

Tarita Karhulahti

# FOTOREALISTISET RENDERÖINTI- TEKNIIKAT PELI- JA ELOKUVATEOLLI- SUUDESSA

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Tieto- ja viestintätekniikan koulutus

2022



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**



Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Tarita Karhulahti
Työn nimi	Fotorealistiset renderöintitekniikat peli- ja elokuvateollisuudessa
Toimeksiantaja	Xamk Game Studios
Vuosi	2022
Sivut	34 sivua, liitteitä 0 sivua
Työn ohjaaja(t)	Niina Mässeli

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyö käsittelee fotorealistisia renderöintitekniikoita peli- ja elokuvateollisuudessa. Työssä perehdytään lisäksi Unity-pelimoottorin High Definition Render Pipeline eli HDRP-renderöintitekniikkaan, joka tukee nykyaikaista fotorealistista renderöintiä peli- ja elokuvateollisuudessa.

Työn tilaajana on Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulussa toimiva TKI-hanke Xamk Game Studios. Kotkassa, Kouvossa ja Mikkelissä toimivan hankkeen tavoitteena on kehittää Kymenlaaksoon ja Etelä-Savoon pelialan innovatiivinen keskittymä ja kytkeä yhteen Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulun ja sidosryhmien pelialan osaamista Kotkasta, Kouvosta ja Mikkelistä. Kehittämistyön tavoitteena on antaa toimeksiantajalle tietoa Unity-pelimoottoriin kehitetystä HDRP-renderöintitekniikan ominaisuuksista ja sen hyödyntämisestä peli- sekä elokuvateollisuudessa.

Työssä käydään läpi fotorealistisen renderöinnin teoriaa. Työn toteutuksessa käytettiin Unity-pelimoottoria sekä sille kehitettyä HDRP-renderöintitekniikkaa, joka on kehitetty juuri fotorealistiselle renderöinnille. Projektia varten ostettiin projektin grafiikat, musiikit sekä äänitehosteet Unity Asset Store -palvelusta.

Opinnäytetyö on kehittämistyö eli toiminnallinen opinnäytetyö. Se on kaksiosainen kokonaisuus, joka jakautuu toiminnalliseen osuuteen sekä kirjalliseen raportointiosuuteen. Ensimmäinen osuus on opinnäytetyön toiminnallinen osuus, joka rakentuu projektin suunnittelusta ja toteutuksesta. Toinen osuus on opinnäytetyön kirjallinen osuus, joka rakentuu opinnäyteraportista. Lähdemateriaalina on käytetty sähköistä sekä kirjallista materiaalia, jotka käsittelevät fotorealistista renderöintiä peli- sekä elokuvateollisuudessa, Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikkaa, HDRP-ympäristön rakentamista sekä tarinan kerrontaa.

Opinnäytetyön tuloksena valmistui Unity-pelimoottorilla ja siihen kehitetyllä HDRP-renderöintitekniikalla toteutettu fotorealistisen pelin tai elokuvan kohta. Opinnäytetyössä kuvataan fotorealistista renderöintiä ja Unity-pelimoottorille kehitettyä fotorealistista renderöintitekniikkaa peleissä sekä elokuvissa. Tulososion johtopäätöksen mukaan Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikka soveltuu fotorealistisen grafiikan tuottamiseen niin peli- kuin elokuvateollisuudessa. Opinnäytetyön tuloksia voivat hyödyntää Xamk Game Studiosin työntekijät sekä opiskelijat, joilla on mahdollista katsoa valmista projektia.

**Asiasanat:** peliteollisuus, fotorealismi, tietokonegrafiikka, elokuva-ala

Degree	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Tarita Karhulahti
Thesis title	Photorealistic rendering techniques in the game and film industries
Commissioned by	Xamk Game Studios
Time	April 2022
Pages	34 pages, 0 pages of appendices
Supervisor	Niina Mässeli

## ABSTRACT

This thesis deals with photorealistic rendering techniques in the game and film industries. The work also introduces the Unity game High Definition Render Pipeline (HDRP) rendering technology for projects, which supports modern photorealistic rendering in the gaming and film industries.

The aim of the research work was to provide the commissioner with information about the features of the HDRP rendering technology developed for the Unity game engine and its utilization in the gaming and film industries.

The work reviews the theory of photorealistic rendering. The work was performed using the Unity game engine and the HDRP rendering technology developed for it, which has been developed for photorealistic rendering. Project graphics, music and sound effects were purchased from the Unity Asset Store for the project.

This functional thesis consists of two parts: a functional part and a written report part. The first part is the functional part of this thesis, which is built on the planning and implementation of the project. The second part is the written part of this thesis, which is based on this thesis report. The source material used in this thesis includes digital and written materials that deal with photorealistic rendering in the gaming and film industries, the HDRP rendering technology of the Unity game engine, the construction of the HDRP environment, and storytelling.

The result of this thesis is a photorealistic scene of a game or movie using the Unity game engine and the HDRP rendering technology. This thesis describes photorealistic rendering and the photorealistic rendering technique developed for the Unity game engine in games and movies. According to the conclusion of the results section, the HDRP rendering technology of the Unity game engine is suitable for producing photorealistic graphics in both the gaming and film industries. The results of this thesis can be used by Xamk Game Studios employees as well as students who can view the completed project.

**Keywords:** game industry, photo-realism, computer graphics, film sector

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KEHITTÄMISTYÖN TIETOPERUSTA.....	6
2.1	Opinnäytteen tavoitteet ja tarkoitus.....	6
2.2	Opinnäytteen tutkimuskysymykset.....	7
2.3	Opinnäytteen tutkimusmenetelmät .....	7
2.4	Opinnäytteen eettisyys ja luotettavuus .....	7
2.5	Samankaltaiset opinnäytteet.....	8
3	FOTOREALISTINEN RENDERÖINTI.....	9
4	FOTOREALISTINEN YMPÄRISTÖ UNITY-PELIMOOTTORISSA .....	11
4.1	Unity-pelimoottorin renderöintitekniikat.....	12
4.2	High Definition Render Pipeline .....	13
4.3	Kuvanjätkikäsittely, materiaalit sekä valaistus HDRP-ympäristössä .....	14
5	PROJEKTIN SUUNNITTELU .....	17
5.1	Tarinan suunnittelu .....	19
6	PROJEKTIN TOTEUTUS .....	20
6.1	Ympäristö ja valaistus.....	22
6.2	Tekniset tarpeet.....	24
7	TULOKSET.....	25
7.1	Johtopäätökset .....	26
7.2	Tutkimuskysymyksistä saadut tulokset.....	26
7.3	Toteutuksesta saadut tulokset.....	27
7.4	Jatkokehitys.....	28
8	POHDINTA.....	28
	LÄHTEET.....	30
	KUVALUETTELO	
	TAULUKKOLUETTELO	

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee fotorealistisia renderöintitekniikoita peli- ja elokuvateollisuudessa. Työssä perehdytään lisäksi Unity-pelimoottorin High Definition Render Pipeline -renderöintitekniikkaan, joka tukee nykyaikaista fotorealistista renderöintiä peli- ja elokuvateollisuudessa. Opinnäytetyö on kehittämistyö, jonka toiminnallinen osuus koostuu työn suunnittelusta ja toteutuksesta. Opinnäyteraportissa kuvataan suunnittelua ja toteutusta sekä aiheeseen liittyvää teoriataustaa.

Unity-pelimoottori on kehittänyt fotorealistiselle renderöinnille oman ympäristön, jota kutsutaan High Definition Render Pipeline -renderöintitekniikaksi eli lyhennettynä HDRP-renderöintitekniikka. Unity julkaisi ensimmäisen version HDRP-tuesta 2019 LTS -versioon sekä siitä uudempiin versioihin Unity-pelimoottorista.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulussa toimiva TKI-hanke Xamk Game Studios. Kotkassa, Kouvolassa ja Mikkelissä toimivan hankkeen tavoitteena on kehittää Kymenlaaksoon ja Etelä-Savoon pelialan innovatiivinen keskittymä ja kytkeä yhteen Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulun ja sidosryhmien pelialan osaamista Kotkasta, Kouvolaan ja Mikkelistä. Kehittämistyön tavoitteena on antaa toimeksiantajalle tietoa Unity-pelimoottoriin kehitetystä HDRP-renderöintitekniikan ominaisuuksista ja sen hyödyntämisestä peli- sekä elokuvateollisuudessa.

Fotorealistisen renderöinnin luominen sekä ymmärtäminen on monimutkaista, mutta niitä voidaan hyödyntää varsinkin peleissä ja nykyään elokuvien tekemisessä monipuolisesti. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, miten hyödyntää fotorealistisia renderöintitekniikoita peli- ja elokuvateollisuudessa ja mistä osista fotorealistinen renderöinti koostuu. Opinnäytetyön teoriaosuus käsittelee fotorealistisen renderöinnin luomista. Teoriaosuudessa käsitellään mistä osista fotorealistisuus koostuu ja mitkä asiat tekevät pelistä tai elokuvasta fotorealistisen. Fotorealistiselle ympäristölle tärkeimmässä roolissa on valaistus. Koska valaistuksella on suuri rooli fotorealistisessa ympäristössä käsitellään opinnäytteessä valaistuksen ominaisuuksia. Valaistuksen

ominaisuuksissa keskitytään käsittelemään millä tavoin valoa voidaan kolmiulotteisessa maailmassa simuloida mahdollisimman realistisesti. Lisäksi opinäytetyössä käsitellään kuvan jälkikäsitelyä, materiaalien toimintaa ja kaikkien edellä mainittujen asioiden vaikutusta ympäristön renderöintiin.

Kehittämistyön tekemiseen valittiin käytettäväksi Unity-pelimoottori ja siihen kehitetty fotorealistinen HDRP-renderöintitekniikka. Tässä työssä ei esitellä muita käytettyjä komponentteja. Opinnäytteessä keskitytään fotorealistisen renderöintikokonaisuuden käsittelyyn.

## **2 KEHITTÄMISTYÖN TIETOPERUSTA**

Opinnäytetyö on kehittämistyö eli toiminnallinen opinnäytetyö. Se on kaksiosainen kokonaisuus. Ensimmäinen osuus on opinnäytetyön toiminnallinen osuus, joka rakentuu projektin suunnittelusta ja toteutuksesta. Toinen osuus on opinnäytetyön kirjallinen osuus, joka rakentuu opinnäyteraportista.

