

Antti Hartikainen

3D-Maisemankuvan tekeminen valokuvista



Tradenomi (AMK)

Tietojenkäsittely

Syksy 2022



**KAMK • University
of Applied Sciences**

SISÄLLYS

| | | |
|---|---|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 1 |
| 2 | SUUNITTELU..... | 2 |
| | 2.1 Luonnostelu..... | 2 |
| | 2.2 Karkea luonnostelma..... | 3 |
| | 2.3 Kuvakulma..... | 4 |
| 3 | 3D-MALLINNUS..... | 6 |
| | 3.1 Mallinnus..... | 6 |
| | 3.2 UV-kartoitus ja Unwrappaus..... | 7 |
| | 3.3 Teksturointi..... | 8 |
| | 3.4 Rakennelman teksturointi..... | 10 |
| | 3.5 Blenderin lisäosat..... | 11 |
| 4 | YMPÄRISTÖN MALLINTAMINEN..... | 13 |
| | 4.1 Vaihtoehdot maaston luontiin..... | 13 |
| | 4.2 Rakennelmien mallintaminen..... | 14 |
| | 4.3 Maaston teksturointi..... | 15 |
| | 4.4 Puut ja muu kasvisto..... | 15 |
| 5 | RENDERÖINTI JA JÄLKIKÄSITTELY UNREAL ENGINELLÄ..... | 17 |
| 6 | 3D-SKENEN TOTEUTTAMINEN VALOKUVISTA..... | 19 |
| | 6.1 Suunnittelu..... | 19 |
| | 6.1.1 Referenssi..... | 20 |
| | 6.1.2 Luonnostelma..... | 21 |
| | 6.2 Ohjelmistojen valinta..... | 22 |
| | 6.3 Maaston mallintaminen ja teksturointi..... | 23 |
| | 6.4 Rakennelmien mallintaminen..... | 25 |
| | 6.5 Rakennelmien teksturointi..... | 31 |
| | 6.6 Kasvisto, Bled-Järvi ja muu ympäristö..... | 36 |
| | 6.7 Jälkikäsitteily UE..... | 38 |

| | | |
|---|------------------|----|
| 7 | POHDINTA..... | 41 |
| 8 | YHTEENVETO | 43 |
| | LÄHTEET | 44 |

Tiivistelmä

Tekijä: Antti Hartikainen

Työn nimi: 3D-Maisemankuvan tekeminen valokuvista

Tutkintonimike: Tradenomi (AMK), tietojenkäsittely

Asiasanat: Peligrafiikka, 3D-mallinnus, Blender, Unreal Engine

Tämän opinnäytetyön aiheena on 3D-maisemankuvan tekeminen valokuvista eli miten 3D-ympäristön tekeminen onnistuu katsomalla mallia digitaalisista valokuvista. Tekninen toteutus tapahtuu 3D-mallinnusohjelma Blenderillä ja renderöinti Unreal Engine-pelimoottorissa. Maisemakuvan lopputuloksen tulisi olla realistisen ja pelimäisen kuvan kaltainen.

Tutkimuksen referenssikuvina oli useasta eri kuvista katsottuna Slovenian Bledissä sijaitseva vuoristojärvi-alue, jonka keskipisteessä on saari, jolla sijaitsee kirkko ja muita rakennelmia. Tutkimuksessa käytettiin valmiita internetistä löytyviä tekstuureja ja hyödynnettiin mahdollisimman paljon Blenderin Add-onseja eli lisäosia.

Teoriaosuudessa kerrotaan keskeisiä työvaiheita 3D-malliinnusprosessista ja Unreal Enginen renderöinnistä. Työn käytännön osuudessa kerrotaan, miten maisemakuvan tekeminen onnistuu vaihe vaiheelta, alkaen kuvan valinnasta, maaston luomisesta, kasviston lisäämisestä, rakennelmien tekemisestä. Jälkikäsitely osuudessa kerrotaan renderöinnistä.

Lopputuloksena on, että 3D-maisemakuvan tekeminen onnistuu, mikäli kohteesta on runsaasti referenssejä ja tiedossa on mallinnettavan kohteen mittasuhteet. Kohteen sijainnilla ei ole väliä, mutta tekemistä voi helpottaa, jos kohteeseen pääsee esim. Google Street viewillä tai siitä löytyy drone-videoita.

Abstract

Author: Antti Hartikainen

Title of the Publication: How to Make a 3D Landscape Picture Based on Photos

Degree Title: Bachelor of Business Administration, Business Information Technology

Keywords: Game Graphics, 3D modeling, Blender, Unreal Engine

The topic of this thesis was how to make a 3D landscape image from photographs, meaning how to create a 3D environment by based on a model from digital photos. The technical implementation takes place with the 3D modeling program Blender and the rendering in the unreal Engine game engine. The result of the landscape picture should be a realistic and game-like picture.

The reference images for the study were the mountain lake area in Bled, Slovenia, with an island in the center, where a church and other structures are located, as seen from several different images. In the research ready-made textures found on the internet were used and Blender's add-ons were utilized as much as possible.

The theory part describes the key work steps of the 3D modeling process and Unreal Engine rendering. The practical part of the work explains how to make a landscape picture step by step, starting with choosing the picture, crating the terrain, adding flora, making structures. The post-processing section discusses rendering.

The result is that making a 3D landscape image is successful if there are plenty of references for the object and the dimensions of the object to be modeled are known. The location of the target doesn't matter. However, it can be easier if one can reach the target using e.g. Google Street View or one can find drone videos of it.

Symboliluettelo

| | |
|----------------|--|
| Blender | 3D-mallinnusohjelma |
| 3D | 3D-grafiikka eli kolmiulotteinen grafiikka |
| Add-ons | Blenderin lisäosat |
| Skene | Blenderin työskentelytila |
| 3D-Objekti | Tarkoittaa samaa kuin 3D-malli tai 3D-asetti |
| Polygoni | Verteksien väliin muodostuva reunojen rajaama pinta |
| Renderöinti | Prosessi, jolla luodaan valmis ja lopullinen graafinen näkymä |
| Materiaali | Varjostin, josta tulee 3D-mallin värit tai kuvatekstuuri |
| Modifikaattori | Automaatiomuuntaja, joka muun muassa muuntaa objektin geometrisiä muotoja |
| Mirror | Peilaus-modifikaattori, joka peilaa 3D-mallin vastakkaiselle puolelle |
| Array | Modifikaattori, joka monistaa objektia |
| Bevel | Modifikaattori, joka pyöristää kulmia |
| Sub.Surface | Modifikaattori, joka tasoittaa, pyöristää ja lisää geometriaa 3D-objektissa |
| Weight Normal | Modifikaattori, joka muuttaa mukautetut normaalit |
| Boolean | Modifikaattori, jossa objektin muokkaamiseen käytetään toista objektia |
| Särmä | Kahden verteksin väliin piirretty viiva |
| Unreal Engine | Epic Gamesin kehittämä pelimoottori |
| Pelimoottori | Ohjelma, jolla digitaaliset pelit valmistetaan. Sisältää mm. Matikkaa, fysiikkaa ja renderöintikirjastoja. |

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, miten 3D-maisemakuvan tekeminen onnistuu digitaalisten valokuvien pohjalta. Raportti on suunnattu peligrafiikasta kiinnostuneille, peligrafiikkaa opiskeleville, pelialalla työskenteleville ja 3D-mallintamisesta kiinnostuneille.

Maisemakuvan lopputuloksen tulisi olla realistisen ja pelimäisen kuvan välistä. Kuvan tarkoituksena ei ole olla täsmälleen samanlainen kuin referenssikuvissa, vaan sitä vahvasti muistuttava. 3D-mallinnus ja teksturointi tapahtuvat 3D-mallinnusohjelma Blenderin puolella ja renderöinti Unreal Engine -pelimoottorissa. Tekstuureista suurin osa on Megascansin tekstuureja, mutta erikoistekstureiden tekoon käytän myös Substance Painter -sovellusta. Mallikuvareferenssinä käytän Pixabay-kuvapankista löytyviä kuvia. Lopullinen kuva tulee olemaan sellainen, jossa on vuoristoa, metsää ja vesistöä ja vanhoja kirkkorakennuksia.

Tarkoituksena toteutuksessa on käyttää mahdollisimman paljon Blenderin lisäosia ja modifikaattoreita maaston, kasviston ja rakennelmien tekemiseen. Lisäosat helpottavat ja nopeuttavat 3D-mallintamista.

2 SUUNNITTELU

Suunnittelu ja aikatauluttaminen on kaikenlaisessa projektityöskentelyssä äärimmäisen tärkeää, on sitten kyseessä opinnäytetyö tai vaikka opiskelijoiden peliprojekti. Suunnittelussa tärkeintä on, missä järjestyksessä projekti kannattaa toteuttaa ja laatia niille aikataulu jossa ilmenee se, että miten pitkään kuhunkin projektin vaiheeseen tulisi aikaa käyttää. Jos johonkin projektin vaiheeseen tuhlautuu liikaa aikaa, on syytä keksiä jotakin muuta tilalle. [1]. Tässä kappaleessa kerron tämän projektin kannalta suunnittelun keskeisistä osista eli referensseistä, luonnostelmasta ja kuvakulmasta.

Referenssikuvat ovat lyhyesti selitettynä malleja tai mallikuvia, joita käytetään apuna oman teoksen luomiseen. Se on vanha ja perinteinen tapa, jota jokainen luovien teosten valmistamisessa työskentelevä on käyttänyt enemmän tai vähemmän jossain vaiheessa luodessaan teoksia, koska ihmisen visuaalinen muisti ei riitä hahmottamaan kaikkea mahdollista. Jos vaikka luodaan 3D-hahmoa, jonka tarkoitus on irvistää ilkeästi, niin voi ottaa itsestään valokuvan, jossa irvistää ilkeästi ja käyttää sitä mallikuvareferenssinä. Referenssikuvien käytössä ei kumminkaan kannata kopioida liian suoraan, vaan niiden tarkoitus on olla apuna oman teoksen kehittämisessä. Jos tarkoituksena on tehdä pelihahmo, joka on ihmismäinen hiiri, niin ei kannata kopioida liian suoraan Disneyn Mikki Hiirtä tai muita tunnettuja hiirihahmoja.

Peligrafiikassa referensseinä voi olla esim. Digitaalinen kuva, video tai jokin peli [2]. Mallinnettavasta kohteesta on hyvä kerätä erilaisia kuvia eri kuvakulmista ja eri lähteistä ja tehdä niistä yhtenäinen taulu, jota pitää koko ajan näkyville teosta luodessaan. Referenssikuvien käytöstä ei tarvitse erikseen mainita luonnoksen julkaisun yhteydessä.

2.1 Luonnostelu

3D-ympäristön, hahmon tai vaikka kulkuneuvon suunnittelussa on hyvä tehdä jossakin muodossa hahmotelmia ennen kuin varsinaista teosta rupeaa tekemään. Hahmotelmia voi toteuttaa yksin-

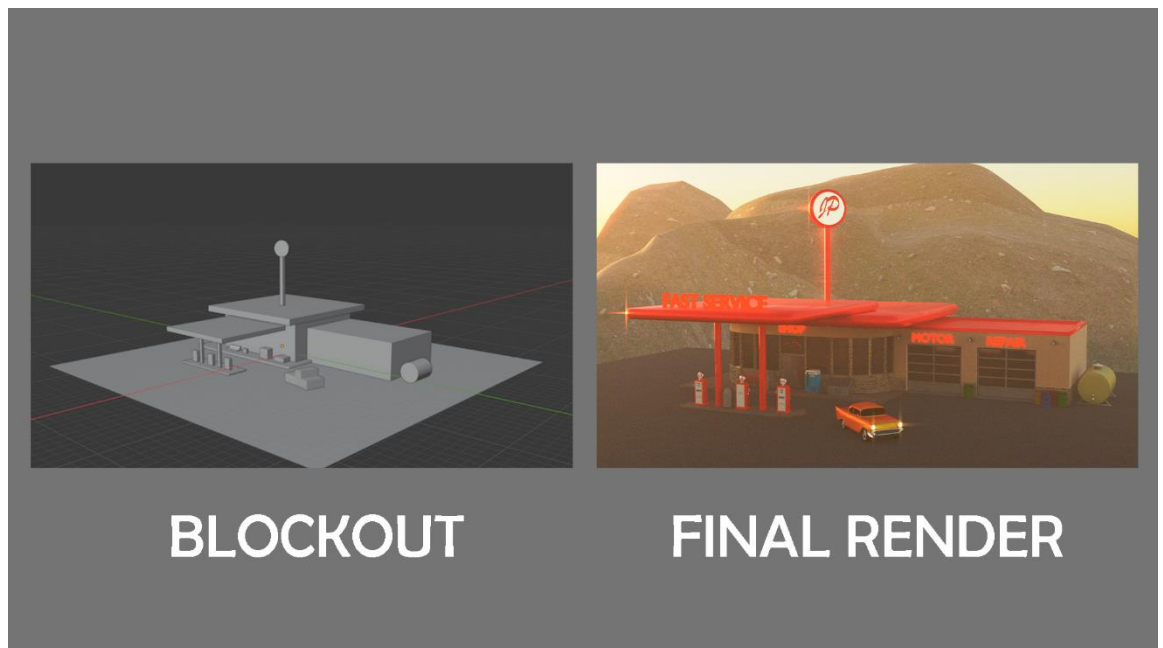
kertaisimmillaan piirtämällä paperille jonkinnäköisiä viivoja tai yksinkertaisia kuvioita. 3D-grafiikassa taas voidaan käyttää lahjakkaiden artistien tekemää konseptigrafiikkaa tai tehdä niin kutsuttu blockout-luonnostelma, jossa otetaan huomioon se, mistä päin teos halutaan ensisijaisesti näyttää eli kuvakulma. [3.].

3D-mallinnusohjelmaan tai pelimoottoriin voi tehdä niin kutsutulla harmaalaatikko-tekniikalla luonnostelman ympäristöstä, joka voi olla esim. Huonetila tai pihaympäristö tai avaruusaluksen sisusta. Harmaalaatikko-tekniikassa tehdään luonnostelma harmailla objekteilla, jotka sijoitetaan niille haluttuun paikkaan.

2.2 Karkea luonnostelma

Kuvan valinnan jälkeen on hyvä tehdä Blenderin skeneen karkea luonnostelman erilaisilla perusobjekteilla. Luonnostelmassa käytetään primitiivisiä geometrisiä muotoja, kuten kuutioita, ympyröitä, sylinterejä tai levyjä ja niillä voi rakentaa pelikentän, peliympäristön tai peliobjektin. Luonnostelman ei ole tarkoituskaan olla hieno tai tyylikkäästi muotoiltu ja siihen ei tule tekstuureja tai valaistusta. [4]. Tärkein asia mihin siinä kannattaa kiinnittää huomiota on mittasuhteet.

