



Karelia-ammattikorkeakoulu
Medianomikoulutus

Myllyrakennuksen 3D-mallinnus

Jere Salenius

Opinnäytetyö, Toukokuu 2025

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2025
Media-alan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Jere Salenius

Nimeke
Myllyrakennuksen 3D-mallinnus

Toimeksiantaja
Venejoen Mylly

Tiivistelmä

Tässä opinnäytteessä toteutettiin toimeksiantajalle myllyrakennuksen 3D-mallinnus. 3D-mallinnus on monimutkainen prosessi, joka sisältää monta eri työvaihetta. Mallinnuksen päävaiheet ovat suunnittelu, 3D-mallinnus, joka voi sisältää digitaalista veistämistä, UV-kartoitus sekä animointi. 3D-mallinnus toteutettiin ilmaisella vapaan lähdekoodin ohjelmistolla Blenderillä, joka sisältää kaikki 3D-mallinnukseen tarvittavat toiminnot.

Tässä projektissa oli monia toteutettavia työvaiheita, joista osa oli minulle uudempia ja osa oli tutumpia. Itse mallinnusprosessi oli minulle tutumpaa, ja esimerkiksi teksturointi, simulaatiot, animaatio, ja kameran käyttö olivat minulle uudempia osa-alueita. Teksturointi oli isoin uusi osa-alue. Kameran käytössä opin myös uusia tekniikoita, jotka paransivat animaatiota.

Prosessissa oli monia osa-alueita. Lopputulos onnistui hyvin, vaikka ongelmia olikin. Monet eri työvaiheet tuovat 3D-mallinnukseen ajallista kestoja, ja tästä syystä 3D-mallinnuksen opetteleminen voi viedä paljon aikaa.

Kieli
suomi

Sivuja 37
Liitteet 1
Liitesivumäärä 1

Asiasanat
Blender, 3D-mallinnus, animaatio



THESIS
May 2025
Degree Programme in Media

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Jere Salenius

Title
3D Modeling of a Mill Building

Commissioned by
Venejoen Mylly

Abstract

In this thesis, a 3D modeling of a mill building was implemented for a client. 3D modeling is a complex process that includes several different work stages. The main stages of modeling are design, 3D modeling, which can include digital sculpting, UV mapping, and animation. The modeling was implemented with the free open source software Blender, which includes all the functions needed for 3D modeling.

There were many work stages to be implemented in this project, some of which were newer to the author and some were more familiar. The modeling process itself was more familiar to me, and for example, texturing, simulations, animation, and the use of the camera were topics that needed more familiarization. Texturing was the newest topic. Using the camera, also new techniques were learned that improved the animation.

There were many parts to the process. The end result was successful, although there were challenges. Several work stages take time in 3D modeling, and for this reason, learning 3D modeling can be time consuming.

Language
Finnish

Pages 37
Appendices 1
Pages of Appendices 1

Keywords
Blender, 3D-modeling, animation

Sisältö

Sanasto.....	5
1 Johdanto	6
2 3D-Mallinnus.....	7
2.1 3D-mallinnuksen tavat	7
2.2 3D-mallinnusprosessi	10
3 Blender	13
3.1 Blenderin toiminnallisuus	14
3.2 Blenderin historiaa	15
4 Toimeksianto.....	17
4.1 Toimeksiannon käynnistys.....	17
4.2 Mallinnus.....	18
4.3 Tekstuurit.....	23
4.4 Kuvien käyttäminen mallinnuksessa	24
4.5 Partikkelisysteemit ja simulaatiot	26
4.6 Kamera ja renderöinti	29
5 Tulokset	32
Lähteet.....	35

Liitteet

Liite 1	Venejoen Myllyrakennuksen 3D-mallin videotiedosto
---------	---

Sanasto

Bezier-kaari	Pierre Bezierin mukaan nimetty parametrinen kaari, joka määrittää tiettyjen kontrollipisteiden avulla (Melo 2021).
Bake	Bake tarkoittaa 3D-meshiin liittyvän tiedon tallentamista tekstuuritiedostoon (Adobe 2023).
CAD	Computer aided design tarkoittaa tietokoneohjelman käyttöä visuaalisten sisältöjen luomiseksi (Awati 2025).
CPU	Central Processing Unit muodostaa tietokoneen ytimen kontrolloiden datan liikumista ja suorittaa tarvittavat tehtävät ohjelmistojen pyörittämiseksi (Lenovo 2025).
GPU	Graphics Processing Unit on suunniteltu tukemaan CPU:ta tietokoneen graafisissa työtehtävissä (Intel 2025).
Polygon	Polygon on litteä kaksiulotteinen muoto, jossa on vähintään 3 tasaista sivua (Twinkl 2025).
Python	Python on suosittu ohjelmointikieli, jota yleisesti pidetään käyttäjäystävällisenä (Coursera 2025).
NURBS	Non-Uniform Rational B-splines on matemaattinen tapa esittää tarkasti 3D geometriaa (Rhinoceros 2025).
N-gon	Polygoni, jossa on n määrä sivuja, jossa n on vähintään kaksi (Media4math 2021).
Mesh	3D-verkosto, joka muodostaa 3D-mallin (Mahajan 2023).
Renderöinti	Rendering. Tarkoittaa koodin muuttamista visuaaliseen muotoon (Sanity 2024).
Rigi	Rig. Luista (bones) muodostuva 3D-mallin luuranko, jonka avulla mallia voidaan liikuttaa (Cada 2025).
Rigaus	Rigging. Prosessi, jolla lisätään 3D-mallille luurakenne (Cada 2025).
Splini	Spline. Jatkuva käyrä, joka on rakennettu siten, että se kulkee tietyn pistejoukon läpi (Mathisfun 2025).
Topologia	Topologia tarkoittaa sitä, miten 3D-malli koostuu polygoneista. (Garagefarm 2025).
UV-kartoitus	Uv-mapping tarkoittaa 3D-mallin pinnan avaamista 2D muotoon (Adobe 2025).

1 Johdanto

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa toimeksiantona myllyrakennuksen 3D-mallinnus ja lisätä osaamistani 3D-mallinnusprosessin eri vaiheista sekä opetella minulle kokonaan uusia osaamisalueita kuten teksturointia, animointia, simulaatiota ja kameran käyttöä. Opinnäytteen toimeksiantajana toimii Venejoen Mylly Tmi Karelia-ammattikorkeakoulun Glow-hankkeen kautta. Suunnitelman mukaan projektissa toteutettiin myllyrakennuksen ja sitä ympäröivän maaston 3D-mallit ja renderöinnit.

Tässä opinnäytetyössä aluksi perehdytään yleisesti 3D-mallinnuksen historiaan. Tämän jälkeen tutkitaan eri tapoja toteuttaa 3D-mallinnusta. Näihin sisältyy esimerkiksi polygonimallinnus, NURBS-mallinnus sekä skannaus. Tämän jälkeen käydään läpi esimerkki 3D-mallinnuksesta. Sitten tarkastellaan Blenderin toiminnallisuutta ja historiaa. Lopuksi tarkastellaan toimeksiannon prosessia.

Mallinnus toteutetaan Blender-ohjelmalla (Blender 2025a). Blender on vapaan lähdekoodin ilmainen ohjelmisto, joka tarjoaa koko mallinnusprosessiin tarvittavat toiminnot. Näihin toimintoihin kuuluvat mallinnus, renderöinti, animaatio ja rigaus, videoeditointi, erikoistehosteet, kompositio, teksturointi ja monet erilaiset simulaatiot. Tämä projekti on toteutettu Blenderin versio numerolla 4.1. Mallinnusprosessin aikana oli mahdollisuus päivittää uudempaan versioon, mutta pidin version 4.1 koko prosessin läpi, ettei tulisi ongelmia projektin siirtämisessä uudempaan versioon. Tekstin kirjoittamishetkellä uusin versio Blenderistä on 4.4 (Blender 2025a).