Kehittämistyön tietoperusta tuo ilmi työn tavoitteita. Opinnäytteen teoreettista hyödynnettävyyttä tukee opinnäytetyön tulosten käytettävyys. Kehittämistyö tuottaa lisää tietoa toimeksiantajalle, muille alan opiskelijoille sekä kehittäjille, jotka käyttävät Unity-pelimoottoria.

### **2.1 Opinnäytteen tavoitteet ja tarkoitus**

Tämän kehittämistyön päätavoitteena ovat saada aikaan pelin elokuvamainen kohtaus tai lyhytelokuvan toteutus fotorealistisessa ympäristössä käyttäen Unity-pelimoottorille kehitettyä High Definition Render Pipeline- eli HDRP-renderöintitekniikkaa, joka on kehitetty juuri fotorealistiseen renderöintiin.

Opinnäytetyön on tarkoitus antaa toimeksiantajalle tietoa fotorealistisen renderöinnin mahdollisuuksista ja sen käytettävyydestä pelien sekä elokuvien kehittämisessä. Kehittämistyölle on asetettu ennakkoon tutkimusongelmasta johdettuja tutkimuskysymyksiä, joihin opinnäytetyön on tarkoitus vastata.

## 2.2 Opinnäytteen tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tutkimuskysymykset on johdettu työn tutkimusongelmasta eli fotorealistisista renderöintitekniikoista peli- ja elokuvateollisuudessa. Toiminnallinen opinnäytetyö pyrkii vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Mitä pelimoottorilta vaaditaan fotorealistisessa pelissä tai elokuvassa?
- Mitä ongelmia fotorealistisuus tuo suorituskyvylle?
- Mitä mahdollisuuksia fotorealistisuus tuo peli- sekä elokuvateollisuudelle?

Opinnäytetyön tuloksena kehittyvä tuote on fotorealistinen pelin elokuvamainen kohtaus tai lyhytelokuva, jonka valmistumisen edetessä tutkimuskysymykset konkretisoituvat ja täsmentyvät.

## 2.3 Opinnäytteen tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön keskeisin tutkimusmenetelmä on havaintoaineiston kerääminen työn toiminnallisessa osuudessa. Aineiston ja havainnointimateriaalien kerääminen tapahtuvat työn suunnittelu- ja toteutusvaiheissa Unity-pelimoottorin HDRP-ympäristössä.

Opinnäytetyöraportissa kuvataan suunnittelusta ja toteutuksesta kertyneet keskeiset asiat sekä tulokset, koska dokumentoitua aineistoa kertyy paljon työn toteutusvaiheessa. Opinnäytteessä myös keskitytään fotorealistisiin renderöintitekniikoihin Unity-pelimoottori ympäristössä. Työssä ei oteta kantaa muuhun käytettyyn teknologiaan työn taustalla.

Kirjallisessa osuudessa pyritään lähdetietona käyttämään kirjallista ja sähköistä materiaalia, joka käsittelee fotorealistista renderöintiä peli- sekä elokuvateollisuudessa ja Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikkaa.

## 2.4 Opinnäytteen eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyön aiheen valinta on eettinen kysymys ja aiheen valinnassa tulee pohtia työn merkityksellisyyttä, työn hyötynäkökohtia ja työn toteuttamisen arvoa. Rasheva (2022) kirjoittaa Unityn blogikirjoituksessa viime vuosien

edistysaskeleista monilla tekniikan alueilla, mitkä saavat kehittäjät miettimään edessä olevia mahdollisuuksia. Unity-pelimoottorin oma ydinteknologia on kehittynyt jatkuvasti vastaamaan tekijöiden kasvaviin odotuksiin korkeasta visuaalisesta laadusta ja realistisuudesta. Fotorealistiset renderöintitekniikat ovat olleet koko ajan nousussa, mutta vasta viime vuosina tekniikan tehokkuus on nousut huippuluokkaansa, jonka vuoksi fotorealistinen renderöinti mahdollistuu. Lisäksi Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikka on suhteellisen uusi renderöintitekniikka. HDRP myös kehittyy jatkuvasti eteenpäin, joten työn eettisyyttä tukee uutuusarvo.

Opinnäytetyön tarkoituksena on antaa toimeksiantajalle luotettavaa kokemusperäistä tietoa fotorealistisista renderöintitekniikoista Unity-pelimoottorilla sekä sen toteutuksesta peli- sekä elokuvateollisuudessa. Eettisyyspyrkimystä tukee tekijän kiinnostus ja tavoite laajentaa osaamisista uusimpien renderöintitekniikoiden ja toteutuksen osalta, mikä vaikutti työn aihevalintaan. Opinnäytetyön tekemisen eettisyyteen kuuluvat myös työn tavoitteellinen aikataulu ja siinä pysyminen.

Opinnäytetyön luotettavuutta lisää se, että lähdeaineistoina on käytetty ensisijaisia ja alkuperäisiä tietolähteitä. Lisäksi työssä on pyritty käyttämään mahdollisimman uusia lähteitä. Toiminnallisen opinnäytetyön tuloksena syntyy fotorealistisen pelin elokuvamainen kohtaaminen tai lyhytelokuva, jonka toteutusvaiheet on kuvattu opinnäytetyönraportissa. Raportin tulososion johtopäätöksissä kuvataan työstä saatuja tuloksia sekä esitellään valmis työ.

## **2.5 Samankaltaiset opinnäytteet**

Morozov (2019) käsittelee opinnäytteessään fyysistä renderöintiä, joka mahdollistaa fotorealistisen kolmiulotteisen grafiikan luomisen. Opinnäytteen tavoitteena oli todistaa, että tekniikka on kehittynyt jo niin pitkälle, että fotorealistisen grafiikan luominen on mahdollista. Morozov (2019) käsittelee opinnäytteessään valaistuksen pääkäsitteitä ja termejä sekä materiaaleja fyysisesti pohjautuvaan renderöintiin. Opinnäytteen toteutusosassa ei käytetty Unity-pelimoottoria, mutta koska Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikka on fyysisesti pohjautuva renderöintitekniikka, pohjautuu tieto samaan teoriaan.



Amorós Serra (2019) tarkastelee opinnäytteessään renderöintiin vaikuttavia tekijöitä. Opinnäytetyö keskittyi renderöintikustannusten ja -nopeuksien ympärille. Amorós Serra (2019) käsitteli myös opinnäytteessään tietokoneen eri komponenttien vaikutusta renderöintiin. Opinnäytetyön toteutusosassa ei käytetty Unity-pelimoottoria. Opinnäytteessä käsiteltiin kuitenkin perusteellisesti tietokoneen komponenttien vaikutusta renderöintiin.

### **3 FOTOREALISTINEN RENDERÖINTI**

Renderöinti on tietokonegrafiikassa oleva prosessi, joka on olennainen osa tietokonegrafiikkaa. Abstraktion korkeimmalla tasolla renderöinti on prosessi, jossa kolmiulotteisen kohtauksen kuvaus muunnetaan kuvaksi. Animaatiot, mallinnukset ja teksturoinnit läpäisevät jonkinlaisen renderöintiprosessin, jotta ne voidaan saada näkyväksi kuvassa. (Pharr & Humphreys 2010, 1.)

Fotorealistinen renderöinti on menetelmä, jossa lopputuloksena saadaan kuva, jota on vaikea erottaa todellisuudesta olevasta kuvasta. Fotorealistisen renderöinnin tuottamiseen on monia erilaisia tekniikoita. (Pharr & Humphreys 2010, 4.) Fotorealismien merkitys on kasvanut maailman digitalisoituessa. Taiteesta fotorealismi on ruvennut siirtymään muun muassa pelimaailmaan, arkkitehtuuriin, elokuvaan sekä autoteollisuuteen. Mainitut esimerkit eivät tarkoita maalauksia tai piirroksia vaan fotorealistista renderöintiä, jossa tietokoneella luodaan todellisuutta jäljitteleviä kuvia. (De Moor 2019.)

Fotorealismi on kasvava trendi AAA-pelitaloilla sekä elokuvayhtiöillä, jotka käyttävät animaatioiden tai efektien tekoon muun muassa pelimoottoreita. Peli- sekä elokuvateollisuuden fotorealismi liittyy grafiikkaan, joka jäljittelee todellisia ihmisiä ja ympäristöjä. Fotorealismien lisääminen virtuaaliselle alustalle on työläs prosessi, jonka vain kourallinen kehittäjiä on onnistunut saavuttamaan. Termiä fotorealismi käytetään nykypäivänä liian vapaasti. Fotorealista termiä tulisi käyttää silloin, jos grafiikan näyttämiseksi on käytetty esimerkiksi hahmojen liikkeenkaappausta ja ympäristön grafiikka sekä valaistus täyttävät käsityksen realismista. (Sawyer 2021.)

Fotorealistisen ympäristön saavuttaminen on teknisesti vaativaa matematiikkaa. Fotorealistinen kuva saavutetaan geometrian, kolmiulotteisten

koordinaattien, vektorien, matriisien, algoritmien ja monien muiden matemaattisten käsitteiden avulla. Fotorealistisen kuvan renderöiminen sisältää valtavan määrän tekijöitä, joiden avulla saadaan nähtävästä kuvasta aidon näköinen. Yksityiskohdilla, valoilla, materiaaleilla, kuvan jälkikäsittelyllä eli post processing -menetelmällä sekä tietokoneohjelman sisällä olevassa maailmassa olevilla kolmiulotteisilla objekteilla on suuri merkitys fotorealistisen kuvan aikaan saamisessa. (De Moor 2019.)

Vuonna 2019 peliteollisuuden fotorealistisimman pelin onnistui tekemään Kojima Production pelillään Death Stranding. Ohjaaja Hideo Kojima totesi, että Death Stranding pyrkii fotorealistiseen grafiikkaan ja että tavoite onnistuttiin saavuttamaan käyttämällä liikkeentallennusta tavalla, jota kukaan ei ole ennen nähnyt. Peliin myös integroitiin tosielämän kopiot muun muassa näyttelijöistä Guillermo del Toro ja Norman Reedus ennenäkemättömillä yksityiskohdilla. (Sawyer 2021.)