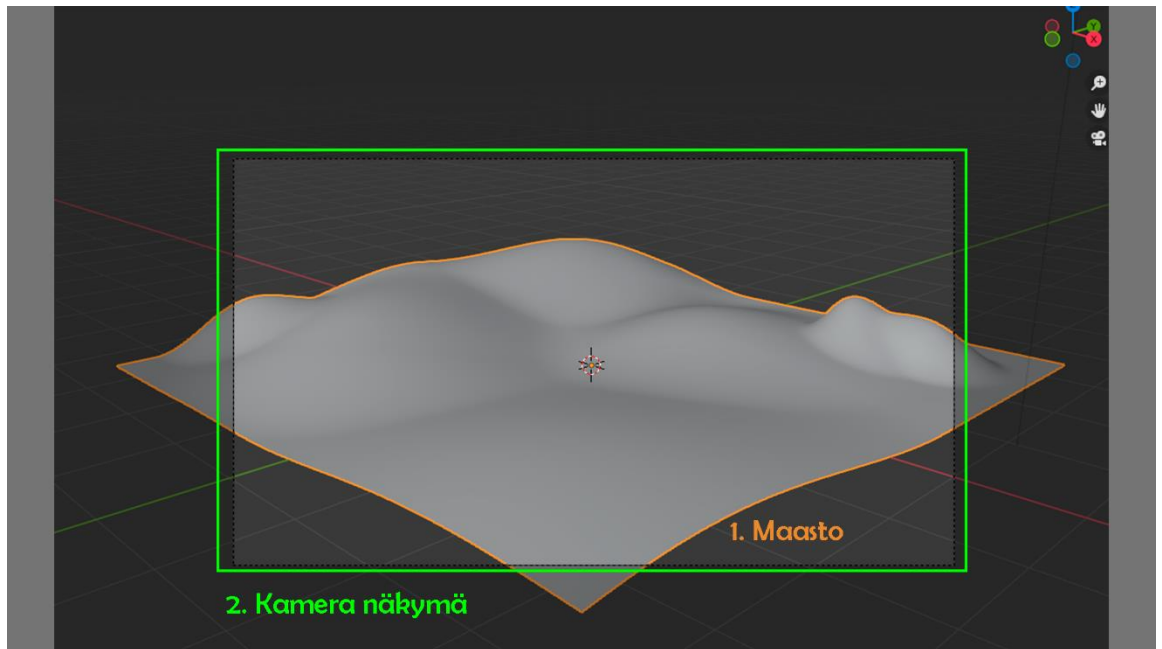
Kun tekee vaikka 1950-luvun Kaliforniaan sijoittuvaa huoltoasemaa, niin on hyvä selvittää minkä korkuisia rakennukset yleensä voisivat olla, miten suuria ovi- tai ikkuna-aukot yleensä ovat. Realistisilla mittasuhteilla 3D-mallit näyttävät järkeviltä ja luonnollisilta muun ympäristön keskellä. Luonnostelma kappaleiden päälle tulee tarkemmin mallinnetut objektit päälle pala kerrallaan. Kuvassa 1 on esimerkki luonnostelmasta ja sen perusteella tehdystä valmiista kuvasta.



Kuva 1. Luonnostelma ja lopullinen kuva

2.3 Kuvakulma

Luonnostelman teon jälkeen on hyvä miettiä kuvakulmaa ja kameran sijaintia. Kun kuvakulma alkaa näyttämään halutunlaiselta, on hyvä rakentaa 3D-maisema siihen eli kameraa ei liikutella enää projektin edetessä. Kameraa voi säätää ja joutua säätämään toki projektin edetessä, mutta kumminkin kuvakulman olisi hyvä pysyä koko toteutuksen ajan lähes samalaisena. Kuvassa 2 on kuvitteellinen maasto ja kameran näkymä.



Kuva 2. Kuvakulma

Maisemakuvan asetelmassa voidaan hyödyntää 1700-luvulta peräisin olevaa maisemakuvien asettelun periaatteita, jossa etualalla olevat asiat ovat silmiin pistävimmät, terävimmät ja eniten huomiota kiinnittävät. Valaistus, muut yksityiskohdat ja kontrastit heikkenevät kauempana kuvissa oleviin 3D-objekteihin. Samaa periaatetta on käytetty mm. Days Gone- ja Metro Exodus -peleissä. [5.] Pelimaailman maisemaa voidaan pitää maisemanesityksen muodoksi, joka välittää kuvan siitä millainen maailma on ja millainen sen pitäisi olla. [6.]

3 3D-MALLINNUS

3D-mallinnus tai kolmiulotteinen mallintaminen on tietokoneohjelmalla tapahtuva prosessi, jonka tarkoituksena on valmistaa 3D-malli virtuaaliympäristöön, kuten digitaalisiin peleihin, animaatioelokuvaan tai 3D-tulostettavaan muotoon. [7.]

Mallinnettavan mallin voi mallintaa suoraan omasta päästä, mutta on hyvä hyödyntää mahdollisimman paljon referenssejä joko katsomalla mallikuvista tehtyä taulua tai viemällä kuva 3D-mallinsohjelmaan, asettaa kuva 3D-mallin alle ja muuttaa sen läpinäkyväksi ja mallintaa päällekkäin.

3.1 Mallinnus

Mallinnusprosessin voi aloittaa suunnittelemalla, missä järjestyksessä mallinnettavan kohteen tekee ja mitä tekniikkaa käyttää. 3D-mallin valmistuksen jälkeen on teksturoinnin vuoro ja sen jälkeen yleensä runsaspolyisesta 3D-mallista tehdään pelimoottoriin sopivampi vähäpolyinen versio. [8.] Mallinnus voidaan voi tapahtua usealla erilaisella tekniikalla.

Kuvapohjaisessa mallinnuksessa 3D-mallinsohjelmaan viedään esim. valokuva tai piirros, joka sijoitetaan objektin alle ja sen jälkeen objekti muokataan kuvan mukaiseksi. Sopii mm. erilaisten kulkuneuvojen mallintamiseen.

Digitaalisessa veistämisessä runsaspolyista objektia veistetään kuin savista ruukkua tai vanhanai-kaista patsasta erilaisilla sivellintyökaluilla. Tekniikalla on mahdollista tehdä nopeasti esim. pelihahmojen yksityiskohtaisia kasvopiirteitä tai muita ruumiinosien yksityiskohtia [9]. Se on käytännöllinen hahmoja tehdessä, mutta mahdollistaa myös objektien verteksien nopean siirtelyn mitä tahansa 3D-mallia tehdessä. [10.]

Helposti lähestyttävässä, aloittelijaystävällisessä ja käytännöllisessä Laatikkomallinnus-tekniikassa, kuutiosta muokataan erilaisia muotoja lisäämällä verteksejä ja liikuttelemalla niitä. Nopealla tekniikalla voi tehdä myös yksikertaisen luonnostelman 3D-ympäristöstä ennen yksityiskoh-taisempaa mallinnusta. Se soveltuu parhaiten rakennusten, ovien, ikkunoiden ja huonekalujen mallintamiseen, vaikka yhdestä kuutiosta voi tehdä monimutkaisempiakin malleja. [11.]

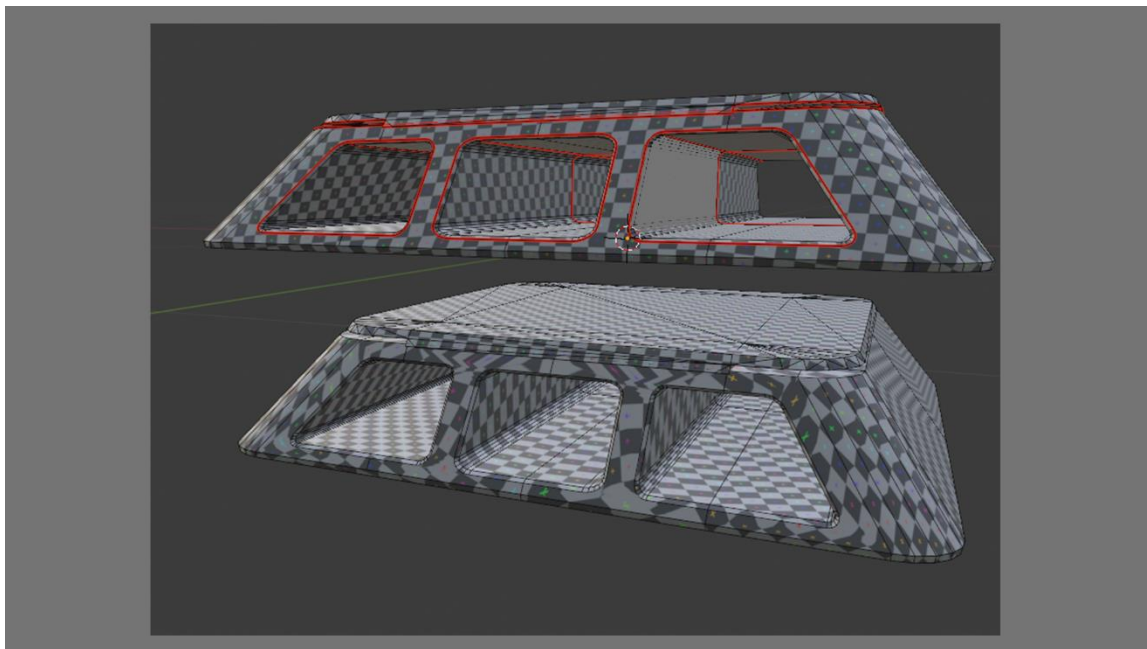
Boolean mallintamisessa toisella objektilla muokataan toiseen objektiin muotoja. Jos vaikka mallinnettavana kohteena olisi kuutiomainen rakennus, johon tarvitsee usean pyöreän ikkuna-aukon, joiden tulisi olla täsmälleen samankokoisia, niin samalla pyöreällä objektilla leikataan aukkoja rakennusmalliin. Tämä on huomattavasti nopeampaa kuin että tekisi jokaisen ikkuna-aukon erikseen. Toinen hyöty on kahden mallin liitos, jossa leikkaus tallentaa vain geometrian, jonka kaksi objektia jakaa. [12]

3.2 UV-kartoitus ja Unwrappaus

UV-kartoitus on lähes pakollinen toimenpide, joka suoritetaan mallintamisen jälkeen ennen tekstuurien paikalleen asettamista. Toimenpiteen tarkoituksena on saada 2D-kuvatekstuurit asettumaan paikalleen niin, että ne olisivat luonnollisen näköisiä 3D-objektin päällä. [13.] Asettelyn helppous riippuu paljon siitä, minkä muotoiseen 3D-malliin tekstuurit halutaan. Blenderillä tähän operaatioon ovat apuna mustavalkearuutuinen shakkiruutu-tekstuuri ja Smart UW Project -toiminto. [14.] Itse UV-kartoituksessa tapahtuvaa toimintoa kutsutaan unwrappaamiseksi.

Yksi hyödyllinen teksturointitekniikka voi olla saumoittaminen. Saumoittamistekniikan osaaminen voi kanssa helpottaa uv-kartoituksen tekemistä. Lyhyesti selitettynä siinä lisätään saumat tiettyihin särmeihin, jotka vaikuttavat tekstuurin asetteluun. [15.] Ongelmana on vain se, mihin särmiin saumat kannattaa laittaa. Tämän oppii vain harjoittelemalla.

Kuvassa 3 on paneeli, johon on laitettu shakkiruutu tekstuurin lisäksi ilman saumoja oleva versio ja saumojen kanssa oleva versio. Blenderissä saumoitetut saumat näkyvät punaisena. Kuten voi huomata mitä tapahtuu saumoittamistekniikan osaamisella eli tekstuuri asettuu paikalleen luontevasti, eikä skaalaudu villisti.



Kuva 3. Yllä saumoitettu ja alla saumoittamaton paneeli

Saumoituksen toteutetaan edit mode -tilassa. Select-valikosta valitaan Select Sharp Edges, lisätään saumat särmiin ja sen jälkeen unwrap-toiminto ja tekstuurikartan pitäisi asettua 3D-objektiin luontevasti. Saumoja ei kannata asettaa silloin, kun esim. Bevel-modifikaattori on päällä, vaan sen voi kytkeä pois päältä pois saumoittamisen ajaksi, jolloin 3D-objektin särmien määrä on pienempi.

3.3 Teksturointi

Peligrafiikassa teksturoinnilla tarkoitetaan 2D-kuvan tai kuvien liittämistä 3D-malliin [16]. Yleensä voidaan puhua tekstuurikarttojen liittämisestä 3D-malliin eli tekstuurikartta on kuva, joka voi olla esim. valokuva tai kuvankäsittelyohjelmalla valmistettu kuva. Teksturoinnin on tarkoitus elävöittää ja saada malli näyttämään aidommalta.

Tekstuurikartoista yleensä tarvitsee ainakin pohjaväriä, karheuskarttaa ja normaalikartta kuvia. Hyvin yleinen on myös metallikartta metallisiin tekstuureihin ja joissain tapauksissa varjostusta lisäävä ympäristön okklusiokartta. Kuvassa 4 on harmaan kiven tekstuurikarttoja.



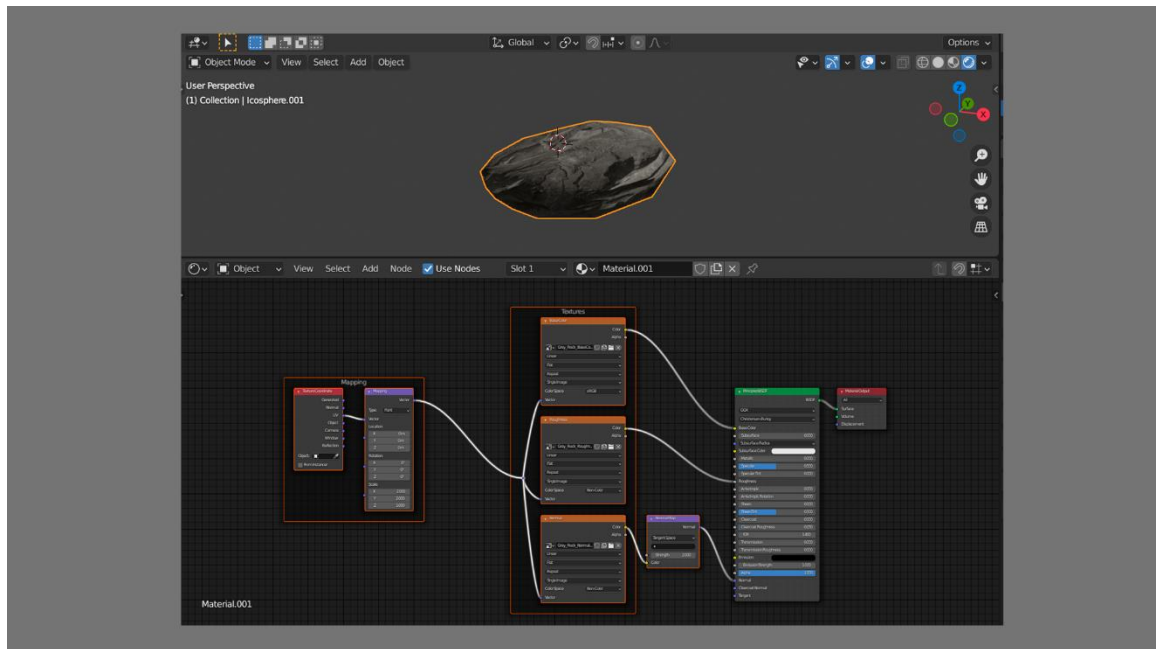
Kuva 4. Tekstuurikartat

Tärkein ja se, minkä ainakin tarvitsee mihin tahansa 3D-malliin, on pohjakartta, jossa on perusvärit, kuten tässä tapauksessa harmaata ja valkoista ja mustaa eri sävyillä. Pohjakartta voi olla mikä tahansa valokuva esim. Maastosta, kuten hiekkaa, kiviä tai asfalttia.

Karheuskartta lisää pintojen heijastusta ja karheutta tai vastakohtaisesti kiiltämisen terävyyttä. Riippuu, kumpaa halutaan. Tällä kartalla elävöitetään pohjakartta.

Yleensä violetinvärisestä normaalikartasta tulee taas värikanavien avulla kohoumat, kuten vaikka kivien terävät pinnat tai 3D-hahmon kasvojen yksityiskohtaisia muotoja. Kohoumien voimakkuutta voi säädellä Blenderissä halutun näköiseksi. [17.]

Kuvassa 5 näkyy tekstuurikartat kytkettyä materiaaliin ja materiaali on lisätty kiveä esittävään 3D-malliin. Vasemmalla olevassa laatikossa on tekstuurikoordinaatit, jossa skaalausta on nostettu x- ja y- akselilla kahteen. Tekstuurilaatikosta keskeltä löytyy kuvatekstuurikartat, joista ylimmäisenä on pohjaväri, keskellä karheus ja alimmaisena normaalikartta, josta on lisänoodi, jonka avulla on terävöitetty kiven muotoja. Tekstuurikartat on yhdistetty niin kutsuttuun PRB-varjostimeen ja viimeinen pieni laatikko on output-noodi, jota käytetään pintamateriaalitietojen tulostamiseen pintaobjektiin.



