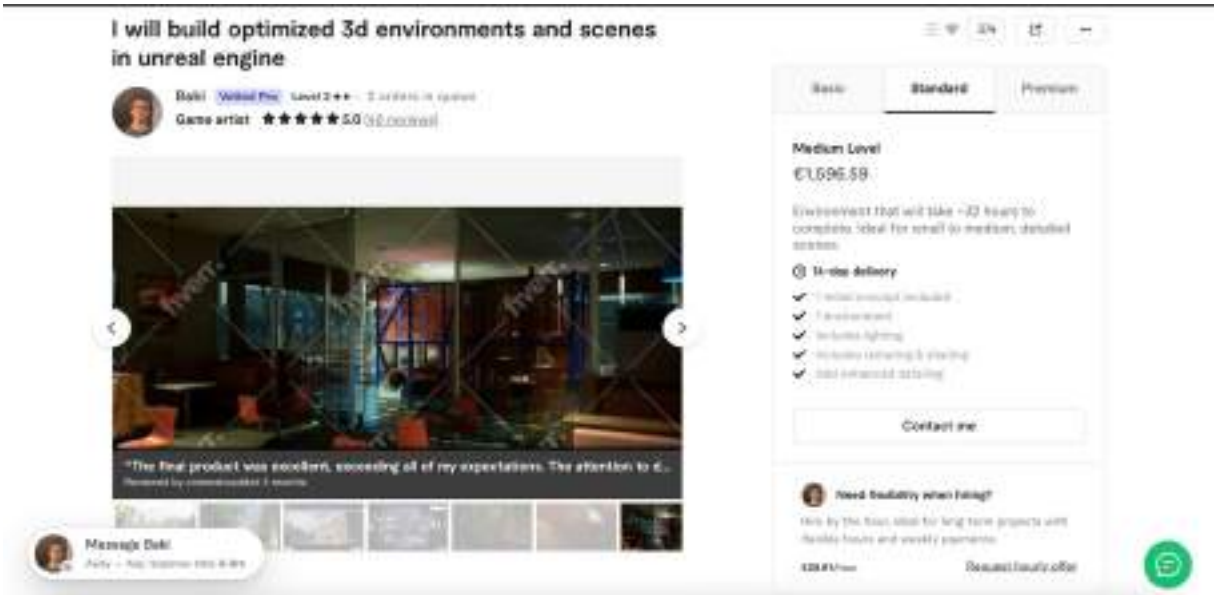
Kljub uspešni realizaciji projekta so se v produkcijskem procesu pojavile tudi omejitve. Največji izzivi so bili povezani z obvladovanjem kompleksnosti scene, predvsem zaradi velikega števila geometrijskih elementov in obsežnih površin, kar je zahtevalo dodatno optimizacijo modelov in premišljeno upravljanje z osvetlitvijo. Projekt bi bilo v prihodnje mogoče nadgraditi z dodajanjem novih kadrov iz ožjih in bolj zaprtih prostorskih sekvenc, s čimer bi se okrepil občutek prostorske utesnjenosti. Prav tako bi bila možna razširitev z animiranimi liki ali drugimi znaki človeške prisotnosti, kar bi omogočilo izrazitejšo pripovedno dimenzijo.

Ena izmed možnosti nadgradnje je tudi prenos okolja v realnočasovni pogon, kot je Unity, ter njegova uporaba v interaktivnem kontekstu, na primer v obliki računalniške igre ali VR-okolja. Takšna nadgradnja bi zahtevala dodatno optimizacijo geometrije, materialov in osvetlitve, vendar bi omogočila drugačen način doživljanja prostora in razširila uporabnost že izdelanega digitalnega okolja.

3.4.4 Uporabnost projekta na profesionalnem nivoju

Na projekt Forgotten City lahko poskušamo pogledati tudi iz vidika profesionalne uporabnosti in smiselnosti takšnega izdelka na trgu dela.

Nizki stroški so omogočili izvedbo projekta v domačem okolju, vendar je zahtevala konkreten časovni vložek, ki predstavlja ključen dejavnik pri profesionalni izvedbi podobnih projektov. V profesionalnem kontekstu zahteva izdelava kompleksnega digitalnega filmskega okolja minimalno nekaj tednov.



Slika 36: Primer ponudb 3D-umetnika in njihovih urnih postavk na spletni platformi Fiverr (2026).

Vir: Fiverr, https://www.fiverr.com/bkaipolat/build-3d-scenes-and-environments-for-your-projects?context_referrer=search_gigs&source=top-bar&ref_ctx_id=b106c39705204b73bd85f4205b518947&pckg_id=1&pos=4&context_type=auto&funnel=b106c39705204b73bd85f4205b518947&imp_id=2992952e-3de9-4a13-b5fe-977e43117cc1&ad_key=840f405d-0759-4160-8e87-8b8d1566e5a0

Na podlagi izvedbe projekta sem ugotovil, da je samostojna izdelava kompleksnega digitalnega 3D-okolja smiselna predvsem kot učinkovito orodje za vizualizacijo idej v zgodnjih fazah filmske produkcije. Tak pristop omogoča hitro preverjanje kompozicije, svetlobnih odnosov in splošnega vzdušja prizora, še preden pride do dejanske realizacije v produkciji. Poleg tega predstavlja pomembno prednost za posameznika, saj omogoča razvoj celostnega razumevanja procesa ter večjo ustvarjalno avtonomijo brez potrebe po večji ekipi. Ugotovil sem tudi, da lahko z uporabo dostopnih orodij dosežem vizualno prepričljive rezultate, ki se lahko približajo profesionalnim standardom, kar povečuje uporabnost takšnih projektov v kontekstu filma, vizualnih učinkov in digitalne scenografije. Projekt *Forgotten City* tako potrjuje, da ima samostojna izdelava 3D-okolij praktično vrednost kot orodje za predstavitev, razvoj in testiranje filmskih idej.

4 PRAKTIČNA IZVEDBA PO FAZAH PRODUKCIJE

4.1 Predprodukcija

Projekt Forgotten City je bil zasnovan kot digitalno 3D-okolje post-apokaliptičnega mesta, namenjeno filmski vizualizaciji.

Čeprav na začetku projekt ni imel uradnega naslova, se je ime Forgotten City izkazalo za najbolj primerno, saj natančno povzema bistvo prizora: zapuščeno, tiho mesto, ki ga je narava postopoma ponovno zavzela.

Cilj v predprodukcijski fazi je bil ustvariti občutek srhljive tišine in realistične zapuščenosti z rahlim pridihom znanstvene fantastike. Prizor je moral delovati verodostojno, kot da bi lahko obstajal v resničnem svetu, a z dovolj filmske simbolike, da ohrani umetniško distanco.

V tej fazi so bile zbrane vizualne reference, ki so služile kot navdih za ton, atmosfero in kompozicijo. Kot glavni vizualni referenčni material je bil uporabljen kratki film Ruin, izdan leta 2011, režiserja Wesa Balla, ki je pozneje ustvaril tudi filmsko trilogijo Maze Runner. Film Ruin prikazuje post-apokaliptično mesto, prepleteno z naravo, in je odličen primer ravnovesja med uničenjem in življenjem.

Poleg filma Ruin so bile s platforme Google slike, Pinterest in YouTube izbrane slike, ki prikazujejo zaraščene zgradbe, betonske konstrukcije, porušene mostove in naravo, ki počasi prevzema urban prostor. Na podlagi teh referenc je bil v Photoshopu oblikovan idejni kolaž (angl. moodboard), ki je določal barvno paleto, intenziteto, barvno temperaturo.