Peliteknologioiden ilmaantuessa elokuvatuotantoon on pelien ja elokuvien välinen raja hämärtynyt. Pelimoottoreiden hyödyntäminen muussakin kuin pelituotannossa on paljastanut uuden interaktiivisen tavan tuottaa viihdettä. The Mandalorian tv-sarja ilmestyi Disney+ -suoratoistopalveluun vuonna 2019 ja hämmästytti katsojiaan uudella tavalla tuottaa elokuvia sekä sarjoja hyödyntämällä pelimoottoria. Mandalorianin tuotannossa käytettiin Unreal Engine -pelimoottoria sekä massiivisia LED-näyttöjä perinteisten green screenien sijaan. Peliteknologioiden hyödyntäminen elokuvanteossa tulevaisuudessa näyttää kasvavan ja se luo kokonaan uuden tavan kokea sekä tuottaa viihdettä. (Filmmakers Academy 2021.)

NVIDIA-yhtiön työntekijät pitivät fotorealistista virtuaalitodellisuutta maailman seuraavana läpimurtona tietotekniikassa. Haasteena virtuaalitodellisuuden fotorealismille olisi tällä hetkellä laskentakapasiteetti. Näytönohjaimen tulisi laskea kaikki renderöitävät asiat kahdesti. Lisäksi virtuaalitodellisuuden fotorealismi voisi aiheuttaa ilmiön, jota kutsutaan termillä "uncanny valley" eli "oudoksi laaksoksi". (De Moor 2019.) "Outo laakso" on käsite, jonka 1970-luvulla esitteli Masahiro Mori, silloisen Tokion teknologiainstituutin professori. Mori loi termin "outo laakso" kuvaamaan ilmiötä, jonka mukaan ei-ihmisten

näyttäytyessä inhimillisemmiltä ne tulevat houkuttelevammiksi ja täten laskevat ihmisen kykyä hahmottaa todellisuus ei todellisesta. (Caballar 2019.)

#### **4 FOTOREALISTINEN YMPÄRISTÖ UNITY-PELIMOOTTORISSA**

Unity-pelimoottoriin on kehitetty HDRP-renderöintitekniikka, mikä mahdollistaa fotorealistisen maailman renderöinnin. Se on luotu auttamaan fotorealistisen sisällön tuottamisessa hyödyntämällä huippuluokan tietokone- tai konsolilaitteiston tehoja. HDRP edustaa Unity-pelimoottorin teknologista edistymistä reaaliaikaisessa renderöinnissä. HDRP-renderöintitekniikan avulla voi työstää muun muassa valoa ja nähdä kuinka valo käyttäytyy samalla lailla kuin se käyttäytyisi todellisuudessa. (Unity Technologies 2021.)

HDRP on kohdistettu kovan suorituskyvyn omaaville alustoille, kuten tietokone, Xbox sekä Playstation. Unity-pelimoottorin HDRP käyttää compute shader -tekniikkaa ja hyödyntää renderöinnissään näytönohjaimen tehoa. Kyseistä renderöintitekniikkaa on käytetty korkealaatuisissa peleissä, virtuaalisissa esittelyissä sekä lyhytelokuvien tekemisessä.

HDRP käyttää fyysisesti perustuvaa valaistusta sekä materiaaleja. HDRP-renderöintitekniikka tukee kahta renderöintipolkua. Forward rendering -menetelmää eli suoraa renderöintiä sekä deferred shading rendering -menetelmää eli viivästettyä renderöintiä. Suora renderöinti laskee valaistuksen yhdellä kertaa renderöidessään jokaisen yksittäisen objektin. Tämä renderöintipolku saattaa kuitenkin aiheuttaa suorituskykyongelmia. Jos suorituskyky on tärkeä pitää mahdollisimman hyvänä niin viivästetty renderöinti on todennäköisesti parempi renderöintipolku. Viivästetyssä renderöinnissä ei lasketa valaistusta yhtä objektia kohden. Sen sijaan viivästetyssä renderöinnissä renderöidään ensin kaikki näytöllä näkyvät materiaalit G-bufferiin eli geometriapuskuriin ja sen jälkeen lasketaan valot jokaiselle näytön pikselille. (Unity Technologies. 2021.)

HDRP-renderöintitekniikka sisältää tällä hetkellä esikatselutilassa olevan tuen säteenseurantaan Unity-pelimoottorin 2019.3-versiosta ylöspäin. Säteenseuranta on tekniikka, jonka avulla voidaan tuottaa vakuuttavammin renderöityä ympäristöä. Säteenseuranta mahdollistaa entistä fotorealistisemmän

lopputuloksen. Säteenseuranta simuloi realistisemmin valon käyttäytymistä ja vuorovaikutusta fyysisten esineiden ja materiaalien kanssa. HDRP-renderöintitekniikka sisältää tuen säteenseurannalle tietyillä näytönohjaimilla, jotka ovat listattuna Unity HDRP-dokumentaatio sivustolle. Tuettujen näytönohjainten listaa katsomalla tulee ottaa huomioon Unity-pelimoottorin versio sillä kaikki versiot eivät tue samoja näytönohjaimia säteenseurannan kanssa. (Getting started with ray tracing s.a.)

#### 4.1 Unity-pelimoottorin renderöintitekniikat

Unity-pelimoottori tarjoaa tällä hetkellä Built-in Render Pipeline eli Unity-pelimoottoriin sisäänrakennetun renderöintitekniikan, joka ei pohjautu muokattavaan Scriptable Render Pipeline- eli SRP-renderöintitekniikkaan. Built-in Render Pipeline on Unity-pelimoottorin vanhin renderöintitekniikka. (Using the Built-in Render Pipeline s.a.)

Luotaessa Unity-pelimoottorissa perusprojektipohjaan peli, käytetään luodussa projektissa Built-In Render Pipeline -renderöintitekniikkaa. Kyseinen renderöintitekniikka ei tarjoa helppoa mahdollisuutta optimoida tapaa, jolla asiat renderöidään. Uudemmat renderöintitekniikat mahdollistavat helpon ja nopean tavan optimoida tavan renderöidä asiat pelimoottorissa. Tämän vuoksi voimme olettaa, että Built-In Render Pipeline -renderöintitekniikan käyttöä tulisi vähentää Unity-pelimoottorilla. Projekteja tehtäessä Unity-pelimoottorilla tulisi siirtyä vähintään Universal Render Pipeline- eli URP-renderöintitekniikan käyttöön. Tätä olettamusta tukee vuonna 2020 tehty blogipostaus URP-renderöintitekniikasta, jossa kerrotaan URP-renderöintitekniikan tähtäävän oletusrenderöintitekniikaksi Unity-pelimoottoriin sen joustavuuden ja skaalautuvuuden vuoksi (McGrail 2020).

Scriptable Render Pipeline eli SRP on Unity-pelimoottorille kehitetty ohjelmointirajapinta eli API. Se mahdollistaa kehittäjien muokata valmiina olevia renderöintitekniikoita käyttämällä C#-ohjelmointikieltä. Muokkaamalla SRP-lähdekoodia voidaan ohjata tapaa, jolla Unity renderöi jokaisen kehyksen (frame). URP ja HDRP pohjautuvat SRP-ohjelmointirajapinnan päälle. SRP-renderöintitekniikalla voidaan luoda uuden kustomoidun tavan renderöinnille tai muokata jo olemassa olevaa renderöintiä. SRP-renderöintitekniikka

mahdollistaa myös URP- sekä HDRP-renderöintitekniikoiden kustomoinnin, koska ne ovat rakennettu SRP-renderöintitekniikan päälle. SRP mahdollistaa myös omiin tarpeisiin optimoidun renderöintitekniikan kehittämisen. (Scriptable Render Pipeline introduction s.a.) Oman renderöintitekniikan kehittäminen on kuitenkin valtava projekti ja se vaatii grafiikkaohjelmoinnin vahvaa osaamista.

Unity on kehittänyt kaksi renderöintitekniikkaa, jotka pohjautuvat SRP-renderöintitekniikan päälle. Nämä kaksi renderöintitekniikkaa ovat Universal Render Pipeline eli URP sekä High Definition Render Pipeline eli HDRP. SRP-renderöintitekniikan avoimen rakenteen vuoksi URP- sekä HDRP-renderöintitekniikka voi muokata sekä luoda kyseisiin renderöintitekniikoihin lisäominaisuuksia. (Scriptable Render Pipeline introduction s.a.)

Kolmas renderöintitekniikka on Universal Render Pipeline eli URP, joka rakentuu SRP-renderöintitekniikan päälle. URP-renderöintitekniikan aikaisempi versio oli nimeltään Lightweight Render Pipeline eli LWRP. Uusimissa Unity-pelimoottori versioissa URP-renderöintitekniikka tuli korvaamaan LWRP-renderöintitekniikan. URP tarjoaa käyttäjäystävällisen työkalun, joiden avulla käyttäjä pystyy nopeasti ja helposti luomaan optimoitua grafiikkaa useille eri alustoille mobiililaitteista konsoleille ja tietokoneelle. (Universal Render Pipeline s.a.) Tulevaisuudessa Built-in Render Pipeline -renderöintitekniikan tulisi korvata URP-renderöintitekniikka. (McGrail 2020.)

Viimeinen renderöintitekniikka on High Definition Render Pipeline eli HDRP, johon opinnäytteessä keskitytään. HDRP rakentuu myös SRP-renderöintitekniikan päälle. HDRP mahdollistaa huippuluokan korkealaatuista grafiikkaa huippuluokan alustoilla. Tämä kyseinen renderöintitekniikka on kehitetty fotorealistista renderöintiä varten. (High Definition Render Pipeline overview s.a.)

## **4.2 High Definition Render Pipeline**

Unity HDRP on tekniikka, joka on kehitetty Unity-pelimoottorille korkealaatuisten sovellusten kehittämiseen. HDRP on erityisesti kehitetty korkean suorituskyvyn alustoille, kuten tietokone, Xbox ja PlayStation. Se tarjoaa laajan valikoiman työkaluja korkearesoluutioisen grafiikan aikaansaamiseksi. HDRP-tekniikkaa käytettäessä grafiikan, valaistuksen, jälkikäsitteilyn ja muiden Unity-

pelimoottorissa olevien visuaalisten elementtien kanssa työskentely muuttuu täysin. (Unity Technologies. 2021.) Tällä tarkoitetaan sitä, että projektia tehdessä tulee kiinnittää huomiota projektin kaikkien osien optimointiin parhaan mahdollisen tuloksen saavuttamiseksi. Ilman optimointia suorituskyky kärsii ja sovelluksesta tulisi liian raskas mikä osallaan vaikuttaisi grafiikan renderöintiin ei halutulla tavalla.

