

Realistinen 3D-visualisointi Blenderillä

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Tieto- ja viestintäteknikka

2022

Joonas Laajakoski

Tiivistelmä

Tekijä(t) Laajakoski, Joonas	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 34	Valmistumisaika 2022
Työn nimi Realistinen 3D-visualisointi Blenderillä		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), Tieto- ja viestintätekniikka		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) Airtouch Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda mallinnusohjelma Blenderillä realistinen 3D-tila ja tutkia kuinka siitä saadaan mahdollisimman fotorealistisia visualisointikuvia. Työn toimeksiantajana toimi Airtouch Oy, jonka 3D-skannaamia uniikkeja taideteoksia varten tarvittiin realistinen virtuaalinen taidegalleriatila.</p> <p>Teoriaosuudessa selvitettiin mitä realistinen 3D-visualisointi pitää sisällään sekä perehdyttiin sen yleisimpiin käyttökohteisiin. Käytännön osuutta varten käytiin läpi tärkeimmät 3D-mallinnuksen osa-alueet ja visualisoinnin ohjelmistot.</p> <p>Käytännön osuudessa toteutettiin pohjapiirustuksia ja referenssivalokuvia apuna käyttäen virtuaalinen 3D-malli taidegalleriasta ja sen kautta tutkittiin millä asioilla pystytään vaikuttamaan mahdollisimman realistisen lopputuloksen saavuttamiseen. Saatuja tuloksia analysoitiin ja tehtyjä rendereitä verrattiin referenssivalokuviin. Myös työn jatkokehitysmahdollisuuksia pohdittiin.</p>		
Asiasanat 3D-visualisointi, Blender, Fotorealismi, Renderöinti		

Abstract

Author(s) Laajakoski, Joonas	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 34	
Title of Publication Realistic 3D visualization using Blender		
Degree and field of study Engineer (UAS), Information and Communication Technologies		
Name, title and organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Airtouch Oy		
Abstract <p>The aim of this thesis was to create realistic 3D visualizations using 3D modeling software Blender. The client of this thesis was Airtouch Oy, which needed realistic virtual gallery space for their 3D-scanned unique artworks.</p> <p>The theoretical part of the thesis explored the meaning of realistic 3D visualization and introduced how it's being used in different fields. To help understand the practical part of the thesis the programs used in 3D visualization and the main aspects of 3D modeling were explained.</p> <p>In the practical part, a virtual 3D model of an art gallery was created using photos and floor plan as references. Then the factors that contribute to achieving photorealistic results were explored. The results were analyzed, and created renders were compared to reference photos. Further development ideas for the gallery were also considered.</p>		
Keywords 3D visualization, Blender, Photorealism, Rendering		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Realistinen 3D-visualisointi	2
2.1	Määritelmä.....	2
2.2	Käyttökohteet.....	3
3	Ohjelmat	5
3.1	3D-Mallinnusohjelmat	5
3.2	Renderöntiohjelmat.....	6
3.3	Jälkikäsittelyohjelmat	7
4	3D-mallinnuksen osa-alueet Blenderissä	9
4.1	Mallinnus	9
4.2	Materiaalit.....	9
4.3	Tekstuurit.....	12
4.3.1	Kuvatekstuurit.....	12
4.3.2	Proseduraaliset tekstuurit	15
4.4	Valaistus.....	16
4.5	Renderöinti- ja Kamera-asetukset.....	19
4.5.1	Renderöintiasetukset.....	19
4.5.2	Kamera.....	20
4.6	Jälkikäsittely	22
5	Case: Taidegalleriatila	23
5.1	Tavoitteet.....	23
5.2	Toteutus	23
5.2.1	Mallinnus	23
5.2.2	Materiaalit ja tekstuurit.....	26
5.2.3	Valaistus.....	27
5.2.4	Kamera ja renderöinti	28
5.3	Lopputulokset	29
6	Yhteenveto	30
	Lähteet	31

Käsitteet

3D-visualisointi – 3D-ohjelmistolla tuotettu graafinen sisältö. Myös 3D-renderöinti, 3D-grafiikka ja CGI-grafiikka.

Materiaali – Antaa objektille sen visuaalisen ilmeen ja ominaisuudet.

Node – Valmiita rakennuspalikoita, jotka sisältävät eri toimintoja.

PBR – Renderöintitekniikka, jossa jäljitellään realistista valon käyttäytymistä fotorealististen renderoiden saavuttamiseksi.

Polygoni – 3D-avaruudessa oleva muoto, joka muodostuu vertekseistä, reunoista ja sivusta.

Polygoniverkko, mesh – Polygoneista koostuva 3D-objekti.

Renderöinti – Kameran rajaaman 3D-ympäristön muuntaminen 2D-kuvaksi.

Tekstuurikartta – Ohjaa materiaalin eri ominaisuuksia, kuten sen väritystä ja heijastuskykyä.

UV-kartta – 3D-objektin pintojen esittäminen 2D-muodossa teksturointia varten

Verteksi – Piste 3D-avaruudessa.

1 Johdanto

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, mitkä asiat 3D-visualisoinnin työnkulussa vaikuttavat realistisen lopputuloksen saavuttamiseen sekä tutkia mitä työkaluja ja asetuksia hyödyntämällä 3D-mallinnetun tilan esityksessä päästään mahdollisimman lähelle fotorealismia.

Työn toimeksiantajana toimi Airtouch Oy, jonka 3D-skannaamia uniikkeja taideteoksia varten tarvittiin realistinen virtuaalinen galleriatila. Galleriatilaa tullaan käyttämään osana konseptitodistusta taideteosten virtuaalivalokuvauksen ja virtuaalisten näyttelyiden tuomista hyödyistä ja mahdollisuuksista.

Teoriaosuudessa perehdytään siihen mitä realismi 3D-visualisoinnissa tarkoittaa sekä mitä sen nykyiset käyttökohteet ja tuomat hyödyt ovat eri aloilla. Tämän jälkeen käydään läpi, millaisia ohjelmia 3D-visualisoinnin eri vaiheissa voidaan käyttää sekä selitetään työn kannalta oleelliset 3D-mallinnuksen osa-alueet.

Käytännön osuudessa tehdään 3D-malli galleriatilasta sen pohjapiirustusten ja referenssikuvien avulla. Työn aiheena perehdytään siihen, kuinka mallinnetusta galleriasta saadaan mahdollisimman realistisia rendereitä käyttäen hyväksi teoriaosuudessa läpikäytyjä työvaiheita. Tuloksia analysoidaan ja galleriasta tehtyjä rendereitä verrataan referenssivalokuviin.

Työssä käytettäväksi 3D-grafiikkaohjelmaksi valittiin Blender, joka on ilmainen vapaan lähdekoodin ohjelmisto. Blender valittiin, koska siitä on aikaisempaa kokemusta ja se on vuosien mittaan kehittynyt ammattikäyttöön sopivaksi ohjelmistoksi. Renderöintimoottorina käytetään Blenderin sisäistä Cycles-renderöijää. Koska Blenderiä käytetään käytännön osuudessa, myös opinnäytetyön teoriaosuutta käsitellään lähinnä sen näkökulmasta. Käsitellyjä aiheita voidaan kuitenkin soveltaa myös muiden ohjelmistojen käytössä, vaikka ohjelmakohtaisia eroja löytyykin.

2 Realistinen 3D-visualisointi

2.1 Määritelmä

3D-visualisointi on graafisen sisällön tuottamista 3D-ohjelmistolla. Termillä on useita synonyymeja kuten 3D-renderöinti, 3D-grafiikka ja CGI-grafiikka. 3D-visualisoinnin suosio on kasvanut viime vuosina huomattavasti muun muassa elokuva-, peli-, arkkitehtuuri- sekä tuotantoaloilla, joissa sen tuomia mahdollisuuksia on alettu hyödyntämään yhä enemmän. (Patil & Zhang 2019.)

Realistisessa 3D-visualisoinnissa pyritään mahdollisimman fotorealistiseen lopputulokseen, jossa ihmissilmä ei erota 3D-ympäristöstä tehtyä kuvaa samaa tilaa esittävästä valokuvasta. Kuvassa 1 vasemmalla on valokuva ja oikealla samasta tilasta tehty 3D-visualisointi. Varsinkin erillään katsottuna voi olla hyvinkin vaikea erottaa kumpi kuvista on aito, mutta kuvia lähekkäin vertaillessa voi harjaantunut silmä huomata pieniä yksityiskohtia, joista tunnistaa, että toinen kuvista on 3D-renderi. Etenkin valaistus ja varjot ovat usein hankala saada esitettyä täysin realistisesti ja ne vaativatkin usein jälkikäsittelyä.



Kuva 1. Valokuva ja 3D-visualisointi samasta tilasta (Beals 2013)

2.2 Käyttökohteet

Arkkitehtuurialalla realistisia 3D-visualisointikuvia on käytetty jo pitkään muun muassa rakennussuunnitelmien esittelyn apuna. Niiden avulla esimerkiksi sisustusarkkitehti voi esittää miltä hänen suunnittelema huoneisto tulee näyttämään eri valaistuksissa tai näyttää asiakkaalle eri vaihtoehtoja lattia- tai seinämateriaaleista. (Wayne 2021.)

Realistisia 3D-visualisointikuvia käytetään paljon myös tuotekehittelyssä ja -suunnittelussa, jossa prototyyppiä tai valmista tuotetta on helppo esitellä asiakkaalle tai sidosryhmälle, ja tehdä pyydettyjä muutoksia nopeasti. 3D-grafiikkaa hyödynnetään yleisesti myös myynnissä ja markkinoinnissa, jolloin tuotteen markkinointi voidaan aloittaa jo tuotantovaiheessa. (Nebulem.)

Monet televisiossa ja lehdissä näkyvät mainokset sisältävät 3D-grafiikkaa. Esimerkiksi tuotekuvastot koostuvat nykyään usein täysin 3D-rendereistä, koska ne tuovat perinteiseen valokuvaukseen verrattuna paljon uusia mahdollisuuksia ja hyötyjä.

3D-visualisoinnissa ohitetaan kokonaan logistiikka ja sen tuomat ongelmat. Virtuaalikuvausta varten ei tarvitse vuokrata kalliita tiloja ja laitteistoa sekä siinä säästetään kuljetus- ja henkilöstökuluissa. Myös tilan hienosäätö, kuten lavastus, valaistus ja varjostus, onnistuu nopeasti. Se ei ole myöskään perinteisen valokuvauksen tapaan altis säänvaihtelulle. (Vidojevic 2018.)

3D-visualisoinnin yksi merkittävimmistä hyödyistä on sen muokattavuus. Lopputulokseen voidaan tehdä vielä jälkeinpäin isojakin muutoksia, jotka normaalisti vaatisivat kokonaan uuden kuvausession. Esimerkiksi tuotteen värin, paikan tai valaistuksen muuttaminen onnistuu helposti. Kun tuotteesta on kerran tehty virtuaalinen versio, sitä voidaan käyttää vaittomasti uudelleen. (Vidojevic 2018.)

Sähköisissä kuvastoissa tuotteen 360-asteen tarkastelu sekä personalisointi kuten värin ja materiaalin valinta on usein mahdollista. Yhä enemmän on alettu hyödyntämään myös AR-tekniologiaa eli lisättyä todellisuutta, jossa tietokonegrafiikkaohjelmissa tuotettuja elementtejä voidaan projisoida reaali maailmaan siihen yhteensopivien laitteiden, kuten älypuheliimen tai tabletin avulla. (Clark 2021.) Asiakas voi esimerkiksi testata reaaliajassa älypuheliimen kameraa ja näyttöä apuna käyttäen miltä haluttu tuote näyttäisi omassa kodissa ennen ostopäätöksen tekoa (kuva 2).



Kuva 2. Tuotteen tarkastelua AR-tekniikalla (IKEA)

3 Ohjelmat

3.1 3D-Mallinnusohjelmat

3D-Mallinnusohjelmia on lukuisia ja ne voivat erota käyttötarkoituksistaan ja -taivoistaan huomattavasti. Jotkin ohjelmista erikoistuvat tiettyihin aihealueisiin ja näitä ohjelmia pidetäänkin usein teollisuusstandardeina. Esimerkiksi animaatioelokuvien ja visuaalisten efektien tuotannossa suositaan Autodesk Mayaa ja Cinema 4D:tä, joista jälkimmäistä on käytetty muun muassa osana Avengers: Endgame ja Leijona Kuningas (2019) elokuvien tuotantoa (Antunes 2020).