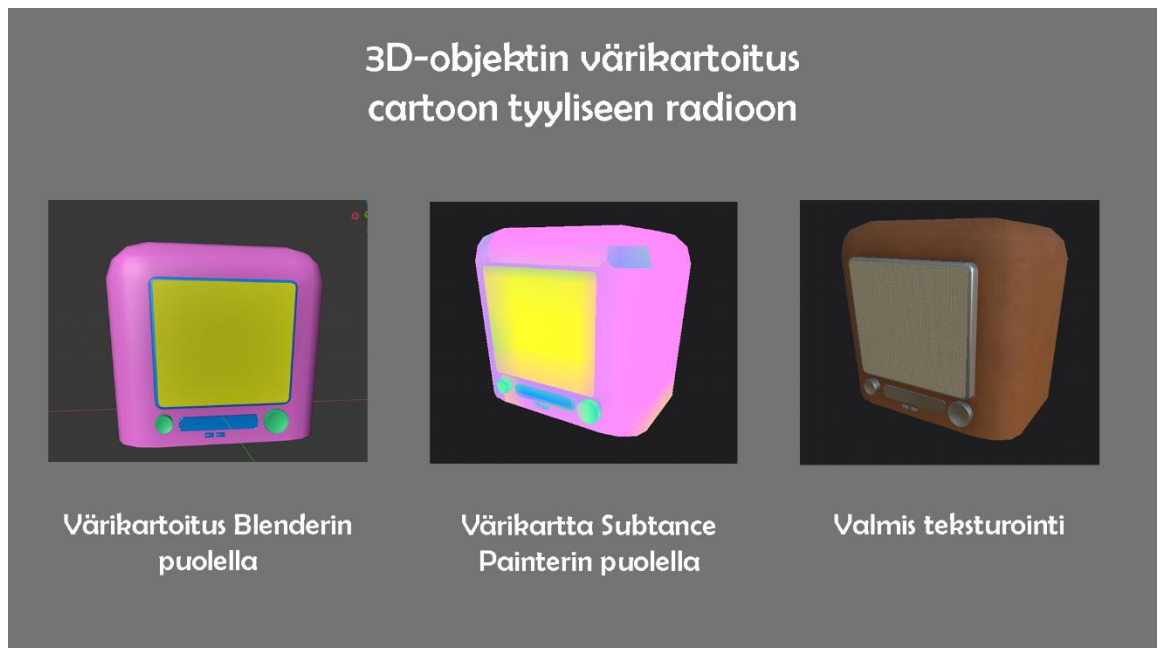
Kuva 5. Blenderin materiaalinoodi

3.4 Rakennelman teksturointi

Rakennelmien teksturoinnissa 3D-malliin tehdään yksi tai useampi paikka materiaalille, joihin tulee haluttu tekstuuri. Yleensä on tarpeellista tehdä ainakin seinille, katolle, ovelle ja ikkunoille omat materiaalipaikat. Riippuen tekstuurien koosta niiden skaalausta voi olla tarpeellista suurentaa tai pienentää.

Värikartoituskäsittelyssä laitetaan Blenderin puolella omat värit objektin haluttuihin kohtiin. Sen jälkeen objektin värikartta on käytettävissä Substance Painterin puolella. Tällä toimenpiteellä saadaan kaikki halutut materiaalit samaan tekstuuriin.

Piirroselokuvamaisen tyyliin radioon tulee neljää erilaista materiaalia eli itse radiolaatikkoon ruskeaa puumaista, kaiuttimen suojaan kangasmateriaali. Metallia suojankehysiin, nappeihin ja taajuusnäyttöön ja pyöreille, säätimelle oma metallinen materiaali. Tämä toimenpide säästää tekstuurien määrässä, kun neljästä eri tekstuurikartasta tulee yksi. Kuvassa 6 on 3D-objektin värikartoitus.



Kuva 6. Värikartoitus

Tämä toimenpide on hyödyllinen ja tarpeellinen, kun tekee pelimoottori valmiita 3D-grafiikkaa ja halua säästää tekstuurien koossa ja määrässä. On aina nopeampaa laittaa ne haluttuihin 3D-objekteihin, kun materiaalit ovat samassa tekstuurissa.

3.5 Blenderin lisäosat

Blenderin lisäosat ovat erikseen sovellukseen asennettavia osia, jotka laajentavat käyttöominaisuuksia. Tavallaan ne ovat jo asennettu käytössä olevaan versioon, mutta ne vain pitää kytkeä päälle, koska kaikkia lisäosia ei välttämättä tarvitse koskaan. Jos kaikki mahdolliset lisäosat taas olisivat kytkettyinä valmiiksi päällä, se vaikuttaa taas ohjelman käynnistykseen ja toimivuuteen. Joissain tapauksissa lisäosa ladetaan joltakin tietyltä sivulta pakatusta muodossa. Yleensä käyttöön otettavalle lisäosalle löytyy selkeä ohjeistus tai video-ohje, jossa on asennus- ja käyttöohjeet, jotka ovat mielestäni yleisesti ottaen helposti ymmärrettäviä. [18.]. On olemassa myös suuri määrä maksullisia lisäosia, joita voi ostaa tietyistä internet-kauppapaikoista.

Lisäosien tarkoituksena on helpottaa ja nopeuttaa 3D-mallien valmistusta. Lisäosista löytyy mm. Työkalu erilaisten kivien ja puiden valmistukseen, Real Snow -lisäosa, jolla saa pudotettua aidonnäköistä lunta skenessä valittujen objektien päälle tai Loop- ja Bool-työkalut, joilla saa tehtyä mesheihin erilaisia aukkoja ja leikkauksia. Ilman lisäosia aidonnäköisen puiden valmistaminen voisi kestää tuntikausia. Luontokappaleissa kuitenkin ongelmana on suuri polygonimäärä.

4 YMPÄRISTÖN MALLINTAMINEN

Peligrafiikassa ympäristöllä voidaan tarkoittaa esimerkiksi huonetta, talon pihamaata tai vaikka kokonaista pelimaailmaa, jossa pelihahmot seikkailevat. Ympäristön mallintamiseen kuuluvat rakennukset, rakennelmat, maasto, kasvisto ja kaikki mahdollinen mitä, ympäristöstä voi löytyä.

Ympäristöä elävöitetään objektien lisäksi erilaisilla efekteillä, tehosteilla, valaistuksella tai animaatioilla. Hyvin tehty peliympäristö vaikuttaa myönteiseen käyttökokemukseen. Pelimaailman 3D-mallinnetut ympäristöt syntyvät peligraafikoiden mielikuvituksesta ja pyrkivät laajentamaan pelaajan pelikokemusta. [19.]

4.1 Vaihtoehdot maaston luontiin

On useitakin erilaisia tapoja tehdä maasto. Yksinkertaisin vaihtoehto on käyttää maaston alustana 3D-taso-objektia ja tehdä siitä runsas polygoninen objekti ja muokata sitä veistämistyökalulla halutunlaiseen muotoihin.

Blenderin lisäosista löytyy oma Landscape-työkalu, jossa maaston ulkonäölle on kymmeniä eri vaihtoehtoja valmiina. Sieltä löytyy mm. Vuori, järvinen vuoristoalue tai kanjoni.

On olemassa BlenderGIS-niminen lisäosa, jolla voi hakea Google Mapsista jonkun tietyn alueen satelliittikuvan ja sillä voi maaston lisäksi liittää myös rakennuksia, jotka tulevat kuutioiden muodossa paikalleen, missä ne ovat myös oikeassa kartassa [20]. Ilmaiseksi ladattavissa olevan lisäosan saa ladattua versionhallintatyöskentelyyn tarkoitettusta GIT-palvelusta, jota käytetään yleisesti IT- ja pelialla projektityöskentelyssä ja se mahdollistaa saman projektin työstämisen samaan aikaan useiden käyttäjien kesken. Asennus ja käyttöönotto tapahtuvat videotutoriaalien avustuksella.

4.2 Rakennelmien mallintaminen

Rakennelmien mallintamisessa tulee käyttää paljon referenssejä, joista mallinnettava rakennus tai rakennelma näkyy eri kuvakulmista. Näistä kuvista voi tehdä yhden yhtenäisen taulun, joka on näkyvillä mahdollisella toisella ruudulla koko mallinnusprosessin aikana. Tämän jälkeen on hyvä tehdä luonnostelma, jossa ovat halutunlaiset mittasuhteet korkeuden, syvyyden ja leveyden osalta.

Esim. Suomalaisen yksikerroksisen omakotitalon mittasuhteiksi voisi ajatella 10 metriä pituus-suunnassa, 7,2 syvyyssuunnassa ja katon korkeimmaksi kohdaksi 3 metriä. Ikkunoilla ja oviaukolla on omat standardit koot. Ovien korkeus on yleensä 1,9–2 metriä ja leveys on yleensä 0,9-metriä. Ikkunoissa taas voi olla koko seinänkokoisia ikkunoita tai vaikka pieniä ja pyöreitä ikkunoita. Nämä mittasuhteet ovat oman arvioni ja mittauksen mukaisia.

Rakennusten ja rakennelmien mallintamiseen on erilaisia tekniikoita eikä ole olemassa yhtä ainoa ja oikeaa tapaa, miten rakennelmat pitäisi mallintaa. Kuten yleensäkin peligrafiikassa samoja asioita voi tehdä monella eri tapaa. Nopeus ja hyvä lopputulos ovat tärkeintä.

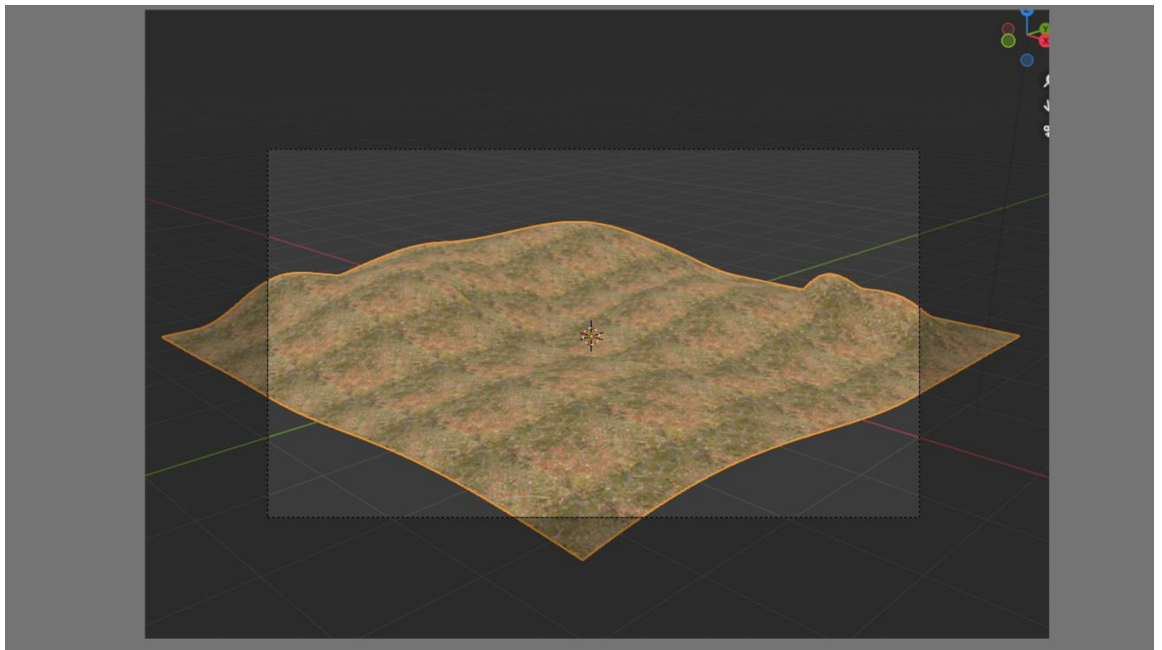
Yksinkertaisin tapa on muotoilla ainoastaan yhtä kuutio-objektia ja tehdä siihen katto-, ovi- ja ikkuna-aukot liikuttelemalla ja lisäämällä särmiä. Tällä tekniikalla saadaan tehtyä nopeasti ja yksinkertaisesti rakennuksen suuret muodot, jotka eivät välttämättä ole niin tyylikkää tai mielenkiintoa herättävät. [21.]

Toinen tekniikka on tehdä kaikki osat eri paloina ja yhdistää ne lopuksi yhdeksi kokonaisuudeksi. Tätä tekniikkaa kutsutaan modulaariseksi mallintamiseksi. Eli katto, seinät, ovet ja ikkunat tehdään eri 3D-malleista ja yhdistetään lopuksi yhdeksi kokonaisuudeksi. Tällä tekniikalla on se hyöty, että samalaisista ikkunoista ja seinistä voi ottaa kopion ja käyttää niitä uudelleen eri kohdissa rakennuksia. Tällä tekniikalla myös teksturointi on nopeampaa, kun ei tarvitse erikseen käsitellä jokaista ikkunaa. Samoja paloja voi hyödyntää useammassa rakennuksessa. [22.] Rakennelmien teossa hyödyllisimmät modifikaattorit ovat mirror, boolean ja array.

4.3 Maaston teksturointi

Maaston teksturoinnissa on hyvä miettiä alkuun, minkälaisen tekstuurin ympäristö tarvitsee ja mikä tekstuuria on se hallitseva mitä tulee eniten näkymään. Metsämaisemaan on käytännöllistä, olisi valita joku metsäpohjainen teksturi ja maalata siihen päälle ruskeanharmaalla tekstuurilla kapeita polkuja. Kaupunkimaisema tarvitsee asfalttia ja hiekkaranta hiekkaa.

Sopivan maasto teksturin löydyttyä, Blenderin puolella tehdään materiaali, johon liitetään tekstuurikartat unwrappauksen jälkeen ja säädetään skaalausta ja voimakkuutta, jotta teksturi asettuu luontevamman näköiseksi. Kuvassa 7 on maastomaiseen taso objekti, johon on laitettu maastopohjatekstuuri.



Kuva 7. Maastotekstuuri asennettuna taso-objektiin

4.4 Puut ja muu kasvisto

Aloitteleva 3D-artisti voi ajatella, että tekee kaiken itse ja ei käytä ikinä mitään valmista, joka olisi ilmaiseksi ladattavissa jostakin internetin 3D-kauppapaikasta. Yleensä ensimmäisenä joutuu kääntämään takin kasviston luomisen kanssa, kun kokeilee tehdä puun oksia lehti kerrallaan. 3D-

ympäristön puiden tekemiseen on erilaisia sovelluksia ja lisäosia, jolla puiden tekeminen nopeutuu huomattavasti. Loppujen lopuksi melkein kaikki puut näyttävät samalle, ainakin etäältä katsottuna.

5 RENDERÖINTI JA JÄLKIKÄSITTELY UNREAL ENGINELLÄ

Renderöintiprosessissa tehdään lopullinen visuaalinen näkymä, eli se miltä graafinen tuotos tulee lopullisesti näyttämään. Siihen kuuluu valaistuksen ja tehosteiden lisääminen, joiden tarkoitus on elävöittää kuva.

Tyylisuuntana peligrafiikassa voidaan käyttää mm. Realistista, fotorealista, epätodellinen realismi (esim. Fantasia, steampunk tai Sci-fi), kollaasi- tai piirroselokuvamaista grafiikkatyyliä. [23.] Tyyli luodaan mallintamisella ja tekstuureilla. Sen jälkeen renderöinnillä elävöitetään mallinnettu ja teksturoitu 3D-skene.