HDRP on kehitetty fyysisesti pohjautuvaan renderöintiin, joka auttaa saamaan aikaan mahdollisimman realistisen lopputuloksen. Tämä vaikutus saavutetaan, koska kaikki kolmiulotteisessa maailmassa olevat objektit saavat saman valaistuksen ja materiaali pyrkii olemaan mahdollisimman realistisesti vuorovaikutuksessa minkä tahansa lähteen luoman valaistuksen kanssa. Se tukee myös forward rendering path -menetelmää eli eteenpäin renderöintipolkua sekä deferred shading rendering path -menetelmää eli viivästettyä renderöintipolkua. Toisin kuin muut tuotekehitysprosessit, HDRP-renderöintitekniikan avulla voidaan käyttää samoja grafiikkaominaisuuksia valitusta renderöintipolusta riippumatta. Tämä tarkoittaa sitä, että valittu renderöintipolku ei rajoita grafiikka ominaisuuksien valintaa ja tekijä voi valita renderöintipolun vain suorituskykyvaatimusten perusteella. (Unity Technologies. 2021.)

Unity on kehittänyt The Heretic -elokuvan jälkeen HDRP-renderöintitekniikkaa. The Heretic -elokuvan on nähnyt noin neljä miljoonaa katsojaa. Vuonna 2022 julkaisunsa saanut Enemies-elokuva esittelee Unity-pelimoottorin tehoa ja kykyä korkealaatuisen, visuaalisesti houkuttelevan sisällön luomiseen. Enemies-elokuvan esittely sisältää merkittäviä edistysaskeleita fotorealismissa. Elokuvan suurin pyrkimys oli kuitenkin kehittää Unity-pelimoottoria tuottamaan yhä realistisimpia digitaalisia ihmisiä. (Rasheva 2022.)

### **4.3 Kuvanjälikäsittely, materiaalit sekä valaistus HDRP-ympäristössä**

Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikka sisältää omaan tarkoitukseen kehitetyn toteutuksen post processingistä eli kuvanjälikäsittelystä. Poiketen Built-In-renderöintitekniikasta HDRP-renderöintitekniikan kuvanjälikäsittely käyttää volyyimijärjestelmää. (Post-processing in the High Definition Render Pipeline s.a.)

Jokainen volyymikomponentti voi olla joko globaali tai sen voi määrittää lokaaliksi vaikuttamaan tietylle alueelle. Jokainen volyymikomponentti sisältää kyseisen kolmiulotteisen maailman ominaisuusarvot, joita muuttamalla voidaan saada aikaan erilaisia efektejä. Muuttamalla näitä arvoja HDRP interpoloi kameran sijainnin mukaan lopullisen arvon. Tämä tarkoittaa sitä, että voidaan esimerkiksi muuttaa lokaalia volyymikomponentin sumuefektin voimakkuutta tai väriä ja nämä arvot lasketaan ja näytetään kameran kautta haluttuna lopputuloksena. (Volumes s.a.)

Kolmiulotteisessa maailmassa materiaalit määrittävät miten kolmiulotteisten mallien pinnat renderöidään. Materiaalien ominaisuuksilla voidaan määrittellä pinnan ominaisuuksia kuten pinnan kiiltoa ja läpinäkyvyyttä. Materiaalin perusominaisuuksienmuokkauksilla kyetään jo saamaan aikaan realistisia pintoja. Kuitenkin täysin fotorealistiseen lopputulokseen tarvitaan myös muuta kuin pelkkä materiaali ja sen ominaisuuksien muokkaaminen. Materiaaleissa tulee myös huomioida kolmiulotteisen mallin tarkoitus esimerkiksi metallisen seinän ero valkoisen pöydän pintaan nähden. Jokaisella kolmiulotteisella mallilla on omat tarpeensa materiaalin ominaisuuksia ajatellen, jota tulisi miettiä fotorealistista materiaalia tehdessä. (De Moor 2019.)

Unity HDRP-renderöntitekniikka tarjoaa työkaluja teräväpiirtovisuaalisten elementtien saavuttamiseen. HDRP parantaa vakiomateriaaleja ja HDRP-renderöntitekniikan mukana tulee oma versio Standard Shader shaderistä kuten Lit, Unlit ja Decal. Tämän renderöntitekniikan materiaaliasetukset ovat kohdistettu korkealuokan teräväpiirtokuvien tuottamiseen tietokoneille ja konsoleille. HDRP-materiaalit tarjoavat ominaisuuksia, joiden avulla pystyy tuottamaan realistisempia ja siten fysiikkaperusteiseen perustuvia resursseja. HDRP-renderöntitekniikka parantaa materiaaleja teräväpiirtotarkkuudelle, mikä tekee fotorealististen pintojen jäljittelemisestä helpompaa. (Material Type s.a.)

Valaistuksella on tärkeä rooli fotorealistisen kuvan aikaansaamisessa. Valaistuksen aikaansaaminen vaatii kuitenkin paljon kapasiteettia ja laskennallisesti muun muassa varjojen ja heijastusten tekeminen on todella haastavaa ja raskasta. Ray tracing eli säteenseuranta laskee valonsäteiden objekteihin, joiden kanssa valo on vuorovaikutuksessa. Tämä saa aikaan heijastukset, varjot ja valontaitteet näyttämään realistisilta. Säteenseuranta on kuitenkin

laskennallisesti todella intensiivistä. Tarkan kuvan renderöintiin voi pahimmillaan mennä tunneista jopa viikkoihin. Tämän tyylistä renderöintiä ei kykene tekemään yksittäinen kone, vaan prosessin suorittaa joukko korkean suorituskyvyn verkkoon liitettyjä koneita. Laskennallisten resurssien takia pelin ja elokuvan budjetti sanelee, kuinka kauan tällaiseen prosessiin voidaan kiinnittää resursseja. Kuitenkin onnistuneen valaistuksen aikaansaaminen fotorealistiseen kuvaan mahdollistaa paremman immersion katsojalle. (De Moor 2019.)

HDRP-renderöintitekniikka sisältää useita erilaisia valaistustyyppisiä sekä muotoja, jotka auttavat hallitsemaan valaistusta kolmiulotteisessa ympäristössä. HDRP-renderöintitekniikan valaistuksen avulla voidaan parantaa projektin visuaalista ulkonäköä vaivattomasti. Se käyttää yhdistelmää viivästyistä (deferred shading rendering path) ja eteenpäin (forward rendering path) suunnatuista renderöintipoluista sekä Tile- ja klusterirenderöijistä, jotka mahdollistavat valaistuksen skaalaamisen paremmin kuin jos käytettäisiin vain Unity Built-in-renderöintiä. (Unity Technologies. 2021.)

HDRP-renderöintitekniikassa on uusi valaistusarkkitehtuuri, koska se käyttää viivästyneiden ja eteenpäin suuntautuvien renderöintipolkujen sekoitusta sekä Tile- ja klusterirenderöijä. Tämä yhdistelmä tarkoittaa, että valaistus skaalautuu paremmin kuin jos käytät Unity Built-in-renderöintitekniikkaa. Tämä uusi arkkitehtuuri keskittyy suorituskykyyn ja tuo kolmiulotteiseen maailmaan laatua ja tarkkuutta. (Unity Technologies. 2021.)

HDRP-renderöintitekniikkaan on kehitetty uusia ominaisuuksia valoille. Valoasetusten kautta pystytään säätämään valon hämäryyttä. Pystytään myös vaikuttamaan kohdevalojen sisäkulmiin sekä valon muotoon. (Lights in the High Definition Render Pipeline s.a.) HDRP käyttää myös valaistuksessaan fyysisiä valoyksiköitä. Nämä yksiköt perustuvat tosielämän valomittauksiin. (Physical light units s.a.)

HDRP-renderöintitekniikka käyttää valojen ja ympäristön heijastusten suorittamiseen tällä hetkellä kolmea eri tekniikkaa, joista tässä projektissa käytetään reaaliaikaista reflection probe -objektia. Reflection probe -objekti toimii samalla tavalla kuin kamera. Jokainen reflection probe -objekti tallentaa näkyvän ympäristöstään. Heijastavilla pinnoilla varustetut materiaalit voivat



käyttää tallennettuja näkymiä tuottamaan tarkkojakin heijastuksia ympäristöstä. Heijastus muuttuu myös kameran kuvakulman vaihtuessa. (Reflection Probes s.a.)

Reflection probe -objektin tulos riippuu objektin tyypistä. HDRP mahdollistaa kahden erilaisen reflection probe -objektin käytön: reflection probe- sekä planar reflection probe -objektit. Reflection probes -objekti tallentaa näkymän ympäristöstään jokaiseen suuntaan ja tallentaa sitten tuloksen kuutiokarttana. Planar reflection probe -objekti tallentaa näkymän, joka on laskettu kameran sijainnin ja rotaation heijastuksesta, tallentaen tuloksen kaksiulotteiseen tekstuuriin. (Reflection Probes s.a.)

## 5 PROJEKTIN SUUNNITTELU

Pelit sisältävät yhä enemmän elokuvamaisia elementtejä ja elokuvat yhdistävät yhä enemmän pelitekniikkaa elokuvien tekemiseen. The Heretic- sekä Enemies-elokuvat ovat hyvät esimerkit pelitekniikalla luoduista realistisista elokuvista. Peli- sekä elokuvateollisuuden yhdistäminen mahdollistaa uuden sukupolven hybridituotteita, jotka antavat enemmän vapautta tekijöille ja mahdollistaa pelaajille sekä yleisölle uuden tavan kokea jotain uutta ja hauskaa (Burton 2020).

Projektin suunnittelu lähti liikkeelle tavoitteesta toteuttaa fotorealistinen pelin elokuvamainen kohtaus tai lyhytelokuva Unity-pelimootorilla. Projekti toteutetaan käyttämällä Unity-pelimootoria sekä siihen kehitettyä HDRP-renderöintitekniikkaa, joka on kehitetty fotorealistisiin projekteihin. Projektiin suunnitellaan päähahmo, sivuhahmot, tapahtuma ympäristö, kamerat, kameroiden liikkeet, animaatiot, efektit sekä itse tarina. Projektissa tullaan käyttämään ostettuja kolmiulotteisia malleja, efektejä sekä joitain ääniraitoja.