2 3D-Mallinnus

2.1 3D-mallinnuksen tavat

Graafinen suunnittelija William Fetter otti 1960-luvulla käyttöön käsitteen 3D-mallinnus. 1963-luvulla Ivan Sutherland teki ohjelman nimeltä Sketchpad, jolla pystyi piirtämään ja editoimaan yksinkertaisia muotoja. Sketchpad edisti 3D-mallinnuksen nopeaa kehittymistä paljon. 1970-luvulla Ivan sekä David C. Evans alkoivat opettamaan tietokonegrafiikan kurssia, joka edisti tämän alan kehitystä. Monet 3D-mallinnukseen liittyvät käsitteet syntyivät 1970-luvulla. (Visengine 2025.)

1980-luvulla 3D-grafiikka ei ollut enää vain tutkimusala. Tietokoneiden lisääntyessä 3D-mallinnuksen käyttö sekä kaupallisesti, että muuten lisääntyi myös. 1990-luvulta lähtien 3D-mallinnuksen laatu on tasaisesti noussut nykypäivään asti. 3D-mallinnusohjelmista on tullut edistyneempiä, ja realismi on helpompi saavuttaa kuin koskaan. (Visengine 2025.)

3D-mallit ovat kolmiulotteisia digitaalisia objekteja, jotka esittävät todellisen maailman esineitä tai kuvitteellisia objekteja. 3D-malleja tehdään niiden tekoon erikoistuneilla ohjelmilla. Mallit voivat esittää käytännössä mitä vain. On olemassa monia eri tapoja tehdä 3D-malleja, joilla kaikilla on omat hyötynsä ja heikkoutensa. 3D-mallin lopullinen käyttötarkoitus määrittää myös osittain sitä, millä tavalla mallinnusta tehdään. 3D-malleja käytetään monipuolisesti mediassa. Videopelit, mainokset, videot ja elokuvat ovat vain yksiä esimerkkejä 3D-mallien monista käyttötarkoituksista. 3D-mallit ovat yksi tapa esittää grafiikkaa. (Kumar 2024.)

Polygonimallinnus perustuu XYZ-koordinaatistoon. 3D-mallit muodostuvat pisteiden ympärille 3D-avaruudessa. Jokaisella näistä pisteistä on X-, Y- ja Z-arvo, joka määrittää pisteen sijainnin koordinaatistossa. Tämän pisteen nimi on kärkipiste. Kun 3D-avaruudessa on kaksi näistä pisteistä, ne voidaan yhdistää muodostamaan viiva. Tätä viivaa kutsutaan vektoriksi. (Almond 2025.)

Pyöreitä esineitä muodostetaan yhdistämällä useita eri vektoreita. Vektorit voidaan liittää yhteen perusmuotojen muodostamiseksi. Kun vähintään 3 vektoria liitetään yhteen, muodostuu tasainen pinta, jota kutsutaan tahkoksi tai polygoniksi. 3D-objektit muodostuvat, kun yhdistetään useita eri tahkoja. Vektorit ilman tahkoa voivat myös muodostaa 3D-objektin. Tällöin objekti on kuitenkin käytännössä näkymätön 3D avaruudessa. Polygonimallinnusta käytetään esimerkiksi videopeleissä. Tällä tavalla polygonien määrää voi helposti rajoittaa, mikä tekee pelien optimoinnin helpommaksi. Polygonimallinnusta käytetään myös esimerkiksi elokuvateollisuudessa sekä rakennussuunnittelussa. (Henning 2023.)

Non-Uniform Rational B-splines eli NURBS-mallinnuksessa käytetään kaarevia malleja, joita ohjataan kontrollipisteillä, jotka määrittävät kaarevia muotoja. NURBS-kaari on eräänlainen bezier-kaari. Mallit muodostuvat monimutkaisien matemaattisten kaavojen avulla, jotka laskevat mallin muodon käyttäjän määrittelemien kaarien, 2D-viivojen, ympyröiden, ja muiden muotojen mukaan. Nurbs-kaaret määrittelevät neljä asiaa: kulman, kontrollipisteet, solmut ja arviointisäännön. Polygonimallinnus ja NURBS-mallinnus ovat monella tapaa hyvin samanlaisia. Ne kuitenkin eroavat siinä, että polygonimallinnus laskee meshit polygoneina, ja NURBS-mallit lasketaan splineinä. NURBS-mallinnuksen kaarevat muodot osoittautuvat hyödylliseksi erityisesti autojen mallinnuksessa, jossa tämä mallinnustyyli tuo autoille virtaviivaisuutta ilman, että tarvitaan monia polygoneja. NURBS-mallinnus on myös hyvä tapa tuottaa teollisia sekä tuote malleja. (Roy 2023.)

Subdivision-mallinnus on hybridimuotoinen mallinnustapa, jossa mallinnusprosessi aloitetaan pienen polygonimäärän objektilla, joka myöhemmin jaetaan isompaan polygonimäärään. Käyttäjä määrittelee muodon vetämällä ja liikuttamalla kärkipisteitä avaruudessa yksinkertaisesta mallista. Yksityiskohdat tulevat ilmi, kun malli jaetaan useampiin polygoneihin. Verrattuna esimerkiksi polygoni- ja NURBS-mallinnukseen subdivision-mallinnus on nopeampaa, koska se yhdistää elementtejä molemmista tekniikoista. Tätä mallinnustapaa käytetään yleisesti hahmojen mallintamisessa. Sileitä muotoja

on helppo animoida niin, että mallissa on paljon yksityiskohtia. Elokuvateollisuudessa tämä mallinnustapa on hyödyllinen esimerkiksi visuaalisten efektien luomiseen. (3ds 2025.)

Digitaalinen sculptaus (sculpting) eli veistäminen käyttää hyväkseen perinteisen veistämisen tapoja. Visuaalista materiaalia vedetään, työnnetään, ja veistetään eri suuntiin muodostaen eri muotoja. Veistämisen etu on, että se on nopeaa, ja hienovaraisia yksityiskohtia on helppo lisätä malliin. Erilaiset siveltimek mahdollistavat monipuolisen mallintamisen. Siveltimeä ovat esimerkiksi kaarisivellin, jolla tehdään kaaria ja poimuja, sileä sivellin, jolla voi tasoittaa epätasaisia kohtia mallista, ja klippisivellin, jolla voi poistaa ylimääräistä materiaalia. Veistämisessä usein muovataan yhtä isoa objektia, kun taas polygonimallinnuksessa esineitä voidaan editoida pienemmällä tasolla. Nämä kaksi tapaa voidaan kuitenkin yhdistää ja käyttää hyväksi molempien tapojen vahvuuksia. Tämä mallinnustapa on myös hyvä tapa tehdä hahmojen malleja. Veistämisen orgaaniset muodot mahdollistavat erittäin yksityiskohtaisia malleja. (Roy 2023.)