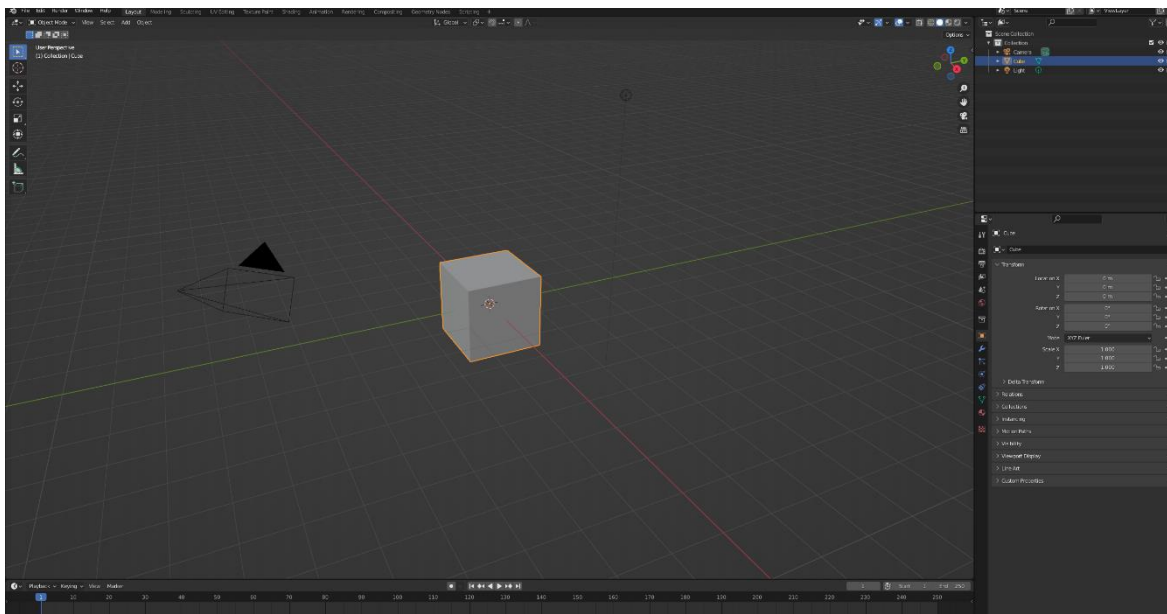
Blender

Blender on ilmainen, vapaanlähdekoodin 3D-grafiikkaohjelmisto, joka soveltuu niin harrastus- kuin ammattikäyttöön. Sen sisältämät monipuoliset työkalut mahdollistavat sen käytön usealla eri sektorilla ja sitä käytetäänkin maailmanlaajuisesti sekä yksilö- että studiosalla. Blenderin työkaluihin kuuluvat mallinnus, animointi ja riggaus, teksturointi, erikoistehosteet, jälkikäsitteily, videoeditointi sekä fyysiset simulaatiot. (Blender 2022a.)

Blenderin jatkuva kehitys on vienyt sitä vuosien saatossa yhä lähemmäksi maksullisia teollisuusstandardeina pidettyjä ohjelmia, joka on tehnyt siitä varteenotettavan vaihtoehdon erityisesti freelancereille sekä pienemmille studioille. Suurten studioiden siirtyminen Blenderiin taas olisi hidaskin ja kallis prosessi, koska niillä on ollut jo pitkään vakiintuneet työkulut ja kokeneet työntekijät, jotka ovat käyttäneet nykyisiä ohjelmistoja vuosia. Heidän uudelleen kouluttaminen ei olisi kannattavaa. (Sanden 2020.)

Koska Blender on vapaanlähdekoodin ohjelmisto, monet sen käyttäjistä osallistuvat sen kehitykseen. Blenderille löytyy suuri määrä käyttäjien tekemiä ilmaisia sekä maksullisia lisäosia, jotka sisältävät työkaluja, joilla voidaan esimerkiksi helpottaa eri työvaiheita. Monet näistä lisäosista tulevat valmiiksi paketoituna Blenderin mukana.

Kattava dokumentaatio, käyttäjien foorumit sekä lukuisat ilmaiset tutoriaalit tekevät Blenderin eri työkalujen opiskelusta helppoa. Kuvassa 3 esitetään Blenderin oletuskäyttöliittymän näkymä.



Kuva 3. Blender 3.1 oletuskäyttöliittymä

3.2 Renderointiohjelmat

Renderointi on 3D-mallinnuksen työnkulun viimeinen päävaihe. Renderöinnissä tietokone prosessoi kameralla rajatusta 3D-ympäristöstä datan, kuten polygonit, materiaalit ja valaistuksen eri laskutoimitusten kautta valmiiksi 2D-kuvaksi tai videoksi. (Denham 2019a.)

Lähes kaikista 3D-mallinnusohjelmista löytyy nykyään sisäänrakennettu renderointimoottori ja monille ohjelmille on yhteensopivia erillisiä renderöijä, jotka ovat ominaisuuksiltaan usein monipuolisempia tai tiettyyn tarkoitukseen luotuja. Näitä ovat esimerkiksi Pixarin kehittämä ja käyttämä RenderMan sekä Corona, jota käytetään varsinkin arkkitehtuurisessa visualisoinnissa. (Glawion 2022a.)

Renderöinnin voi jakaa kahteen eri tapaan: CPU- ja GPU-renderointiin. CPU-renderöinnissä tietokone käyttää prosessoria, joka on optimoitu usean pienemmän tehtävän sarjaiseen laskemiseen. Se on tehokas varsinkin paljon liukulukulaskentaa vaativien renderöiden ja simulaatioiden laskemisessa. (Glawion 2022b.)

Näytönohjaimella tapahtuva GPU-renderointi on CPU-renderointiin verrattuna nopeampaa, koska näytönohjain pystyy käsittelemään paljon informaatiota samanaikaisesti sen sisältämien tuhansien ytimien ansiosta. Toisin kuin CPU-renderöinnissä, GPU-renderöinnissä pystytään käyttämään tehokkaasti vain näytönohjaimen sisäistä VRAM-muistia. Päästäkseen käsiksi järjestelmämuistiin täytyy sen kulkea PCI-E-väylän ja emolevyn kautta, joka on hidasta. Tämän takia renderöitävän 3D-ympäristön ylittäessä näytönohjaimen sisäisen muistimäärän, hidastuu renderointi huomattavasti. Osassa nykyaikaisissa renderöijissä on

mahdollisuus molempia komponentteja hyödyntävään hybridirenderöintiin, jossa renderöintiajat lyhenevät. (Glawion 2022b.)

Riippuen renderöitävän tilan monimutkaisuudesta ja siitä kuinka tarkka lopputuloksesta halutaan voivat renderöintiajat olla jopa useita tunteja yhtä kuvaa kohti. Tällöin varsinkin monen kuvan tai animaation renderöinnissä on mahdollista käyttää myös renderfarmeja.

Renderfarmi on usean tehokkaan tietokoneen muodostama kokonaisuus. Sen sisältämiä yksittäisiä tietokonejärjestelmiä kutsutaan render nodeiksi. Renderfarmilla voidaan samanaikaisesti renderöidä animaation eri osuuksia tai tarvittaessa jakaa vaikka yksittäinen korkea resoluutioinen renderöitävä kuva useaan osaan, jotka lopulta yhdistetään. (RebusFarm 2020.)

Isoimmilla studioilla on omat renderfarminsa, mutta renderpalveluja voidaan myös vuokrata niitä tarjoavilta yrityksiltä. Vuokraaminen on helpottunut pilvipohjaisten renderfarmien yleisyydessä, joissa käyttäjä lähettää renderöitävän tiedoston joko erillisen ohjelman tai web-sivuston kautta renderfarmille, joka jakaa renderöitävän tiedoston pilven eri render nodeille. Valmiit renderit ovat heti asiakkaan ladattavissa. (RebusFarm 2020.)

Cycles

Blenderin Cycles-renderöijä on fyysiikkaperusteinen renderöintimoottori. Fyysiikkaperusteisella renderöinnillä, lyhennettynä PBR (physically based rendering), tarkoitetaan fotorealismia tavoittelevaa renderöintitekniikkaa, joka yrittää jäljitellä realistisesti fyysisiä ilmiöitä kuten diffuusiota, heijastumista, läpinäkyvyyttä, ja metallisuutta. (Paterson.)

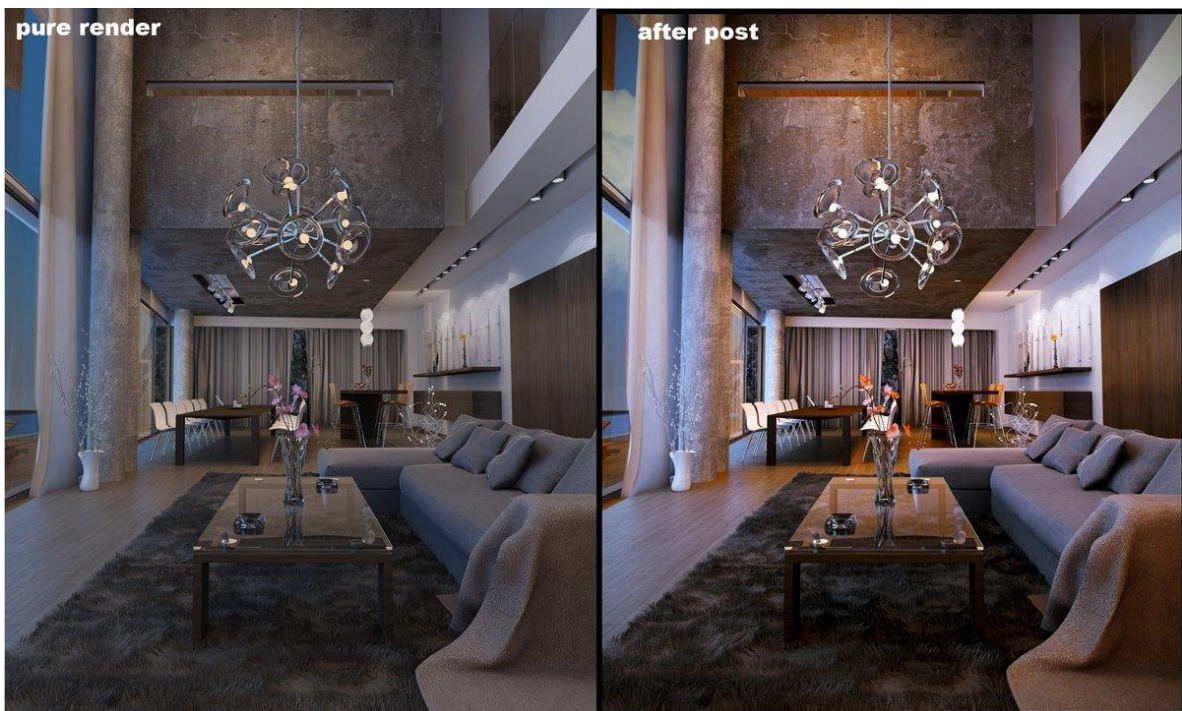
Cycles käyttää renderöinnissä polunseurantamenetelmää (path tracing), joka on niin kutsuttu puolueeton renderöintitekniikka (unbiased rendering), jossa jokaista valonsädettä pidetään yhtä tärkeänä. Toisin sanoen se ei käytä minkäänlaisia oikoteitä valonsäteiden laskennassa. Sillä saadaan esitettyä monia valon ilmiöitä realistisesti mutta se vaatii paljon laskentaa tarkan lopputuloksen saamiseksi, joka johtaa pitkiin renderöinti-aikoihin. (iRender 2020.)

3.3 Jälkikäsittelyohjelmat

Jälkikäsittelyohjelmilla tarkoitetaan ohjelmia, joilla kuvaa tai videota muokataan halutun kaltaiseksi ja se on usein tärkeä osa lopullista visualisointia. Jälkikäsittelyllä voidaan korjata pieniä virheitä ilman että tilaa täytyy renderöidä uudestaan. Tämä säästää varsinkin isoissa projekteissa aikaa. Myös joidenkin efektien tekeminen on helpompaa vasta jälkikäsittelyvaiheessa. Tällaisia efektejä ovat esimerkiksi fyysisen kameran virheiden, kuten vinjetoinnin ja väripoikkeamien imitointi, jotka joissain tilanteissa tuovat kuvaa lähemmäksi

fotorealismia. Jälkikäsittelyyn erikoistuneita ohjelmistoja ovat esimerkiksi Adobe Photoshop ja Affinity Photo kuville sekä Adobe Premiere Pro ja DaVinci Resolve videoille. (Denham 2019b.)

Realistisen 3D-visualisoinnin kannalta tärkeitä jälkikäsittelytekniikoita ovat esimerkiksi väri-
korjailu (color correction) ja värimäärittely (color grading). Värikorjailulla voidaan säätää värimaailmaa, kontrastia ja valottumisarvoja niin että render näyttää realistiselta. Värimäärittelyllä voidaan vaikuttaa tilan tunnelmaan merkittävästi, joka itsessään lisää realismin tunnetta. Kuvasta 4 näkee, kuinka ison muutoksen tunnelmaan jälkikäsittelyllä voi saada aikaiseksi alkuperäiseen renderiin verrattuna.

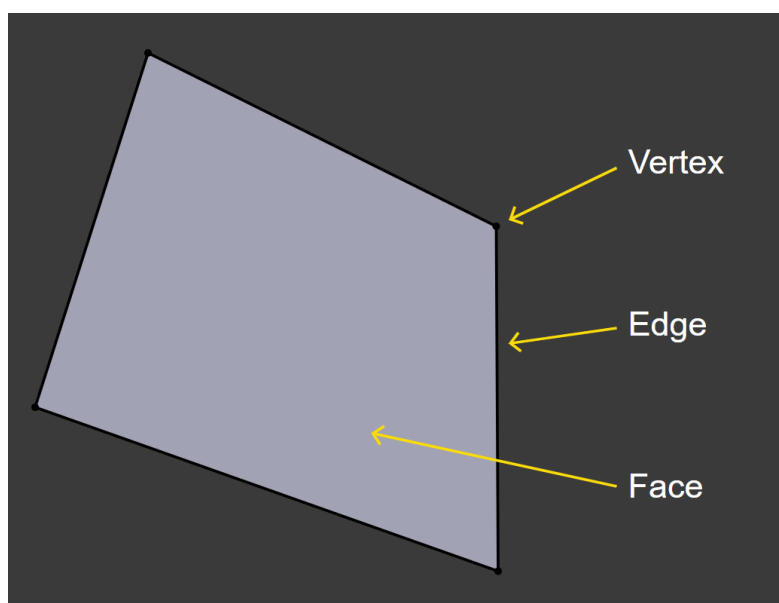


Kuva 4. Muokkaamaton ja jälkikäsitelty render (Konstantinos 2010)

4 3D-mallinnuksen osa-alueet Blenderissä

4.1 Mallinnus

Blenderissä käytetään polygonaalista mallinnustapaa, jossa 3D-mallit koostuvat kolmesta osasta: vertekseistä (vertex), reunoista (edge) ja sivuista (face). Yhdistämällä kaksi verteksiä muodostuu niiden välille reuna ja kolme tai useampaa reunaa suljetussa muodostelmassa määrittää sivun. Nämä yhdessä muodostavat polygonin. 3D-malli koostuu siis usean polygonin muodostamasta polygoniverkosta (polygon mesh). (Blender 2022b.) Kuvassa 5 havainnollistetaan miltä polygonin osat näyttävät.