Po oblikovanju vizualne baze in idejnega kolaža je sledila faza izdelave konceptnih referenčnih podob okolja. Ta faza v skladu s teoretičnimi izhodišči ne predstavlja še konkretne 3D-izvedbe, temveč oblikovanje vizualnih smernic, na podlagi katerih se kasneje gradi 3D-prostor. Konceptne slike delujejo kot referenčni okvir za prostorsko organizacijo, svetlobne odnose in atmosfersko usmeritev prizora. Pri oblikovanju konceptnih podob so bili uporabljeni prostorski ključi, ki omogočajo prepričljivo vzpostavitev globine na 2D-površini. Med njimi so linearna perspektiva, zmanjševanje elementov z oddaljenostjo, prekrivanje oblik, izmenjevanje svetlih in temnih ploskev ter uporaba zračne oziroma atmosferske perspektive, kjer se z oddaljenostjo zmanjšujeta kontrast in detajl. Posebej pomembno je bilo postopno izginjanje detajlov v ozadju, kar prispeva k večji berljivosti kompozicije in jasni razporeditvi prostorskih planov. Uporaba tonske lestvice v fazi konceptne zasnove se usklajuje z uveljavljenimi praksami konceptnega

oblikovanja, kjer se barva začasno izloči, da se poudarijo svetlobni kontrasti, prostorska razmerja in kompozicijska hierarhija. Takšen pristop omogoča, da se že v zgodnji fazi preveri logika osvetlitve in razmerje med ospredjem, srednjim planom in ozadjem, brez vpliva barvnih informacij, ki bi lahko zakrile pomanjkljivosti prostorske konstrukcije. Konceptne podobe tako niso končna rešitev prostora, temveč analitično orodje, ki omogoča preverjanje prostorske logike in atmosferske usmeritve še pred začetkom 3D-modeliranja.



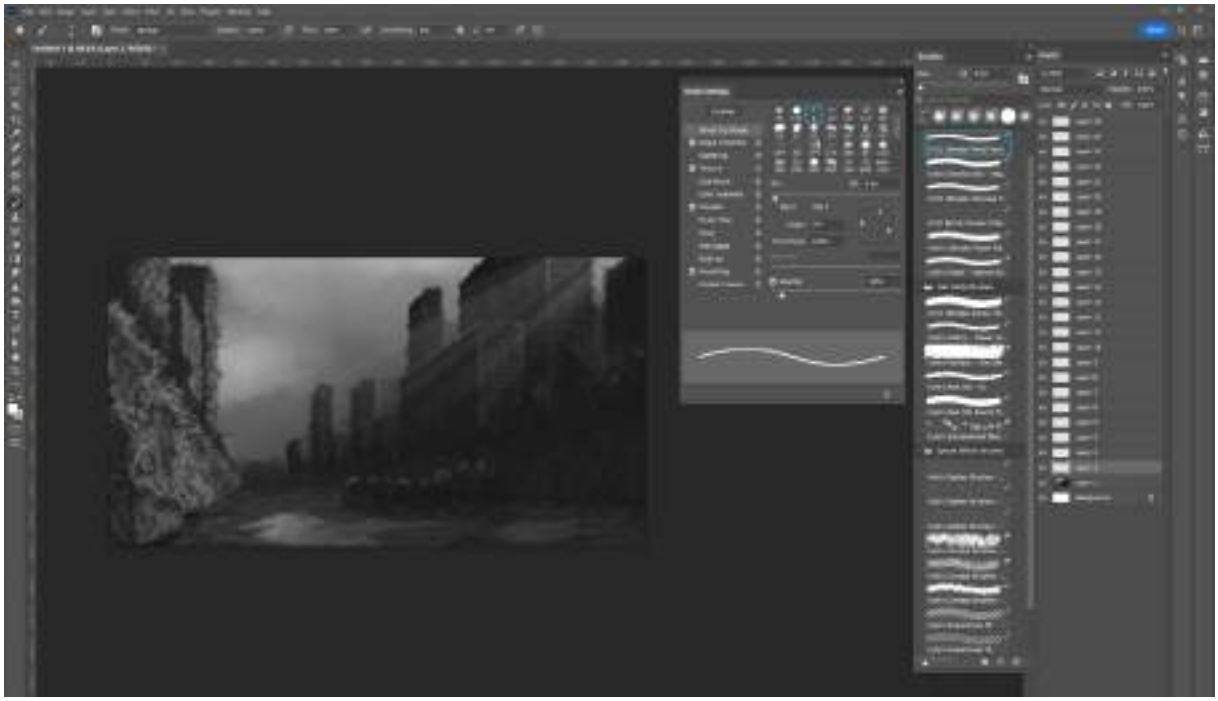
Slika 20: Črno-bela konceptna skica Forgotten city v Photoshopu.

Vir: Lastni vir.

V tej fazi je bil uporabljen program Adobe Photoshop, v katerem so bile izdelane konceptne zasnove. Program omogoča hitro skiciranje konceptnih zasnov, delo s plastmi in kontrolo svetlobnih razmerji. Že te funkcije ga uvrščajo med standardna orodja konceptnih umetnikov, kot je bilo predstavljeno v teoretičnem delu naloge.

Pri oblikovanju osnovnih silhuet zgradb in porušenih struktur so bili uporabljeni elementi, ki združujejo značilnosti realne arhitekture z organsko razraslimi naravnimi oblikami. Takšna kombinacija je omogočila vizualni vtis postopnega prevzema urbanega prostora s strani narave ter poudarila časovno razsežnost propada okolja. Posebna pozornost je bila namenjena čitljivosti silhuet in razmerjem med masami, saj ti elementi bistveno vplivajo na kasnejšo prostorsko orientacijo v tridimenzionalnem okolju.

Končna konceptna zasnova okolja je služila kot osrednji vizualni vodič za nadaljnjo fazo izdelave tridimenzionalne scene. Predstavljala je referenčno podlago za postavitev kamere, razmerja objektov v prostoru ter ohranjanje konsistentne kompozicije in občutka atmosfere pri prehodu iz dvodimenzionalne v tridimenzionalno obliko.



Slika 21: Uporaba digitalnih čopičev v programu.

Vir: Lastni vir.

Pri delu so bile uporabljene različne vrste in nastavitve digitalnih čopičev, s katerimi je bilo možno upodobiti svetlobo, sence, teksturo površin ipd. Čopiči so bili uporabljeni za detajlno ilustracijo, pa tudi za predstavitev tekstur.

Tudi uporaba plasti, ki so omogočale ločevanje posameznih elementov konceptne zasnove, kot so ozadje, upodobljena arhitektura in svetlobni detajli, je predstavljala pomemben del delovnega procesa. Takšen način dela je omogočil neodvisno urejanje posameznih komponent ter hitro odpravljanje napak, saj je bilo mogoče posamezno plast po potrebi izbrisati, ponovno ustvariti ali prilagoditi brez poseganja v preostale dele konceptne zasnove okolja.

Po oblikovanju vizualnih smernic je sledila izdelava konceptne zasnove, ki je predstavljala konkretno pretvorbo idejne zasnove v vizualno oblikovan prizor. V tej fazi je bil uporabljen

Adobe Photoshop v kombinaciji z grafično tablico, ki je omogočala neposreden ročni vnos in naravnejše risanje v primerjavi z uporabo miške. Takšen način dela je omogočil hitrejše oblikovanje prostih potez, mehke prehode med svetlobo in senco. Hkrati se je pri delu pokazala tudi omejitev tovrstnega pristopa, saj daljše risanje na večji grafični tablici zahteva prilagajanje ergonomije in večkratno korekcijo potez, kar je podaljšalo čas izdelave posameznih skic. Zaradi tega so bile skice zasnovane kot raziskovalno in usmerjevalno orodje, ne kot končni ilustrativni izdelki.