Skannauksella tuotetut mallit sisältävät monia yksittäisiä pisteitä 3D-avaruudessa. Skannaustekniikoita ovat esimerkiksi kuvanmittaus ja laserskannaus. Kuvanmittauksessa muutetaan 2D-kuvat 3D-malliksi. Tätä varten tarvitaan monta valokuvaa esineestä tai asiasta, joka halutaan muuttaa 3D-objektiksi. Valokuvat otetaan kaikista eri kulmista. Kuvanmittauksessa käytetään usein erikoiskameroita tai etänä ohjattavia robottikulkuneuvoja, joiden avulla saadaan hyvin tarkkoja kuvia. Tarkimmat mallit saadaan aikaiseksi silloin, kun skannataan paikallaan pysyviä objekteja tai paikkoja. Kuvat syötetään ohjelmaan, joka muodostaa 3D-mallin kuvien perusteella. (Deeptrekker 2025.) Laserskannuksessa laser skannaa esineen. Prosessi on nopea. Laserskannereita on monia erilaisia. Eri skannereilla skannataan erikokoisia esineitä. Skannauksen perusteella olevat mitat annetaan ohjelmalle, joka tekee valmiin 3D-mallin. Riippuen käyttötarkoituksesta molemmilla skannauskeinoilla tuotettuja malleja pitää usein siistiä ennen kuin ne ovat valmiita käyttöön. Skannausta käytetään usein, kun halutaan kopioida esineitä tai paikkoja tarkasti 3D-malleiksi. (Roy 2024.)

2.2 3D-mallinnusprosessi

3D-mallinnus on monimutkainen prosessi, jonka tavoitteena on tehdä esimerkiksi hahmoja, tiloja tai esineitä. Se jakautuu moneen eri vaiheeseen. Nämä vaiheet saattavat vaihdella riippuen tekijästä, ja niiden järjestys voi myös olla eri. Lopputulokseen vaikuttavat monet mallinnusprosessin aikana tehdyt päätökset ja ratkaisut. Seuraavaksi käydään läpi yksi esimerkki mallinnusprosessista. (Shahbazi 2024.)

Ennen itse 3D-mallinnusprosessia on hyödyllistä tehdä hyvä suunnitelma. Konseptigrafiikan luonnostelu on usein ensimmäinen vaihe ennen kuin 3D-mallia ruvetaan työstämään. Kuvia käytetään myöhemmin referensseinä tarkentamaan lopputulosta. Referenssikuvia kannattaa olla useita eri kuvakulmista. Referenssi- ja konseptikuvat ovat ikään kuin suunnitelma mallinnusprosessille. 3D-malleja voidaan tehdä myös ilman referenssikuvia, mutta silloin mallintaminen on huomattavasti haastavampaa, ja lopputulos ei välttämättä ole niin tarkka. Konseptigrafiikan tekoprosessi vaihtelee paljon riippuen tekijästä. Usein tehdään ensin hahmotelma, jota työstetään niin kauan, että saadaan valmis kuva käytettäväksi referenssinä. (Cghero 2022.) Tässä vaiheessa suunnitellaan myös esimerkiksi, kuinka realistinen malli tulee olemaan, mitä materiaaleja käytetään ja minkälainen graafinen tyyli mallilla tulee olemaan. Hahmoa suunniteltaessa hyvät referenssit antavat hahmolle oikeat mittasuhteet. Ympäristöissä arkkitehtuuriset suunnitelmat auttavat tekemään luonnollisia muotoja mallinnukseen. (Shahbazi 2024.)

Seuraavaksi aloitetaan itse mallinnus 3D-mallinnusohjelmalla. Aluksi käytetään yksinkertaisia muotoja, joista muodostetaan mallin päämuodot. Tässä vaiheessa ei keskitytä yksityiskohtiin vaan kasataan oikeankokoinen 3D-mallimassa. Massan muodostamiseen käytetään usein perusmuotoja kuten kuutioita, sylintereitä ja palloja. Referenssikuvia käytetään oikeiden kokojen ja muotojen saavuttamiseksi. (Shahbazi 2024.) Toinen tapa aloittaa mallinnusprosessi on veistäminen. Veistäminen aloitetaan työstämään

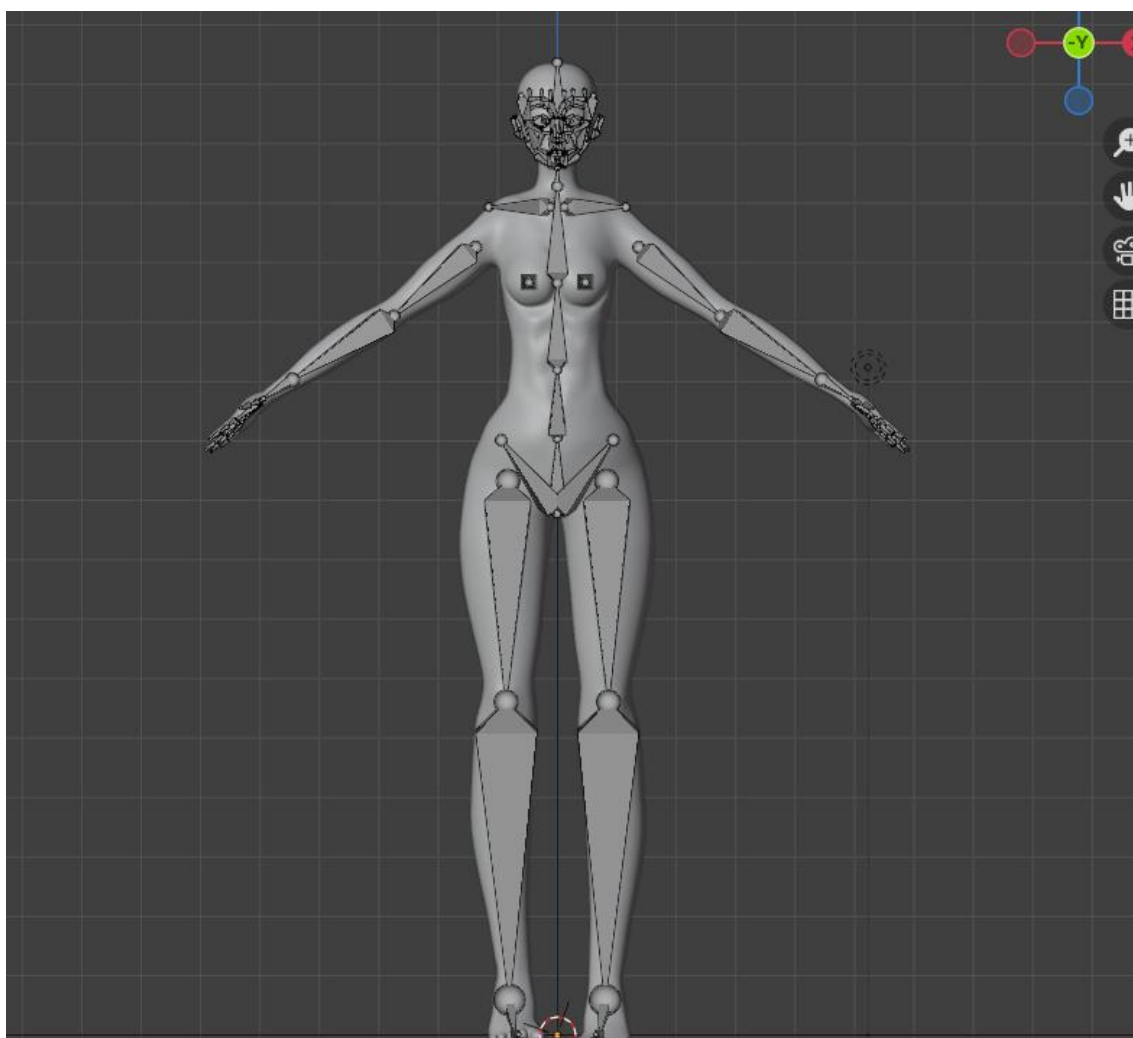
vapaavalintaisella muodolla. Veistäminen on orgaanisempi tapa työstää 3D-malleja, ja sillä saa paremmin aikaan yksityiskohtia. Nämä kaksi tapaa voidaan myös yhdistää käyttäen hyväksi molempien tapojen hyötyjä. Perusmuodoilla voidaan muodostaa mallin päämuodot, jonka jälkeen veistämällä lisätään yksityiskohtia. (Cghero 2022.)