Kuva 5. Polygonin osat (Blender 2022b)

Blenderissä on valmiina yksinkertaisia, primitiiveiksi kutsuttuja meshejä, joita voidaan käyttää pohjana mallinnuksessa. Näitä ovat esimerkiksi taso-, kuutio-, pallo- ja sylinteriprimitiivit.

Mallinnuksessa voidaan käyttää myös muuntimia (modifiers), jotka ovat automaattisia operaatioita, joilla voidaan muokata objektien geometriaa säilyttäen pohjamesh muuttumattomana (non-destructive). Muuntimilla pystytään nopeuttamaan mallinnusprosessia. Esimerkiksi peilimuunnin, joka peilaa valituilla akseleilla kaiken mitä käyttäjä tekee, on hyödyllinen symmetrisiä malleja tehtäessä.

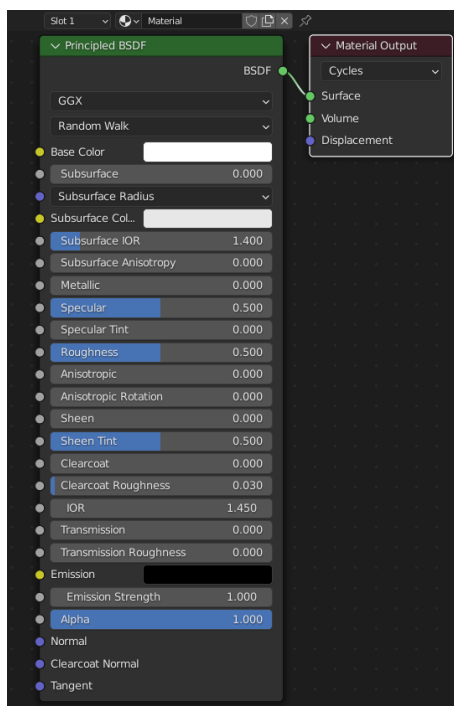
4.2 Materiaalit

Materiaalit vastaavat siitä, miltä meshit, volyymit ja muut objektit näyttävät lopullisessa renderissä. Materiaalit määrittävät muun muassa värin sekä valon ja objektin vuorovaikutuksen. (Blender 2022c.) PBR-materiaaleilla pyritään jäljittelemään todellisten materiaalien

ominaisuuksia. Nämä ominaisuudet jakautuvat erillisille tekstuurikartoille, jotka sisältävät informaatiota esimerkiksi siitä, kuinka materiaali reagoi valoon. PBR-tekstuurit voidaan jakaa kahteen eri työkulkuun: Metallic ja Specular. Specularia käytetään monissa teollisuusstandardina pidetyissä renderöijissä, mutta Metallic-työkulkua tukevia renderöijä on myös useita. Peruskäyttäjätasolla nämä eroavat vain siinä, mitä tekstuurikarttoja tulee käyttää missäkin ohjelmistossa. (Selin.) Tekstuurikarttoihin perehdytään tarkemmin tekstuurit alaluvussa.

Blenderissä materiaaleja voi luoda Shader editor -näkyssä tai Material properties -välilehdessä. Shader editor on visuaalisen ohjelmoinnin kaltainen, node-pohjainen materiaali-systeemi. Nodeja voidaan ajatella eri toimintoja sisältävinä valmiina palikoina, joita yhdistelemällä pystytään luomaan monimutkaisia materiaaleja. (Renderguide.) Luodut materiaalit voidaan asettaa koko objektille tai vain tietyille osalle sen meshiä. Näin yhdessä objektissa voi olla useita eri materiaaleja. Samaa materiaalia voidaan käyttää eri objekteissa samanaikaisesti.

Materiaalit koostuvat kolmesta eri shader- eli varjostinkomponenteista, joita ovat surface shader, volume shader ja displacement. Varjostimet taas koostuvat sarjoista käskyjä, jotka määräävät kuinka valonsäteen tulee käyttäytyä sen tullessa kontaktiin objektin kanssa. (Blender 2022c.) Kuvassa 6 näkyy Blenderin Shader editor -näky, jossa Material Output -noden Surface shader -liitäntään on liitetty Principled BSDF -varjostin, joka on yhdistelmä useiden varjostimien ominaisuuksia, jolla voidaan luoda erilaisia PBR-materiaaleja.



Kuva 6. Principled BSDF -varjostin

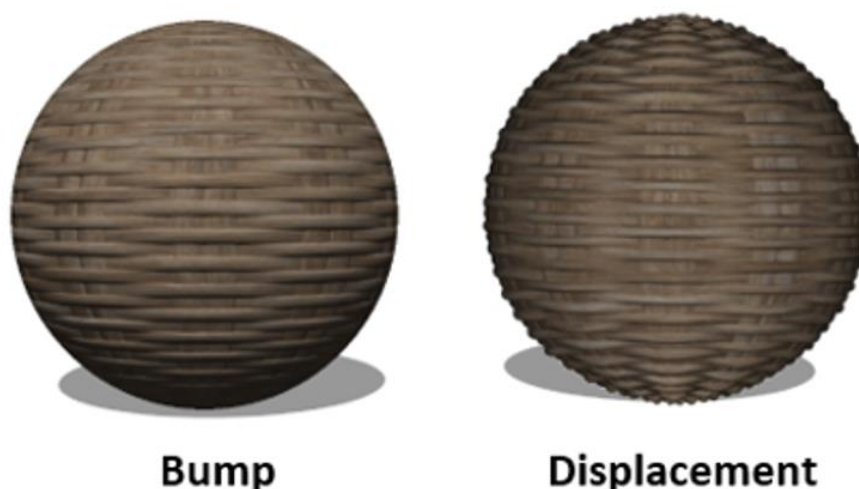
Surface shader määrittää meshin pinnan ulkonäön sekä ohjaa tekstuureja ja valon vuorovaikutusta meshin pinnalla. Volume shader määrittää meshin sisällä olevan tilan. Materiaalilla voi olla pelkkä volume shader, jolloin sitä voidaan käyttää muun muassa ei-kiinteiden asioiden, kuten pilvien tai tulen esittämiseen. Yhdistämällä surface ja volume shadereita pystytään esittämään monimutkaisempia materiaaleja, kuten sameaa lasia. (Blender 2022c).

Displacementilla voidaan muokata pinnan muotoja ja luoda yksityiskohtia tekemättä muutoksia itse meshiin. Displacementin voi tehdä kolmella tavalla: Bump only, Displacement only ja Displacement & Bump. Tavasta riippuen displacement voi olla virtuaalista tai aitoa. (Blender 2022d.)

Bump only ei todellisuudessa muokkaa meshin geometriaa vaan se vaikuttaa varjostukseen luoden illuusion syvyyden muutoksesta. Tämä käyttää vain vähän muistia mutta on samalla kaikista epätarkin tapa esittää yksityiskohtia. (Blender 2022d.)

Displacement only taas muokkaa aidosti pinnan muotoja, joten sillä saadaan luotua meshiin isompia muutoksia ja tarkkoja yksityiskohtia. Toimiakseen displacement vaatii paljon geometriaa, joten mesh tulee subdivisioida, eli jakaa meshin sivut pienempiin osiin, useaan kertaan. Tämän takia displacementin käyttäminen kuluttaa paljon muistia, joka kasvattaa renderöintiäikoja. (Blender 2022d.)

Laadun ja muistinkäytön välimaastoon päästään displacement & bumpilla, jossa isommat muutokset tehdään displacementilla ja pienet yksityiskohdat bumpilla. (Blender 2022d.) Kuvassa 7 pallojen reunoja seuraamalla voi huomata kuinka bump luo vain illuusion yksityiskohdista, kun taas displacementin luoma geometria on aitoa.



Kuva 7. Bump ja displacement (Eder 2019)

4.3 Tekstuurit

Tekstuurit ovat keskeisessä asemassa realististen materiaalien luomisessa. Ilman niitä voidaan esittää vain hyvin yksinkertaisia materiaaleja.

Tekstuurit antavat materiaaleille niiden yksityiskohdat ja pinnan ominaisuudet. Tekstuurit voidaan jakaa kuvatekstureihin ja proseduraalisiin tekstureihin.

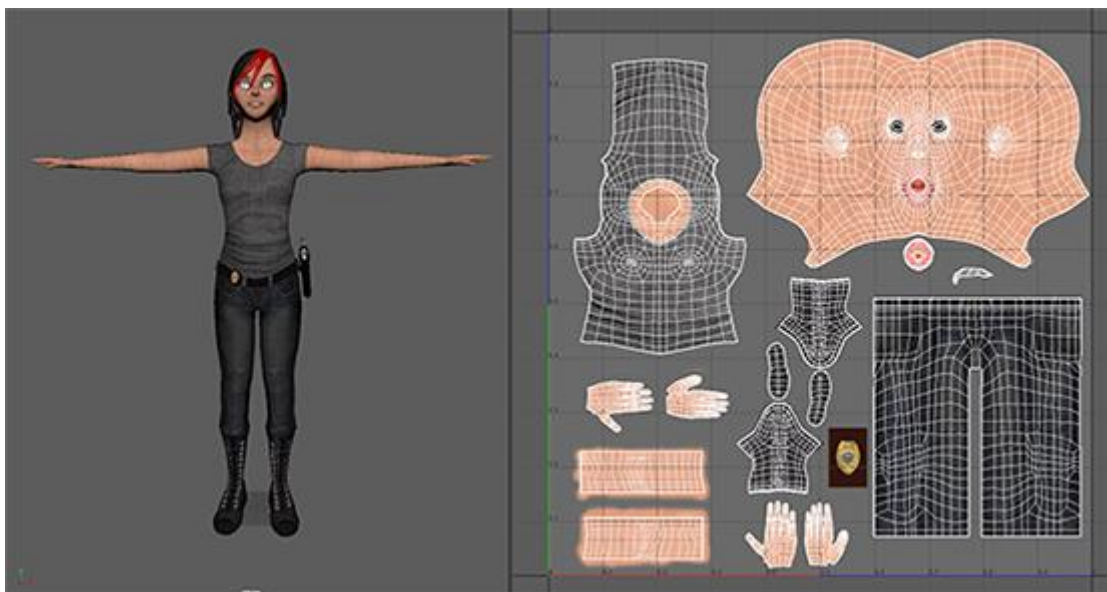
4.3.1 Kuvatekstuurit

Kuvatekstuurit (image textures) ovat kaksiulotteisia kuvia, jotka materiaaliin liitettynä antavat 3D-mallin pinnalle erilaisia ominaisuuksia. Tekstuurikarttoja voi tehdä itse joko Blenderissä tai kolmannen osapuolen ohjelmilla, kuten Adobe Substance Painterissa. Ilmaisisista tekstuurikirjastoista saatavat tekstuurit ovat usein riittävän korkealaatuisia, mutta maksullisissa kirjastoissa on paljon kattavampia valikoimat ja laajemmat resoluutiovaihtoehdot.

Jotta kuvatekstuuri saadaan asetettua oikein 3D-mallin pinnalle, tulee malli ensin UV-kartoittaa. UV-kartalla tarkoitetaan 3D-objektin esittämistä 2D-tasossa. UV-kartan tekeminen on teoriassa helppoa, mutta mitä monimutkaisempi malli, sitä hankalampaa siitä on saada selkeäkäyttöinen lopputulos. (Maxwell 2020a.) UV-kartan tekemiseen kuuluu kolme vaihetta:

- Saumojen määrittäminen. Saumoilla määrätään, kuinka 3D-malli purkautuu 2D-tasolle. Saumoilla voidaan myös erotella mallin osat omiin saariin (islands). (Maxwell 2020a.)
- Unwrapping eli mallin levittäminen 2D-tasolle. Tässä työvaiheessa käytetään usein työkalua, joka tekee tämän automaattisesti. (Maxwell 2020a.)
- Mallin saarten asettelu ja skaalaus niin, että ne ovat selkeästi erillään ja sopivassa kokoluokassa. Tässäkin työvaiheessa voi halutessaan käyttää automaattityökalua. (Maxwell 2020a.)

Valmis UV-kartta voidaan tallentaa, jonka jälkeen sitä voidaan käyttää tekstuurien tekemiseen. Kuvassa 8 on ihmishahmon 3D-mallista tehty UV-kartta, johon on maalattu tekstuurit.