Konceptne zasnove so bile ustvarjene v tonski lestvici, kar je omogočilo osredotočenost na prostorsko razporeditev elementov, globino prizora ter razmerja med svetlobo in senco. Takšen pristop je zmanjšal vpliv barvnih, na zaznavo prostorskih, razmerij in omogočil natančnejši nadzor nad kompozicijo ter vizualno hierarhijo prizora, kar je ključno pri zasnovi filmskega okolja. Tako izdelana konceptna zasnova je služila kot vizualni vodič za nadaljnjo tridimenzionalno obdelavo okolja.

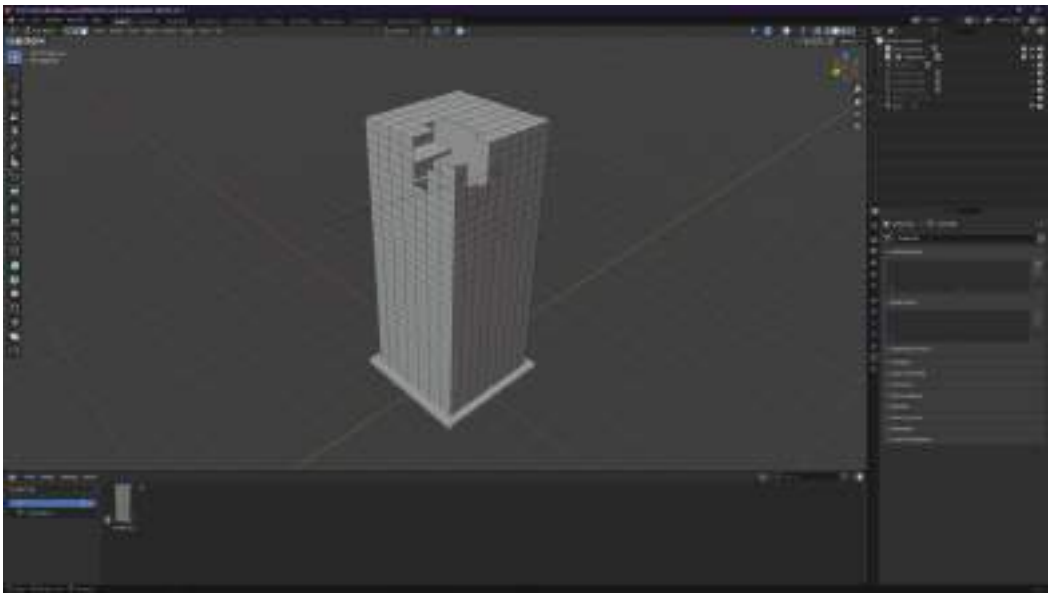
4.2 Produkcija

Naslednja faza produkcije je predstavljala prehod iz konceptne zasnove v tridimenzionalno okolje. Za osnovo prostorske postavitve je bila uporabljena odprtokodna geografska podatkovna baza, ki omogoča generiranje osnovnih urbanističnih struktur na podlagi realnih geografskih podatkov. Uporaba tega orodja ni predstavljala končne rešitve, temveč izhodišče za vzpostavitev osnovne mreže ulic in razmerij med stavbnimi volumni. Avtorski doprinos v tej fazi se kaže v selekciji uporabljenega območja, ročni prilagoditvi meril, odstranjevanju in preoblikovanju samodejno ustvarjenih elementov ter v prilagoditvi prostorske postavitve glede na konceptno zasnovo prizora. Samodejno generiran model je bil tako uporabljen zgolj kot osnovno ogrodje, ki je bilo nadalje razvito in prilagojeno umetniškim ciljem projekta.

Pri nadaljnji gradnji mesta so bili uporabljeni 3D-modeli (ang. *assets*), pridobljeni s spletne platforme CGTrader. Uporaba obstoječih brezplačnih 3D-modelov je omogočila časovno učinkovito izgradnjo kompleksnega okolja, vendar so ti modeli služili zgolj kot referenca za modeliranje. Avtorski doprinos se v tej fazi kaže v obsežnih prilagoditvah posameznih modelov, vključno z ročnim spreminjanjem geometrije, skaliranjem, rotacijo, kombiniranjem več modelov ter namernim podvajanjem in variiranjem elementov, da se je ustvaril vtis raznolikega in organsko razraslega urbanega prostora. Posebna pozornost je bila namenjena

kompozicijskemu umeščanju objektov, saj so bili posamezni modeli uporabljeni kot gradniki vizualne pripovedi in ne kot samostojni dekorativni elementi.

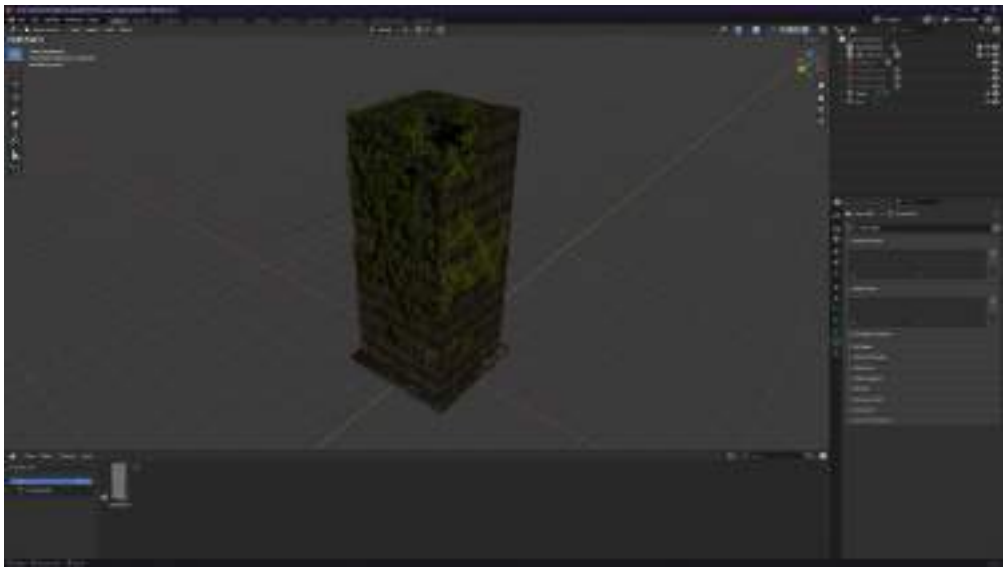
V okviru produkcije je bil izdelan tudi lastni tridimenzionalni model zapuščenega stanovanjskega bloka, ki je bil zasnovan in izdelan od začetka v programu Blender. Proces izdelave je vključeval oblikovanje osnovnega volumna stavbe, namerno odstranitev dela zgornje geometrije za nakazovanje poškodovanosti ter dodajanje notranjih ploskev, ki nakazujejo obstoj notranjih prostorov. Videz 3D-modela je bil dopolnjen z dodajanjem in urejanjem materialov/tekstur z uporabo vozliščnega sistema (angl. Node System), pri čemer so bile prilagojene lastnosti površin, kot so hrapavost in reliefnost, da se je zmanjšal preveč gladek videz materialov in povečala realističnost objekta.



Slika 22: Prikaz modela v načinu urejanja (Edit Mode) v programu Blender.

Vir: Lastni vir.