Valaistuksen merkitys 3D-taiteen lopputuloksessa on suuri ja aloittelevilta graafikoilta se voi jäädä liian vähälle huomiolla. Realistisen valaistuksen toteuttaminen digitaalisesti on alkuun haastavaa, mutta kannattavaa siinä mielessä, että oikeanlainen valaistus voi tehdä kömpelöistä 3D-malleista, skeneistä tai pelikentistä paremman näköisiä katsojan silmissä.[24] Valaistuksella pelien voidaan kertoa tarinaa ja ohjata pelaajia liikkumaan haluttuun kohteeseen pelikentällä. Viimeistely prosessissa säädetään lopullinen valaistus ja värisävyt.

Unreal Engine on Epic Gamesin kehittämä ja hallinnoima pelimoottori, joka on ilmainen käyttää niin pitkään, kunnes ohjelmalla kehitettävä peli tuottaa miljoona dollaria. Ohjelmalla toteutetut pelit toimivat yleisimmillä laitteilla, joilla pelejä pelataan kuten esim. Playstation nelosella ja Windows-käyttöjärjestelmällä varustetuilla tietokoneilla. Sovellukseen kuuluu myös runsaasti tavaraa sisältävä lisäosakauppa, josta on mahdollista saada myös ilmaiseksi mm. 3D-malleja tai tekstuurereja Unreal Enginellä toteutettaviin peliprojekteihin. [25.]

Ilman valoja ympäristö olisi täysin pimeä ja valaistuksen tarkoitus on saada ympäristö näkymään halutulla tavalla ja tuota siihen eloa ja tunnelmallisuutta. Unreal Enginessä tämän tekemisiin on erilaisia valoja ja valoista täytyy osata valita sopivimmat valaistuksen kohdetta ajatellen. Käytännöllinen tapa on avata Environment Light Mixer -osa pelimoottorin käyttöliittymästä ja siirtää se omalle näytölleen ja muokata valaistusta siitä. [26; 27.]. Taulukossa 1 keskeisiä valaistukseen ja renderöintiin vaikuttavia ominaisuuksia.

| | |
|----------------------|---|
| Directional Lights | Suuntavalo ja aurinko, joka vaikuttaa eniten koko 3D-ympäristön valaistukseen. Ilman tätä koko kenttä on todennäköisesti pimeä. |
| Sky Light | Valaistukseen heijastuksiin vaikuttava osa. |
| Blueprint Sky sphere | Taivas, joka on yleensä perusasetuksilla sininen ja siinä on valkeita pilviä |
| SkyAtmosphere | Sumuefekti, jolla saadaan erilaisia sävyjä valaistuksen tehoksi |
| ExponentialHeightFog | Käytännöllinen sumun tekemisessä |
| Volumetric Cloud | Soveltuu pilvien tekemiseen |
| PostProcess Volume | Vaikuttaa värien, ympäristön okklusion(varjoihin) ja sävyihin. |

Taulukko 1. Unreal Enginen renderöintiin vaikuttavat ominaisuuksia.

6 3D-SKENEN TOTEUTTAMINEN VALOKUVISTA

Opinnäytetyön käytännön osuutena toteutettiin 3D-maisema valokuvien pohjalta. Suunnitteluosassa kerrotaan missä järjestyksessä työ toteutettiin, referenssien valinnasta ja luonnostelman teosta. Seuraavassa kappaleessa tulee ilmi syyt Blenderin käytölle, ja sen jälkeen selitetään maaston tekemisestä.

Rakennelmien mallintaminen-kappaleessa hypätään vähän syvemmälle mallinnuksen maailmaan ja seuraavassa kappaleessa esitellään erilaisia uw-kartoitustekniikoita ja teksturointia. Tämän jälkeen kerrotaan kasviston, vesistön ja maaston teosta Unreal Enginessä ja lopuksi renderöintioimenpiteet.

6.1 Suunnittelu

Tutkimuksen käytännön osan toteuttamisen aloitin miettimällä missä järjestyksessä maisemakuva olisiärkevin rakentaa. Päädyin siihen, että ensin maasto, sitten rakennelmat ja sen jälkeen kasvisto. Jälkikäsitellyssä lisään valaistuksen ja tehosteet.

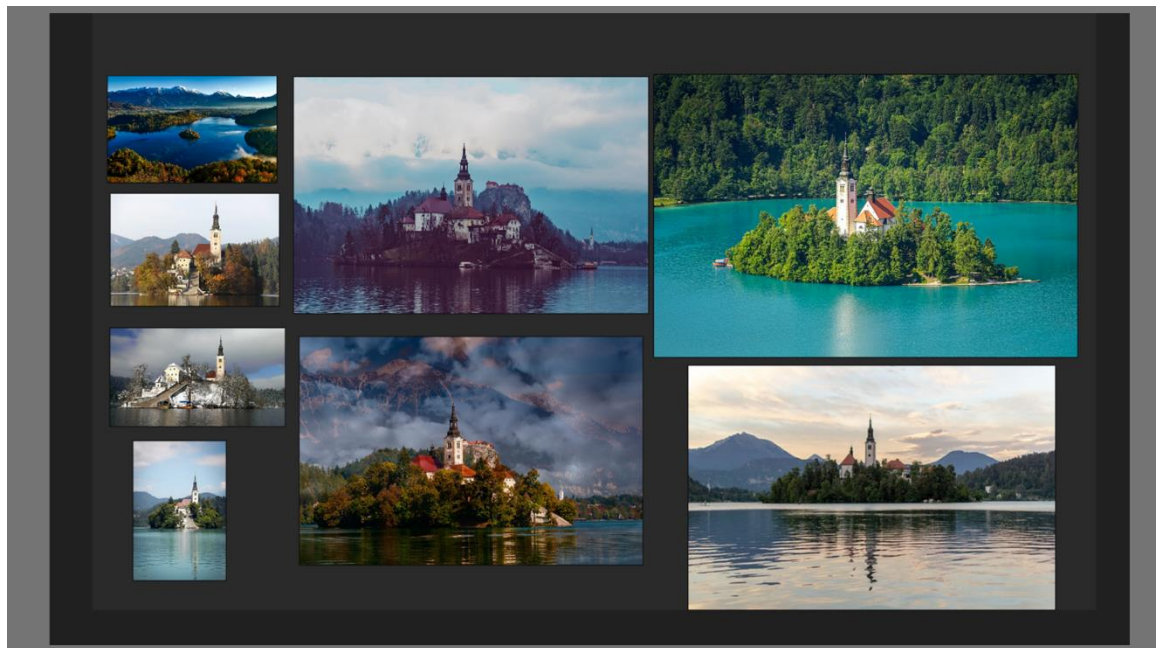
Rakennelmien teossa on hyvä ottaa huomioon, että koska kyseessä on maisemakuva, niin läheskään kaikkien rakennelmien ei tarvitse välttämättä olla tarkkaan ja yksityiskohtaisesti mallinnettuja, kunhan niistä vain erottaa kaukaa katsottuna, minkälainen rakennelma on kyseessä. Tutkimuksen alusta alkaen on myös tärkeää ottaa huomioon kuvakulma, eli missä kohdin kamera sijaitsee.

Kun maasto, kasvisto ja rakennelmat ovat valmiina ja paikoillaan, vien objektit pelimoottoriin, jossa suoritan renderöinnin. Vuorokauden ajan ja vuodenajan saa määriteltyä kohdilleen valaistuksen ja tehosteiden avulla. Mahdollisesti lisään myös usvaa, sumua tai sadetta volumetrisillä efekteillä. Lopuksi säädän renderöintiasetuksia niin pitkään, kunnes kokonaisuus näyttää omasta mielestäni hyvälle.

6.1.1 Referenssi

Tekijänoikeuksien yksikertaisuuksien vuoksi referenssikuvina tulee olemaan vapaasti käytettävissä olevat Pixabay-kuvakirjaston ja Creative Commons -lisensoidut digitaaliset valokuvat. Tutkimuksen mallinnettavaksi kohteeksi valikoitui Slovenian Bled-järven keskellä oleva kirkkosaari. Pituudeltaan 248 metriä ja leveimmältä kohdaltaan 126 metrin kokoiselle kirkkosaarelle pääsee ainoastaan venetsialaisia gondoleita muistuttavalla bledeillä. Saaren päävenelaiturin rannasta on 99 porrasta sisältävä kivirappuset, josta pääsee saaren korkeimmalle kohtaa. Kirkkosaarella on 7 erilaista rakennelmaa, joista korkein ja näkyvin on 52-metriä korkea kellotorni. Muita rakennuksia ovat kirkko, kaksi rakennusta käsittävä pappien asunto, kappeli, venevaja ja erakkomaja. [28].

Fantasiapelimäisellä maisema alueella Luoteis-Sloveniassa Juliaanisten Alppien itäisen osan ja Itävallan rajan läheisyydessä sijaitseva Bled on maansa tunnetuimpia turistikohteita. Bled-nimellä voidaan tarkoittaa Bledin kuntaa, kylää tai vuoristorajaa. Slovenian pääkaupunki Ljubljanaan on matkaa noin 50 kilometriä.[29]. Kuvassa 8 on referenssitaulu, jonka perusteella mallinnus suurimaksi osaksi tapahtui.



Kuva 8. Referenssitaulu Bledin Kirkkosaaresta

Kohteen valinnan ensimmäisenä syynä oli se, että siinä on kaikkea, mitä alun perin halusin mallinnettavassa ympäristössä olevan eli mäkiä maastoa, vesistö, kasvistoa ja rakennelmia. Kirkkosaaresta löytyy Pixabay-kuvapalvelusta runsaasti kuvia eri kuvakulmista, joita voin hyödyntää referensseinä ja saarelle pääsee Google Street view -palvelulla. Lisäksi kohteen historiallisuus lisää henkilökohtaista mielenkiintoani tutkimukseen. Lopullisen työn kuvakulmassa haen kuvassa 9 olevaa asetelmaa. Kuvakulman valintaan vaikutti se että, tausta on nopea tehdä ja rakennukset ovat keskeisessä näkymässä.



Kuva 9. Lopulliseen kuvaan on haettu kuvakulma vapaasta kirjastosta. [30.]

6.1.2 Luonnostelma

Blender GIS-lisäosaa sain tässä tutkimuksessa hyödynnettyä rakennelmien sijoittamisessa samantyyppisiin paikkoihin, miten ne ovat oikeassa maastossa eli sillä sai helposti ja nopeasti luonnostelman ja pohjakartan. Myös rakennuksiin korkeuden sain automaattisesti tällä lisäosalla. Kuvassa 10 on kuvakaappaus Blenderistä projektin käytännön osuuden alkuvaiheilta.



Kuva 10. Blender GIS:llä tehty luonnostelma

6.2 Ohjelmistojen valinta

Blender on ilmainen avoimen lähdekoodin ohjelma, joka on tarkoitettu ensisijaisesti 3D-grafiikan mallintamiseen. Ensimmäinen versio on julkaistu 1994. Blenderin omistaa voittoa tavoittelematon Blender Foundation -niminen säätiö, jolla on noin 50 työntekijää kehittämässä ohjelmaa eteenpäin. Blenderillä voi tehdä mm. Animaatioita, visuaalisia efektejä ja virtuaalitodellisuutta. Ohjelmalla on tehty myös animaatio lyhytelokuvia. [31]

Tämän projektin kannalta 3D-mallinnusohjelma Blender oli luonteva valinta, koska siitä minulla on noin kolmen vuoden käyttökokemus ja se toimii ketterästi omalla kannettavalla tietokoneellani. Unreal Engine valinnan taustalla oli taas se, että halusin syventyä renderöintiin kyseisessä ohjelmassa ja Quixel Mixeristä löytyi nopeasti tarvittavat tekstuurit.

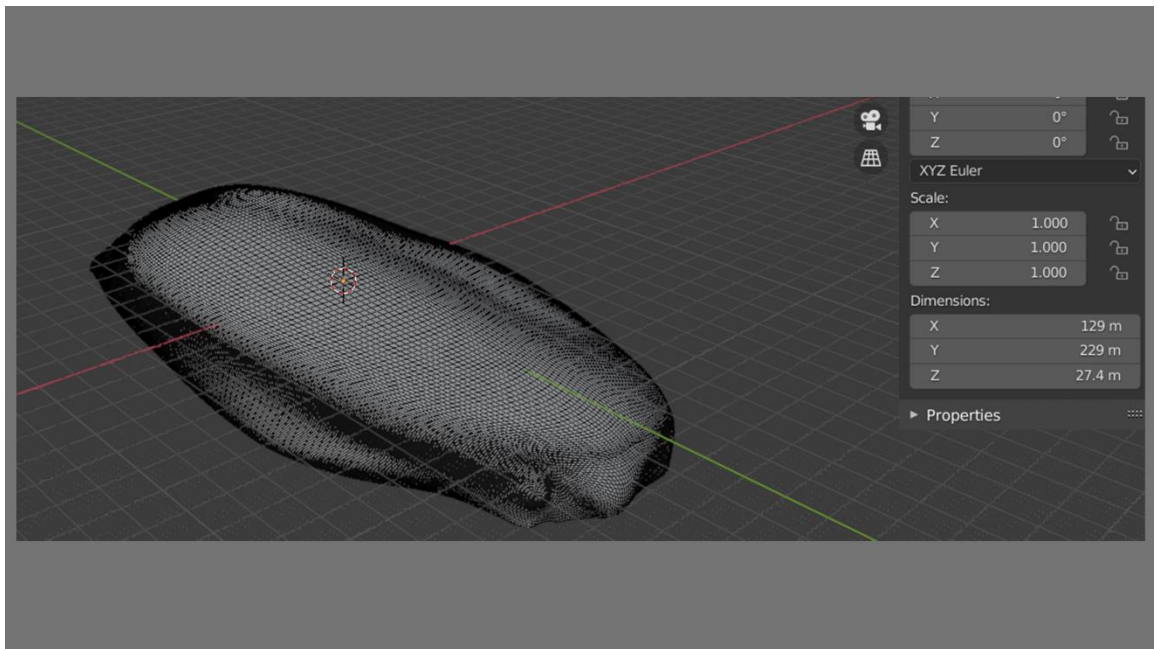
6.3 Maaston mallintaminen ja teksturointi

Saaren mittasuhteet pituus ja leveysuunnassa rakentuivat myös paikalleen, mutta ehkä se tärkein eli maaston korkeuskartta ei rakentunut toivotulla tavalla vaan saari jäi tasaiseksi. Testatesani lisäosalla myös isomman mittakaavan kuvaa Bled-järven ympäristössä niin sain siihen maaston rakentumaan korkeuksineen, ja rakennelmat asettuvat paikoille, missä ne ovat oikeassa maailmassa, mutta juuri tämän saaren kohdalla se ei onnistunut. Ilmeisesti se on niin pieni osa maastoa, että siihen ei ole tehty omaa korkeuskarttaa. Kuvassa 11 on Bled-järvi ympäröitynä ja kirkkosaari keskellä.