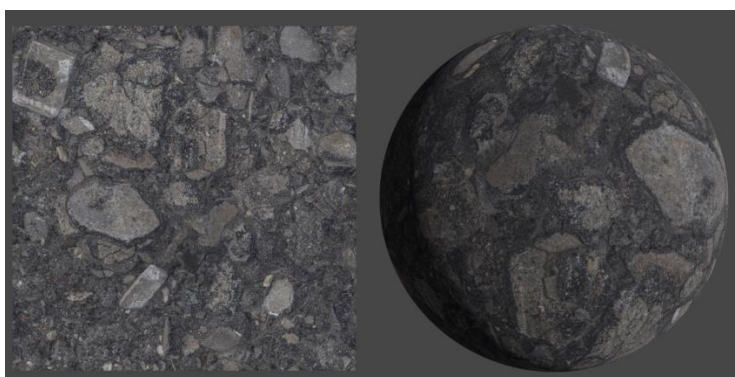


Kuva 8. 3D-malli ja sen UV-kartta (Autodesk 2017)

Seuraavassa osiossa käydään läpi yleisimmät tekstuurikartat. Diffuse-, metallic- ja roughness-kartat kuuluvat PBR-työnkulkuun, kun taas bump-, normal- ja displacement-kartat vaikuttavat objektin geometrian esitykseen (Maxwell 2020b).

Color

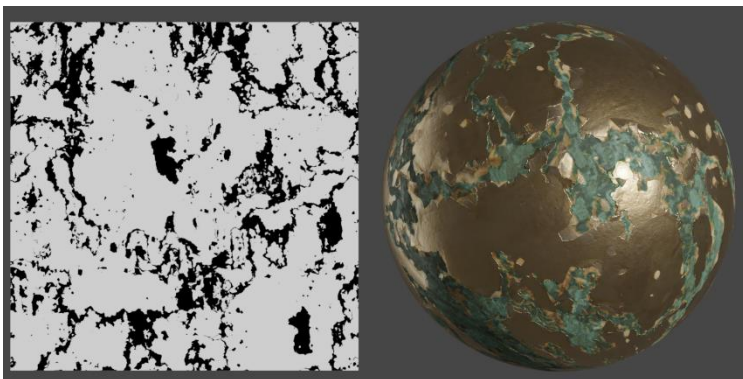
Color-kartta (myös diffuse-kartta) on yleisin tekstuurikartta. Se määrittää materiaalin värit ja kuviot (kuva 9). Se voi olla esimerkiksi itse otettu valokuva tai maalattu käsin Blenderin texture paint -työkalulla. (Barber.)



Kuva 9. Color-kartta (Barber)

Metallic

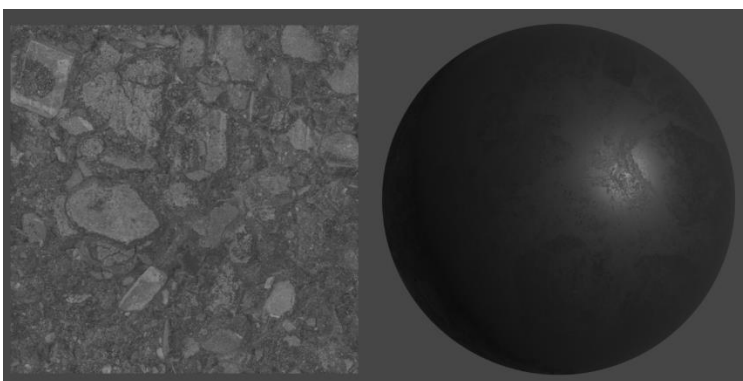
Metallic-karttaa tarvitaan silloin, jos materiaali on vain paikoittain metallinen (kuva 10). Muuten riittää, että materiaalin varjostimessa metallisuusattribuutille annetaan arvo yksi, jolloin koko materiaali on täysin metallinen. (Maxwell 2020b.) Arvot nollan ja yhden välillä eivät ole fyysisesti realistisia, koska todellisuudessa metallisuudella ei ole eri tasoja.



Kuva 10. Metallic-kartta (Barber)

Roughness

Roughness-kartalla (kuva 11) ohjataan kuinka materiaali heijastaa valoa. Se on harmaasävyasteikkokartta, jonka ääripäiden mustat alueet ovat täysin heijastavia ja valkoiset täysin heijastamattomia. (Maxwell 2020b.)

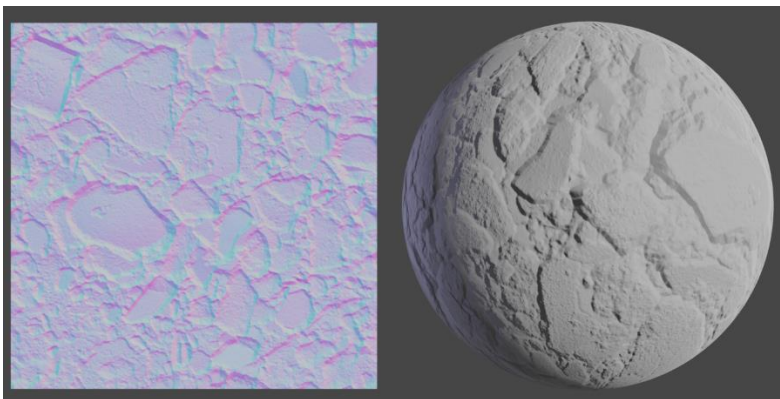


Kuva 11. Roughness-kartta (Barber)

Bump ja Normal

Bump-kartat ovat harmaasävyasteikkokarttoja, jotka luovat illuusion objektin geometrian muutoksesta. Kartan vaaleat osat esittävät korkeinta- ja mustat alinta osaa valseometriasta. Bump-kartalla voidaan esittää pieniä yksityiskohtia, joiden tarkkuudella ei ole suurta merkitystä. (Maxwell 2020b.)

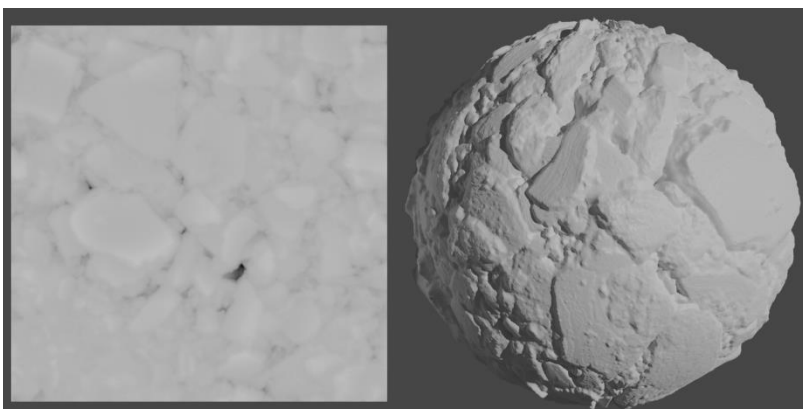
Normal-kartta (kuva 12) muodostaa bump-kartan tavoin valsegeometriaa, mutta toisin kuin bump-kartta se on RGB-kartta. Normal-kartan jokainen pikseli sisältää suuntatiedon, joita kutsutaan normaaleiksi. Kartan punaiset, vihreät ja siniset kanavat kontrolloivat näiden normaalien suuntia. Normal-kartalla saadaan aikaiseksi tarkkoja yksityiskohtia. (Maxwell 2020b.)



Kuva 12. Normal-kartta (Barber)

Displacement

Displacement-kartat liitetään Materiaalit-osiossa läpikäytyyn displacement shaderiin. Ne ovat harmaasävyasteikkokarttoja, jotka muokkaavat aidosti objektin geometriaa (kuva 13). Sillä voidaan tehdä isoja muutoksia, mutta yksityiskohtaiset displacement-kartat vaativat pohjameshiltä paljon geometriaa, jotta mesh ei vääristyisi. (Barber.)

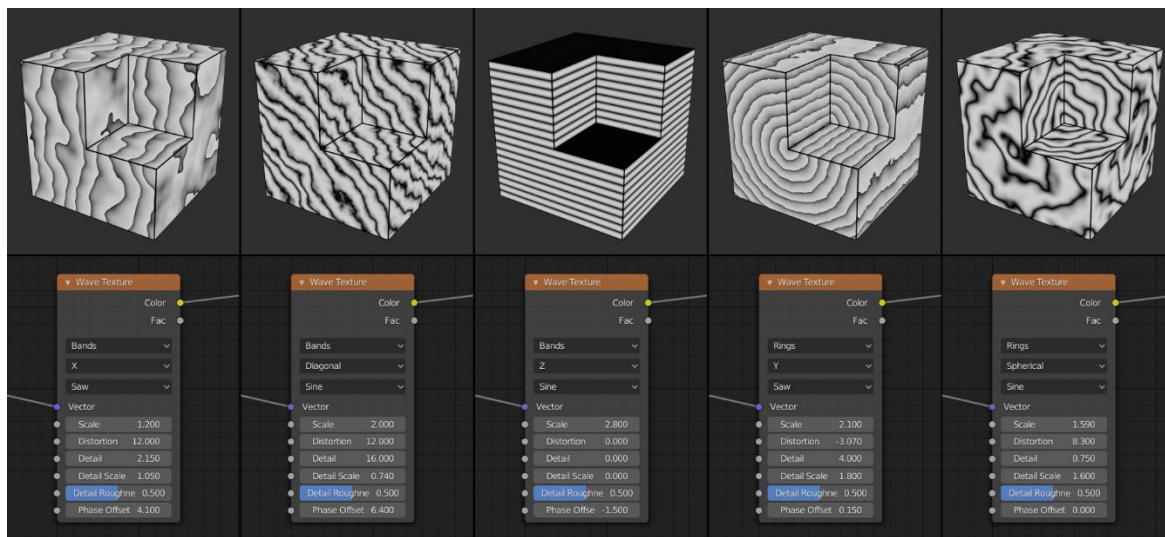


Kuva 13. Displacement-kartta (Barber)

4.3.2 Proseduraaliset tekstuurit

Proseduraaliset tekstuurit ovat generoituja, matemaattisesti määriteltyjä tekstuureja, jotka noudattavat tiettyjä parametrejä. Niiden arvoja muokkaamalla saadaan aikaiseksi jopa erittäin monimutkaisia variaatioita. Toisin kuin kuvatekstuureja, proseduraalisia tekstuureja ei rajoita resoluutio, joten niiden skaalaa voi kasvattaa rajattomasti ilman että tekstuurin laatu kärsii. (Denham 2020.)

Proseduraalisia tekstuureita voi tehdä itse, mutta se vaatii koodaustaitoa. Blenderissä löytyy valmiiksi sisäänrakennettuina muun muassa noise-, wave-, brick- ja voronoi-tekstuurit. Kuvassa 14 näkyy wave-tekstuuri eri syötearvoilla.



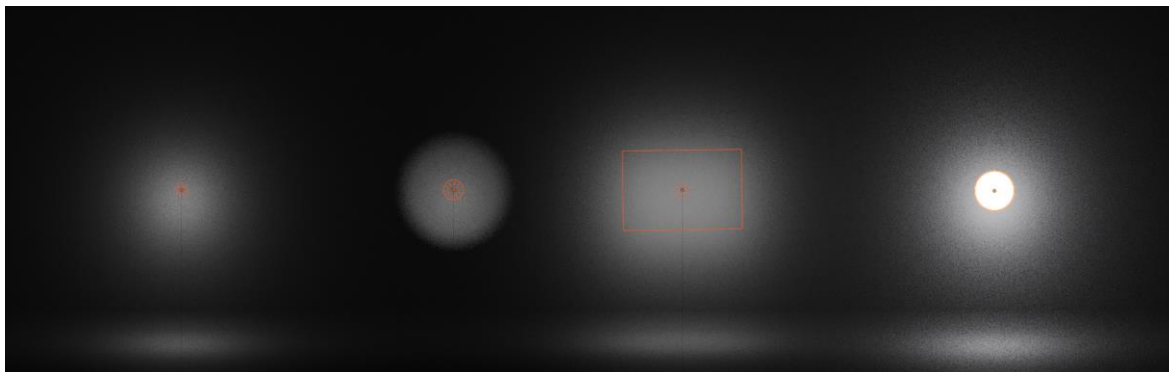
Kuva 14. Esimerkkejä wave-tekstuurista eri asetuksilla (Blender 2022e)

4.4 Valaistus

Blenderissä valaistuksen voi toteuttaa usealla eri tavalla. Näistä yleisin tapa on valmiit valo-objektit, joita löytyy neljä erilaisine ominaisuuksineen:

- Pistevalo (point light) säteilee valoa yhtä voimakkaasti kaikkiin suuntiin. Sitä voidaan käyttää muun muassa hehkulamppujen tai kynttilöiden valaistuksen esittämiseen. (Blender 2022f.)
- Kohdevalo (spot light) esittää valokeilamaista valoa. Ulkokartion koolla ja blendauksella voidaan vaikuttaa siihen, kuinka pehmeät valon ulkoreunat ovat. (Blender 2022f.)
- Aluevalo (area light) simuloi pinnasta säteilevää valoa. Alueen muotoa ja valon leviämiskulmaa voidaan muokata. Sillä voidaan simuloida esimerkiksi ikkunasta tai TV:stä tulevaa valoa. (Blender 2022f.)
- Aurinko (sun) simuloi auringon valoa. Sen paikalla 3D-ympäristössä ei ole väliä, vaan se valaisee koko ympäristön yhdensuuntaisilla säteillä. Objektin kulmaa säätämällä voidaan simuloida eri päivänajoja. (Blender 2022f.)

Toinen tapa luoda valaistusta on emissiivisyyden lisääminen objektin materiaalin, jolloin se säteilee valoa objektin pinnan muotojen mukaan. Emission avulla voidaan esittää esimerkiksi näytöstä hehkua valo ilman erillistä aluevaloa. Kuvassa 15 näkyy kuinka piste-, kohde- ja aluevalo sekä emissiivinen materiaali valaisevat tilan.