Veistäminen ja perusmuodoilla muodostettu massa muodostavat erilaiset 3D-verkostot. Veistämällä muodostetut yksityiskohtaiset mallit sisältävät usein todella paljon polygoneja, jotka saattavat olla ongelma riippuen mallin käyttötarkoituksesta. Molemmilla vaiheilla on syytä optimoida mallin topologia. Peleihin tuleviin malleihin pyritään saamaan mahdollisimman vähän polygoneja niin, että malli pysyy alkuperäisessä muodossaan. Jos mallista renderöidään kuva, topologian ei tarvitse olla niin optimoitu, mutta on silti syytä pitää mielessä 3D-mallinnuksen perusteet. Alueet, joiden on tarkoitus muuttua muotoaan, tarvitsevat enemmän topologiaa, että muodonmuutos pysyy oikeanlaisena. Kolmiot ja n-gonit muutetaan neliöiksi niin hyvin kuin mahdollista. Usein malleissa esiintyy joitakin kolmioita. Nämä kolmiot olisi hyvä saada paikkoihin, jotka eivät muuta muotoaan. Hyvin optimoitu topologia helpottaa seuraavia vaiheita. (Shahbazi 2024.)

UV-kartoitus tarkoittaa 3D-massan projisointia 2D-tekstuuriavaruuteen. Tämä vaihe mahdollistaa värien ja tekstuurien tekemisen 3D-mallin pintaan. Vaikka työskentely 3D-mallinnusohjelmissa tapahtuu 3D-avaruudessa, tekstuurit ovat 2D-muodossa. Tämä vaihe määrittää, miten 2D-tekstuurit asettuvat malliin. 3D-malliin tehdään saumoja, jotka avataan 2D-avaruuteen. UV-kartoitus toimii vähän samalla tavalla kuin origamiteosten taittelu, mutta toisin päin. Saumat koitetaan sijoittaa kohtiin, jotka eivät ole näkyvissä niin hyvin tai kohtiin, joissa on jonkinlainen leikkauskohta jo valmiiksi. Jos mallissa on symmetrisiä osia, mallinnusohjelmilla voi peilata tehdyt UV-kartoitukset myös toiselle puolelle. (Shahbazi 2024.) CAD-ohjelmat voivat myös tehdä automaattisia UV-karttoja. Yleensä ohjelma tekee automaattisen UV-kartan, kun objekti luodaan. Nämä UV-kartat kuitenkin ovat harvoin käyttämisen arvoisia. (Pluralsight 2022.) Tässä vaiheessa kannattaa myös tarkistaa, että mallin normaalit ovat oikeinpäin. Normaali kertoo käytännössä kummin päin tahkot ovat 3D-mallissa. Koska

mallin tahkojen suunta ei ole näkyvässä oletuksena, se on tarkastettava erikseen. (Garofalo 2022.)

Näiden vaiheiden jälkeen mallinnus on käyttötarkoituksen mukaan joko valmis tai sitten sitä on työstettävä edelleen. Jos mallinnusta aiotaan liikuttaa esimerkiksi animaatiolla, tarvitaan vielä lisää työvaiheita. Seuraava työvaihe on rigaus. Rigaus on vähän kuin mallille lisätty luuranko, jonka avulla mallia voidaan liikuttaa. Luuranko muodostuu luista, jotka sijoitetaan 3D-meshin sisään. (Kuva 1). Liikuttaessa eri luita kyseisen luun ympärillä oleva mesh liikkuu luun mukana. Hyvä rigi mahdollistaa realistisemmän lopputuloksen. Mitä yksityiskohtaisempi rigi on, sitä enemmän hallintaa käyttäjällä on mallin liikuttamisessa. Hahmojen mallinnuksessa naaman rigi on yleensä melko monimutkainen, jotta voidaan esittää monia eri ilmeitä. (Cghero 2022.)



Kuva 1. 3D-mallin luurankorakenne, kuvakaappaus Blender.

Ennen kun tämä vaihe voidaan aloittaa, täytyy varmistaa, että malli on sopiva rigausprossiin. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että topologian ja symmetrian pitää olla kunnossa. Hyvä topologia on tärkeää rigauksen kannalta, sillä luiden liikuttelu käyttää mallin topologiaa muotojen muuttamiseen. Toinen tärkeä asia, erityisesti ihmismalleissa, on symmetria. Kuten UV-kartoituksessakin, rigauksessa voidaan myös peilata tehdyt muutokset toiselle puolelle. Tämä onnistuu hyvin vain, jos malli on symmetrinen. Symmetria ei ole täysin pakollista, mutta se nopeuttaa rigausprosessia. (Buchholz 2024.)

Rigauksen jälkeen mallia voidaan animoida. Animaatioita voidaan tehdä usealla eri tavalla. Liikkeenkaappaus on yksi näistä tavoista. Ihmiselle laitetaan päälle puku, joka on yhteydessä 3D-malliin. Tämä puku siirtää kaikki liikkeet mitä puku päällä oleva ihminen tekee 3D-malliin. Tämä tapa on kuitenkin kallis ja aikaa vievä, koska se vaatii erityislaitteita. Usein animaatioita on myös siistittävä. (Cghero 2022.) Toinen tapa animoida on tehdä se mallinnusohjelman sisällä. Mallia liikutetaan avainkohtien (keyframe) avulla. Nämä kohdat ovat ikään kuin pysäytettyjä kuvia mallin liikkeen eri vaiheista. Tietokone laskee avainkohtien välisen liikkeen automaattisesti. Tarkalla suunnittelulla voidaan tehdä hyvin realistisia animaatioita. (Unity 2025.)

Viimeinen vaihe 3D-mallinnuksessa on renderöinti. Renderöinti tarkoittaa käytännössä mallinnuksen muuttamista visuaalisen muotoon kuvaksi tai animaatioksi. 3D-mallia voidaan katsella ohjelman sisällä, mutta renderöintiä tarvitaan, jotta mallin visualisointi saadaan haluttuun muotoon. Renderöintiin voi kulua 3D-mallin yksityiskohtaisuudesta sekä tietokoneen tehokkuudesta johtuen runsaasti aikaa, joten on tärkeää varmistaa vielä, että kaikki on kunnossa ennen kuin renderöintiprosessi aloitetaan. Renderöinnin kestoon vaikuttaa tietysti myös renderöidäänkö 3D-mallista pelkkä kuva vai animaatio. (Realspace 2025.)

3 Blender

3.1 Blenderin toiminnallisuus

Blender on ilmainen ohjelmisto, joka sisältää tarvittavat toiminnot koko 3D-mallinnusprosessia varten. Näihin toimintoihin kuuluvat mallinnus, renderöinti, animaatio ja rigaus, videoeditointi, erikoistehosteet, kompositio, teksturointi ja monet erilaiset simulaatiot. Blender on myös avoimen lähdekoodin ohjelmisto. Avoimen lähdekoodin ohjelmat ovat ilmaisia käyttää ja käyttäjät voivat muokata niiden lähdekoodeja omia tarpeitaan varten. Blender on suunniteltu valokuvamaiseen ja realistiseen mallinnukseen. (Blender 2025b.)