Projektia suunnitellessa tuli ensin ottaa huomiota mitä kolmiulotteisia malleja on tarjolla sekä rajata projektin budjetti. Lisäksi projektiin suunnitellaan tausta äänet sekä ääninäyttely, joka sopii projektin teemaan.

Projektin tunnelman tavoittaminen sekä sen ulostuominen on tärkeä osa fotorealistista saavutettavuutta. Projektissa tulee olla hyvin tehdyt kolmiulotteiset

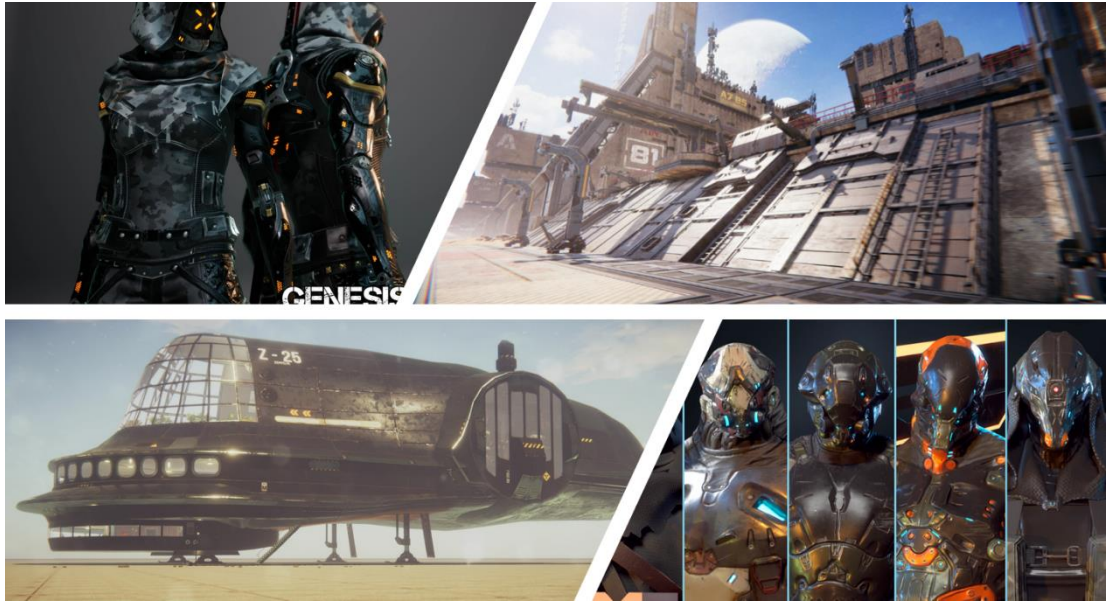
mallit, materiaalit, sekä valo tulee suunnitella jäljittelemään mahdollisimman realistista valoa. Projektin suunnitteluun vaikuttaa merkittävästi saatavilla olevat kolmiulotteiset mallit, materiaalit sekä budjetti.

Ennen projektin tarinan luomista tulee etsiä budjettiin sekä HDRP-ympäristöön yhteensopivia kolmiulotteisia malleja. Kolmiulotteiset mallit tullaan ostamaan Unity Asset Store -palvelusta. Unity Asset Store -palvelusta löytyvien mallien aiheet keskittyivät keskiaikaan sekä futurismiin. Suunnitteluvaiheessa toteutettiin kaksi projektisuunnitelmaa, joiden ympärille kehitettiin tarinat.



Kuva 1. Projektin ensimmäinen suunnitelma

Kuvassa 1 näkyy ensimmäisen suunnitelman aihe sekä halutut kolmiulotteiset mallit. Ensimmäisen suunnitelman aihe keskittyi keskiajalle. Idea tähän projektiin lähti Dark Souls -pelisarjasta.



Kuva 2. Projektin toinen suunnitelma

Kuvassa 2 näkyy toisen suunnitelman aihe sekä halutut kolmiulotteiset mallit. Tämän projektin teema sijoittuu futuristiseen dystopiaan. Esikuvana tälle suunnitelmalle ovat Unity-pelimoottorilla tuotetut lyhytelokuvat The Heretic sekä Adam.

## 5.1 Tarinan suunnittelu

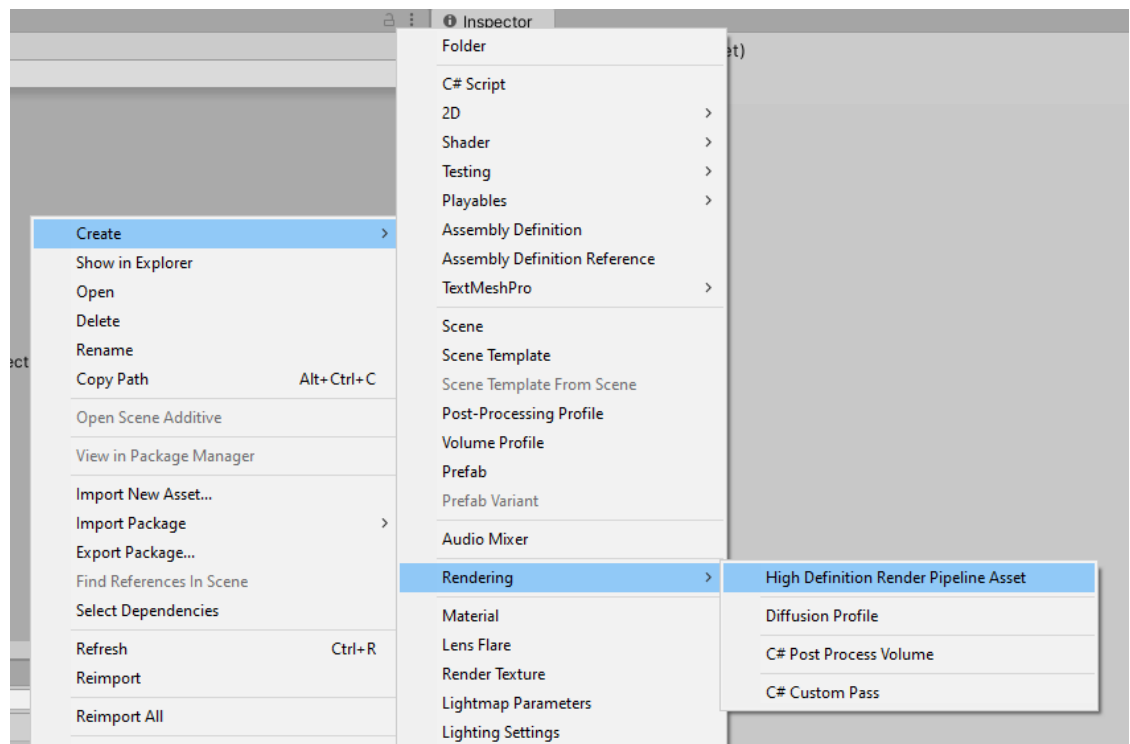
On projekti peli tai elokuva, tarvitaan siihen yleensä aihe. Tämä tarkoittaa sitä, mistä projektin tarina kertoo. Aihe tarinalle yleensä löytyy omasta elämästä. Pelkkä aihe ei yleensä riitä vaan projektilla tulisi olla myös perusajatus eli, mitä tarina haluaa viestiä katsojalle. Perusajatus projektin tarinasta helpottaa muodostamaan projektin kokonaiskuvan. Tarina todennäköisesti muuttuu tai tarkentuu projektin kehityksen aikana. Katsoja kuitenkin itse muodostaa oman näkemyksensä teoksen tarinasta. (Klassinen tarinankerronta s.a.)

Tarinan kerronnasta puhuttaessa puhutaan yleensä lineaarisesta sekä epälineaarista kerronnasta. Lineaarisuus ja epälineaarisuus on teoksen rakenteellinen ominaisuus, jota käytetään esimerkiksi peli- sekä elokuvateollisuudessa. Epälinearisessa kerronnassa tapahtumat esitetään ei kronologisessa järjestyksessä, kun taas lineaarinen kerronta seuraa yhtä polkua, toisen polun perään. Pelien ja elokuvien tarinan kerronta voi olla molempia, lineaarista ja epälineaarista. (Klassinen tarinankerronta s.a.)

Mallit projektiin ostettiin Unity Asset Store -palvelusta. Projektin tarina on kehittynyt projektinsuunnitteluvaiheessa sen jälkeen, kun luonnos mahdollisista hahmoista ja ympäristöstä valmistui. Projektin toteutukseen valittiin luvussa 5 esitelty kuvan 2 suunnitelma.