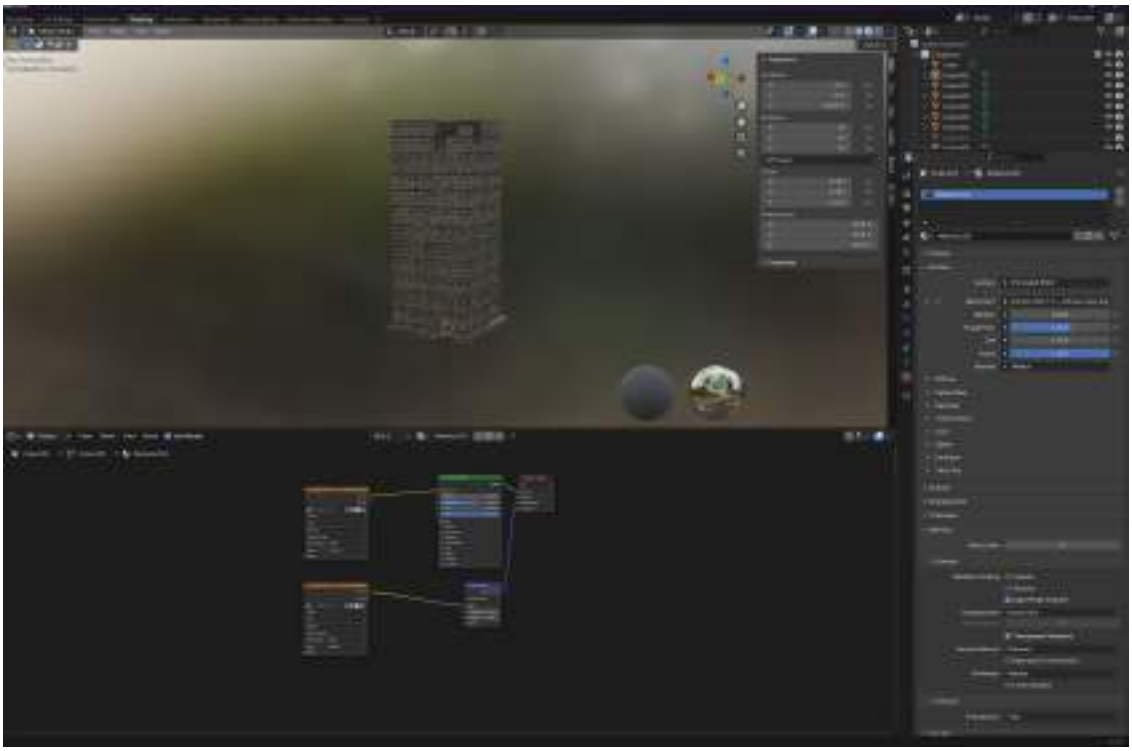
V nadaljevanju je bil model nadgrajen z uporabo modifikatorjev, natančneje sistema Geometry Nodes, s pomočjo katerih so bili 3D-modelom stavb dodani elementi vegetacije, ki poudarjajo zapuščenost in postopno prevlado narave nad arhitekturo. Po zaključeni obdelavi je bil objekt označen kot obstoječi model (angl. 3D asset) in dodan v knjižnico obstoječih modelov, kar je omogočilo njegovo večkratno uporabo v različnih delih scene. Zaradi obsežnosti projekta, ki poleg modeliranja vključuje tudi zasnovo kompozicije, osvetljevanje, animacijo kamere in postprodukcijo, je bila za večino objektov uporabljena kombinacija brezplačnih obstoječih modelov (angl. 3D assets).



Slika 23: Prikaz modela stavbe z ovijalkami v upodobitvenem pogledu (angl. render view) v programu Blender. Vir: Lastni vir.

Materiale/teksture sem urejal v Blender meniju Shading, ki omogoča vizualno, in na osnovi vozlišč (angl. nodes) osnovno, urejanje materialov. Na sliki 14 je prikazan drevesni diagram vozlišč (angl. node tree), v katerem so bile teksture povezane v funkcionalen sistem vozlišč.

Osnovni material je bil zasnovan z vozliščem *Principled BSDF* (angl. *Principled Bidirectional Scattering Distribution Function*), ki temelji na fizikalno pravilnem modelu senčenja (angl. *physically based rendering – PBR*) in omogoča nadzor nad ključnimi parametri materiala, kot so osnovna barva (angl. *base color*), hrapavost (angl. *roughness*), kovinski parameter (angl. *metallic*) ter svetlobni odziv površine (angl. *specular response*). Barvna tekstura (angl. *Base Color texture*) je bila povezana na vhod *Base Color* vozlišča *Principled BSDF*, ker ta parameter določa osnovno barvno komponento materiala v PBR-modelu senčenja.



Slika 24: Dodajanje in urejanje teksture v zavihku za senčenje.

Vir: Lastni vir.

Za povečanje občutka površinske globine in razgibanosti materiala je bila dodana dodatna tonska tekstura (angl. grayscale height map), ki je bila povezana v vozlišče za relief (angl. displacement node). Ta tekstura je vplivala na navidezno reliefno strukturo površine in je bila uporabljena v zmerni intenziteti, da se je ohranil realističen videz materiala brez navideznih deformacij geometrije. Sočasno je bila prilagojena tudi vrednost hrapavosti, s čimer se je zmanjšal preveč gladek videz površine in izboljšal odziv materiala na osvetlitev.

Med dodajanjem in urejanjem materialov in tekstur so bile uporabljene brezplačne teksture iz spletnih knjižnic, kot so ambientCG, Poly Haven in Texture Haven. Teksture niso bile uporabljene neposredno, temveč so bile sproti prilagajane glede na osvetlitev, merilo modela in splošni barvni značaj prizora. Postopek je temeljil na eksperimentalnem pristopu, pri katerem so bile posamezne teksture večkrat zamenjane, prilagojene ali kombinirane, dokler ni bil dosežen vizualno usklajen in prepričljiv rezultat v kontekstu celotnega okolja.

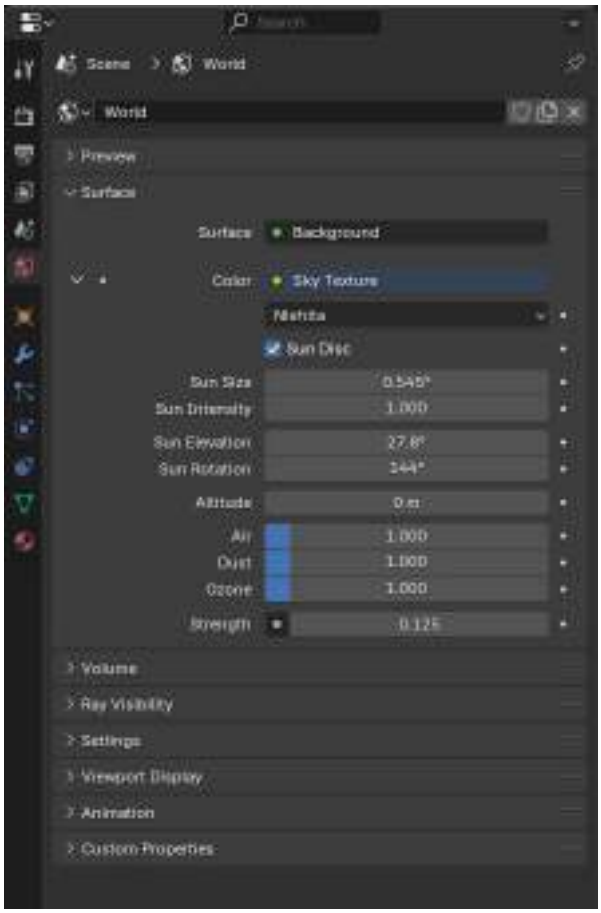


Slika 25: Vozlišče (angl. node tree) v meniju za senčenje (angl. Shading).

Vir: Lastni vir.

Osvetlitev prizorov je bila izvedena s pomočjo svetlobnih nastavitev okolja (angl. World settings), brez uporabe klasičnih umetnih svetlobnih virov (npr. točkovnih ali usmerjenih luči). Takšen pristop omogoča bolj enotno, fizikalno utemeljeno osvetlitev celotnega okolja in je še posebej primeren za zunanje prizore.