Blender toimii GNU General Public License (GPL) -lisenssillä, mikä antaa käyttäjälle monia vapauksia tietyissä olosuhteissa. Käyttäjät voivat käyttää Blenderia mihin tahansa tarkoitukseen, esimerkiksi tutkia lähdekoodia ja tehdä omia versioitaan sekä jakaa muokattuja tai muuttamattomia versioita. Lisenssi edellyttää kuitenkin, että käyttäjä jakaa muokatun version kaikille, jos versio julkaistaan suurelle yleisölle. Tätä kutsutaan yleisesti nimellä Copyleft. (GNU Operating System 2007.) Muokattu versio voidaan laittaa myyntiin, mutta tässä tapauksessa ainoa osa, joka voidaan myydä, on version latauspalvelu. Latauspalvelun ostajalla on myös GPL-lisenssi. Blenderillä tehdyt teokset ovat myös kokonaan ne tehneen taiteilijan omistuksessa ja niitä voidaan myös myydä vapaasti. Blenderissä on kuitenkin useita kirjastoja ja moduuleja, jotka käyttävät erilaisia lisenssejä, kuten Python, joka käyttää Python-lisenssiä. (Blender 2025c.)

Blender on täysin kustomoitavissa oleva ohjelmisto (Kuva 2). Käyttäjät voivat editoida työnkulkua vapaasti joko Python-ohjelmoinnilla tai Blenderin tarjoamilla valmiilla vaihtoehdoilla. Blenderin käyttäjäliittymä on jaettu kolmeen osaan. Yläpalkissa on päävalikko, jonka sisällä tallennetaan tiedostot, renderöidään 3D-mallit, ja tuodaan ja viedään tiedostoja. Keskiosiossa on päätyötila, jota voidaan jakaa useampaan pienempään ikkunaan. Pohjalla on tilaikkuna, jossa on pikanäppäin ehdotuksia ja tilastoja. Blender käyttää monia pikanäppäimiä, jotka nopeuttavat työskentelyä. Näitä näppäimiä voi vapaasti editoida. Blender

tarjoaa myös esimerkiksi mahdollisuuden vaihtaa fontteja, värejä ja resoluutiota. (Blender 2025d.)



Kuva 2. Blenderin ikkuna jaettuna kahteen osaan, kuvakaappaus Blender.

Uusi vakaa versio Blenderistä julkaistaan noin kolmen kuukauden välein. Blender on saatavilla Windowsille MacOSille ja Linuxille (Blender 2025e).

3.2 Blenderin historiaa

Blenderin loi Ton Roosendaal, hollantilainen itseoppinut ohjelmistokehittäjä ja taiteellinen johtaja. Roosendaal aloitti opiskelemaan teollista muotoilua, mutta jätti opintonsa kesken, koska hän halusi tehdä oman 3D-animaatiostudion. Hän perusti NeoGeo-nimisen animaatiostudion vuonna 1989, joka aloitti toimintansa hänen omalla ullaallaan. NeoGeo oli hyvin onnistunut ja kasvoi nopeasti Hollannin isoimmaksi animaatiopohjaiseksi yritykseksi saaden monia palkintoja. Ensimmäiset Blenderiin liittyvät tiedostot kirjoitettiin 2.1.1994. Blenderin oli tarkoitus olla NeoGeon sisäinen ohjelmisto. (Blender 2025f.)

Roosendaal sijoitti rahansa Silicon Graphic työpisteeseen. Tämä tietokone johti Blenderin ensimmäiseen versioon, joka julkaistiin tammikuussa 1995. Tuohon aikaan 3D-grafiikkaa ei pidetty kovinkaan kannattavana liiketoiminnallisesti. Roosendaal kuitenkin uskoi 3D-mallien tietokoneen sisäisiin maihin, jotka

voi luoda itse. NeoGeon jälkeen vuonna 1998 hän ja hänen kumppaninsa Frank van Beek perustivat uuden yrityksen, jonka nimi oli Not a Number. Tämän yrityksen painopiste oli Blender-ohjelmiston kehittäminen ja markkinointi. Tähän aikaan Blender oli ilmainen ohjelma, johon pystyi maksamalla avaamaan uusia toimintoja. (Blender 2025f.)

Tämän yritysmallin takia he pystyivät osallistumaan SIGGRAPH-nimiseen tietokonegrafiikkakonferenssiin, jossa he onnistuivat saamaan Blenderille rahoitusta yhteensä 5,5-miljoonan dollarin verran. Tästä huolimatta Not a Number suljettiin vuonna 2002. Yrityksen sulkeutuminen johti siihen, että Blenderin kehitys pysähtyi. Roosendaal ei pystynyt ostamaan oikeuksia takaisin Not a Numberin tukijoilta, minkä vuoksi hän tukeutui uuteen suunnitelmaan. Toukokuussa 2002 hän perusti voittoa tavoittelemattoman Blender Foundationin, jonka tarkoituksena oli tehdä Blenderistä avoimen lähdekoodin ohjelmisto. Heinäkuussa hän julkaisi joukkorahoituskampanjan, jonka tavoitteena oli saada Blender takaisin edellisen yrityksen sijoittajilta. Blenderin yhteisössä oli tällä hetkellä noin 250 000 käyttäjää, ja näiden käyttäjien ansiosta Blender Foundation onnistui keräämään 110 000 euroa. Nämä rahat riittivät vapauttamaan Blenderin sijoittajilta. Lokakuussa Blender julkaistiin GNU General Public License (GPL) -lisenssin alaisena. (Blender 2025f.)

Blender Foundation haastoi yhteisöään tekemään 3D-lyhytelokuvan testinä Blenderin nousevalle suosiolle. Project Orange -niminen projekti käynnistyi vuonna 2005, ja sen alla julkaistiin Elephants Dream -niminen lyhytelokuva, josta tuli menestys. Vuonna 2007 perustettiin Blender Institute, jonka tarkoituksena oli tarkentaa Blender Foundationin tavoitteita, sekä tuottaa avoimia projekteja liittyen 3D-elokuvaan, peleihin ja visuaalisiin tehosteisiin. Blender Institutella oli fyysinen studio sekä toimisto. Blender Institute on tuottanut monia avoimia projekteja yhteistyössä artistien kanssa. Jokainen uusi projekti asettaa uusia vaatimuksia Blenderille, jotka taas johtavat uusiin päivityksiin. (Blender 2025f.)

Vuonna 2008 julkaistiin Blender 2.5. Tämä päivitys sisälsi monia uusia toimintoja, kuten uuden animaatiojärjestelmän, uusia työkaluja,

käyttäjäympäristön uusinnan sekä tietojen käyttöjärjestelmän. Cycles on edistyksellinen renderöintimoottori, joka otettiin mukaan Blenderiin versioon 2.612 vuonna 2011. Vuosien varrella Cycles-moottoriin on lisätty paljon toimintoja. Näihin sisältyy esimerkiksi hiussimulaatio, liike-epäterävyys, tuli- ja kaasusimulaatiot sekä monia muita toimintoja. (Blender 2025f.)

Vuonna 2019 julkaistulla 2.8-versiolla Blender onnistui pääsemään osaksi valtavirtaa. 2.8-versio päivitti käyttöliittymän, esitteli uuden renderöintimoottorin nimeltä EEVEE ja toi uusia mahdollisuuksia scupltaukseen. Blenderin suosio oli kasvanut vuosien aikana, mutta vasta 2.8-version jälkeen Blender hyväksyttiin todelliseksi vaihtoehdoksi maksullisille kilpailijoille. Blenderin omien projektien lisäksi monet suuret yritykset ottivat Blenderin käyttöön ja osallistuivat Blenderin rahoitukseen, mikä mahdollisti jatkuvan kehityksen. (Blender 2025f.)