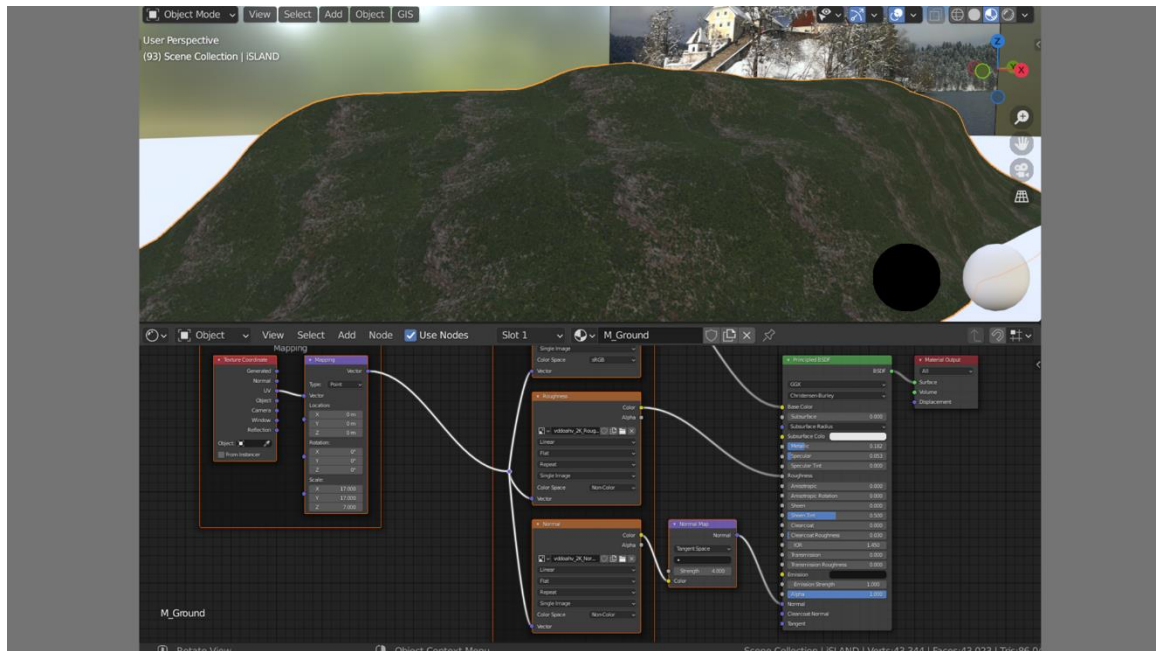
Kuva 11. Luonnostelma Bled-järven ympäristöstä

Saaren mallinsin loppujen lopuksi veistämistyökalulla, kun Blender GIS-lisäosan saari taso 3D-malliin ei tarttunut mikään toiminto, jota olisin tarvinnut sen muokkaukseen. Tein runsaspolyisen jättipallon, josta veistin saarta muistuttavia muotoja. Veistämisvaiheessa minulla oli koko ajan saaren pohjakartta alla. Saari oli nopea ja helppo tehdä. Lopuksi vielä tasoitin saaren pinnan Shade Smooth-toiminnolla. Ennen rakennelmien tekoa tein vain oikeaa saarta muistuttavan 3D-mallin, jota muokkaan projektin edetessä realistisimman ja halutun näköiseksi. Saaren korkeimman kohdan korkeudeksi arvioin noin 24-metriä järven pinnasta ylöspäin. Tähän apuna oli referenssikuvat ja Blenderin mittaustyökalu Measure. Kuvassa 12 esitellään saaren ensimmäinen versio.



Kuva 12. Kirkkosaaren ensimmäinen versio

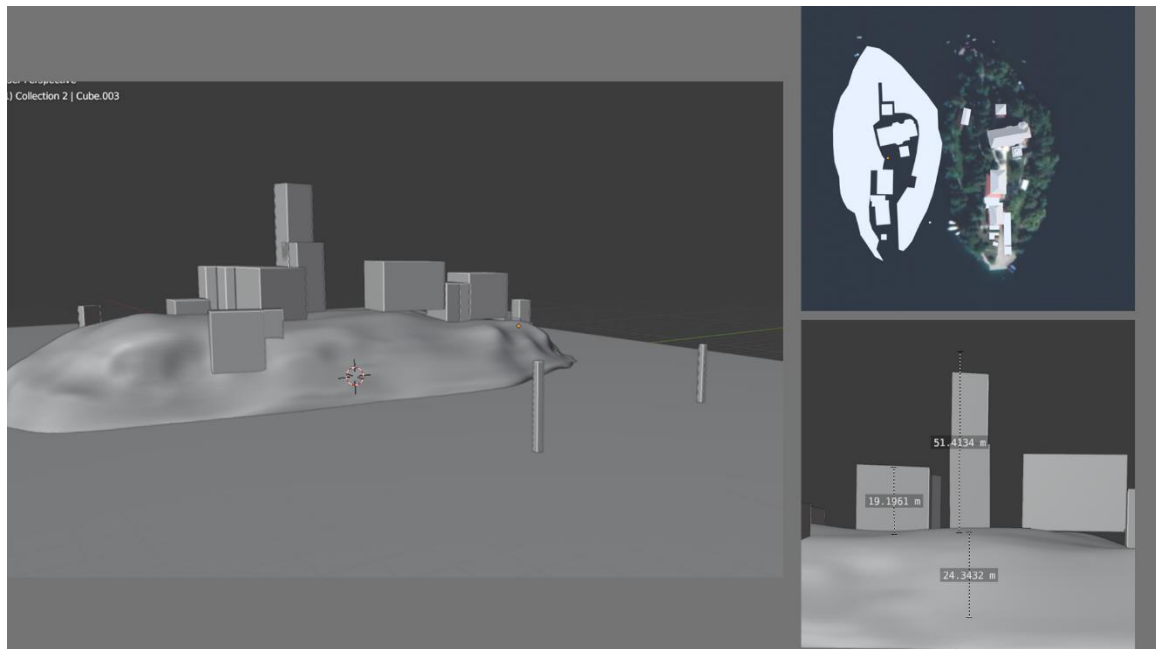
Saaren teksturointiin tarvitsee yhden tekstuurin, jossa on nurmikon vihreää ruohoa ja ruskehtavaa maapohjaa. Käytin Megascansista löytyvää Creeping Fig -nimistä tekstuuria. Tein saarelle oman materiaalin ja asensin valitut tekstuurikartat, jonka jälkeen säädin tekstuurin skaalausta realistisemman näköiseksi ja lisäsin normaalikartan voimakkuutta. Lisäksi säädin Principled BSDF:n metallisuutta ja heijastuvuutta aavistuksen. Jälkikäsitteilyn yhteydessä viimeistelen maapohjan teksturi, mikäli se on tarpeellista. Lopulliset säädöt tulevat Unreal Enginessä. Kuvassa 13 näkyy saari teksturoituna ja saaren tekstuurinoodi.



Kuva 13. Kirkosaari teksturoituna

6.4 Rakennelmien mallintaminen

Maaston tekemisen jälkeen rupesin mallintamaan rakennelmia. Sain Blender Gis:llä tehtyä karkean luonnostelman, jossa saaren rakennelmat sijoittuvat samoille paikoille, missä ne ovat myös oikeassa maastossa. Korkeuden hahmottamisen apuna käytin mittatikkuja eli tein muutaman kuution, joiden korkeus on 20 ja 24 metriä. Kuvassa 14 on luonnostelma saaren päällä, ylhäältäpäin kuvattu näkymä Bleder Gissiltä ja Measure-mittauskuvat.



Kuva 14. Kuvia ennen rakennelmien mallintamista

Rakennelmia varten tein kokonaan uuden Blender-skeneen, josta toin rakennelman kerrallaan varsinaiseen skeneen. Tämä siksi, että saisin pidettyä varsinaisen Blender-skeneen mahdollisimman kevyenä, koska liika tavara hidastaa koko ohjelman toimivuutta.

Lisäksi toin skeneen myös 3D-ihmishahmon, jonka avulla on helpompi hahmottaa rakennelmien realistista kokoa. Hahmon latusin Free 3D -sivulta, jossa hahmo on nimetty Male Base Mesh 3D Modeliksi. Hahmo on lisensoitu *Personal Use License*-lisenssillä eli mallia voi käyttää ei-kaupallisiin tarkoituksiin. 182-senttinen ja normaalivartaloineen mieshahmo, jonka voi nähdä joissakin tämän työn kuvissa.

Seitsemästä saarella olevasta rakennelmasta mallintamisen aloitin kirkon tornista, koska se on mielestäni oleellisin, näkyvin ja sellainen, johon huomio kiinnittyy ensimmäisenä. Kirkontorni on 52 metriä korkea risteineen, josta ristien osuus on oman arvioni mukaan 1,2 metriä. Irrotin tornin muusta Blenderin GIS:sin luonnostelmaobjektista itsenäiseksi kappaleeksi ja tein siitä kopion, jonka sijoitin tulevan tornimallin viereen ja pidän sen siinä, että mallinna liian korkea tai leveää rakennelmaa. Yksityiskohdat myöhemmäksi ja alkuaan vain suuret ja näkyvät muodot.

Aloitin työn jakamalla tornin neljään osaan ja tein alaosaan kivikohouman ja katon muutin pyramidimaiseen muotoon. Runsaista referenssikuvista ja drone-videoista sai hahmotettua, missä

tornin ikkunat sijaitsevat. Neljällä seinustalla on muutamia pikku ikkunoita ja ylemmäksi mentäessä tulee isompia ikkunoita ja melkein tornin huipulla on isoimmat aukot, jotka ovat enemmänkin oven kuin ikkunan kokoisia.

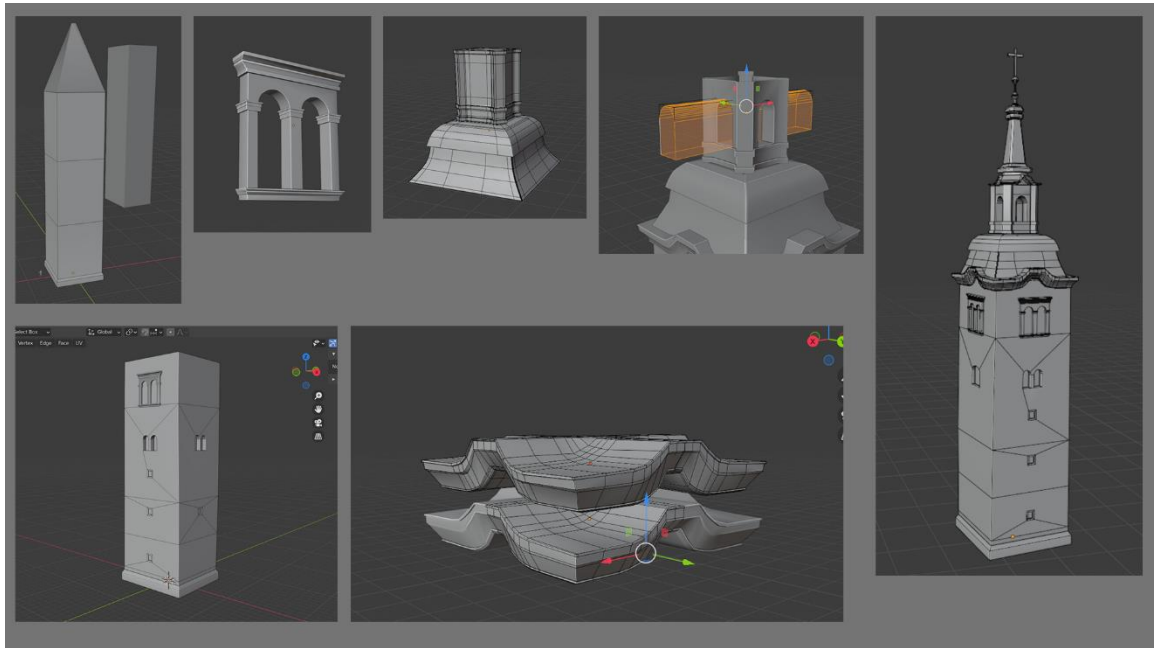
Korkeimpia ikkunoita varten tein oman kehyksen, johon tuli erilaisia kohoumia. Ikkuna syvennyksiä käytin boolean mallinustekniikka, jossa erilaisilla palikoilla tehdään reikiä toiseen objektiin. Mirror-modifikaattorilla sain ikkunat eri puolille tornia vastakkaisiin paikkoihin.

Mallintamisen kannalta haastavin osa oli kirkon tornin katto, jossa on useampia erilaisia muotoja, joten sen mallintaminen on itselleni käytännöllisintä tehdä pala kerrallaan ja yhdistää ne lopuksi yhdeksi kokonaisuudeksi. Aloitin mallintamisen toiseksi alimmaisesta osasta ja viimeiseksi tuli risti.

Suurta päänvaivaa tuotti kirkontornin katon osan iso tyylielty puuosa, joka skaalautuu alaspäin ja siinä on erialaisia kohoumia neljällä eri sivulla ja jokaisen sivun pitäisi olla identtinen. Referenssikuva taustalla yritin ensiksi tehdä palan taso 3D-objektista, sitten yhdestä kuutiosta, mutta mikään ei tuntunut onnistuvan. Loppujen lopuksi tein kuution, jonka pilkoin osiin ja lisäsin mirrorit x- ja y-akselille. Kun olin saanut yhden sivun tehtyä, niin otin duplikaatin ja käänsin sitä 90 astetta ja muotoilin särmiä vetelemällä y-akselin puolelta vastaavan näköisen mallinnuksen. Särmiä suoristava Straight edge-toiminto oli ihan korvaamaton apu tässä mallinnuksen vaiheessa.

Vaikka lopuksi poistin turhat särmit ja kirkon torniin tuli silti noin 17000 polyä. Mallintamisen apuna käytin mirror-, bevel-, Boolean- ja Subdivision Surface -modifikattoreita. Pikku ikkunoihin ei olisi ollut välttämätöntä käyttää booleania, koska sillä on tapana rikkoa muita muotoja, jotka saa kyllä korjattua lisäämällä särmejä. Tähän meni aikaa kaiken kaikkiaan noin melkein 30 tuntia, mutta koska kirkon torni on niin näkyvä ja oleellinen osa niin ajan käyttö oli siltä kantilta perusteltua. Jos uudelleen tekisin vastaavan osan niin siihen menisi maksimissaan 8 tuntia. Tekemällä oppii parhaiten.

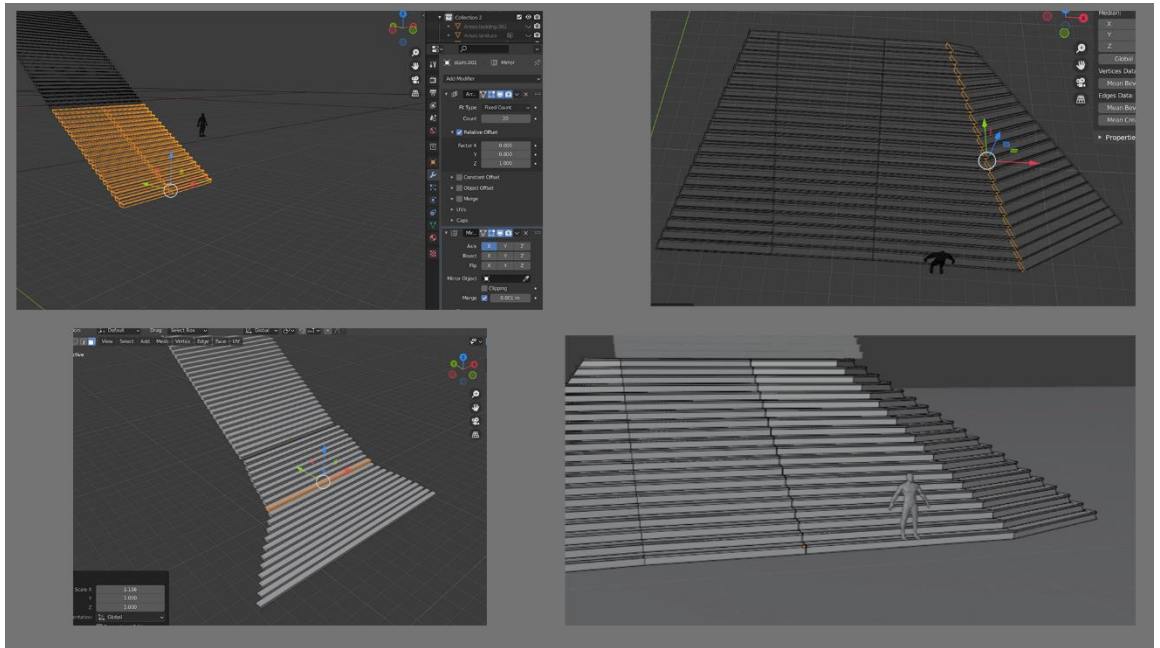
Kuvassa 15 esitellään vaiheita kirkon tornin eri osien mallintamisesta. Oranssilla näkyvä palikka on boolean-objekti ja alhaalla keskellä oleva kuva on päänvaivaa tuottanut tyylielty puuosa ja oikealla lopullinen torni särmineen.