## 6 PROJEKTIN TOTEUTUS

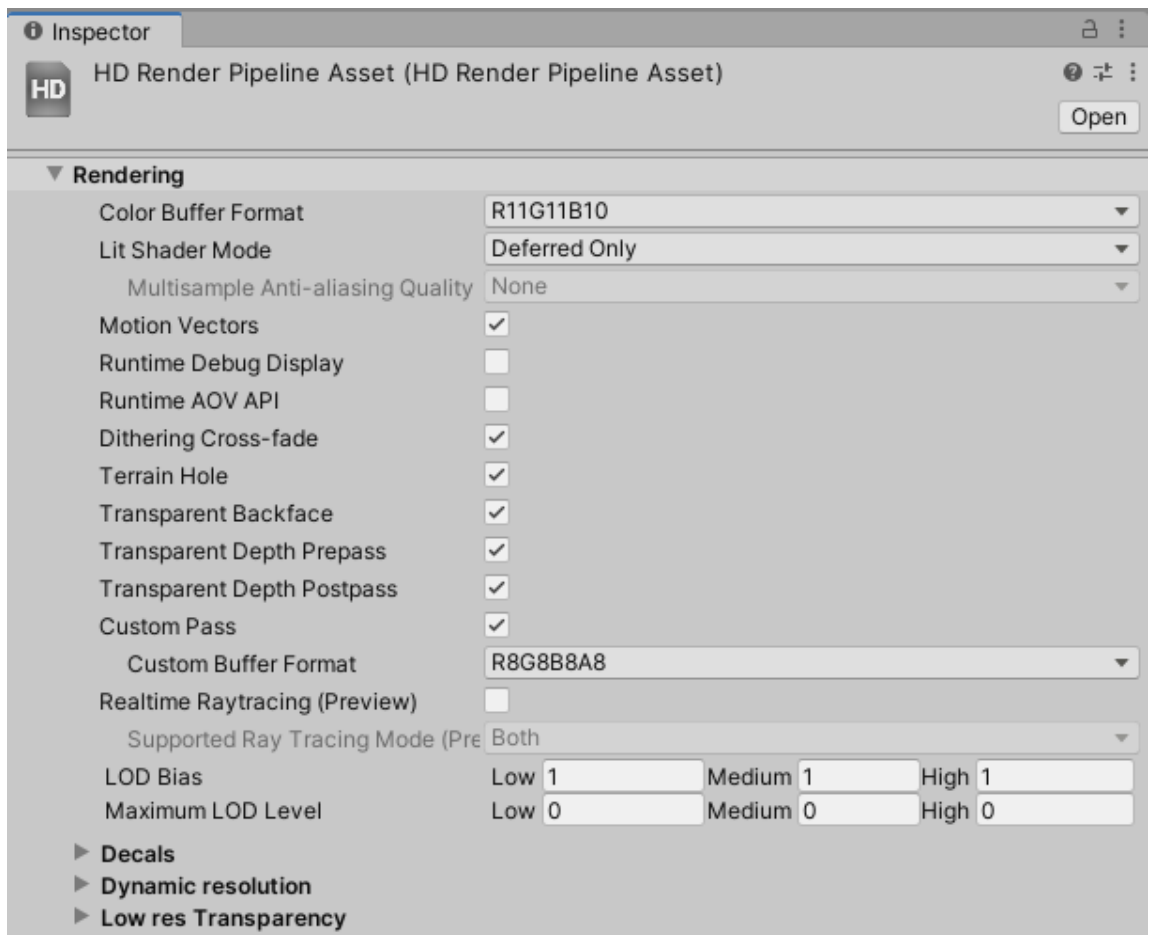
Projektin suunnitteluvaiheen jälkeen projekti toteutettiin Unity-pelimoottorissa käyttäen HDRP-renderöintitekniikkaa. Toteutusvaiheen jälkeen tuloksena on valmis pelin elokuvamainen kohtaus tai lyhytelokuva. Projektia luotaessa Unity tarjoaa mahdollisuuden valita suoraan HDRP-pohjan. Tämän valittua Unity luo valmiin projektin, joka sisältää kaiken tarvittavan HDRP-renderöintitekniikkaa hyödyntäen. Asetuksia voi muuttaa projektin aikana.



Kuva 3. HDRP-assetin luominen Unity-pelimoottorissa

Projektin tiedostoista löytyy HDRP-asset, jonka Unity luo automaattisesti, kun projektia luotaessa valitaan HDRP-pohja. HDRP-assetin asetuksista pystytään muuttamaan asetuksia, jotka vaikuttavat globaalisti koko projektin renderöintiin. Voidaan myös luoda uuden HDRP-assetin projektiin. Kuvassa 3 näytetään miten voidaan luoda uuden HDRP-assetin. HDRP-asset asetuksista voi määrittää myös renderöintipolun. Nämä renderöintipolut olivat eteenpäin

renderöintipolku (forward rendering path) sekä viivästetty renderöintipolku (deferred shading rendering path).



Kuva 4. HDRP-assetin asetukset opinnäytetyö projektissa

Kuvassa 4 näkyy HDRP-assetin asetukset, jota opinnäytetyön projekti käyttää. Projektissa käytetään viivästettyä renderöintipolkua. Tämä valikoitui renderöintipolkuksi, koska viivästetyssä renderöinnissä ei lasketa valaistusta yhtä objektiä kohden. Sen sijaan viivästetyssä renderöinnissä renderöidään ensin kaikki näytöllä näkyvät materiaalit geometriapuskuriin ja sen jälkeen lasketaan valot jokaiselle näytön pikselille. Suora renderöinti laskee valaistuksen yhdellä kertaa renderöidessään jokaisen yksittäisen objektin. Tämä renderöintipolku olisi todennäköisesti aiheuttanut suorituskykyongelmia, koska projekti sisältää paljon erilaisia materiaaleja. (Unity Technologies 2021.)

Opinnäytetyön projektissa käytetään viivästettyä renderöintipolkua, joka estää mahdollisuuden käyttää Multisample Anti-aliasing Quality -toimintaa (MSAA). Tällä toiminnalla olisi mahdollista korjata objektien reunojen vääristymä. MSAA-toiminta on raskas prosessi tehdä ja koska valitsimme alkuperin

käyttää viivästettyä renderöintipolkua suorituskykyongelmien vuoksi, MSAA-toiminnan hyödyntäminen ei todennäköisesti olisi ollut mahdollista edes silloin, jos olisimme päätyneet käyttämään suoraa renderöintipolkua.

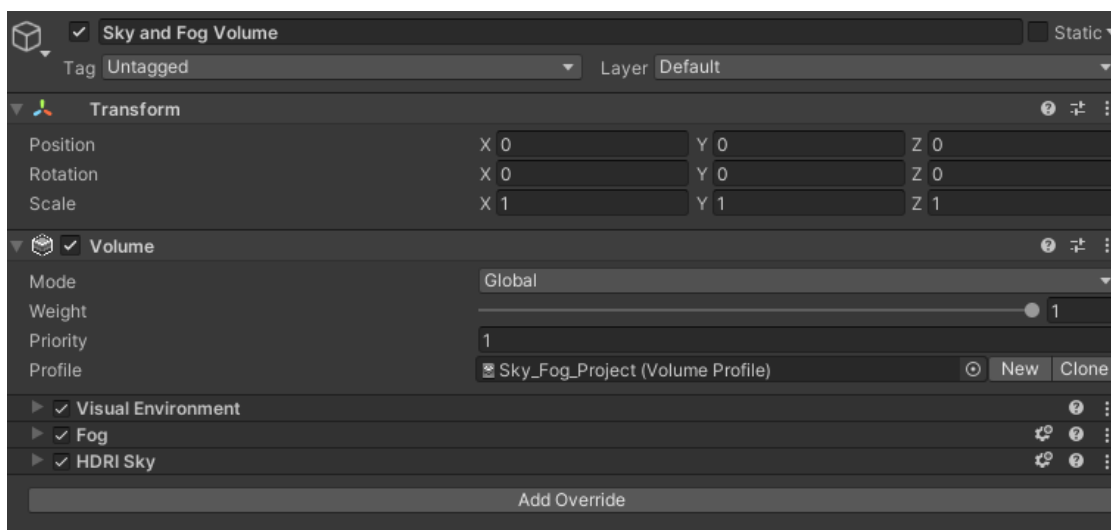
Suorituskyvyn maksimoimiseksi ja kaistanleveyden käytön minimoimiseksi HDRP renderöi oletusarvoisesti kuvakehykset R11G11B10-muodossa. Kuten kuvassa 4 näkyy projekti käyttää oletusarvoista renderöintikehystä. (Alpha Output s.a.)

## **6.1 Ympäristö ja valaistus**

Projektin ympäristön kokoamisen voi aloittaa, kun HDRP-projekti on luotu Unity-pelimootoriin. Ajan säästämiseksi hyödynnettiin projektin tekoon suunnitelman mukaisia ostettuja asset-paketteja ja niiden mukana tulleita efektejä, malleja sekä materiaaleja. Paketti sisälsi muun muassa volyymikomponenttia käyttäviä kuvanjälkikäsittelyefektejä sekä muita visuaalisia efektejä, jotka helpottivat ja säästivät aikaa projektia tehdessä.

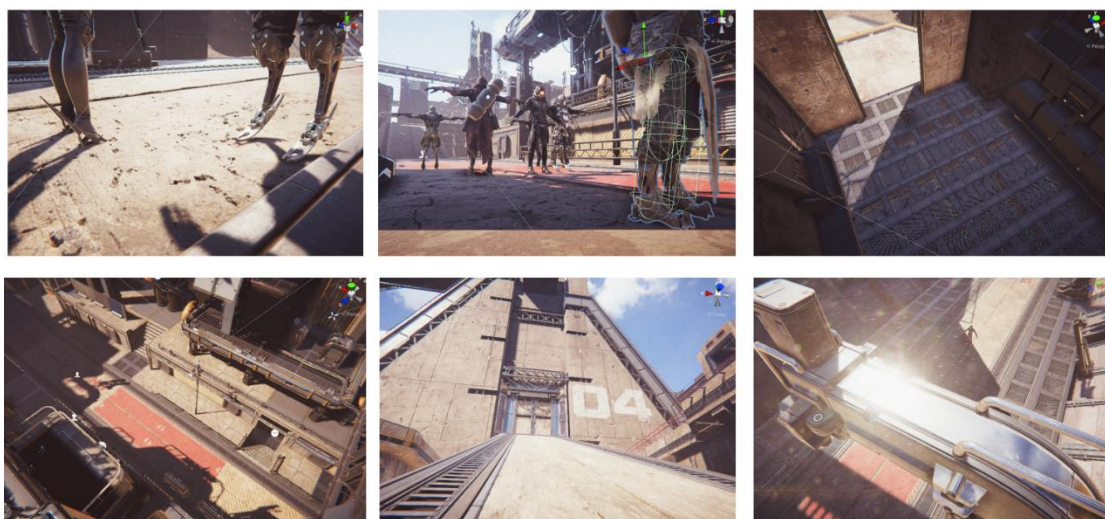
Projekti aloitettiin tuomalla projektin ympäristöön taivas, sumu, valaistus sekä jälkikäsittelyefektejä. Unity-pelimootorin HDRP-renderöintitekniikka sisältää omaan tarkoitukseen kehitetyn toteutuksen kuvanjälkikäsittelystä (Post-processing in the High Definition Render Pipeline s.a.). Volyymi-komponentti voi olla joko globaali tai sen voi määrittää lokaaliksi vaikuttamaan tietylle alueelle. Muuttamalla näitä arvoja HDRP interpoloi kameran sijainnin mukaan lopullisen arvon. Voit esimerkiksi muuttaa lokaalia volyymikomponentin sumuefektin voimakkuutta tai väriä ja nämä arvot lasketaan ja näytetään kameran kautta haluttuna lopputuloksena. (Volumes s.a.) Taivasta, sumua sekä jälkikäsittelyefektejä voidaan muokata volyymikomponentista muuttamalla haluttuja arvoja.