Blenderiin liittyy oleellisesti myös Blender Cloud -palvelu. Blender Cloud on tilauspohjainen palvelu, joka tarjoaa kirjastossaan valmiita malleja Blenderin omassa tiedostomuodossa, päivityksiä meneillä olevista projekteista, videoita ammattilaisilta sekä animaatioselvityksiä. (Blender 2025f.)

4 Toimeksianto

4.1 Toimeksiannon käynnistys

Opinnäytetyön toimeksianto käynnistyi Karelia Glow-hankkeen kautta. Prosessi lähti käyntiin palaverilla Glow-hankkeen kanssa. Palaverissa ideoimme toimeksiannon mahdollista sisältöä, ja kävimme läpi keneltä toimeksianto tulee, ja mitä toiveita toimeksiannolla oli. Opinnäytteen toimeksiantajana toimii Venejoen Mylly, joka sijaitsee Venejoella. Venejoen Mylly on historiallinen myllyrakennus, joka on ollut yksi Venejoen suurimmista myllyistä. Varsinainen myllytoiminta lakkautettiin 1950-luvulla. Tällä hetkellä mylly rakennus toimii vuokrattavana tilana, jota voi hyödyntää erilaisiin tarkoituksiin. Venejoen Mylly

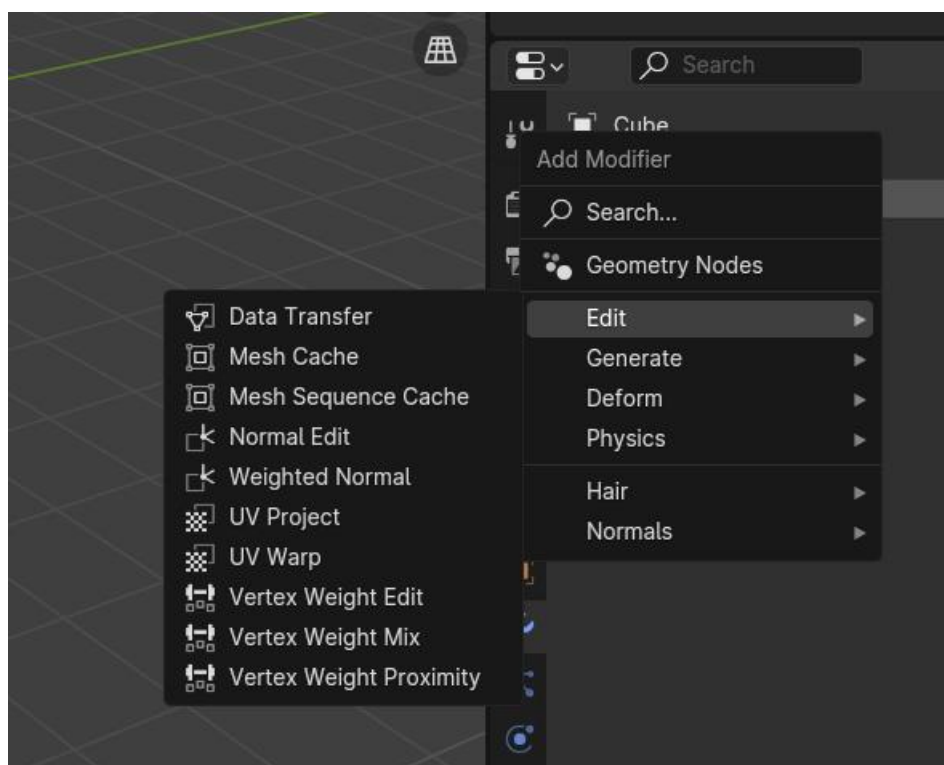
yrityksenä tarjoaa myös muita palveluja, kuten ruokailua, kierroksia lähiympäristössä ja tutustumista myllyn historiaan. (Venejoen Mylly 2025.)

Ensimmäisessä palaverissa toimeksiantajan kanssa käytiin läpi tarkemmin toiminnallisen osuuden sisältöä ja tavoitteita. Tässä vaiheessa tavoitteisiin kuului myllyrakennuksen, myllyn ympärillä olevan maaston sekä aikaisemmin myllyssä toimineen myllyn moottorin 3D-mallin tekeminen. Palaverissa sovittiin myös, että antaisin valmiin renderin lisäksi myös Blender tiedoston toimeksiantajan käyttöön. Ensimmäisen palaverin jälkeen sovittiin aika, jolla pääsisin tutustumaan myllyrakennukseen, ja ottamaan kuvia. 3D-mallinnuksen tukena on lähes aina hyvä olla referenssikuvia, joten näiden kuvien tarkoitus oli tukea mallinnusprosessia. Otin kuvat omalla puhelimellani, koska kuvien laatu ei ollut niin tärkeää, kuin se että kuvassa näkyy tarvittavat asiat. Otin kuvia myllyrakennuksen sisältä sekä ulkoa olevasta ympäristöstä.

4.2 Mallinnus

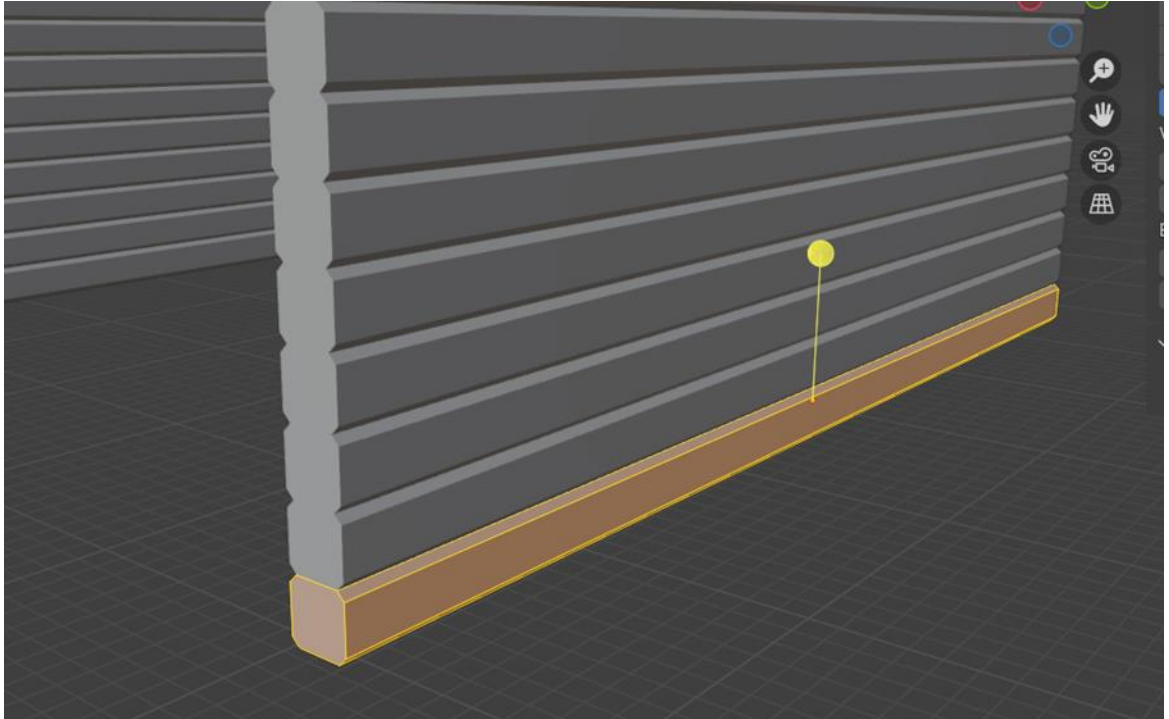
Aloitin mallinnuksen myllyrakennuksesta. Aluksi tein kuvien perusteella seinät. Seinät on tehty Array-muunninta (Array modifier) käyttäen. Blender käyttää muuntimia helpottamaan mallinnusta. Muuntimet mahdollistavat meshin muuntamisen monella eri tavalla ilman, että se tuhoaa tai muuttaa alkuperäisen meshin ominaisuuksia. Muuntimet tekevät automaattisesti toimintoja, joiden tekeminen olisi hyvin aikaa vievää tai joissain tapauksissa hyvin vaikeaa. Muuntimet muuttavat miten mesh näkyy ja renderöityy, mutta alkuperäinen geometria ei muutu. Muuntimet voidaan kuitenkin asettaa käyttöön, jolloin objektin geometria voi muuntimesta riippuen muuttua. Muuntimet jaetaan neljään alakategoriaan (Kuva 3). Muokkausmuuntimet eivät yleensä vaikuta kärkipiste ryhmiin. Generointimuuntimet vaikuttavat koko mallin topologiaan, ja ne voivat muuttaa koko objektin muotoa, tai lisätä uutta geometriaa objektiin. Deformointimuuntimet muuttavat objektin muotoa eivätkä vaikuta sen topologiaan. Viimeinen muuntimien kategoria on simulaation muuntimet. Nämä muuntimet yleensä ilmestyvät automaattisesti, kun objektiin lisätään fysiikkapohjaisia simulaatioita. Tästä syystä muunninosiossa ne esittävät vain