V nastavitvah sveta (world → surface) je bila uporabljena tekstura neba (angl. sky texture), ki simulira naravno razprševanje svetlobe v atmosferi. Aktivirana je bila možnost vidnega sončevega diska (angl. sun disc), kar omogoča neposreden nadzor nad videzom in obnašanjem sonca v prizoru. Avtorski doprinos se v tej fazi kaže predvsem v nastavitvi osnovnih parametrov, medtem ko kompleksnejša svetlobna kompozicija ni bila dodatno razvijana.



Slika 26: Del menija za nastavitve lastnosti (angl. Properties Editor).

Vir: Lastni vir.

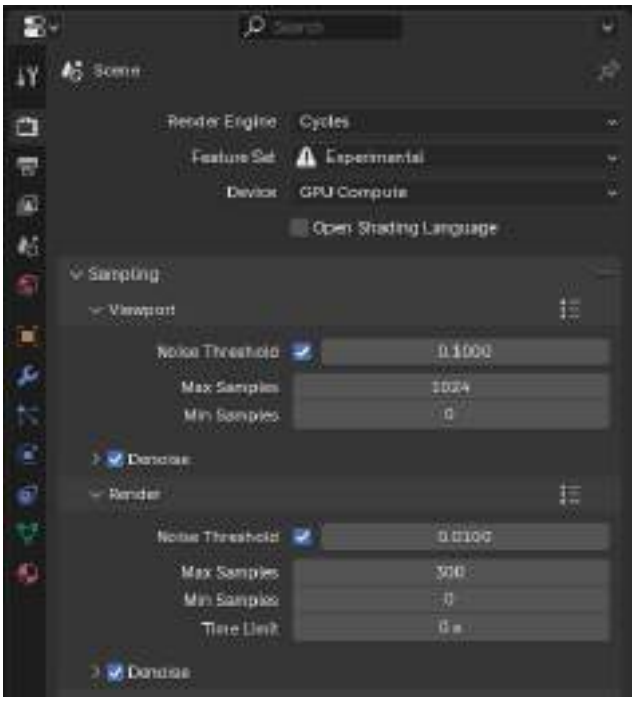
Znotraj teh nastavitev so bile prilagojene lastnosti, ki neposredno vplivajo na videz in vpliv svetlobe v prizoru. Nastavljena je bila velikost sonca (angl. Sun Size), ki določa ostrino oziroma mehkobo senc, in moč sončne svetlobe (angl. Sun Intensity / Strength), s katero je bila uravnana splošna moč svetlobe sonca. S pomočjo rotacije sonca (angl. Sun Rotation) je bila določena smer osvetlitve, medtem ko je višina oziroma vpadni kot svetlobe sonca nad horizontom (angl. Sun Elevation) vplival na dolžino in ostrino robov. Poleg osnovnih nastavitev sonca so bile uporabljene tudi atmosferske nastavitve, ki vplivajo na barvno zaznavo in kontrast v prostoru. Parameter zrak (angl. Air) je vplival na razpršitev svetlobe v atmosferi, prah (angl. Dust) je rahlo zmehčal kontraste in dodal občutek prostorske globine, medtem ko je ozon (angl. Ozone) povzročil subtilen barvni premik svetlobe, predvsem v senčnih predelih prizora. Vse navedene nastavitve so bile uporabljene z zmerno intenziteto, da je bil dosežen naraven in prepričljiv videz brez pretirane stilizacije.



Slika 27: Testna upodobitev spremembe svetlobnih učinkov v upodobitvenem pogonu Cycles.
Vir: Lastni vir.

Za upodobitev prizora je bil uporabljen upodabljalni pogon Cycles, ki temelji na fizikalno pravilni simulaciji obnašanja svetlobe in materialov. V primerjavi z realnočasovnimi pogoni omogoča natančnejše izračune osvetlitve, senc, odbojev in volumetričnih učinkov, kar je ključno za doseganje fotorealističnega videza.

Nabor funkcij (angl. feature set) je bil nastavljen na eksperimentalni način (angl. Experimental), saj ta omogoča uporabo naprednejših funkcij, kot so izboljšani volumetrični izračuni in dodatne možnosti pri osvetljevanju. Za izračun upodabljanja je bila uporabljena grafična kartica z nastavitvijo računanja na grafični procesni enoti (angl. GPU Compute), kar je bistveno skrajšalo čas upodabljanja v primerjavi z izračunom na procesorju.



Slika 28: Meni za nastavitve lastnosti (angl. properties editor) v Blenderju.

Vir: Lastni vir.

Pri predogledu v delovnem okolju (angl. Viewport Rendering) so bile uporabljene nastavitve z mejnim pragom šuma (angl. Noise Threshold) 0,1000, največjim številom vzorcev (angl. Max Samples) 1024 in minimalnim številom vzorcev (angl. Min Samples) 0. V tej fazi je bilo omogočeno tudi odstranjevanje šuma (angl. Denoising), kar je omogočilo hitrejše preverjanje osvetlitve, kompozicije in atmosferskih učinkov brez dolgotrajnega čakanja na čisto sliko.

Megla je bila ustvarjena z uporabo preprostega volumetričnega objekta, in sicer tridimenzionalne kocke z volumetričnim materialom, ki je simuliral razpršitev svetlobe v zraku. Ta pristop je omogočil postopno izgubljanje kontrasta v daljavi in s tem okrepil občutek prostorske globine ter realistične atmosfere prizora.

Za končno upodobitev (angl. Final Render) so bile uporabljene bolj natančne nastavitve. Mejni prag šuma je bil znižan na 0,0100, kar je zagotovilo bistveno čistejšo sliko z manj vidnega šuma. Največje število vzorcev je bilo nastavljeno na 300, minimalno število vzorcev pa je ostalo 0, saj je prilagodljivo vzorčenje omogočilo učinkovito porazdelitev izračunov glede na zahtevnost posameznih delov slike. Časovna omejitev upodabljanja (angl. Time Limit) ni bila uporabljena, odstranjevanje šuma pa je bilo pri končnem izrisu izključeno, da se ohrani maksimalna ostrina detajlov in naravno obnašanje svetlobe.

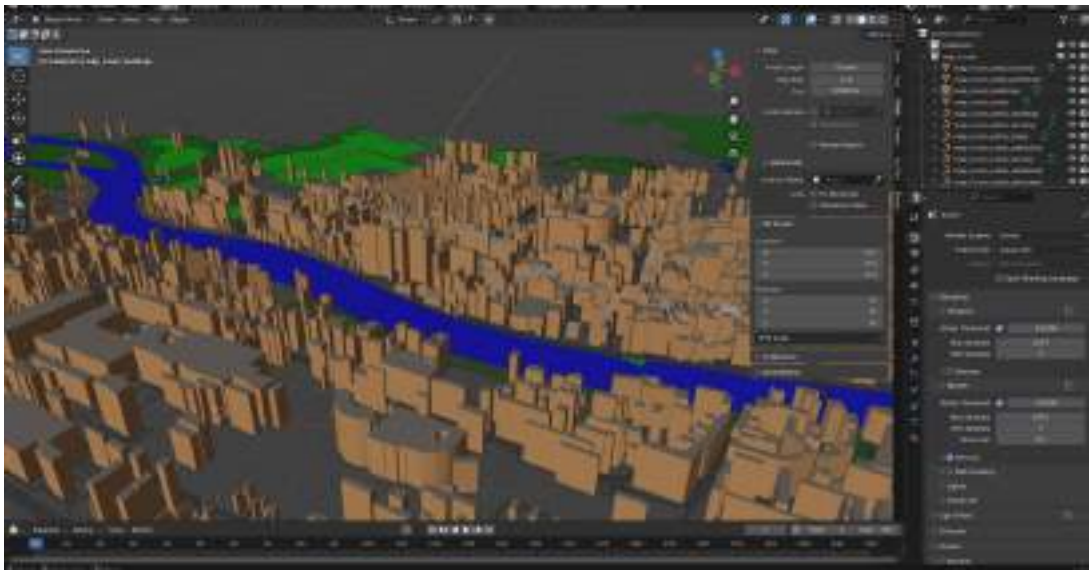
Takšne nastavitve so neposredno vplivale na čas upodabljanja. Povprečni čas izrisa ene sličice je znašal približno od 50 do 55 sekund (povprečno okoli 53 sekund) pri uporabi grafičnega procesorja. Če upoštevamo standardno hitrost 24 sličic na sekundo, že ena sekunda animacije zahteva približno od 20 do 22 minut neprekinjenega izračuna. Pri daljši animaciji to pomeni večurno obremenitev sistema. To jasno izpostavlja eno ključnih omejitev domače produkcije, kjer ni na voljo upodabljalna farma (angl. render farm) ali porazdelitev simultanega upodabljanja na več sistemih hkrati. Posledično je bilo potrebno vzpostaviti ravnotežje med kakovostjo slike in časovno izvedljivostjo projekta, saj bi nadaljnje znižanje praga šuma ali povečanje števila vzorcev občutno podaljšalo čas izračuna brez sorazmerne vizualne izboljšave.