Kuva 5. Objekti, johon on lisätty volyymi komponentti sekä volyymi profiili

Kuvassa 5 näkyy projektissa oleva komponentti, joka pitää sisällään taivaalle sekä sumulle olevat asetukset. Kyseiselle objektille on lisätty volyymikomponentti sekä sen vaikutusalue on määritetty globaaliksi. Volyymikomponentin määrittäminen globaaliksi tarkoittaa sitä, että määritetyt arvot näytetään kameran kautta riippumatta kameran sijainnista. Lisäksi taivas- sekä sumu-objektin volyymikomponenttiin on luotu uusi volyymiprofiili "Sky\_Fog\_Project", joka pitää sisällään visual environment-, fog- sekä HDRI sky -override-tyyppisiä lisäyksiä.



Kuva 6. Kuvakaappauksia projektin ympäristöstä scene-näkymästä

Projektiin luotiin yksi valon lähde, mutta joitain efektejä haluttiin tehostaa lisävaloilla. Scene-näkymästä löytyy valokomponentti, joka toimii projektimme pääasiallisena valon lähteenä. Tämän valon ominaisuuksia muokkasimme ympäristöön sopivammaksi. Projektiin luotiin myös reflection probe -objekteja,

jotta ympäristöön saataisiin realistisempia heijastuksia. Lopuksi ympäristöön lisättiin muita visuaalisia efektejä kuten decal-projektoreita seiniin ja maahan. Kuvassa 6 näkyy kuvakaappauksia projektin ympäristöstä scene-näkymästä.

## 6.2 Tekniset tarpeet

Laitteistonkomponenteilla on vaikutus fotorealistisen renderöinnin suorituskykyyn sekä eri renderöintitapojen mahdollisuuteen. Vuosien varrella laitteistot sekä komponentit ovat parantuneet ja uusia mahdollisuuksia on avautunut niin kuluttajille kuin kehittäjille. Uusien teknologioiden vuoksi esimerkiksi fotorealistinen renderöinti on parantunut huomasti ja siksi voimme alkaa keskustelemaan fotorealistisista peleistä sekä elokuvista. (De Moor 2019.)

PC	RAM CAPACITY	RAM USAGE IN PERCENT	GPU	GPU USAGE IN PERCENT	CPU	CPU USAGE IN PERCENT
A	8 GB	95 %	2047MB NVIDIA GeForce GTX 1060 6GB	46 %	Intel core i5 2500K 3.30 GHz	90 %
B	16 GB	82 %	4095MB NVIDIA GeForce RTX 2070 8GB	40 %	AMD Ryzen 7	29 %
C	16 GB	73 %	4095MB NVIDIA GeForce RTX 2080 8GB	41 %	Intel Core i7 2.60 GHz	34 %

Taulukko 1. Vertailutaulukko käytetyistä tietokoneista projektissa

Yllä olevassa taulukossa on listattu projektin aikana käytettyjen tietokoneiden RAM-muistin kapasiteetti, näytönohjain (GPU) sekä prosessori (CPU). Samaa taulukkoon on listattu kyseisten komponenttien käyttö prosentteina projektia tehtäessä. A ja B ovat pöytätietokoneita ja C on kannettava tietokone. Kuten De Moor (2019) totesi, laitteistonkomponenteilla on vaikutusta



fotorealistisen renderöinnin suorituskykyyn. Tekniset tiedot ovat listattuna taulukon vertailun vuoksi, jotta näemme millainen merkitys laitteiston komponenteilla on ohjelmiston suorituskykyyn.

Projekti aloitettiin taulukossa olevalla A-tietokoneella, jossa oli yllä olevan taulukon RAM-muistin kapasiteetti, näytönohjain (GPU) sekä prosessori (CPU). Projektin aloitus hetkellä A-tietokoneessa oli RAM-muistia neljätoista gigatavua. Valitettavasti A-tietokoneesta hajosi kuuden gigatavun verran RAM-muistia. Kuten taulukosta voimme huomata RAM-muistin kapasiteetin käyttö oli yli yhdeksässäkymmenessä prosentissa ja prosessorin (CPU) käyttökapasiteetti oli yhdeksässäkymmenessä prosentissa projektia tehdessä. RAM-muistin rikkoutumisen vuoksi projektin tekemisestä tuli todella haastavaa A-tietokoneella.

Tietokoneen vaihdoksen jälkeen projektia tehtiin B- ja C-tietokoneilla. Uusilla koneilla projektin tekeminen oli helpompaa ja nopeampaa verrattuna A-tietokoneella tekemiseen. Taulukosta voimme huomata eron eri komponenttien välillä projektia tehdessä. Tällä hetkellä parhaat tietokoneet työskennellä ovat joko B- tai C-tietokoneet.

Luvussa 6 on kerrottu projektin optimointitoimista. Projekti käyttää esimerkiksi viivästettyä renderöintipolkua sekä suorituskyvyn maksimoimiseksi ja kaistanleveyden käytön minimoimiseksi valitsimme käyttää oletusarvoista kuvakehystä projektissa. Projektin asetuksia tulee tarkastella käytettävän laitteiston suorituskyvyn mukaan.

## **7 TULOKSET**

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada aikaan pelin elokuvamainen kohtaus tai lyhytelokuva käyttäen Unity-pelimoottoria. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikan mahdollisuuksia fotorealistisen ympäristön luomiseen pelinkehityksen sekä elokuvateollisuuden näkökulmasta.

Kehittämistyölle ennakkoon asetetut tavoitteet saavutettiin suunnitelman mukaisesti. Ennalta asetettuihin tutkimusongelmista johdettuihin

tutkimuskysymyksiin saatiin vastaukset opinnäytetyön toteutuksen eri vaiheissa. Opinnäytetyöraportin johtopäätöksissä kerrotaan projektin tärkeimmät tulokset, käyttökelpoisuus, merkitys sekä kerrotaan miten tulokset vastaavat asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Lopuksi arvioidaan myös tuloksiin vaikuttaneita tekijöitä sekä esitetään loppuarvio projektin onnistumisesta.

## **7.1 Johtopäätökset**

Opinnäytetyön tuloksena valmistui Unity-pelimoottoria ja sen HDRP-renderöintitekniikkaa hyödyntäen toteutettu, toimiva fotorealistinen kohtaus annettujen tavoitteiden mukaisesti. Tuloksena on myös projektin toteutuksessa kerättyihin havaintoihin perustuva, opinnäytetyöraportissa kohdissa 4.2 sekä 4.3 listattu Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikan ominaisuuksista sekä käytettävyydestä fotorealistisen projektin kehitykseen.

Toiminnallisen työn suunnittelun tuloksena syntyi projektisuunnitelma, jossa käydään läpi projektin toteutusvaiheessa tarvittavat asiat. Projektinsuunnitelmassa käsitellään myös tarinan suunnittelua. Suunnittelun tuloksena saatiin kokonaiskuva projektista ja siihen käytettävistä elementeistä.

## **7.2 Tutkimuskysymyksistä saadut tulokset**

Kehittämistyölle oli asetettu ennakkoon tutkimusongelmasta johdettuja tutkimuskysymyksiä, joihin opinnäytetyön tulokset osiossa vastataan. Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet ovat toteutuneet saatujen tulosten perusteella. Opinnäytetyö antaa tietoa toimeksiantajalle Unity-pelimoottorin mahdollisuudesta toteuttaa fotorealistisia projekteja käyttämällä siihen kehitettyä HDRP-renderöintitekniikkaa.

Opinnäytetyön aikana saadut tulokset ovat käyttökelpoisia ja saaduilla tuloksilla on merkitystä. Opinnäytetyön kirjoitushetkellä fotorealistisista renderöintitekniikoista peli- sekä elokuvateollisuudessa koskevia tutkimuksia suoraan aiheeseen liittyen oli saatavilla vähän. Löydetyt julkaisut, joita hyödynnettiin opinnäytteessä, olivat lähinnä blogikirjoituksia.

Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikasta löytyi paljon kirjoitettua materiaalia, joista suurin osa oli Unity Technologies -yhtiön kirjoittamia. Internetistä

löytyi myös kattavasti opetusvideoita HDRP-renderöintitekniikan käyttöön eri osa-alueilla aina valaistuksesta efekteihin.

### 7.3 Toteutuksesta saadut tulokset

Projektin toteutusvaiheessa saatuja tuloksia ovat yksittäiset elementit, jotka muodostavat realistisen vaikutelman projektiin. Näitä yksittäisiä elementtejä on muokattu projektia varten Unity-pelimoottorissa hyödyntäen HDRP-renderöintitekniikkaa ja siihen kehitettyjä komponentteja. Seuraavassa on kuvattu projektin toteutuksesta johdettuja tuloksia.

Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikan komponentteja käytettiin projektissa monipuolisesti. Käytössä olevilla työkaluilla oli mahdollista muokata ympäristöä realistisemmaksi muuttamalla projektin asetuksia.

Unity Asset Store -palvelusta ostetut kolmiulotteiset mallit mahdollistivat projektin fotorealistisen ympäristön toteuttamisen. Ostettuja malleja pystyttiin käyttämään HDRP-projekti pohjassa vaivattomasti.

HRDP-renderöintitekniikan volyyymi komponentti on yksinkertainen ja käyttäjävällyinen. Sen avulla voidaan tuottaa hienoja jälkikäsitteily efektejä nopeasti. Jälkikäsitteily efektien tekeminen onnistui hyvin käytössä olevilla työkaluilla.

Projektin alkuvaiheessa ensimmäisen tietokoneen kanssa työskentely päättyi suorituskykyongelmien vuoksi. Uusien tietokoneiden parempien komponenttien vuoksi esimerkiksi renderöintipolun muuttaminen olisi mahdollista. Lisäksi säteenseurantaominaisuuden lisääminen projektiin olisi mahdollista Unity-pelimoottorin näytönohjainvaatimusten puolesta. Projektia tehdessä kuitenkin konkretisoitui laitteiston komponenttien tärkeys fotorealistista projektia tehtäessä.

Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikan ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet ovat laajat. Hyödyntämällä Unity-pelimoottoriin kehitettyä HDRP-renderöintitekniikkaa on mahdollista toteuttaa visuaalisesti näyttäviä pelejä tai elokuvia. Projektin toteutuksessa käytettiin melko kattavasti HDRP-

renderöintitekniikan tarjoamia ominaisuuksia Unity-pelimoottorissa. Tulosten mukaan Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikalla on mahdollista saavuttaa fotorealista jälkeä.