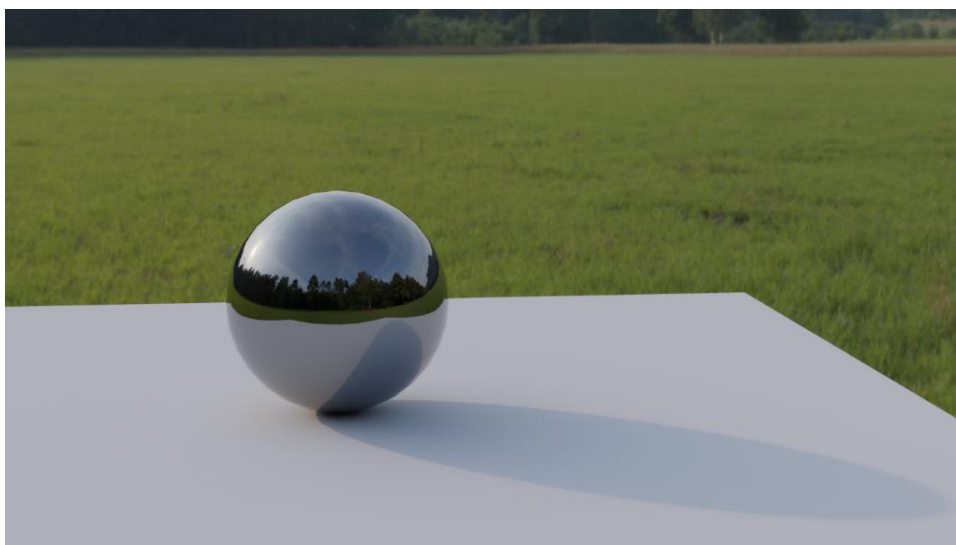


Kuva 15. Piste-, kohde- ja aluevalo sekä emissiivinen materiaali

Kolmas, ja usein nopein tapa toteuttaa realistinen valaistus on käyttää ympäristötekstuuria (environment texture). Ympäristötekstuurina voi käyttää HDRI-karttaa (High Dynamic Range Image) tai proseduraalista taivastekstuuria.

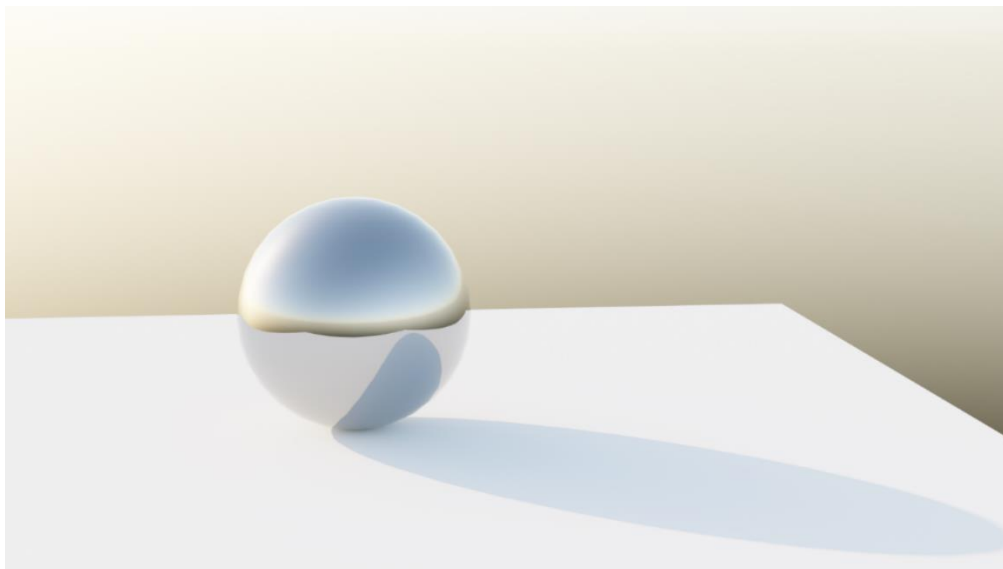
HDRI-kartta on yleensä 360-asteen panoraamavalokuva. HDRI-kartat käyttävät samaa tekniikkaa, jota HDR-valokuvauksessa käytetään: Samasta kohteesta otetaan useita kuvia eri valotusarvoilla. HDR-valokuvauksessa nämä yhdistetään yleensä yhdeksi 8-bittiseksi JPG kuvaksi, jossa yksityiskohdat näkyvät tarkemmin kuin tavallisessa valokuvassa. HDRI-kartat taas tallennetaan 32-bittisessä muodossa, jolloin eri valotusarvojen data säilyy. (Maxim 2016.)

JPG-kuvassa pikselin kirkkausarvo voi olla maksimissaan 255 kun taas HDRI-kartoissa kirkkausarvolla ei ole käytännössä rajaa. Tämän takia HDRI-kartoilla saadaan aikaiseksi realistinen valaistus. (Maxim 2016.) HDRI-karttoja voi ostaa valmiina tai tehdä itse siihen soveltuviissa ohjelmissa. Ilmaisia, lisenssimaksuvapaita HDRI-karttoja saa myös useilta eri internetsivustoilta. (Autodesk 2018.) Kuvassa 16 HDRI-kartta valaisee metallisen pallon.



Kuva 16. HDRI-valaistus

Proseduraalinen taivastekstuuri käyttää matemaattisesti laskettuja taivasmalleja, joilla pyritään esittämään realistista ilmakehän käyttäytymistä. Alla olevassa kuvassa 17 tila on valaistu Nishita-taivasmallia käyttävällä taivastekstuurilla.

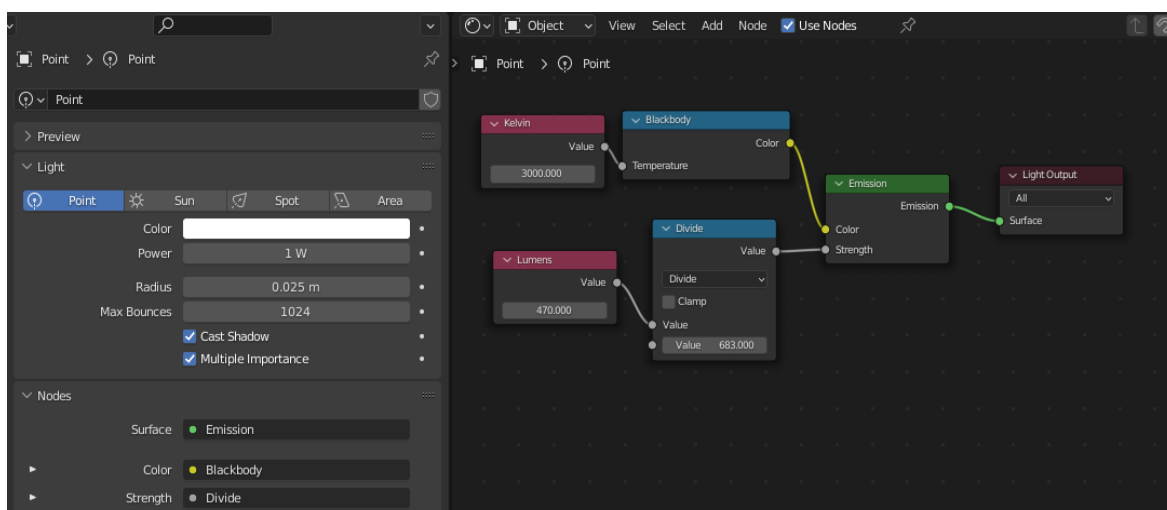


Kuva 17. Taivastekstuurivalaistus

Blenderin point-, spot- ja area-valojen kirkkaus on ilmoitettu säteilytehona, jonka yksikkö on watti. Tämä ei ole kuitenkaan sama wattiarvo, joka ilmoitetaan lamppujen tehoksi. Jos tavoitteena on fyysisesti paikkansapitävä valaistus, täytyy simuloitavien lamppujen ilmoittama luumen määrä muuntaa säteilytehoksi. (Blender 2022f)

Fyysisesti paikkansapitävän valaistuksen voi tehdä asettamalla lampun tehoksi 1 Watti ja säätämällä lamppu oikeaan kokoluokkaan, jonka jälkeen otetaan node-systeemi käyttöön halutussa valo-objektissa. Node-systeemissä simuloitavan lampun ilmoittama luumen arvo jaetaan luvulla 683 ja liitetään Emission shaderin strength-sisääntuloon, jolloin Blenderiin saadaan oikea teho watteina. Lukua 683 käytetään siksi, että korkein Ihmissilmällä havaittavissa oleva kirkkaus saavutetaan vihreällä valolla 555 nanometrin aallonpituudella ja 555 nanometrin aallonpituudella säteilyn korkein suhteellinen valotehokkuus on 683 lm/W (Murphy 2011).

Samaan node-systeemiin voidaan syöttää myös lampun kelvin-arvo Blackbody-noden kautta Emission shaderin color-sisääntuloon. Tällöin lampulle saadaan sen oikea värilämpötila. Kuvassa 18 on 470 luumenin ja 3000 kelvinin LED-lampun node-asetukset.



Kuva 18. LED-lampun node-asetukset

Edellä mainitulla tavalla tehtynä valot näyttävät renderöitynä usein hyvin himmeiltä, jos niitä vertaa vastaaviin oikean elämän lampuihin. Tämä johtuu siitä, että ihmisiilmä adaptoituu automaattisesti valon määrään ja renderöintimoottori ei tähän ilman manuaalista säätöä kykene. (Blender 2022f.)

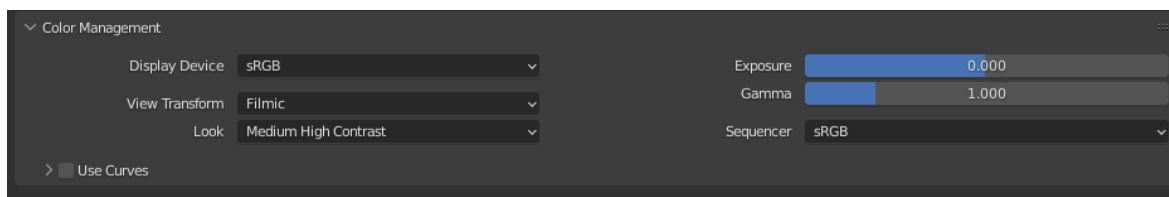
4.5 Renderöinti- ja Kamera-asetukset

Renderöintiasetuksissa voidaan säätää 3D-ympäristön väriavaruutta ja valotusta. Myös renderöinnin näytteenottotaajuutta (sample rate) eli näytteiden määrää pikseliä kohti voidaan säätää. Mitä korkeampi näytteenottotaajuus, sitä vähemmän kohinaa (noise) renderöintiin tulee, mutta samalla renderöintiäjat kasvavat.

Kameran asetuksissa rajataan renderöitävä alue sekä tehdään säätöjä, jotka vastaavat todellisten kameroiden ominaisuuksia ja asetuksia. Kameran asetukset ovat tärkeässä asemassa realististen rendereiden luomisessa.

4.5.1 Renderöintiasetukset

Render Properties -välilehden Color Management -osiossa (kuva 19) pystytään säätämään exposure- eli valotusarvoa. Exposure-arvoa säätämällä saadaan kompensoitua liian kirkkaalta tai pimeltä näyttävää tilaa. Hyvän tasapainon löytäminen ilman että osa alueista ylitäi alivalottuu voi olla hankalaa.



Kuva 19. Color Management -osio

Exposure-arvon säätäminen helpottuu, kun View Transform -valikosta valitsee False Color -näkymän, joka antaa visuaalisen esityksen kuvan valottumismääristä (kuva 20). Kirkkaan punaiset alueet ovat ylivalottuneita ja tummanvioletit alivalottuneita. (Martin.)



Kuva 20. False Color -näkymä (Martin)

Render properties -välilehdestä löytyy myös Light Paths -osio. Siinä voidaan asettaa rajoituksia sille, kuinka monta kertaa erityyppiset säteet maksimissaan kimpoilevat. Tällä voidaan nopeuttaa renderöintiä säteiden tarkkuuden kustannuksella. (Blender 2022g.)

4.5.2 Kamera

Kamera määrittää sen mikä alue 3D-ympäristöstä renderöidään. Kameralla on kolme linsityyppiä, jotka hallitsevat miltä 3D-objektit näyttävät 2D-renderissä. (Blender 2022h.)

Perspektiivi

Esittää tilan kuten se oikeassa maailmassa nähdään eli kaukana olevat objektit näyttävät pienemmiltä. Polttoväliä (focal length) muuttamalla hallitaan, kuinka paljon ympäristöstä on näkyvissä kerralla. Yksikköinä voidaan käyttää millimetrejä, kuten fyysisien kameroiden objektiivien kanssa tai näkökentän kulmaa. (Blender 2022h.)

Ortografinen

Ortografisessa perspektiivissä objektit esitetään aina niiden oikeassa koossa, riippumatta siitä kuinka kaukana ne ovat kamerasta. Ortografisella skaalalla pystytään hallita objektien näennäistä kokoa ympäristössä. (Blender 2022h.) Kuvassa 21 sama 3D-ympäristö on renderöity 35 mm polttovälin perspektiivi kameralla sekä ortografisella kameralla.