V tej fazi je bilo izvedenih več testnih upodobitev, s katerimi so se preverjali kakovost osvetlitve, razmerje med svetlimi in senčnimi deli, kompozicija kadra ter učinek atmosferske globine.

Pretvorba konceptne zasnove v 3D-okolje je bila izvedena v programu Blender, ki omogoča celovit potek dela od prostorske postavitve do končne upodobitve.

Programsko okolje omogoča integracijo različnih orodij in dodatkov, kar je primerno za eksperimentalni in iterativni pristop pri oblikovanju kompleksnih digitalnih okolij. Prva faza tridimenzionalnega dela je obsegala 3D-blokovno postavitev (ang. blockout), v kateri je bila določena osnovna prostorska razporeditev objektov, razmerja med volumni ter splošna kompozicija scene. Namen te faze je bil preveriti prostorsko logiko okolja, berljivost kompozicije in razmerja med ospredjem, srednjim planom in ozadjem, še preden se je pričelo z detajlno obdelavo geometrije.

Za vzpostavitev osnovne blokovne postavitve je bil uporabljen podatkovni vir OpenStreetMap, ki omogoča generiranje osnovnih mestnih tlorisov na podlagi realnih geografskih podatkov. Ta pristop je omogočil hiter prostorski pregled mesta ter realistično osnovo za nadaljnjo gradnjo okolja. Tako pridobljena struktura je služila kot ogrodje, na katero so bili postopoma dodajani arhitekturni in okoljski detajli, prilagojeni konceptni zasnovi.

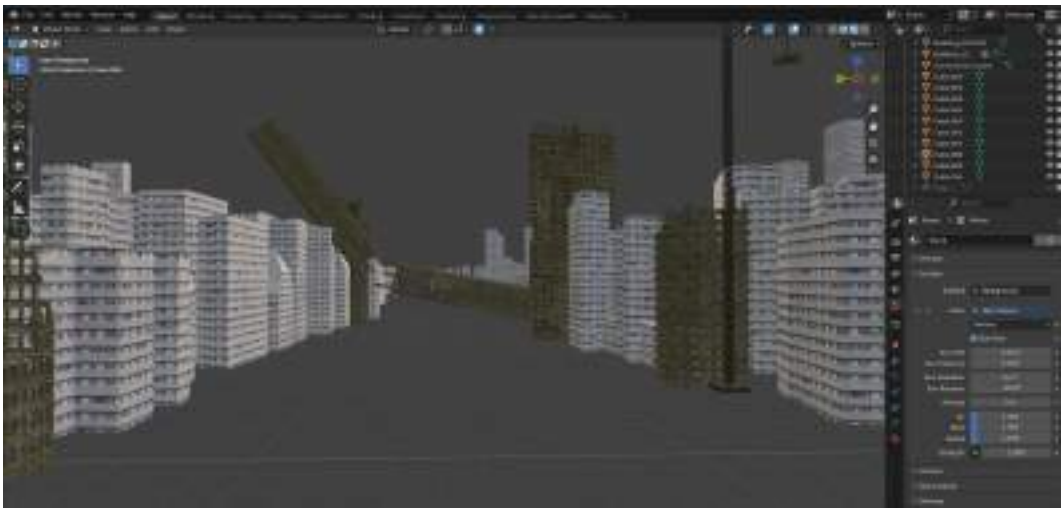


Slika 29: Prvotna 3D-blokovna postavitev okolja, ustvarjena z odprtokodno geografsko podatkovno bazo (OpenStreetMap).

Vir: Lastni vir.

Večina 3D-objektov v sceni je bila pridobljena z uporabo že obstoječih 3D-modelov (angl. assets) s spletne platforme CGTrader. Uporaba brezplačnih obstoječih 3D-modelov predstavlja uveljavljeno prakso v sodobni filmski produkciji, saj omogoča hitrejšo izgradnjo kompleksnih okolij in večjo osredotočenost na svetlobno zasnovo, dodajanje/urejanje materialov in tekstur in celostno atmosfero prizora. Kljub uporabi že pripravljenih modelov je bil pomemben del objektov dodatno prilagojen z ročnim modeliranjem, rotacijo in deformacijo geometrije, da so se skladno vključili v celotno kompozicijo in vizualni slog okolja.

Dodajanje/urejanje materialov in tekstur je potekalo vzporedno z razvojem scene in je temeljilo na eksperimentalnem, iterativnem pristopu. Posamezne teksture so bile sproti testirane, zamenjane ali prilagojene glede na osvetlitev in zaznavo prostora. Uporabljene so bile teksture iz brezplačnih spletnih knjižnic, kar je omogočilo hitro preizkušanje različnih rešitev brez dodatnih stroškov. Takšen pristop je značilen za zgodnje faze razvoja digitalnega okolja, kjer je cilj doseči vizualno konsistentnost in ustrezno razmerje med materiali in svetlobo.



Slika 30: Postavitev začetne scene.

Vir: Lastni vir.

3D-okolje je bilo predstavljeno kot animirana sekvenca z usmerjenim gibanjem virtualne kamere, ki postopno razkriva kompozicijsko in prostorsko zasnovo prizora. Gibanje kamere je bilo animirano ročno v programu Blender z uporabo ključnih sličic (angl. keyframes). Kamera se je premikala pretežno linearno, z nežnimi spremembami hitrosti in brez sunkovitih pospeškov, kar je omogočilo miren, umirjen in kontemplativen ritem zaznavanja prostora. Takšen pristop je bil izbran z namenom, da gledalcu omogoči občutek postopnega vstopanja v prostor in raziskovanja zapuščenega urbanega okolja. Nastavitve kamere so bile sproti prilagajane v delovnem okolju Blenderja, z upoštevanjem kompozicijske uravnoteženosti kadra, robov filmskega izreza ter prostorskih razmerij med bližnjimi in oddaljenimi elementi.

Animacija je bila upodobljena kot zaporedje sličic v formatu PNG in ne kot neposreden video izvoz. Takšen način upodabljanja omogoča večjo kakovost nadaljnje obdelave, saj posamezne sličice ohranijo polno slikovno informacijo brez kompresijskih izgub. Poleg tega ta pristop omogoča lažje ponovne izrise posameznih sličic v primeru napak ali popravkov, brez potrebe po ponovnem upodabljanju celotne animacije. Končna animacija je bila obdelana v vgrajenem video urejevalniku Blenderja (angl. Video Sequence Editor), ki omogoča osnovno montažo, združevanje sekvenc in sinhronizacijo zvoka.