Kuva 15. Kollaasi kirkon tornin mallintamisesta

Seuraavaksi vuorossa oli raput, 99 rappua syntisille kohti katumusta, ja venelaituri. Portaan mitat ovat kuvien, Google Street viewin ja Blenderin measure-apuvälineen ja oman karkean arvioni mukaan leveydeltään noin yhdeksän metriä, korkeudeltaan noin 28 senttiä ja syvyydeltään noin 34 senttiä. Laskujeni mukaan alhaalta ylöspäin kapeammaksi skaalautuvista kivisistä rapuista ensimmäiset 20 ovat skaalautuvia ja sen jälkeen leveys pysyy vakiona ylös asti, mutta neljälle viimeiselle rapulle tulee Pappilan oviaukko.

Mittasuhteitten asettamisen jälkeen asensin array- ja mirror-modifikaattorit. Arraylla samaa objektia voi monistaa x-, y- ja z-suunnissa. Extrude-toiminnolla tein levenevät raput, jonka jälkeen taas ja rotation-työkalulla sain käännettyä oikeanpuoleiset raput realistisen porraskennelman mukaisesti. Rappujen kivikaiteet ja muut kivimuurit tein kuutiosta, jonka muokkasin haetun kookseksi. Sen jälkeen uv-kartoitus ja tekstuuri päälle. Kuvassa 16 on eri vaiheita rappujen teosta.



Kuva 16. Kollaasi rappujen mallintamisesta

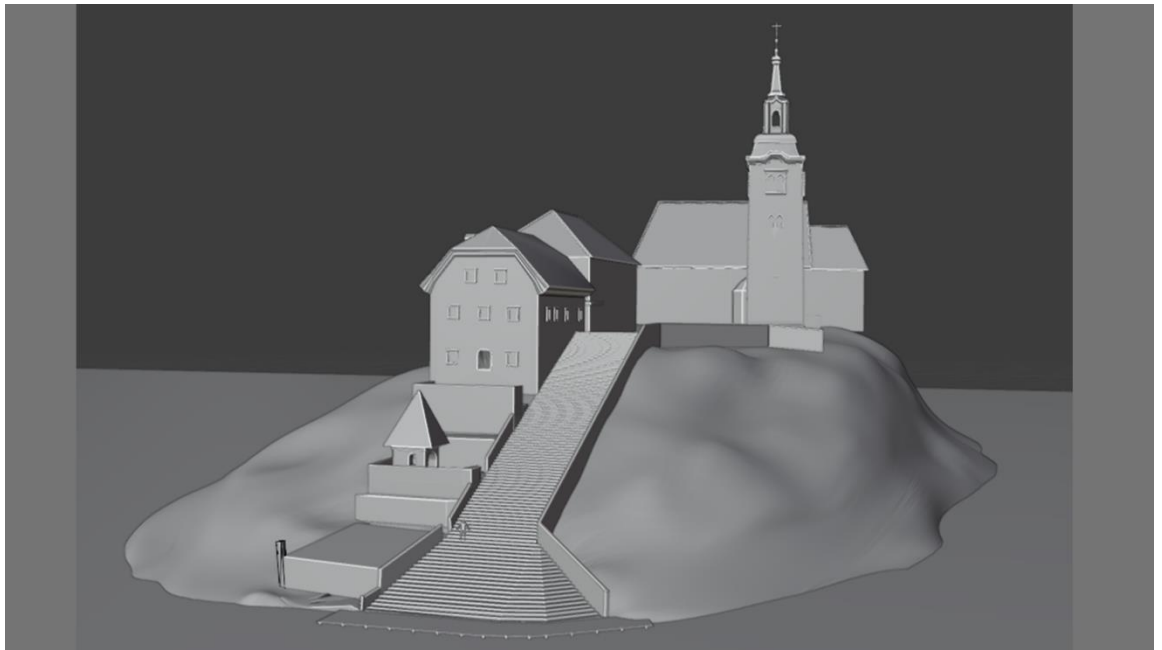
Laiturin tein taso 3D-mallista ja paksunnuksen solidify-modifikaattorilla, jotka asetin array-modifikaattorin avustuksella jonoksi. Jalustoiksi kuusi kulmainen sylinteri, jonka pyöristin shade smooth-toiminnolla. Teksturoin laiturin saman tien.

Portaitten keskivälin tuntumassa olevan pienen kappelin mallintamisessa ei ollut sen kummempaa haastetta. Katto oli tosin vähän hassu. Luulin, että referenssikuvissa on jotakin vääristymiä, mutta kun se sama toistuu jokaisessa kuvassa, niin se on sittenkin todellinen.

Pappien asuntoon kuuluu kaksi rakennusta ja niiden välissä on kapea katos. Pappilan rakennuksen teon aloitin lähempänä kivirappuja olevasta rakennuksesta, joka näkyy myös järveltä katsottuna etualalla. Aloitin katosta liittämällä mirror-modifikaattorin x- ja y-akseleille. Apuna tähän käytin blender gis-kuutioita, jotka auttoivat hahmottamaan rakennuksen kokoa. Ikkunoita tulisi näkyviin kymmenkunta kappaletta ja ne muotoilin kirkon tornin isosta ikkunasta, eli otin duplikaatin ja muokkasin siitä pienempiä ikkunoita. Näkyvä osa etupappilasta on myös savupiippu, jonka koon arvioimiseen käytin ensisijaisesti omia silmiäni skaalaten palikkaa järkevemmän näköiseksi ja rakennukseen sopivammaksi. Savupiippu ei tule välttämättä näkymään lopullisessa kuvassa. Tämän jälkeen tein pappilan rakennusten välikatoksen, joka ei ole kovin näkyvä osa rakennuskokonaisuutta, mutta sen paikalla ollessa on helppo määrittää rakennusten sijainti toisiinsa nähden. Lopuksi tein takapappilan, johon tein vain katon ja seinät.

Viimeiseksi jätin kirkon tekemisen. Rakennelma koostuu yhdestä isosta osasta ja parista pienemmästä rakennuksesta, jotka on saatettu rakentaa jälkeen päin ja ovat tavallaan lisäosia. Tämän oppinäytetyön muiden rakennusten teon kanssa olen oppinut, miten ei kannata tehdä ja missä järjestyksessä tämän tyylliset rakennelmat on järkevin tehdä. Tämän rakennelman katto oli nopeaa tehdä ilman mirror-modifikattoriakin. Kun suuret muodot olivat valmiina, kytkin bevel-modifikaattorin, joka teki lisäsärmät. Lisärakennelmiin tuli kattojen lisäksi myös muutama puolikkaan kuusikulmakuution muotoinen osa.

Saarella on myös erakkomaja, venevaja ja joista näkyy ehkä katto, joten niiden mallintaminen ei ollut tarpeellista. Mallinnustoimenpiteet tapahtuivat eri mallinnustekniikkoja yhdistelmällä ja en oikeastaan ajatellut mallinnusprosessien aikana, että nyt teen juuri tällä tekniikalla jotakin. Kuvassa 17 on rakennelmat ja saari mallintamisen jälkeen ennen teksturointia.

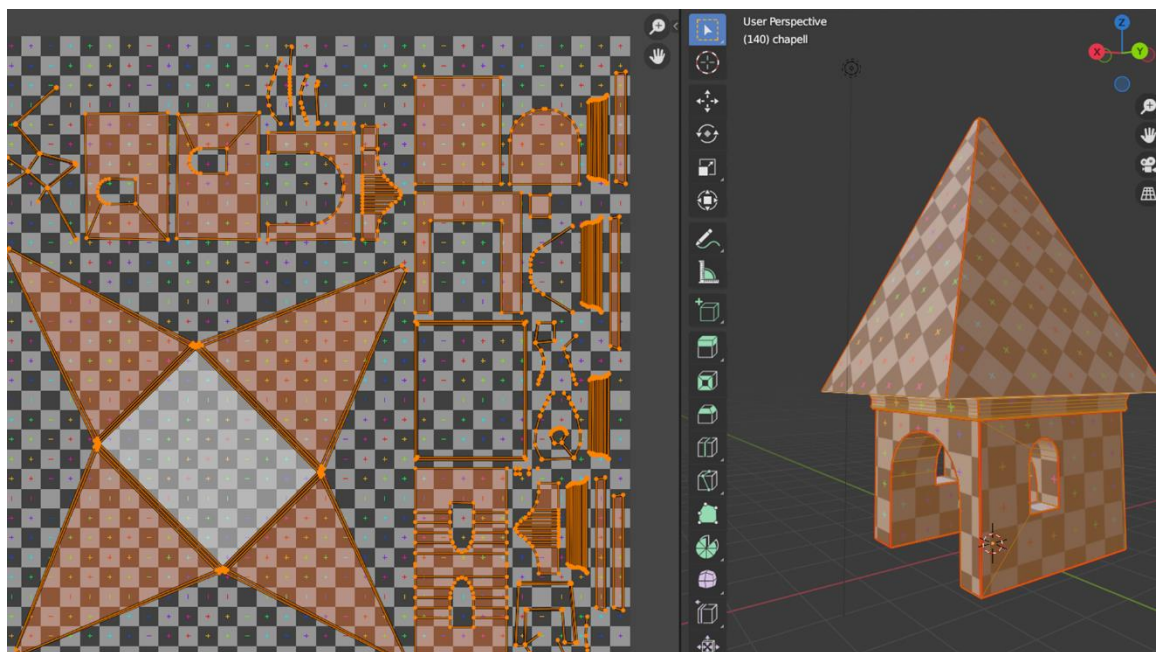


Kuva 17. Rakennelmien mallintamisen jälkeen

6.5 Rakennelmien teksturointi

Tässä vaiheessa oli tarkoitus testata erilaisia unwrappus- ja teksturointitapoja. Omien kokemusten ja tämän hetken osaamiseen mukaan rakennusten teksturoinnin tekstuureiksi sopii parhaiten Quixel Bridge -tekstuurit, kun taas Substance Painterin tekstuurit käyvät paremmin erilaisten esineiden teksturointiin. Suurimman osan tekstuureista latsin suoraan Quixel Bridgestä.

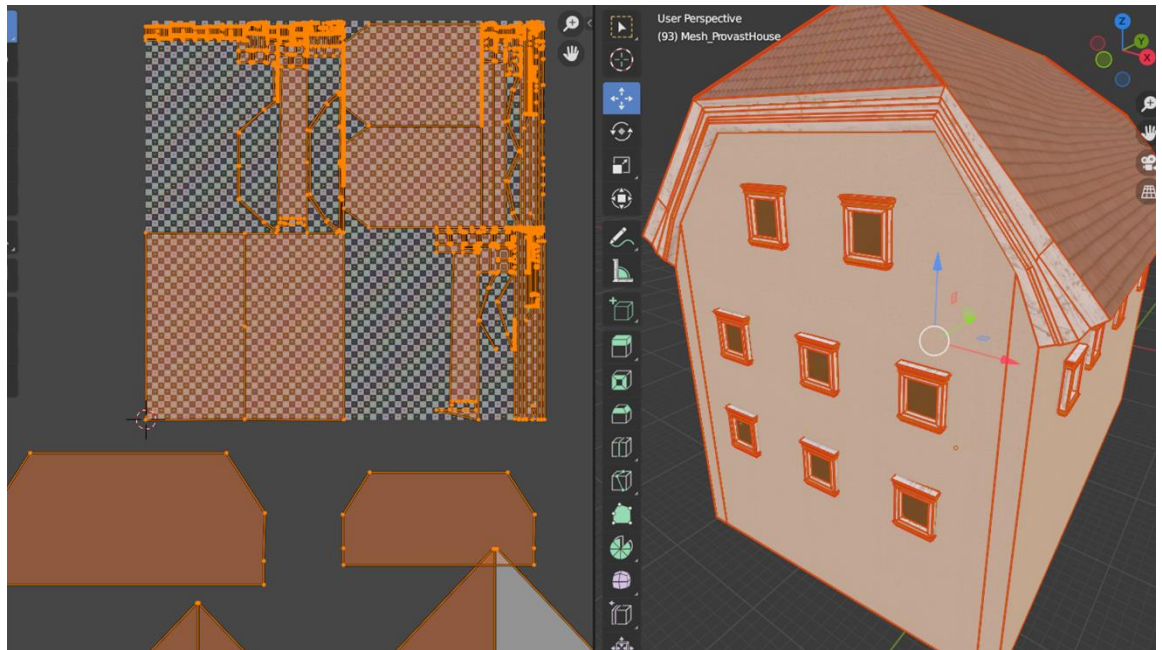
Teksturointi on tietenkin hyvä aloittaa miettimällä, minkälaista tekstuuria mihinkin 3D-malliin tarvitaan. Pikkukappeli tarvitsee 3 erilaista tekstuuria eli katolle vanhanaikaista kattotekstuuria, joka on tummempi kuin pappilan tai kirkon katot, seiniin vaaleaa betonia ja seinän katon rajaan valkeaa puuta. Shakkiruutu-teksturoinnilla ja apusaumojen lisäämisellä sain tekstuurit kohdilleen kappeliin 3D-malliin. Blenderin UV-edit tilassa Unwrap-toiminnon jälkeen Pack Islands-toiminto. Muutin vielä jokaisen materiaalin noodista mapping skaalausta isommaksi, jolloin tekstuuri muuttui pienemmäksi. Itselleni rakennuksia tehdessä tämä on ollut suuri ongelma, kun esim. Seinätekstuurit skaalautuvat aina liian isoiksi, vaikka uv-kartta näyttäisi kuinka täydelliseltä. Taitavalla saumoittamistekniikan hallinnalla tällaista ongelma ei pitäisi olla. Tein jokaiselle tekstuureille omat materiaalipaikat. Tarvittavat tekstuurit löytyivät Quixel Bridgestä. Kuvassa 18 on vasemalla Blenderin uv-muokkaustila ja oikealla kappeli.



Kuva 18. Pikkukappeli saumoitettuna shakkiruututekstuuriin

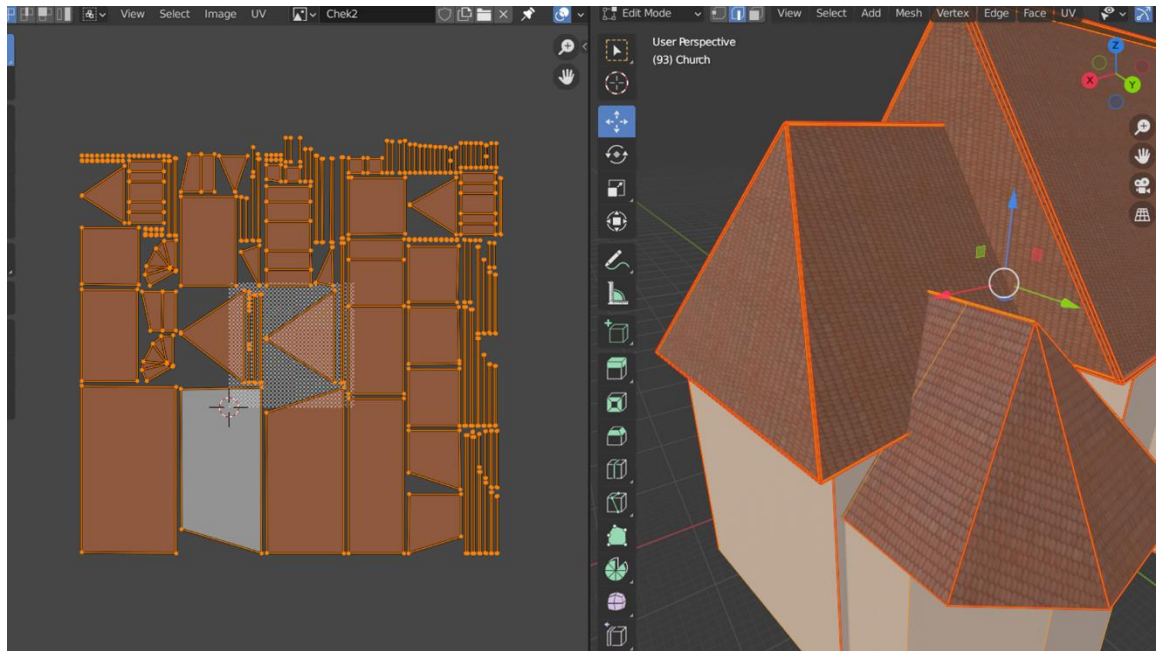
Pappilan eturakennukseen tulee punaista kattotekstuuria, beigenväristä betonia ja valkoista puuta. Blenderin Glass BSDF-noodilla tein väliaikaiset tummat ikkunanlasit, mutta niitä ei saa viedä Unreal Engineen sellaisenaan, vaan juodun tekemään niille oman materiaalin siellä.