Kuva 21. Perspektiivi- ja ortografinen kamera

Panoraama

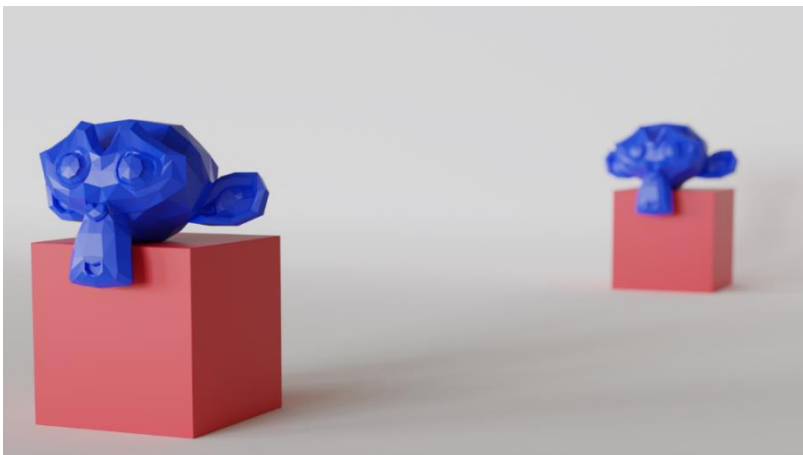
Cyclesissä panoraamakameratiloja on kolme: Equirectangular, Fisheye ja Mirror Ball. Equirectangular-tilassa kamera on keskipiste, jonka ympäri renderöidään 360 asteen näkymä x-akselilta ja 180 asteen näkymä y-akselilta. Tässä tilassa voidaan renderöidä ympäristökarttoja. (Blender 2022h.)

Fisheye-tilassa saadaan aikaiseksi kalansilmäobjektiivin kaltaisia, korkean polttovälin renderoituja. Rendereissä sitä käytetään yleensä taiteellisenä efektinä tai esimerkiksi dome-projektion luomisessa, jossa kuva projisoidaan kuvun sisäpinnalle. (Blender 2022h.)

Yleiset asetukset

Polttovälin lisäksi kameraobjektin asetuksista löytyy Camera-osio, jossa voidaan säätää ominaisuuksia, jotka liittyvät fyysisen kameran runkoon. Näitä voidaan säätää, jos halutaan sovittaa virtuaalinen kamera jonkin tietyn fyysisen kameran mukaiseksi. (Blender 2022h.)

Kameran syväterävyyalue (Depth of field) on tärkeä asetus, kun halutaan simuloida realistista valokuvausta. Syväterävyyalueella määritetään mihin kohtaan kamera tarkentuu. Asetuksista voidaan valita joko Focus Object tai Focus Distance, joilla vaikutetaan fokus-pisteeseen. F-Stopilla eli aukkosuhteella säädetään kuinka paljon tarkennuksen ulkopuolella olevat kohteet sumentuvat. (Blender 2022h.) Kuvassa 22 Focus Objektiksi on valittu etualalla oleva objekti ja F-stop arvoksi valittu f/0.5, jolloin takana olevat objektit alkavat sumentua.



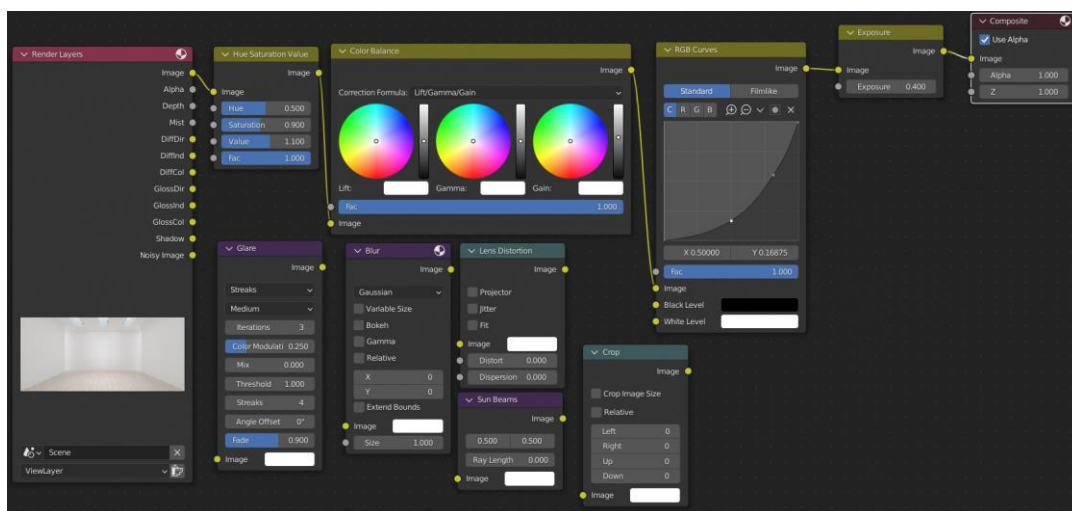
Kuva 22. Syväterävyysalue esimerkki

4.6 Jälkikäsittely

Erillisten jälkikäsittelyohjelmistojen lisäksi myös Blenderistä löytyy valmiina työkalut jälkikäsittelyä varten. Tämä onnistuu Compositor-näkymässä, jonka työkulku on node-pohjainen. (Renderpool 2021.)

Näkymässä on oletuksena vain Render Layers -node, joka sisältää renderöidyn kuvan ja Composite-node josta saadaan Compositorin ulostulo. Renderiä voidaan muokata erilaisin tavoin lisäämällä näiden nodejen väliin Compositor-nodeja.

Compositor-nodet jakautuvat eri ryhmiin niiden käyttötarkoitusten mukaan. Esimerkiksi Color-ryhmä sisältää kaikki kuvan väri-informaatioon vaikuttavat nodet, kuten Color Balance-, Exposure- ja Bright/contrast-nodet. Filter-ryhmässä olevilla nodeilla taas lisätään esimerkiksi sumennus- ja loiste-efektejä. (Renderpool 2021.) Kuvassa 23 on Compositor-näkymä, johon on lisätty erilaisia jälkikäsittely-nodeja.



Kuva 23. Compositor-näkymä

5 Case: Taidegalleriatila

5.1 Tavoitteet

Työ oli osa työharjoittelua, jossa Airtouch Oy:lle tehtiin realistisia tiloja 3D-skannattujen uniikkien taideteosten virtuaalivalokuvausta varten. Työtä tullaan käyttämään osana konseptitodistusta taideteosten virtuaalivalokuvauksen ja virtuaalisten näyttelyiden hyödyistä. Virtuaalinen näyttely voi parantaa taiteilijan näkyvyyttä fyysisten näyttelyiden ollessa yleensä hyvin lyhytkestoisia ja tietenkin sijaintinsa takia saavutettavuudeltaan rajoitettuja. Mahdollinen ostaja voisi myös ennen ostopäätöstä nähdä miltä kiinnostava taideteos näyttäisi esimerkiksi kotiaan vastaavassa tilassa, ilman että sitä täytyy fyysisesti kuljettaa mihinkään.

Työn tavoitteena oli luoda mahdollisimman fotorealistinen taidegalleriatila, jota voitaisiin jatkossa käyttää skannattujen taideteosten virtuaalisena valokuvauspaikkana sekä mahdollisesti virtuaalisten näyttelyiden pohjana. Tavoitteisiin sisältyi tutkimista ja testausta eri tavoista, joilla voidaan parantaa galleriatilan realistisuuden tunnetta muun muassa valaistuksen ja materiaalien osalta.

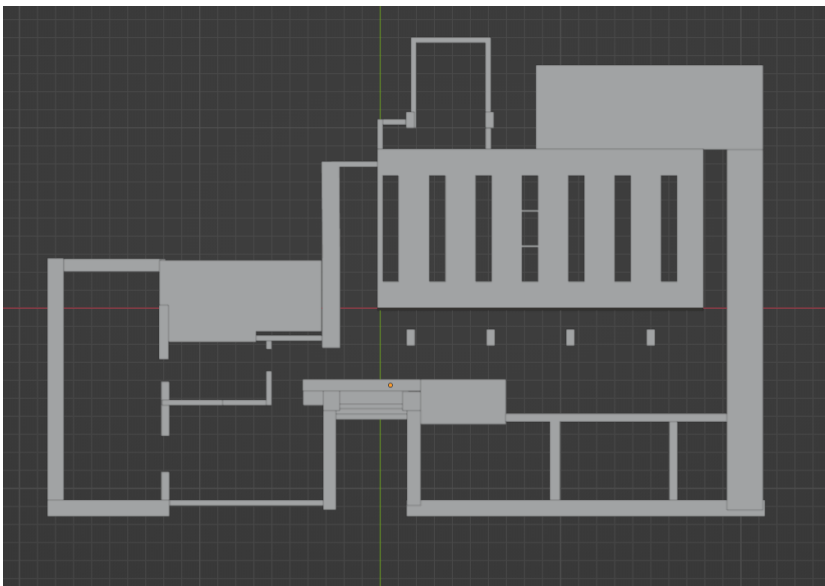
5.2 Toteutus

Gallerian mallina käytettiin erästä helsinkiläistä taidegalleriaa. Itse gallerian toteuttamiseen oli käytettävissä alle kuukausi, joten työssä keskityttiin erityisesti rakennuksen aulan ja suuren pääsalin materiaaleihin, objekteihin ja rendereihin.

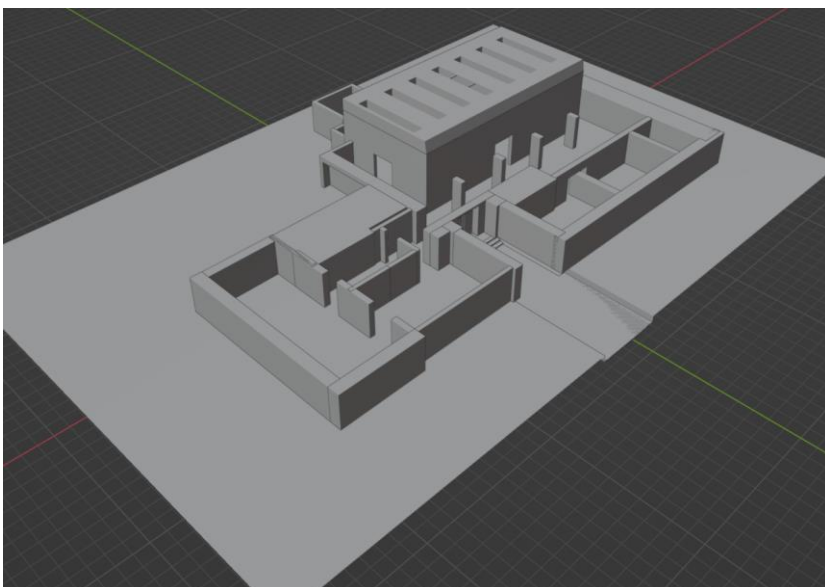
Galleriassa olevia monimutkaisia huonekaluja sekä muita epäolennaisia esineitä ei työssä mallinnettu vaan niitä hankitaan tarvittaessa jälkeenpäin. Myös irrelevantit huoneet jätettiin mallintamatta. Koska rakennuksen ulkopuolta ei tulla koskaan näkemään, lisättiin ulos vain luonnonvalon kannalta merkittävät esteet. Työssä käytettiin ilmaisia tai itse tehtyjä tekstuurireita ja kaikki mallinnus tehtiin itse.

5.2.1 Mallinnus

Tilan mallin prototyyppi tehtiin ensin erillisillä kuutioprimitiiveillä, jotka myöhemmin yhdistettiin yhdeksi meshiksi. Mallinnuksen apuna oli rakennuksen pohjapiirustus, josta näkyi suurin osa tarvittavista mitoista, joilla tila saatiin oikeaan mittakaavaan. Referenssivalokuvat sisätiloista auttoivat epäselvissä tilanteissa. Kuvissa 24 ja 25 näkyy osittain vielä kuutioprimitiiveistä koostuva rakennus kuvattuna päältä sekä perspektiivissä. Katto on piilotettu näkyvyyden vuoksi.



Kuva 24. Mallinnettu tila päältä kuvattuna

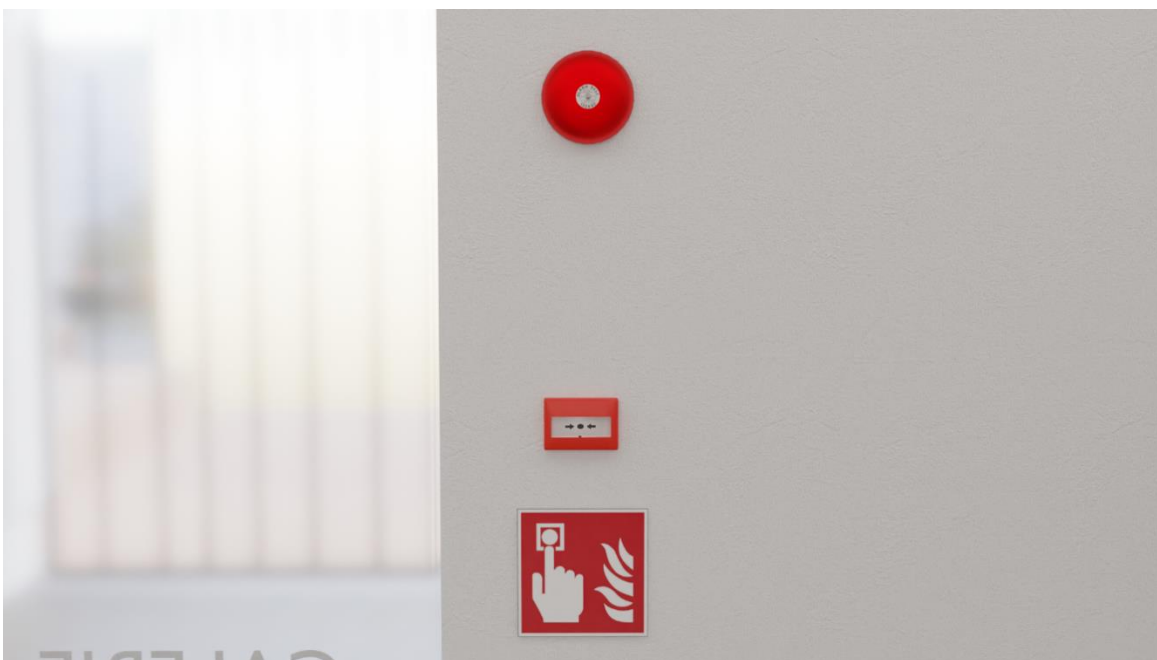


Kuva 25. Mallinnetun tilan perspektiivinäkymä.