#### **7.4 Jatkokehitys**

Projektin suunnittelu- ja toteutusvaiheessa syntyi kehitysideoita sekä jatkokehitysmahdollisuuksia. Valitettavasti niitä ei voitu sisällyttää opinnäytetyöhön työn aikataulun vuoksi. Lisäksi opinnäytetyön projekti kasvoi niin suureksi, ettei tämänkaltaista projektia olisi järkeä valmistaa yksin. Alle on listattu toimintaehdotuksia, joilla opinnäytetyönä toteutettua projektia voisi kehittää:

- Säteenseurantaominaisuuden lisääminen
- Digital Human -kirjaston käyttö
- Enemmän efektejä
- Hahmon kasvojen liikkeidenkaappaus
- Projektin renderöintipolun muuttaminen
- Eri valotekniikoiden kokeilu

Jatkokehitysideoita on tarkasteltu ja niiden on arvioitu olevan toteutettavissa suuremmalla tiimillä sekä isommalla budjetilla.

## **8 POHDINTA**

Opinnäytetyön tuloksena valmistui fotorealinen pelin tai elokuvan kohtaus asetetun tavoitteen mukaisesti. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia fotorealisen renderöinnin mahdollisuutta peli- sekä elokuvateollisuudessa Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikan avulla. Opinnäytetyön tarkoitus on toteutunut. Opinnäytetyö antaa toimeksiantajalle tietoa Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikasta fotorealisen pelin tai elokuvan toteutuksessa. Opinnäytetyön tulokset-luku vastasi kehittämistyölle ennakoon tavoitteista johdettuihin tutkimuskysymyksiin.

Opinnäytetyön aiheen valintaan vaikutti sen uutuudenarvo. Aiheen valinnassa on huomioitu eettisyys Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikan sekä fotorealisen renderöintitekniikan uutuusarvon myötä. Tavoitteet ja tulokset on asetettu siten, että toimeksiantajalle luovutetaan tietoa Unity-pelimoottorin fotorealisisesta HDRP-renderöintitekniikan käytettävyydestä peli- sekä

elokuvakehityksessä. Projektin etenemistä on pyritty raportoimaan säännöllisesti toimeksiantajalle.

Opinnäytetyönraporttiin on valittu projektin teoriataustaa tukevaa lähdemateriaalia. Lähteiden valinnassa on mietitty lähteiden soveltuvuutta ja luotettavuutta opinnäytetyönraportissa hyödynnettäväksi. Projektin toteuttaminen opinnäytetyönä oli opettavainen ja mielenkiintoinen kokemus. Projektin tekeminen mahdollisti vanhan tiedon päivittämistä, uuden asian oppimista sekä vankemman ammattitaidon saavuttamista. Suunnittelun ja toteutuksen kautta saavutettiin ymmärrys työn etenemisestä teoriataustaa tutkimalla.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia fotorealista luontiprosessia Unity-pelimoottorissa käyttäen HDRP-renderöintitekniikkaa. Projektin lopputuloksena syntyi Unity-pelimoottorilla tehty, resurssien puitteissa oleva fotorealistinen elokuvamainen kohtaus. Projektissa käytettiin Unity Asset Store -palvelusta ostettuja kolmiulotteisia malleja.

Teknologian kehittyessä peli- sekä elokuvateollisuus lähestyvät entisestään. Interaktiiviset elokuvat, tarinavetoisemmat pelit, virtuaalitodellisuus sekä elokuvien teko pelimoottoreilla kertoo molempien alojen muutoksesta. Tällä hetkellä esimerkiksi Unity tarjoaa tavalliselle kuluttajalle mahdollisuuden toteuttaa visuaalisesti näyttäviä projekteja pelimoottorillaan.

HDRP-renderöintitekniikka tarjoaa monia uusia ominaisuuksia ja vaihtoehtoja, jotka tuovat AAA-pelimäisen tai elokuvamaisen grafiikan sekä valaistuksen projekteihin. On kuitenkin tärkeää ymmärtää, kuinka valokomponentti on aiempaa vankempi, jotta voit todella tuoda realistisen vaikutelman projektiin. HDRP-renderöintitekniikka antaa myös paljon enemmän hallintaa valon käyttäytymiseen kussakin kolmiulotteisessa ympäristössä.

Opinnäytetyön projektin tekeminen oli pääasiassa erilaisten asioiden kokeilua. Toimivan ratkaisun löytäminen vei ajoittain paljon aikaa. Projektin toteuttaminen Unity-pelimoottorin HDRP-renderöintitekniikalla oli todella hieno kokemus, joka herätti halun työskennellä tulevaisuudessa teknisenä artistina peli- tai elokuva tuotannoissa.

## LÄHTEET

- Alpha Output s.a. Unity Manual High Definition Render Pipeline. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@7.2/manual/Alpha-Output.html> [viitattu 20.4.2022].
- Amorós Serra, G. 2019. Rendering systems. Lahden ammattikorkeakoulu. Tieto- ja viestintätekniikka. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019052812502> [viitattu 21.4.2022].
- Burton, A. 2020. The Convergence of Games & Movies. 80 LEVEL. WWW-dokumentti. Päivitetty 19.11.2020. Saatavissa: <https://80.lv/articles/the-convergence-of-games-movies/> [viitattu 31.2.2022].
- Caballar, R. 2019. What Is the Uncanny Valley?. IEEE Spectrum. WWW-dokumentti. Päivitetty: 6.11.2019. Saatavissa: <https://spectrum.ieee.org/what-is-the-uncanny-valley> [viitattu 12.3.2022].
- De Moor, T. 2019. Photorealistic Renders: How to Convince People Something Digital is Real. Blogi. Päivitetty 3.2.2019. Saatavissa: <https://lab.onebonsai.com/photorealistic-renders-how-to-convince-people-something-digital-is-real-c8d471dc72e6> [viitattu 12.3.2022].
- Filmmakers Academy. 2021. Are Game Engines the Future of Filmmaking?. Blogi. Päivitetty 16.7.2021. Saatavissa: <https://www.filmmakersacademy.com/are-game-engines-the-future-of-filmmaking/> [viitattu 12.3.2022].
- Getting started with ray tracing s.a. Unity Manual High Definition Render Pipeline. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@13.1/manual/Ray-Tracing-Getting-Started.html> [viitattu 12.3.2022].
- High Definition Render Pipeline overview s.a. Unity Manual High Definition Render Pipeline. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@13.1/manual/index.html> [viitattu 12.3.2022].
- Klassinen tarinankerronta s.a. Mediataide kasvattaa! WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://mediataidekasvattaa.fi/oppimateriaalit/kuka-kertoo/artikkeli-klassinen-tarinankerronta/> [viitattu 31.3.2022].
- Lights in the High Definition Render Pipeline s.a. Unity Manual High Definition Render Pipeline. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@13.1/manual/Light-Component.html> [viitattu 12.3.2022].
- Material Type s.a. Unity Manual High Definition Render Pipeline. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@6.9/manual/Material-Type.html> [viitattu 12.3.2022].
- McGrail, A. 2020. Achieve beautiful, scalable, and performant graphics with the Universal Render Pipeline. Blogi. Päivitetty 10.2.2020. Saatavissa:

<https://blog.unity.com/technology/achieve-beautiful-scalable-and-performant-graphics-with-the-universal-render-pipeline> [viitattu 12.3.2022].

Morozov, V. 2019. Physically based 3D rendering using unbiased ray tracing render engine. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Tieto- ja viestintätekniiikka. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019121226289> [viitattu 12.3.2022].

Pharr, M & Humphreys, G. 2010. Physically Based Rendering: From Theory to Implementation, 2nd Edition. Burlington: Morgan Kaufmann. E-kirja. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/> [viitattu 12.3.2022].

Physical light units s.a. Unity Manual High Definition Render Pipeline. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@13.1/manual/Physical-Light-Units.html> [viitattu 12.3.2022].

Post-processing in the High Definition Render Pipeline s.a. Unity Manual High Definition Render Pipeline. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@13.1/manual/Post-Processing-Main.html> [viitattu 12.3.2022].

Rasheva, S. 2022. Introducing Enemies: The latest evolution in high-fidelity digital humans from Unity. Blogi. Päivitetty 21.3.2022. Saatavissa: <https://blog.unity.com/news/introducing-enemies-the-latest-evolution-in-high-fidelity-digital-humans-from-unity> [viitattu 29.3.2022].

Reflection Probes s.a. Unity Manual High Definition Render Pipeline. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@14.0/manual/Reflection-Probes-Intro.html> [viitattu 20.4.2022].

Sawyer, L. 2021. 10 Third-Person Games With Photorealism. Gamerant. WWW-dokumentti. Päivitetty: 18.2.2021. Saatavissa: <https://gamerant.com/third-person-games-photorealism/> [viitattu 12.3.2022].

Scriptable Render Pipeline introduction s.a. Unity Documentation. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docs.unity3d.com/Manual/scriptable-render-pipeline-introduction.html> [viitattu 12.3.2022].

Unity Technologies. 2021. The definitive guide to lightning in the high-definition rendering pipeline (HDRP). PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://resources.unity.com/games/hdrp-guide?ungated=true> [viitattu 12.3.2022].

Universal Render Pipeline overview s.a. Unity Manual Universal Render Pipeline. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.universal@12.1/manual/index.html> [viitattu 12.3.2022].

Using the Built-in Render Pipeline s.a. Unity Documentation. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docs.unity3d.com/2022.1/Documentation/Manual/built-in-render-pipeline.html> [viitattu 12.3.2022].

Volumes s.a. Unity Manual High Definition Render Pipeline. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@13.1/manual/Volumes.html> [viitattu 12.3.2022].



**KUVALUETTELO**

Kuva 1. Projektin ensimmäinen suunnitelma.....	18
Kuva 2. Projektin toinen suunnitelma .....	19
Kuva 3. HDRP-assetin luominen Unity-pelimoottorissa.....	20
Kuva 4. HDRP-assetin asetukset opinnäytetyö projektissa .....	21
Kuva 5. Objekti, johon on lisätty volyyymi komponentti sekä volyyymi profiili ....	23
Kuva 6. Kuvakaappauksia projektin ympäristöstä scene-näkymästä .....	23

**TAULUKKOLUETTELO**

Taulukko 1. Vertailutaulukko käytetyistä tietokoneista projektissa .....	24
--	----