Valitsin kaikki särmät ja lisäsin saumat joka kohtaan ja unwrappasin. Kattotekstuurit jouduin kääntämään erikseen ja skaalasin niitä isommiksi. Kuvassa 19 on Pappila teksturoituna. Pappilan takarakennuksen tuli samat tekstuurit kattoon sekä seinään.



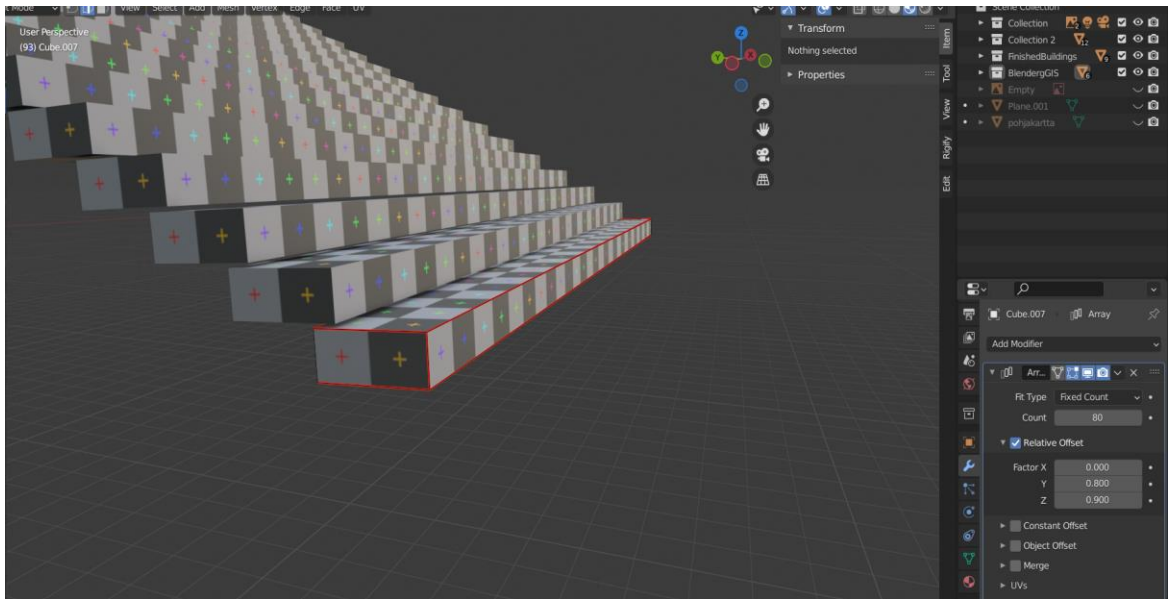
Kuva 19. Pappila kaikki särmät saumoitettuna muokkaustilassa

Kirkkoon laitoin samat tekstuurit kuin Pappilaan. Unwrappauksen suoritin pala kerrallaan ja lisäsin tarpeelliset saumat tiettyihin särmeihin, ja sitten Unwrap-toiminto. Skaalaus oli pielessä ja tekstuurit näyttivät liian isolle. UV-muokkaustilassa skaalasin ronskisti tekstureja isommaksi, jotta ne pienentyivät järkevämmän näköiseksi 3D-mallissa. Kuvassa 20 on nähtävissä, kuinka joidenkin kattojen tekstuurit ovat väärin päin, mutta sillä ei ole väliä, koska ne eivät näy lopullisessa kuvassa.



Kuva 20. Kirkko ja tekstuurien skaalaus

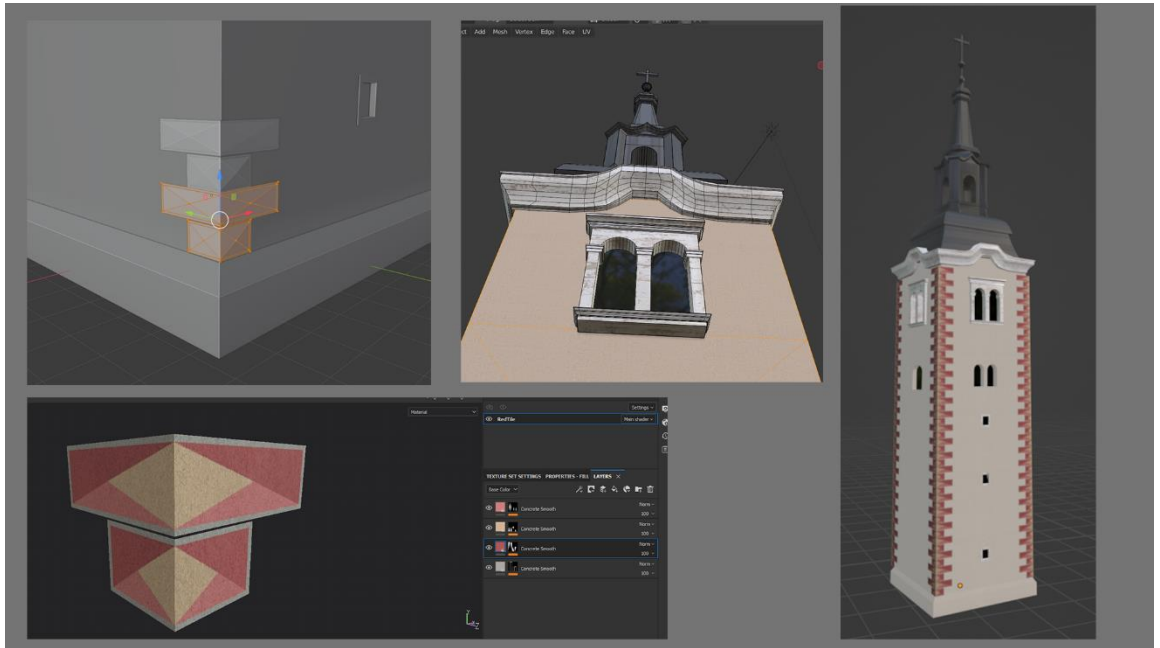
Rappujen teksturointi onnistu kätevästi Shakkiruutu-tekstuurilla ja saumoittamisella. Unwrappaus vaiheessa käsittelin vain yhden rapun ja sen jälkeen kytkin array-modifikattorin takaisin päälle ja lisäsin siihen 80 kerrosta. Näin sain 80 rappua käsiteltyä kerralla. Tekstuuri toisti itseään rapulta rapulle. Suoritin unwrappauksen uudelleen ja tekstuuri sijoittui eri rappuihin eri paikkaan ja raput näyttivät luonnollisimmilta. Rappujen 20 alinta rappua on tehty myös tuosta samasta palasta ja siinä valmiina sama unwrappaus kuin ylimmissä rapuissa. Rappujen jatkopalat vaativat kuitenkin vielä uuden nopean unwrappauskäsittelyn, mutta uusia saumoja ei tarvinnut tehdä, kun rappujen ei ole tarkoitus näkyä lähempää. Kuvassa 21 näkyy saumat rapussa.



Kuva 21. Raput ja saumat

Kirkon torniin taas tulee vaalea betonia seiniin, ikkunankarmeihin puuta ja katto osa on mustaa puuta. Kirkon torniin en tehnyt yhtään saumaa vaan unwrappasin Smart UW-toiminnolla. Seiniin samaa tekstuuria kuin Pappilaan ja kirkkoon. Ikkunan karmeihin ja muihin puusiin samaa valkoista puutekstuuria, jota olen käyttänyt jo muihin rakennuksiin. Kirkontornin yläosan osiin taas uusi Megascansin teksturi Painted Wooden Facede, joka on musta puuteksturi.

Mielestäni kirkon tornin seinä tarvitsi ehdottomasta punaiset koristetiilet sivuille. Hakattuvani päätä seinään noin 10 tuntia, mieleni kirkastui siihen, miten tekstuurin saa tehtyä nopeasti. Kirkon tornin seinät ovat niin täynnä jo muuta tavaraa, että lisäsärmillä kulmatiilien teko vaikuttaisi liikaa tornin muotoihin. Tein kuutio 3D-mallista sopivan kokoisen kulma palan poistamalla siitä turhat polygonit, jonka jälkeen skaalasin korkeutta ja leveyttä halutunlaiseksi ja sen jälkeen tein muotoilun. Tähän palaan olisi hyvä käyttää 3D-värikartoitustekniikkaa ja Substance Painter -sovellusta, jolla saa saamaa betonitekstuuria muuteltua erivärisiksi ja kaikki tekstuurit ovat samassa materiaalissa. Lopuksi monistin samaa palaa array-modifikaattorilta noin 20 kerrosta ylöspäin ja sen jälkeen sama objekti kirkontapulin muille kulmille mirror-modifikaattorilla ja kirkon torni oli valmis. Kuvassa 22 on koristepalojen teko ja teksturointi värikartoitus-tekniikalla valmis torni.



Kuva 22. Kirkon tornin koristepalojen teko ja valmis torni

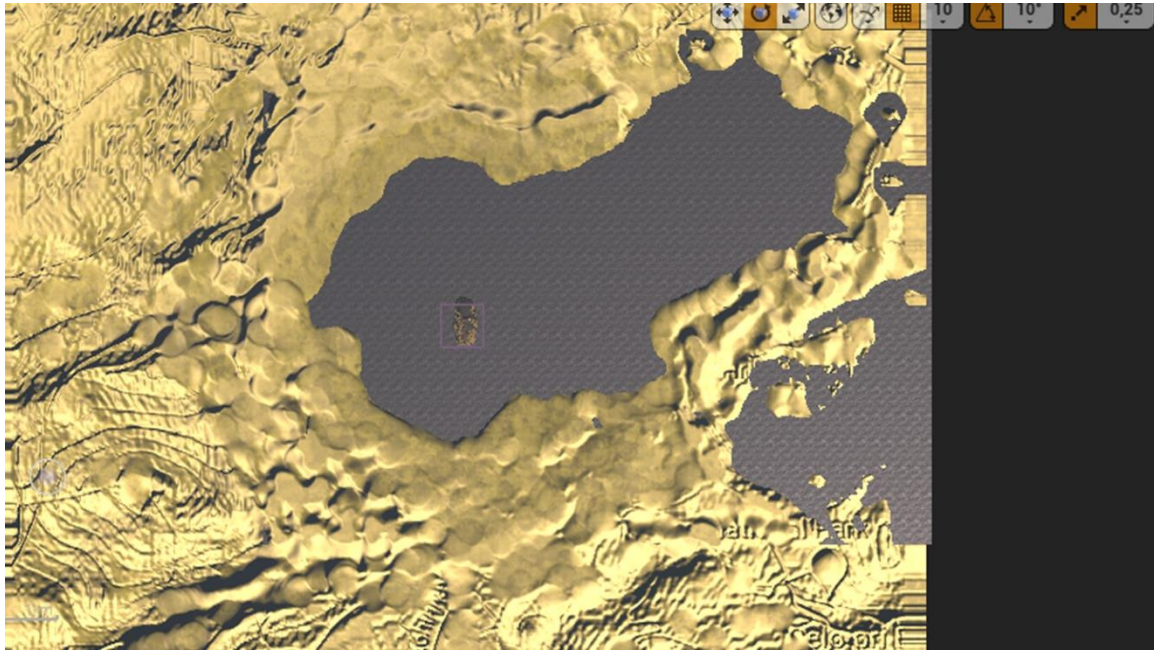
Kuvassa 23 on Kirkkosaari mallintamisen ja teksturoinnin jälkeen Blenderissä, ilman minkäänlaista valaistusta, tehosteita, harkittua kameran sijoittelua tai kasvistoa. Mallintamisen ja teksturoinnin jälkeen vein 3D-objektit Unreal Engine-pelimoottoriin.



Kuva 23. Renderöimätön kirkkosaari Blenderissä

6.6 Kasvisto, Bled-Järvi ja muu ympäristö

Asetin Unreal Engineessä työtilaan ilmakuva Bled-järvestä ja sen ympäristöstä. Tein siitä maapohjan Landscape-työkalulla. Y- ja x-akselille tuli noin 700-kertainen skaalaus alkuperäistä maapohjakuvasta. Järvelle tein kanssa oman pohjan ja materiaaliksi liitin siihen UE:n starter contentista löytyvän järvimateriaalin. Näin saaren ympäristö oli nopeasti kasassa. Kuvassa 24 on saari ylhäältäpäin.



Kuva 24. Päältä päin otettu kuva Bled-järven ympäristöstä

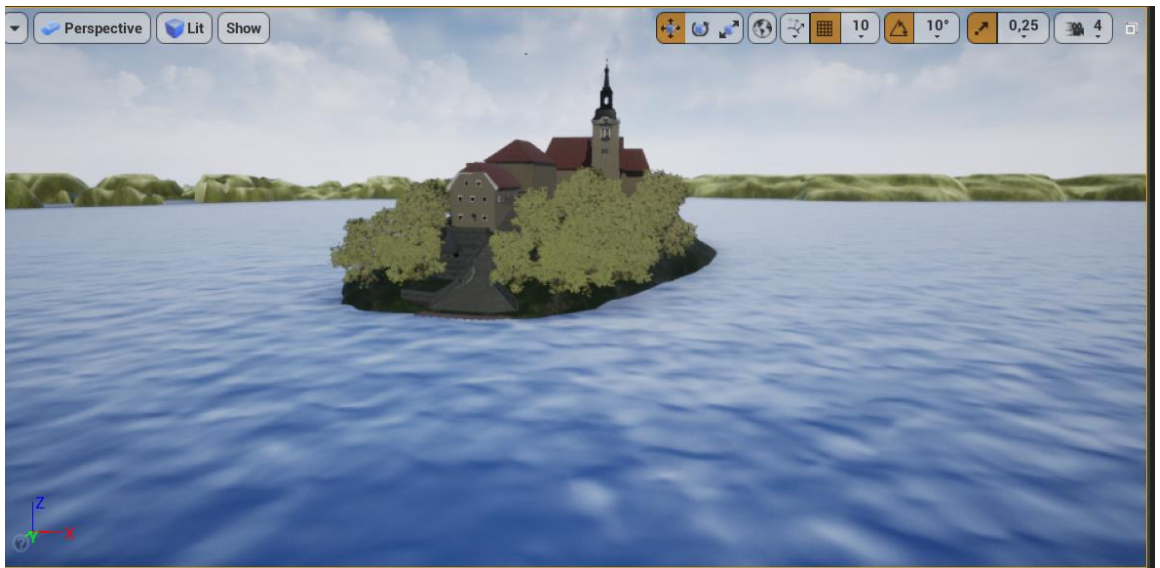
Tässä tutkimuksessa on järkevintä käyttää Speedtree-sovellusta, sillä tähän tutkimukseen ei tule muuta kasvistoa kuin yksi puu, jota skaalailen ja kääntelen että se näyttäisi siltä, että kyseessä olisi eri puu. Valitsin ensimmäisen vastaan tulleen tammea muistuttavan puun, joka näytti jollakin tavalla tammelta kaukaa katsottuna. Puiden levittämiseen saaren maapinnan päälle käytin foliage-työkalua, jolla puut asettuivat saaren pinnalle luonnollisesti. Kuvassa 25 on puita kivirappujen vierestä ennen jälkikäsitteilyä.