objektin sitä, että objektilla on käytössä simulaatioita. Asetukset näiden muuttamiseen löytyvät usein muualta. (Blender 2025g.)



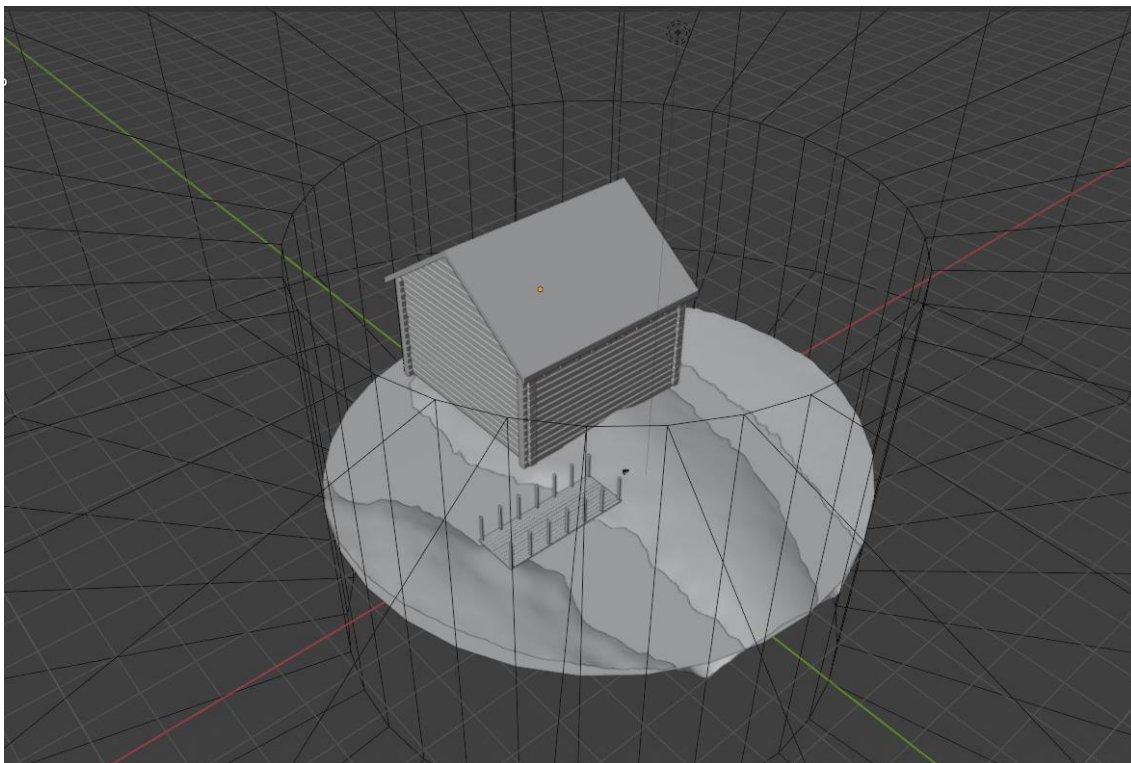
Kuva 3. Muunninnäkymä muokkausmuuntimista, kuvakaappaus Blender.

Seinät on tehty mallintamalla yksi palkki seinän puurakenteesta ja monistamalla tämä palkki koko seinän pituudelle array muuntimella. Kuvassa 4 keltaisella hohtava palkki on alkuperäinen palkki ja loput ovat array muuntimella tehtyjä. Seinän toinen puoli on tehty peili muuntimella. Peili muunnin peilaa valitun geometrian valitun pisteen ympärille. Sekä peilimuunnin, että array muunnin olivat seinän tekoon täydellisiä, koska seinän palkit ovat toistuvaa geometriaa. Tästä syystä on täysin turhaa mallintaa palkki monta kertaa, tai edes monistaa palkki ja siirtää se itse oikeaan paikkaan. Paras vaihtoehto oli siis käyttää muuntimia säästämään aikaa. Seinien jälkeen aloin työstämään kattoa ja kattoon kuuluvia palkkeja. Seinään oikean muodon sain boolean muuntimella. Boolean muunnin käyttää kahta eri objektia, ja leikkaa toisen objektin erotuksen toisesta objektista.



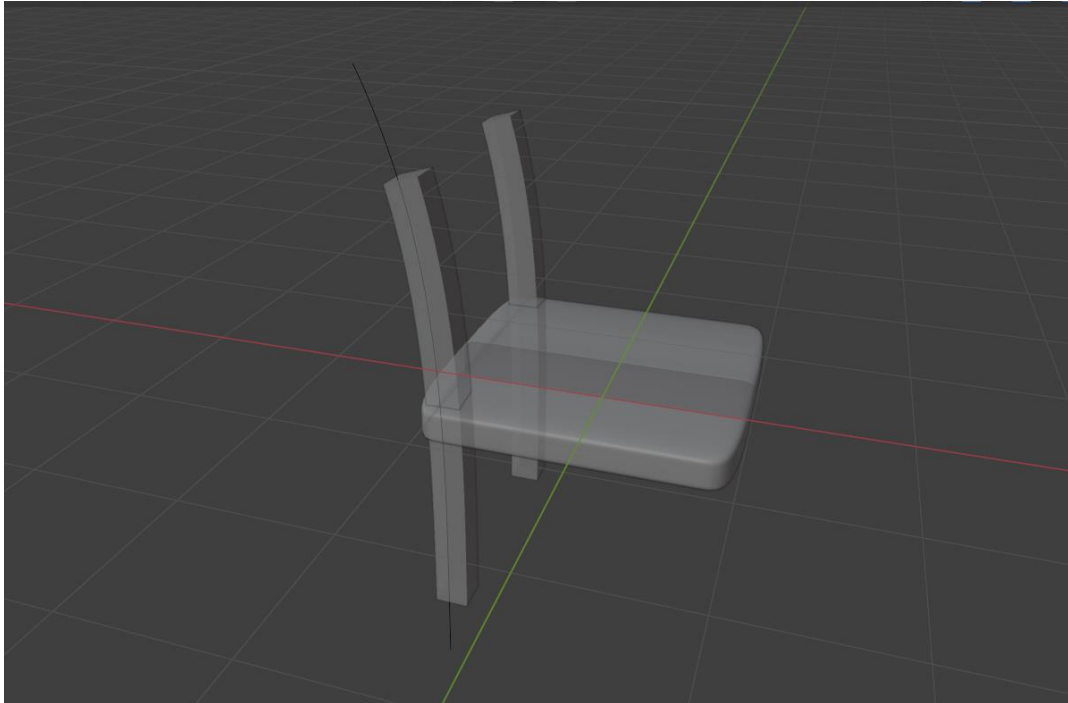
Kuva 4. Array muuntimella tehdyt palkit, kuvakaappaus Blender.