Jotta tilat eivät näyttäisi tyhjiltä ja epärealistisilta, mallinnettiin myös niistä löytyviä pieniä yksityiskohtia kuten kattorilöitä, palohälyttimiä, hätäuloskäyntikylttejä sekä valvontakameroita. Suurimmasta osasta malleja ei saatu tarkkoja mittoja, joten niistä tehtiin arvioita referenssikuvia apuna käyttäen. Mallinnuksessa on tärkeää tehdä siistiä jälkeä, koska mikään määrä valaistus- tai teksturointitemppuja ei pelasta huonolaatuista pohjamallia. Mallinnettavasta kohteesta riippuen on kuitenkin kannattavaa priorisoida kuinka paljon siihen käyttää aikaa. Esimerkiksi yli 5 metriä korkean galleriatilan katossa olevista palohälyttimistä on turha tehdä erittäin tarkkoja ja korkeapolygonisia malleja, koska se olisi vain ajan ja resursien hukkausta. Alla olevissa kuvissa 26 ja 27 esitetään osa tehdyistä yksityiskohdista.



Kuva 26. Mallinnettuja ja teksturoituja katon yksityiskohtia

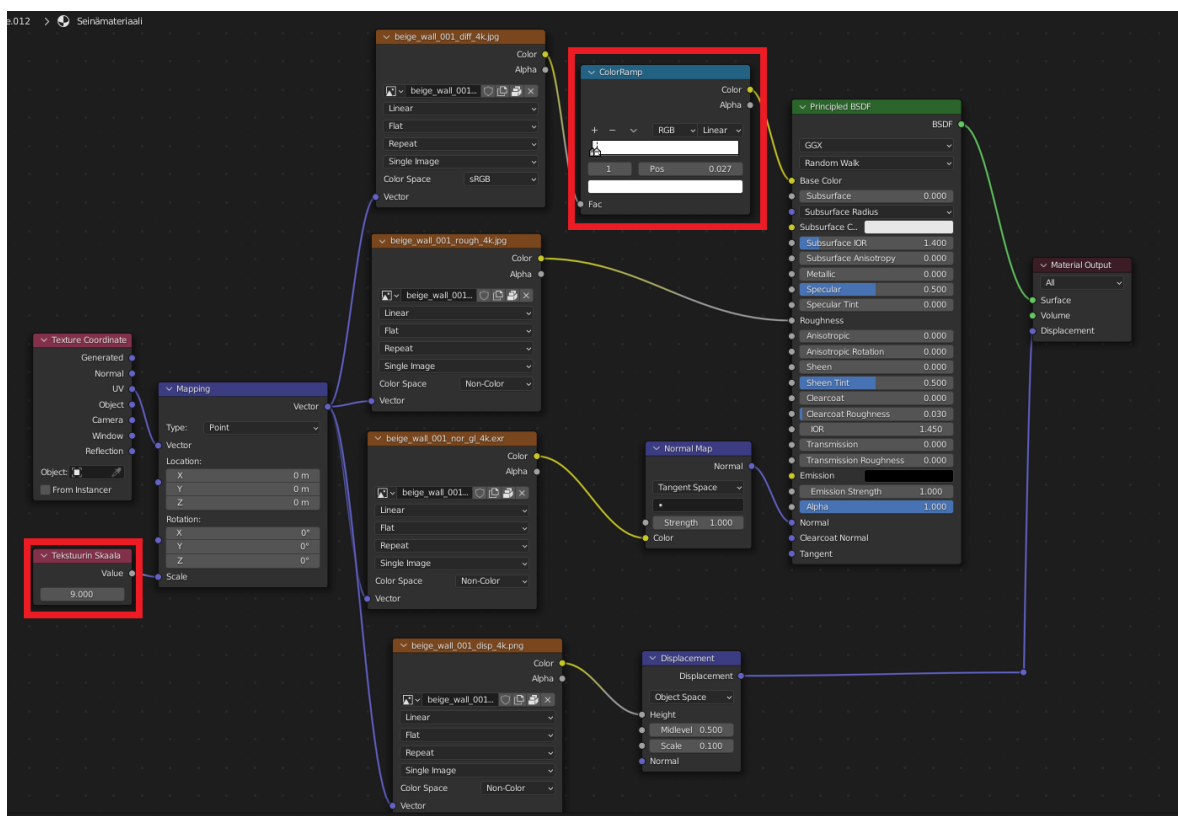


Kuva 27. Mallinnettuja ja teksturoituja objekteja

Tosielämässä on hyvin vähän täysin teräviä kulmia omaavia asioita. Tämän takia objektien kulmiin on tärkeää lisätä pientä viistoa (bevel), jotta niihin osuva valaistus käyttäytyy realistisesti. Galleriatilassa näitä olivat muun muassa seinien ja oviaukkojen kulmat. Tämä tehtiin objektista riippuen joko manuaalisesti bevel-työkalulla tai automaattisesti bevel-muuntimella.

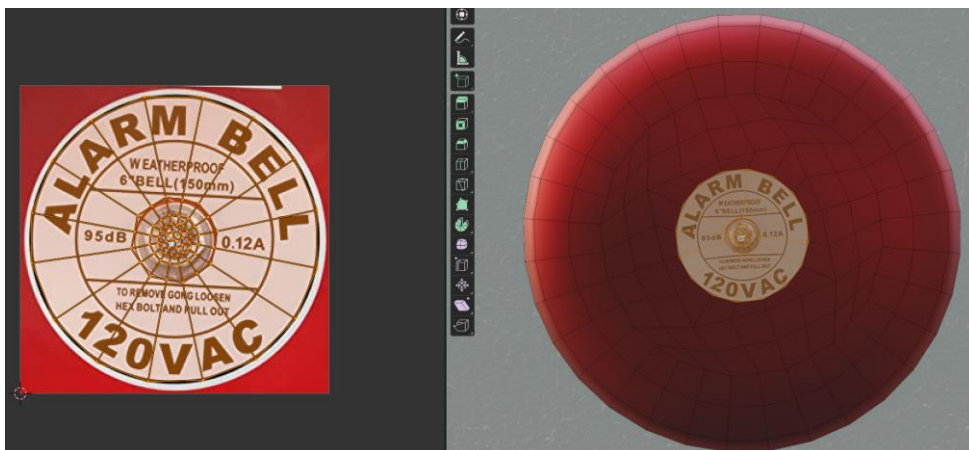
5.2.2 Materiaalit ja tekstuurit

Mallinnuksen jälkeen objekteille luotiin materiaalit. Osalle objekteista riitti pelkkä Principled BSDF -shaderilla tehty materiaali, mutta lähes kaikissa käytettiin joko valmiita tekstuurikarttoja tai itsetehtyjä tekstuureja. Kun juuri oikeanlaista tekstuuria ei löytynyt, voitiin niitä tiettyyn pisteeseen asti muokata lähemmäksi haluttua muotoa Blenderin Shader editorin sisällä. Esimerkiksi gallerian seinämateriaaliin löytyi sopiva tekstuurikarttapaketti, mutta sen väri ja skaala eivät olleet suoraan tilaan sopivia. Kuvan 28 seinämateriaalista näkee miten diffuse-kartan ja Principled BSDF -shaderin Base Color -liitännän välille on lisätty Color Ramp-node, jolla voitiin muokata tekstuurin alkuperäinen beige väri valkoharmaaksi. Myös Mapping-noden Scale-liitännään on lisätty Value-node, jota säätämällä tekstuuri skaalautui X- ja Y-akselilla samalla arvolla, estäen tekstuurin venymisen.



Kuva 28. Seinämateriaalin node-asetukset

Kuvan 29 Hälytyskellossa käytetään kahta materiaalia. Ensimmäinen materiaali muodostuu punaisesta pohjaväristä ja metallisuusattribuutista. Toinen materiaali, joka pitää sisällään tekstiuran ja ruuvin, käyttää valokuvasta tehtyä kuvatekstuuria. Tekstuuri on UV-kartoitettu kellon keskiosaan.

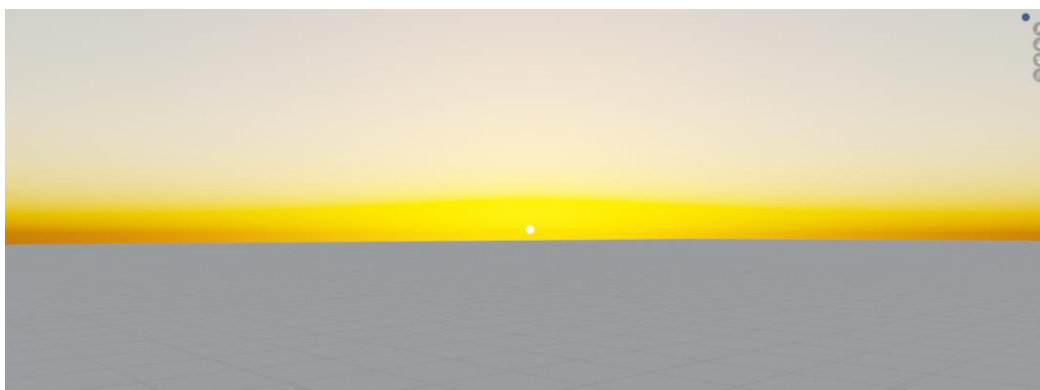


Kuva 29. Hälytyskelloon UV-kartoitettu kuvatekstuuri

Puulattian teksturointi on yleensä ongelmallinen osuus silloin kun pyritään täysin referenssikuvaa vastaavaan tekstuuriin. Syynä on puulankkujen syiden yksilölliset muodot, joiden takia on vaikeaa löytää olemassa olevaa tekstuuria, joka olisi lähes identtinen mallinnettävien lankkujen kanssa. Teksturointi on tällöin lähes aina tehtävä kuvaamalla kohde ja tekemällä kuvista tekstuurikartat. Tähän vaiheeseen ei ehditty työn aikana, joten työssä päätettiin käyttää väliaikaista tekstuuria, jota yritettiin muokata mahdollisimman lähelle alkuperäistä.

5.2.3 Valaistus

Koska gallerian pääsalissa on suuret kattoikkunat, auringonvalon oikeanlainen esitys oli tärkeää. Tähän tarkoitukseen valittiin realistista taivasta simuloiva taivastekstuuri, joka käyttää Nishita-taivasmallia sekä Blenderin Sun position -lisäosa. Näitä yhdessä käyttäessä pystyttiin simuloida aurinkoa halutuissa maantieteellisissä sijainneissa sekä vuoden- ja vuorokaudenajoissa. Näin saatiin säädettävä ja realistinen luonnonvalo galleriatilaan. Kuvassa 30 näkyy Nishita sky ja Sun position lisättynä taso-objektin kanssa tyhjiin tilaan. Asetukset säädettiin tässä testissä esittämään toukokuista auringonlaskua Etelä-Suomessa.



Kuva 30. Nishita Sky -taivastekstuuri Sun position -lisäosalla

Gallerian sisävalaistus toteutettiin kohde- ja aluevalo-objekteja käyttämällä. Käytävien kattoon upotetut valaisimet mallinnettiin ja niiden valo-objekteina käytettiin aluevaloja valaisimien muodon takia. Myös gallerian kohdevalaisimet mallinnettiin ja niihin liitettiin kohdevalot. Kohdevalaisimien sisälle luotiin myös emissiivinen materiaali, jonka ansiosta valaisimet näyttivät rendereissä realistisemmilta (kuva 31). Valojen tehoissa ja värilämpötiloissa käytettiin arvioita, koska galleriassa käytetyistä lamputa ei ollut tietoa. Tämä johti siihen, että oikeanlaisen valaistuksen löytämiseen vaadittiin paljon testausta eri arvoilla.



Kuva 31. Lähikuva kohdevalaisimista

5.2.4 Kamera ja renderointi

Kameran asetukset säädettiin renderöitävän tilan tarpeiden mukaan. Lopuksi päätettiin yrittää toteuttaa camera matched render eli render, jossa virtuaalikameran paikka ja asetukset vastaavat valokuvan ottaneen kameran asetuksia. Ongelmaksi muodostui se, että referenssikuvia ottaneen kameran teknisiä tietoja ei ollut saatavilla, eikä niitä löytynyt kuvien EXIF-dataa tutkimalla. Myöskään jälkikäsitteilyn, kuten rajauksen määrää ei voitu tietää. Matching täytyi tehdä siis manuaalisesti.