Kuva 25. Puut saaren maapohjan päällä

6.7 Jälkikäsitteily UE

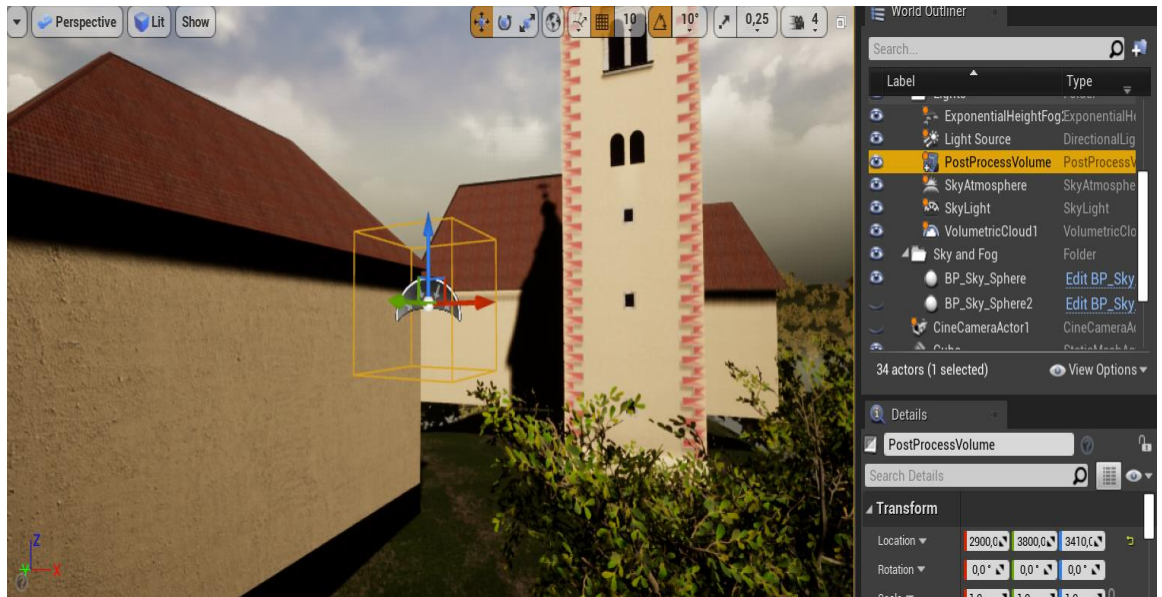
Käytännön osuuden viimeisenä toimenpiteenä oli jälkikäsitteily, jossa tapahtui valaistuksen tehosteiden asettaminen. Kuvassa 26 on Kirkkosaari Unreal Engineissä ennen jälkikäsitteilyä pelimootorin standardi asetuksilla.



Kuva 26. Renderöimätön Kirkkosaari Unreal Engineessä

Tekstuureiden materiaaleihin lisäsin noodiosan, jolla tekstuurikartat skaalautuivat realistisimman näköiseksi ja joidenkin tekstuurien valoisuutta nostin korkeammalle, koska tekstuurit näyttivät liian tummilta.

Ensimmäisenä toimenpiteenä avasin Enviroment light mixer -työkalun toiselle näytölle. Melkein puolet kuvasta on taivasta, joten BP-Sky-Lightin asetuksia muokkaamalla oli hyvä aloittaa taivaan sinivalkoisuuden muuttaminen harmaampaan suuntaan. VolumetricCloudista tuli lisää tehoa pilvien alaosan harmauteen. Tärkeimmistä valon lähteestä, eli Directional Lightista, tuli koko skeenin valaistus ja siinä suurimmat tekemäni asetukset ovat intensiivisyydessä, joka on normaalia voimakkaampi. Exponential Height Fogilla tuli harmaa kevyt sumu järven pintaan. SkyAtmosphere-efekti lisää sävyjen voimakkuutta ja tunnelmaa. PostProcessVolumesta tulee värien voimakkuus. Tässä työssä se on pieni kuutio, jonka sijoitin keskelle kenttää. PostProcess-kuution sisään tuli myös SkyLight, teki oman sävynsä valaistuskokonaisuuteen. Ilman tätä kuva olisi harmaa ja haaleamm. Rakennusten ja puiden lehtien osalta lähes väritön. Kuvassa 27 on kuutio kentässä, jonka sisällä skyLight näkyy.



Kuva 27. Post Process volume

Tarkoitus oli käyttää still image render -toimintoa lopulliseen kuvaan, mutta sillä tuli aina jotakin outoa kuten vaikka kirkontorin peilikuva näkyi pilvissä tai muuta vastaavaa, niin käytin lopulliseen kuvan ottamiseen High Resolutin Screenshot -toimintoa. Kuvassa 28 on lopullinen renderöinti. Jokainen voi katsoa referenssejä ja tätä kuvaa, ja miettiä miten olen onnistunut.



Kuva 28. Lopullinen maisemakuva

7 POHDINTA

Opinnäytetyössä käsitellään perusasioita, mutta siitä voi olla hyötyä kaikelle peligrafiikkaa tekeville. Oli sitten kyseessä alan ammattilainen, peligrafiikkaa opiskeleva tai muuten vain 3D-mallintamista harrasteleva.

Jos on jonkin verran aiempaa käyttökokemusta Blenderin käytöstä tai on tietoinen erilaisista lisäosista, niin jonkinlaisen maisemakuvan saa rakennettua aika nopeasti. Mutta sitten kun haluaakin tehdä tietynlaisen, tulee erilaisia haasteita. Varsinkin jos haluaa tehdä täsmälleen samanlaisen näkymän kuin valokuvassa.

Unreal Enginen renderöinnissä ovat omat haasteensa ja siinä on itselläni paljon vielä kehitettävää. Aiheesta voisi tehdä kokonaisen opinnäytetyön. Ei ehkä ole helpointa aloittaa maiseman renderöinnistä. Valaistuksen tekemisen ei saisi olla liian monimutkaista tai aikaa vievää, mutta silti tähän meni sitten aikaa liian kauan, kun piti kokeilla kaikkien mahdollisten vastaan tulevien tutoriaalien juttua, joista pieni osa päätyi lopulliseen kuvaan. Välillä unohtui, minkälaista tunnelmaa olen kuvaan hakemassa ja ehkä tällaisia toimenpiteitä ei kannata suorittaa seitsemän vuotta vanhalla näytöllä. Väärin tekemällä oppii parhaiten. Loppua kohden tajusin ottaa aina varmuuskopion tasokartasta, johon tein renderöintiä ja jatkaa säätöjen tekemistä aina kopioon. Jos jotakin taas menee täysin pieleen, niin ei tarvitse aloittaa alusta.

Ehkä tässä oli hankalinta unohtaa se, että nyt en tee pelimoottorivalmiita objekteja, vaan kuvaa, jossa runsaalla polygonimäärällä tai tekstuuriin jättimäisellä koolla ei ole väliä. Myös oli hankala unohtaa, että tekstuureiden ei tarvitse näyttää järkevältä joka puolelta katsottuna.

Homma kuin homma on jossain vaiheessa saatava pakettiin ja aika paljon tässä joutui oman osamattomuuden ja kokemattomuuden takia vetämään mutkia suoriksi. Loputon hiominen ei ole järkevää ajallisesti, vaan on tyydyttävä siihen, että tällä aikataululla ei tule parempaa. Renderöinnin lopputulos ei ole aivan sitä, mitä ajattelin ja itse tulini melkein sokeaksi jo kuvan suhteen ja unohdin, mitä olin hakemassa.

Pienenä haasteena olivat lähteiden löytäminen ja peligrafiikan ammattikielen suomentaminen oli turhauttavaa. Uskon että tämän tutkimuksen testaamiset ja kokeilut auttavat ainakin henkilökoh-

taisesti myös seuraavien vastaavien ympäristöjen ja rakennelmien tekemiseen pelimoottoriin. Tämän opinnäytetyön tavoitteen saavutin ja kuvasta saan portfoliooni kuvan pelimoottorissa renderöidystä 3D-ympäristöstä

8 YHTEENVETO

3D-maisemakuvan tekeminen valokuvien perusteella voi onnistua, jos siitä on tarjolla runsaasti referenssivalokuvia ja tietää mahdollisten rakennusten ja rakennelmien mittasuhteet. Mallinnettavan kohteen sijainnilla ei ole niinkään väliä, aivan sama onko mallinnettava kohde Rautavaaralla tai Pääsiäissaarilla. Jos kohteesta on olemassa drone-videoita ja sitä voi tarkastella Google Street viewillä, niin maiseman hahmottaminen helpottuu huomattavasti. Mutta on syytä kumminkin ottaa huomioon, että eri kuvista ja kuvakulmista katsottuna rakennukset saattavat näyttää täysin erilaisilta. Google Street view skaalaa kuvia toisinaan erikoisen näköiseksi.

Käytännön osuudessa yritin selittää yksinkertaisesti ja lyhyesti tiivistettynä 3D-mallinnusprosessia. Teksti kokonaisuuden yritin pitää mahdollisimman sellaisena, että sen pystyisi lukemaan kuka tahansa. Käytin mahdollisimman vähän alan jargonia.

Yritin tuoda esille sitä, miten suuri vaikutus renderöinnillä on peligrafiikkaan. Renderöityjä kuvia voi käyttää mallikuvina vastaavanlaisen pelikentän tekemiseen.

Uusia tutoriaaleja tulee lähes viikoittain. Ehkä tämän opinnäytetyön sisältö on näin syksyllä 2022 ajan tasalla, vaikka Blenderistä ja Unreal Enginestä on tullut uudemmat parannetut versiot kaikkien käytettäväksi tämän opinnäytetyön valmistumisen aikana.

LÄHTEET

1. Nucliano. Game Planner Software: How to Plan a Game Development Project: [Viitattu 28.5.2022]. Saatavilla: <https://www.nuclino.com/solutions/game-planner>
2. Dorr, Joby. Is Using References for Art Cheating or Valuable Tool?. 2021 [Viitattu 3.11.2021]. Saatavilla: <https://www.jobydorr.com/blog/2021/2/10/how-to-use-reference-for-art-when-its-good-and-when-its-bad>
3. Wirtz, Brian. How to Draw Game Characters for Beginners. Game Designing. 22.9.2022[Viitattu 21.10.2022]. Saatavilla: <https://www.gamedesigning.org/learn/video-games-drawing/>
4. Blocktober: Your Quick Start Guide to Blockouts. World of level Design: 2020 [Viitattu 4.11.2021]. Saatavilla: https://www.worldofleveldesign.com/categories/level_design_tutorials/guide-to-blocktober.php
5. Shinkle, Eugene. Of Particle Systems and Picturesque Ontologies: Landscape, Nature, and Realism in Video Games. EBSCO-portaali. 2020 [Viitattu 29.11.2021]. Saatavilla: [DOI: 10.1016/B978-0-12-803013-4.00010-7](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803013-4.00010-7)
6. Murray, Soraya. Horizons Already Here: Video Games and Landscape. EBSCP-portaali. 2020 [Viitattu 29.11.2021]. Saatavilla: [DOI: 10.1080/00043249.2020.1765553](https://doi.org/10.1080/00043249.2020.1765553)
7. 3D Modeling. Futurelearn. 18.3.2022 [Viitattu 21.10.2022]. Saatavilla: <https://www.futurelearn.com/info/blog/general/what-is-3d-modelling>
8. Naghdi, Arash & Adib, Payam. What is 3D modeling in animation and how should we start the workflow?. Dreamfarm Studios blog. [Viitattu 28.5.2022]. Saatavilla: <https://dreamfarmstudios.com/blog/a-quick-guide-to-3d-modeling/>
9. Heginbotham, Claire. What is 3D Digital Sculpting. Concept Art Empire. [Viitattu 21.8.2022] Saatavilla: <https://conceptartempire.com/what-is-3d-sculpting/>

10. 3D Modeling techniques. Popular 3D Modelling Techniques Used In Games. it-s.com. 6.12.2021 [Viitattu 28.5.2022]. Saatavilla: <https://it-s.com/popular-3d-modelling-techniques-used-in-games/>
11. Dalan. Box Modeling: The 3D Modeling Technique. Thilakanathan Studios. 5.10.2016 [Viitattu 28.5.2022]. Saatavilla: <https://thilakanathanstudios.com/2016/10/box-modeling-the-3d-modeling-technique/>
12. Selin, Erik. 10 Different types of 3D modeling techniques. Artistic Render. [Viitattu 28.5.2022] Saatavilla: <https://artisticrender.com/10-different-types-of-3d-modeling-techniques/>
13. Denham, Thomas. What is UV Mapping & Unwrapping. Concept art Empire. 2021 [Viitattu 4.11.2021] Saatavilla: <https://conceptartempire.com/uv-mapping-unwrapping/>
14. Uw tools. Blender manual. 2.5.2022 [Viitattu 28.5.2022], Saatavilla: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/editing/uv.html>
15. Seams. Blender Manual. 2.5.2022 [Viitattu 28.5.2022]. Saatavilla: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/uv/unwrapping/seams.html>
16. Texturing. Polycount Wiki. 2016 [Viitattu 4.11.2021]. Saatavilla: <http://wiki.polycount.com/wiki/Texturing>
17. Barber, Bill: What are the different texture maps for. Poliigon. 2021 [Viitattu 4.11.2021] Saatavilla: <https://help.poliigon.com/en/articles/1712652-what-are-the-different-texture-maps-for>
18. Add-ons. Blender manual. 2021 [Viitattu 3.11.2021]. Saatavilla: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/editors/preferences/addons.html>
19. Asma. What is a 3D Modeled Environment, It-s.com. [Viitattu 22.9.2022]. Saatavilla: <https://it-s.com/what-is-a-3d-modeled-environment/>
20. Lund, Steven. How to Create 3D Terrain with Google Maps and Blender. CG Geek YouTube Channel[video]; 2020 [Viitattu 9.11.2021]. Saatavilla https://www.youtube.com/watch?v=Mj7Z1P2hUWk&ab_channel=CGGeek

21. King, Ryan. Part 3-Blender Beginner Tutorial (Modelling the House). Ryan King Art YouTube Channel[video]; 13.1.2021 [Viitattu 28.5.2022] Saatavilla: https://www.youtube.com/watch?v=Np1kscimD4w&ab_channel=RyanKingArt
22. Blackwinter, Johnny. Manor House - Modeling Timelapse - Low Poly Modular Game Asset. JohnnyBlackWinter YouTube Channel[video]; 17.10.2021 [Viitattu 28.5.2022]. Saatavilla: https://www.youtube.com/watch?v=KesNdpfh2eg&ab_channel=JohnnyBlackWinter
23. Art Styles. Top 6 Styles for 3D Art Development. 3D-ace.com. 17.3.2017 [Viitattu]. Saatavilla: <https://3d-ace.com/blog/top-6-styles-for-3d-art-development/>
24. Lighting principles for 3D artist from film and art. GarageFarm.net. [Viitattu 21.10.2022]. Saatavilla: <https://garagefarm.net/blog/lighting-principles-for-3d-artists-from-film-and-art>
25. Unreal Engine. Unreal Engine. [Viitattu 21.5.2022]. Saatavilla: <https://www.unrealengine.com/en-US/faq>
26. Types of Lights. Unreal Engine Documentation. [Viitattu 28.5.2022]. Saatavilla: <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/BuildingWorlds/LightingAndShadows/Light-Types/>
27. Post Process Effects. Unreal Engine Documentation. [Viitattu 28.5.2022]. Saatavilla: <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/RenderingAndGraphics/PostProcessEffects/>
28. Church Island. bled.si. [Viitattu 28.5.2022]. Saatavilla: <https://www.bled.si/en/what-to-see-do/attractions/2/bled-island>
29. Bled. bled.si. [Viitattu 28.5.2022]. Saatavilla: <https://www.bled.si/en/information/about-bled/about-bled/>
30. vbosica. Pixabay.com. 3.0.2017. [Viitattu 31.10.2022] Saatavilla: <https://pixabay.com/fi/photos/lake-bled-slovenia-linna-ilmapiiri-27118>
31. Blender. blender.org [Viitattu 28.5.2022]. Saatavilla: <https://www.blender.org/about/>