4.3 Postprodukcija

Postprodukcijska faza projekta Forgotten City je bila osredotočena na montažo slike, barvno obdelavo in zvočno montažo, ki skupaj oblikujejo končni filmski zapis tridimenzionalnega okolja. V tej fazi se je digitalna 3D-scena preoblikovala v časovno strukturiran filmski posnetek, pri čemer je bil poudarek prvenstveno na vizualni berljivosti, prostorskem ritmu in atmosferi prizora, zvok pa je deloval kot podporni element vizualne podobe.



Slika 31: Časovni trak, ki prikazuje animacijo kamere v programu Blender.

Vir: Lastni vir.

Za zagotavljanje enotne vizualne podobe so bile upodobljene sličice, dodatno obdelane v programu Adobe Photoshop. Posamezne sličice niso bile obdelovane ločeno, temveč so bile uvožene kot serija in obdelane z enakimi prilagoditvenimi plastmi, kar je zagotovilo konsistentnost kontrasta, svetlosti in barvne uravnoteženosti skozi celotno zaporedje. V tej fazi so bili dodani tudi črni pasovi na zgornjem in spodnjem robu slike (angl. black bars), s čimer je bilo simulirano končno filmsko razmerje stranic. Namen tega postopka je bil preveriti, kako kompozicija deluje v filmskem kadru in ali so ključni vizualni elementi pravilno umeščeni znotraj vidnega polja.



Slika 32: Testna upodobitev v pogonu Cycles v pripravi za Photoshop.

Vir: Lastni vir.



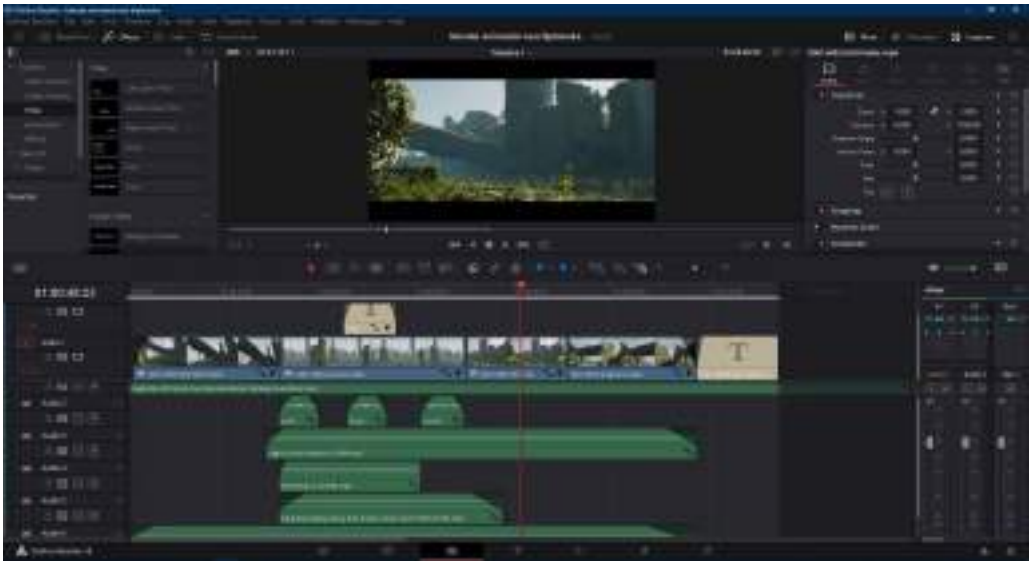
Slika 33: Testna upodobitev v Adobe Photoshop.

Vir: Lastni vir.

Po zaključeni osnovni slikovni montaži v programu Blender je bila sekvenca uvožena v program DaVinci Resolve, kjer je bila izvedena barvna korekcija in barvna obdelava (angl. color grading). Barvna obdelava ni bila namenjena spreminjanju svetlobne zasnove prizora, temveč njenemu poudarjanju in poenotenju. Poseben poudarek je bil namenjen kontrastu med toplo barvno svetlobo osvetljenih delov prizora ter hladnejšo barvno svetlobo senčnih predelov, kjer prevladujejo zamolkli modrikasti odtenki. Ti hladni toni v sencah poudarjajo občutek

vlage, hladu in zapuščenosti prostora ter ustvarjajo barvno ravnovesje s toplimi, rahlo rumeno-oranžnimi odtenki sončne svetlobe.

Montaža slike je predstavljala osrednji del postprodukcije, zvočna montaža pa je delovala kot podporni element vizualne podobe. V DaVinci Resolve so bili dodani brezlicenčni (angl. royalty-free) zvočni učinki, kot so petje ptic, šumenje vetra in subtilni ambientalni zvoki, ki ustvarjajo vtis prisotnosti narave v sicer zapuščenem mestu. Zvočni učinki niso služili pripovedni funkciji, temveč so poudarjali občutek miru, tišine in ponovne oživitve prostora. Poleg zvočnih učinkov je bila dodana tudi brezlicenčna (angl. royalty-free) ambientalna glasbena podlaga, z umirjenim tempom in rahlo melanholičnim značajem, ki dopolnjuje vizualno podobo in krepi občutek osamljenosti po propadu civilizacije. Po zaključeni montaži slike, zvočne montaže in barvne korekcije je bil s pomočjo končnega izvoza oblikovan filmski zapis ogleda tridimenzionalnega okolja. S tem se je projekt Forgotten City preoblikoval iz posameznih prizorov v celovit filmski posnetek, ki združuje prostorsko zasnovo, svetlobne odnose, barvno skladnost in zvočno atmosfero v enotno vizualno izkušnjo.



Slika 34: Postprodukcija v projekta v programu DaVinci Resolve.

Vir: Lastni vir.

5 SKLEP

Diplomsko delo je obravnavalo celovit proces ustvarjanja digitalnega 3D-okolja za filmsko produkcijo od začetne konceptne zasnove do končne animirane vizualizacije.

Glavni namen diplomskega dela je bil raziskati celoten postopek prehoda iz začetne konceptne zasnove okolja v dokončano 3D-animacijo, ki bi bila primerna za uporabo v filmskem kontekstu. V delu je bilo preučeno, kako lahko posameznik s sodobnimi digitalnimi orodji samostojno izvede takšen proces ter v kolikšni meri je mogoče doseči vizualno in tehnično raven, ki se približa profesionalnim standardom. Poseben poudarek je bil namenjen razumevanju, kako premišljena konceptna zasnova, kompozicija, tehnične rešitve in postopki postprodukcije vplivajo na kakovost digitalnega okolja in njegovo verodostojno integracijo v simulirani filmski kader. Na podlagi izvedenega projekta Forgotten City je mogoče ugotoviti, da so bili cilji v okviru zastavljenega obsega uspešno doseženi. Analiza celotnega ustvarjalnega procesa je potrdila, da konceptna zasnova predstavlja ključen temelj za učinkovit prehod v fazo produkcije 3D-okolja.

S tem se potrjuje hipoteza H1, saj se je natančno zasnovana prostorska in kompozicijska osnova izkazala kot bistven dejavnik za hitrejšo in bolj usklajeno 3D-fazo.

Enako je bila potrjena hipoteza H2, saj so napredne tehnike osvetljevanja, uporaba fizikalno pravilnih materialov in proceduralnih tekstur neposredno prispevale k večji vizualni prepričljivosti končnega izdelka.

Tudi hipoteza H3 je bila potrjena, saj se je pravilno zasnovana perspektiva v predprodukcijski fazi pokazala kot ključni element za skladno integracijo 3D-okolja v simuliran filmski kader, kar je zmanjšalo potrebo po popravkih v kasnejših fazah.

Ključne ugotovitve naloge kažejo, da je uspešnost digitalnega okolja odvisna od usklajenosti vseh faz, od raziskave referenc in oblikovanja koncepta do modeliranja, animacije kamere in osvetljevanja in post produkcije.