Referenssikuva vietiin ensin kuvankäsittelyohjelmaan, jossa siihen lisättiin perspektiiviviivoja helpottamaan perspektiivin hahmottamista. Tämän jälkeen Blenderissä Output Properties -välilehdessä säädettiin virtuaalikameran resoluutio vastaamaan valokuvan resoluutiota. Lopuksi kameraobjektin Properties-välilehdessä aktivoitiin Background Images -asetus, jonka avulla referenssikuva saatiin lisättyä kameran ruudun päälle. Lisätyn referenssikuvan opacity-arvoa säätämällä saatiin se läpikuultavaksi, jonka jälkeen kamera oli valmiina sovitusta varten. Ensimmäin otettiin selvää minkälaisilla kameran objektiiveilla ja asetuksilla gallerian kaltaisia tiloja yleensä kuvataan. Käyttämällä näitä arvoja lähtöpisteenä ja niitä säätämällä päästiin lopulta tarpeeksi lähelle alkuperäisen kuvan perspektiiviä.

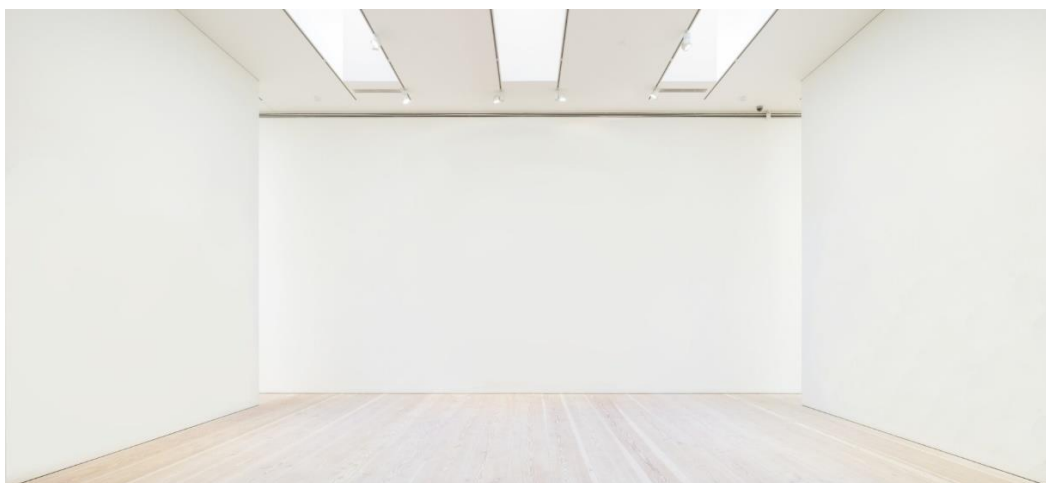
Render-asetusten Color Management -osiossa säädettiin valotusarvoja tapauskohtaisesti, jonka jälkeen galleriatilasta otettiin rendereitä eri kuvakulmista. Samalla testattiin kuinka

paljon renderin eri maksimi näytteenottotaajuudet vaikuttivat renderöinnin keston ja millä arvoilla saatiin riittävän selkeitä rendereitä.

5.3 Lopputulokset

Galleriatilassa päästiin haluttuun lopputulokseen ja se on valmis käytettäväksi virtuaalivalokuvausta varten. Renderien näytteenottotaajuuksia testatessa päädyttiin johtopäätöseen, että näytteenottotaajuuden maksimi arvo väliltä 1000–2500 riitti laadukkaiden kuvien saamiseen kohinanpoiston avulla, kun otettiin HD-tason rendereitä. Renderöinneissä kesti noin 5–20 minuuttia yhtä kuvaa kohti. Jos käytössä olisi ollut modernimpi tietokone, renderointiajat olisivat olleet paljon lyhyempiä.

Myös referenssikuviiin verratessa päästiin lähelle tavoitetta. Kuva 32 on valokuva galleriasta ja kuva 33 on 3D-visualisaatio samasta tilasta. Render olisi voitu vielä viedä jälkikäsiteltäväksi varsinkin värikorjailun osalta, jos haluttaisiin sama värisävy kuin referenssikuvassa.



Kuva 32. Referenssikuva galleriasta



Kuva 33. 3D-visualisointi galleriasta

6 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda realistinen 3D-visualisointi taidegalleriasta käyttäen 3D-mallinnusohjelma Blenderiä. Galleriaa tullaan käyttämään 3D-skannattujen taideteosten esittelyyn ja virtuaalivalokuvaamiseen. Työn aikana eri lähteistä haetun tiedon kautta opittiin realistisen 3D-visualisoinnin työnkulun teoriaa ja tekniikoita, joita hyödynnettiin gallerian teossa.

Vaikka Blender oli entuudestaan tuttu varsinkin mallinnuksen osalta, uudet tekniikat helpottivat työntekoa selkeästi. Käsitys realistisesta valaistuksesta parani huomattavasti työn ansiosta. Työn edetessä opittiin paljon myös yrityksen ja erehdyksen kautta.

Ongelmiltakaan ei työssä vältytty. Pienetkin mittavirheet tuottivat välillä päänvaivaa, koska virheiden aiheuttamat ongelmat huomattiin vasta toteutuksen myöhemmässä vaiheessa, kun testi rendereitä verrattiin referenssikuviiin. Koska virtuaaligalleria perustui todelliseen galleriaan, työskentely olisi helpottanut, jos olisi ottanut etukäteen selvää esimerkiksi gallerian valaistuksessa käytettyjen lamppujen ominaisuuksista tai mallinnettävien kappaleiden tarkoista mitoista. Ohjelman ajoittaiset kaatumiset ja selittämättömät virheet olivat myös riasana.

Virtuaalinen galleriatila valmistui halutulla tavalla ja se on valmis käytettäväksi. Työssä saavutettiin asetetut tavoitteet myös realistisuuden osalta. Opinnäytetyö oli kuitenkin vasta pintakosketus fotorealistisen 3D-visualisoinnin näkökulmasta ja työn aiheita voidaan jatkokehittää usealla eri tavalla. Jokaisesta läpikäydyistä aihealueesta pystyisi varmaan tehdä täyden opinnäytetyön verran tutkimusta. Casessa tehtyä galleriaa voisi kehittää eteenpäin tekemällä esimerkiksi interaktiivisen virtuaalisen näyttelytilan internettiin tai tehdä siitä virtuaalitodellisuutta hyödyntävän tilan.

Lähteet

Antunes, J. 2020. Cinema 4D powers many films recognized in 2020 award season. ProVideo Coalition. Viitattu 12.5.2022. Saatavissa: <https://www.provideocoalition.com/cinema-4d-powers-many-films-recognized-in-2020-award-season/>

Autodesk. 2017. UVs. Viitattu 23.5.2022. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/maya-lt/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/MayaLT/files/GUID-FDCD0C68-2496-4405-A785-3AA93E9A3B25-htm.html>

Autodesk. 2018. About environment textures. Viitattu 23.5.2022. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/alias-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Alias-Rendering/files/GUID-A7F1BF2D-232A-40FD-9BB2-5686E3842E1C-htm.html>

Barber, B. What are the different texture maps for? Poliigon. Viitattu 23.5.2022. Saatavissa: <https://help.poliigon.com/en/articles/1712652-what-are-the-different-texture-maps-for>

Beals, J. 2013. Render Vs. Photo Apollo Architecture. Viitattu 13.5.2022. Saatavissa: <https://jdbbeals.com/2013/08/render-vs-photo-apollo-architecture/>

Blender. 2022a. About. Viitattu 10.05.2022. Saatavissa: https://docs.blender.org/manual/en/latest/getting_started/about/introduction.html

Blender. 2022b. Structure. Viitattu 10.5.2022. Saatavissa: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/structure.html>

Blender. 2022c. Materials. Viitattu 10.5.2022. Saatavissa: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/materials/introduction.html>

Blender. 2022d. Displacement. Viitattu 10.5.2022. Saatavissa: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/materials/components/displacement.html>

Blender. 2022e. Wave texture example. Viitattu 10.5.2022. Saatavissa: https://docs.blender.org/manual/en/latest/images/render_shader_nodes_textures_wave_example.png

Blender. 2022f. Light Objects. Viitattu 23.05.2022. Saatavissa: https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/lights/light_object.html

Blender. 2022g. Light Paths. Viitattu 23.05.2022. Saatavissa: https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/cycles/render_settings/light_paths.html

Blender. 2022h. Cameras. Viitattu 23.05.2022. Saatavissa: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/render/cameras.html>

Clark, S. 2021. Has Augmented Reality for Marketing Finally Come of Age? CMSWire. Viitattu 20.05.2022. Saatavissa: <https://www.cmswire.com/digital-marketing/has-augmented-reality-for-marketing-finally-come-of-age/>

Denham, T. 2019a. What is Rendering? (For 3D & CG Work). Concept Art Empire. Viitattu 12.5.2022. Saatavissa: <https://conceptartempire.com/what-is-3d-rendering/>

Denham, T. 2019b. What is Post Processing in 3D Work? Concept Art Empire. Viitattu 17.5.2022. Saatavissa: <https://conceptartempire.com/post-processing/>

Denham, T. 2020. What are Procedural Textures? Concept Art Empire. Viitattu 15.5.2022. Saatavissa: <https://conceptartempire.com/procedural-textures-maps/>

Eder, N. 2019. Adding Textures to 3D models; Texture, Bump, and Displacement Mapping: How to Make Photo-realistic Models. GrabCAD. Viitattu 10.5.2022. Saatavissa: <https://grabcad.com/tutorials/adding-textures-to-3d-models-texture-bump-and-displacement-mapping-how-to-make-photo-realistic-models>

Glawion, A. 2022a. What's the Best 3D Render Engine (GPU & CPU) for your Needs? CGDirector. Viitattu 22.5.2022. Saatavissa: <https://www.cgdirector.com/best-3d-render-engines/>

Glawion, A. 2022b. CPU vs. GPU Rendering – What's the difference and which should you choose? CGDirector. Viitattu 22.5.2022. Saatavissa: <https://www.cgdirector.com/cpu-vs-gpu-rendering/>

IKEA. Say hej to IKEA Place. Viitattu 20.5.2022. Saatavissa: <https://www.ikea.com/au/en/customer-service/mobile-apps/say-hej-to-ikea-place-pub1f8af050>

iRender. 2020. Biased and Unbiased Rendering algorithms. Which is better? Viitattu 23.5.2022. Saatavissa: <https://irendering.net/biased-and-unbiased-rendering-algorithms-which-is-better/>

Konstantinos, A. 2010. Making of GH House Between the Rocks. Viitattu 12.5.2022. Saatavissa: <https://www.ronenbekerman.com/wp-content/uploads/2010/05/making-gh-house-kostas-anninos-before-after-interior.jpg>

Martin, J. Using Physically Correct Brightness in Cycles. Blendergrid. Viitattu 23.5.2022. Saatavissa: <https://blendergrid.com/learn/articles/cycles-physically-correct-brightness>

Maxim, S. 2016. What is HDRI? VRender. Viitattu 23.5.2022. Saatavissa: <https://vrender.com/what-is-hdri/>

Maxwell, W. 2020a. What is a UV Map and How to Create One. CG Obsession. Viitattu 23.5.2022. Saatavissa: <https://cgobsession.com/what-is-a-uv-map-and-how-to-create-one/>

Maxwell, W. 2020b. Complete Guide to Texture Map Types. CG Obsession. Viitattu 23.5.2022. Saatavissa: <https://cgobsession.com/complete-guide-to-texture-map-types/>

Murphy, T. 2011. Maximum Efficiency of White Light. Viitattu 23.5.2022. Saatavissa: <https://tmurphy.physics.ucsd.edu/papers/lumens-per-watt.pdf>

Nebulem. Photorealistic Rendering. Viitattu 18.5.2022. Saatavissa: <https://nebulem.com/resources/photorealistic-rendering-knowledge/>

Paterson D. What is PBR and how do we use it in Blender? ArtisticRender. Viitattu 10.5.2022. Saatavissa: <https://artisticrender.com/what-is-pbr-and-how-do-we-use-it-in-blender/>

Patil, R., Zhang, Y. 2019. 3d visualization: definition, use cases and benefits with real world case studies. Hapticmedia. Viitattu 12.5.2022. Saatavissa: <https://haptic-media.com/blog/3d-visualization-definition-benefits-software/>

RebusFarm. 2020. What is a Render Farm? Everything you need to know about Render Farms. Viitattu 22.5.2022. Saatavissa: <https://us.rebusfarm.net/en/blog/2990-what-is-a-render-farm-everything-you-need-to-know-about-render-farms>

Renderguide. 2020. Blender Shader Nodes Tutorial. Viitattu 25.5.2022. Saatavissa: <https://renderguide.com/blender-shader-nodes-tutorial/>

Renderpool. 2021. Blender Compositor: How to Create Post-processing Effects. Viitattu 24.5.2022. Saatavissa: <https://renderpool.net/blog/blender-compositor-how-to-create-post-processing-effects/>

Sanden, H. 2020. Why Blender Isn't Industry Standard. Flipped Normals. Viitattu 18.5.2022. Saatavissa: <https://flippednormals.com/articles/why-blender-isnt-industry-standard/>

Selin E. PBR and the principled BSDF shader explained. ArtisticRender. Viitattu 10.5.2022. Saatavissa: <https://artisticrender.com/physically-based-rendering-and-blender-materials/>

Vidojevic, B. 2018. Traditional Photography Vs. 3D Product Visualization: How To Make The Right Choice. Cylindo. Viitattu 22.5.2022. Saatavissa: <https://blog.cylindo.com/furniture-photography-vs-3d-visualization-checklist>

Wayne, A. 2021. 3D Visualization in Architecture: How Architects Can Use It on Every Stage of a Project. ArchiCGI. Viitattu 24.5.2022. Saatavissa: <https://archicgi.com/architecture/3d-visualization-in-architecture-uses/>