Projekt je potrdil, da lahko tudi z brezplačnimi orodji in samostojnim delom dosežemo visok vizualni standard, če je ustvarjalni proces dovolj premišljen, strukturiran in temelji na razumevanju vizualnih načel.

Na podlagi izvedenega projekta sem ugotovil, da je uspešnost digitalnega okolja močno odvisna od sistematičnega načrtovanja ter doslednega povezovanja vseh produkcijskih faz. Projekt mi je omogočil poglobljeno in celostno razumevanje načrtovanja in izvedbe projekta, pomena natančne konceptne zasnove, tehnične optimizacije geometrije ter usklajevanja svetlobnih učinkov.

Pri izvedbi projekta sem ugotovil, da bi večja kompleksnost scene, dodatne prostorske plasti ter vključevanje pripovednih elementov, kot so liki ali sledovi človeške prisotnosti, pomembno prispevali k izrazitejši narativni dimenziji tega 3D-okolja. Pridobljeno znanje bi bilo smiselno nadgraditi z uporabo kompleksnejših animacijskih elementov, naprednejših tehnik osvetljevanja ter z optimizacijo geometrije, materialov in svetlobnih nastavitev za uporabo v realnočasovnih okoljih. S takšno optimizacijo bi bilo okolje možno prilagoditi za prenos v pogone, kot je Unity, Unreal Engine ipd., za nadaljnjo uporabo v računalniških igrah ali navidezni resničnosti (angl. virtual reality), pri čemer bi bila potrebna prilagoditev kompleksnosti scene, kompozicije in osvetlitve. Takšen pristop bi omogočil interaktivno raziskovanje prostora ter razširil uporabnost projekta, ki predstavlja izhodišče za nadaljnji strokovni razvoj na področju digitalne scenografije in 3D-animacije.

Pomembna ugotovitev diplomskega dela je tudi, da samostojna izvedba kompleksnega digitalnega okolja zahteva ravnovesje med ustvarjalnimi ambicijami in tehničnimi omejitvami.

Projekt Forgotten City pokaže, da je mogoče z individualnim delom in premišljenim produkcijskim procesom doseči visoko raven vizualne kakovosti, hkrati pa je razkril tudi omejitve, povezane s časovno zahtevnostjo in optimizacijo obsežnih scen. Te ugotovitve so pomembne za razumevanje realnih produkcijskih pogojev in predstavljajo izhodišče za nadaljnji razvoj znanja na področju produkcije digitalnih filmskih okolij.

Diplomsko delo zajema celovit prikaz procesa in metod, ki so prenosljive tudi v druge kontekste digitalne produkcije. Premišljena kombinacija konceptne zasnove, tehničnega znanja in sodobnih digitalnih orodij omogoča izdelavo uporabnega digitalnega okolja, ki je primerno tako za filmsko uporabo kot tudi za nadaljnjo nadgradnjo v interaktivnih in realnočasovnih okoljih.

6 VIRI, LITERATURA

Anima Vision. (n.d.). https://vision-videoschool.eu/

Baxter, W. (2018). *Digital painting techniques: Practical techniques of digital art masters*. 3DTotal Publishing.

Birn, J. (2014). *Digital lighting and rendering* (3rd ed.). New Riders.

Blender Documentation Team. (2024). *Blender 4.4 reference manual*. https://docs.blender.org/manual/en/latest/index.html

Blender Foundation. (2024). *Blender 4.0 manual*. https://docs.blender.org/manual/en/4.0/

Butina, M. (2000). *Likovna teorija*. Debora. http://www.debora.si/slike/PDF_157.pdf

Carli, L. (2016). *Osnovni principi 3D modeliranja*. Univerza v Ljubljani.

Erzetič, B., & Gabrijelčič Tomc, H. (2010). *3D od točke do upodobitve*. Pasadena.

Foley, J. D., van Dam, A., Feiner, S. K., & Hughes, J. F. (2013). *Computer graphics: Principles and practice* (3rd ed.). Addison-Wesley.

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

Gurney, J. (2010). *Color and light: A guide for the realist painter*. Andrews McMeel Publishing.

IMDb. (n.d.). I Am Legend (2007) – Film details. https://www.imdb.com/title/tt0480249/

IMDb. (n.d.). Ruin (2011) – Short film details. https://www.imdb.com/title/tt3667674/

IMDb. (n.d.). The Maze Runner (2014) – Film details. https://www.imdb.com/title/tt1790864/

Ivaninić, A. (2019). *3D modeliranje* [Bachelor's thesis]. Sveučilište u Rijeci, Odjel za informatiku.

Kerlow, I. V. (2009). *The art of 3D computer animation and effects* (4th ed.). Wiley.

Lindohf, J. M. (2002). *Images of the end: Representations of the apocalyptic in contemporary film (Doctoral dissertation, University of Glasgow).* https://theses.gla.ac.uk/3104/

Müller, J. (2020). *The art of concept design for films*. Thames & Hudson.

Patil, V. G., & Deshpande, L. S. (2016). Distributed rendering system for 3D animations with Blender. https://sci-hub.st/10.1109/icaecct.2016.7942562

Pharr, M., Jakob, W., & Humphreys, G. (2016). *Physically based rendering: From theory to implementation* (3rd ed.). Morgan Kaufmann.

Pinterest. (2024). The Maze Runner – Color palette reference. https://www.pinterest.com/pin/1048283250755860486/

Republika Slovenija, (2023). *Slovenska poslovna točka*. https://spot.gov.si/sl/teme/poslovni-nacrt

Sun, L. (2022). *Research on the application of 3D animation special effects in animated films: Taking the film Avatar as an example. Scientific Programming, 2022, 1928660.* https://doi.org/10.1155/2022/1928660

White, T. (2017). *Advanced animation techniques*. CRC Press.

Williams, R. (2012). *The animator's survival kit* (Expanded ed.). Faber & Faber.

YouTube. (2023). Ivy generator node tree for Blender 3.0 [Video]. https://www.youtube.com/watch?v=TAMY3FfED6g

7 PRILOGE

V nadaljevanju so priložene ključne datoteke, ki dopolnjujejo praktični del diplomskega dela in omogočajo vpogled v celoten proces izdelave digitalnega 3D-okolja Forgotten City. Gradivo je dostopno na Google Drive povezavi:

https://drive.google.com/drive/folders/19y4f7yZl6HakWM4yrzCnWe1lMIATRJqK?usp=sharing

Priloga 1: Končna animacija projekta Forgotten City (HD video, renderirano v Blender Cycles)

Povezava:

https://drive.google.com/drive/folders/1jjX3FKqOsSI_T3HIUdGXCCCUbGmqozRt?usp=sharing

Priloga 2: Idejni kolaž (moodboard) (zbrane referenčne slike, uporabljene za določitev tona, barvne palete in atmosfere)

Povezava:

https://drive.google.com/drive/folders/1i2Fo9O1mCi97n9s-GXgfgrT0WIxU2m07?usp=drive_link

Priloga 3: Konceptna zasnova (concept sketch) (črno-bela kompozicijska skica, ustvarjena v Adobe Photoshopu)

Povezava:

https://drive.google.com/drive/folders/18VYiQyHmiVZYtBT2BV1kSIaxURqAmWiL?usp=sharing

Priloga 4: Projektna datoteka v Blenderju (.blend) (vključuje celotno 3D-sceno, osvetlitev, materialne nastavitve in animacijo kamere)

Povezava:

https://drive.google.com/drive/folders/1yI7LcL2J8-mSgKfO5BKnvdF1H7dJTJSJ?usp=sharing

Priloga 5: Dodatne procesne slike (testni renderji, posnetki zaslona iz Blenderja in DaVinci Resolve)

Povezava:

https://drive.google.com/drive/folders/1Kph7FiD7AnCe5kDIJHCFTq2AvcD_aQkm?usp=sharing