Talon yhteydessä aloin myös työstämään myllyrakennuksen ympärillä olevaa maastoa. Alkuperäinen suunnitelma oli tehdä rakennuksen ympärille kehämäisesti ympyrän muotoon ympärillä olevaa maastoa. Ympyrän reunat häivytetään vähitellen. Ympyrä on toteutettu boolean muuntimella. Kuvassa 5 maastoa ympäröivä kehikko leikkaa ympyrän muodon maastoon. Tutkin mahdollisia keinoja toteuttaa maaston muodon mahdollisimman realistisesti. Päädyin tekemään maaston lisäosalla, jonka avulla voi lisätä valmiita maastopohjia, joiden työstämistä voi itse jatkaa. Päädyin tähän ratkaisuun, koska tällä tavalla sain vähän valmista orgaanista muotoa maastopohjasta.



Kuva 5. Boolean muuntimella leikattu maasto, kuvakaappaus Blender.

Blender käyttää monia lisäosia tukemaan pääversiotaan, koska tällä tavalla ohjelma ei ole niin raskas tietokoneelle. Käyttäjät voivat lisätä tarvittavat lisäosat itse ohjelmaansa ja näin lisätä Blenderin toiminnallisuuksia. Lisäosia Blenderiin on myös todella paljon saatavilla käyttäjien tekemänä. Tämä on mahdollista koska Blender on avoimen lähdekoodin ohjelmisto, ja antaa kaikki oikeudet käyttäjälle muokata koodia ja tehdä omia versioita tai lisäosia Blenderistä. Valmiin pohjan lisättyäni aloin työstämään maastoa veistämällä. Digitaalisessa veistämisessä on erilaisia työkaluja, jotka muokkaavat meshiä eri tavoilla. Tähän vaiheeseen käytin inflate/deflate ja crease työkalua. Inflate/deflate-työkalulla voi täyttää tai tyhjentää geometriaa. Crease-työkalu muodostaa railoja haluttuihin kohtiin. Venejoen myllyn ympäristöön kuuluu oleellisesti myös myllyn vieressä virtaava puro. Tässä vaiheessa prosessia puro on vielä taso, jossa ei ole kuin yksi polygoni. Kun maasto oli oikean muotoinen, pystyin toteuttamaan alustavasti sillan, joka menee puron yli.

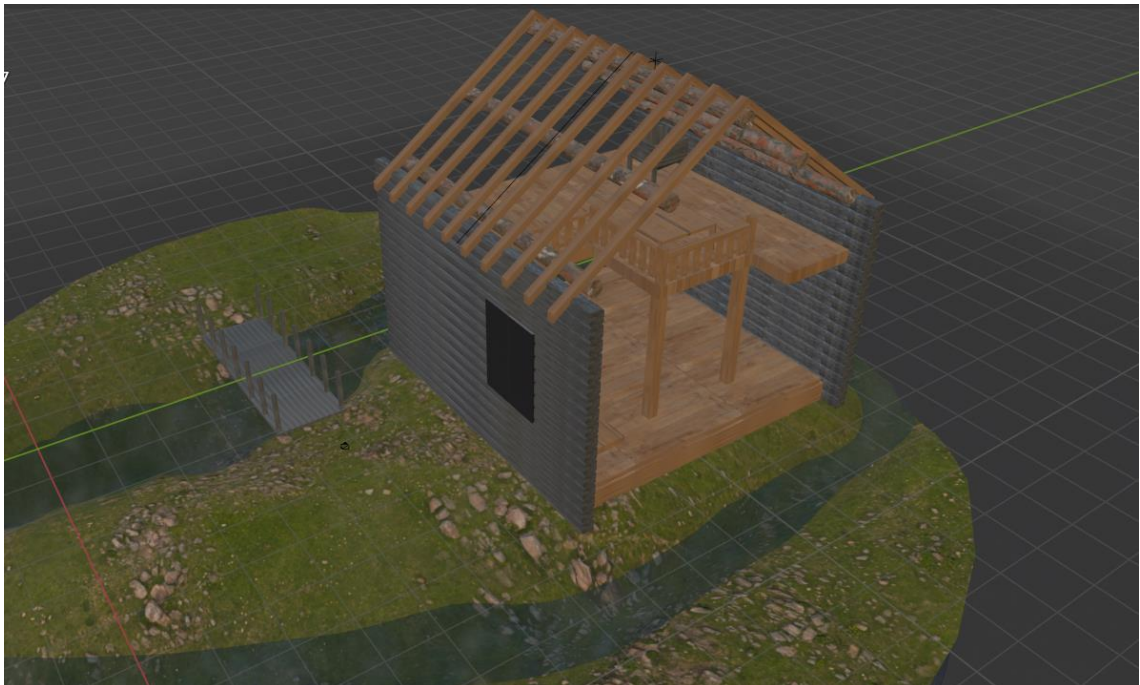


Kuva 6. Tuolin selkänoja seuraamassa kaarta curve-muuntimella, Kuvakaappaus Blender.

Tähän asti olin tehnyt objektit arvioimalla niiden koon, minulla ei ollut aluksi tarkkoja mittoja. Kaikista tehdyistä objekteista oli kuitenkin helppoa muuttaa niiden kokoa tarpeen tullessa. Venejoen Myllystä oli olemassa tarkat mitat. Kysyin nämä tarkat mitat myllyrakennuksesta, että mallinnuksesta tulisi mahdollisimman samanlainen oikeaan myllyrakennukseen verrattuna. Kun sain tarkat mitat myllystä, muutin kaikki mitat oikean kokoisiksi. Aloin työstämään seuraavaksi huonekaluja kuten esimerkiksi pöytää ja tuolia. Tässä vaiheessa prosessia tuli ensimmäinen ongelma. Tuoli on tehty array muuntimella, sekä curve muuntimella (Kuva 6). Curve muunnin kääntää halutun geometrian osoitettuun suuntaan. Yhdistämällä curve ja array muuntimen voidaan määrittää geometria seuraamaan kaarta. Objektien täytyy kuitenkin olla tietyssä muodossa ja paikassa, että tämä toimii, ja minulla oli aluksi vaikeuksia saada geometria seuraamaan kaarta. Muut huonekalut kuten pöytä, jotka tässä vaiheessa tein, eivät tuottaneet ongelmia.

4.3 Tekstuurit

Tekstuurit olivat minulle tässä projektissa uusin asia. Olin aikaisemmin tehnyt joitain tekstuureja, mutta tämä projekti tarvitsi paljon enemmän tekstuureja, mitä ennen olin tehnyt. Kun tuolin kanssa oli ongelmia, päätin siirtyä tekemään jotain muuta, jota saisin edistettyä paremmin. Päätin alkaa tekemään tekstuureja. Blenderissä on helppoa kopioida objekteja. Muistakin ohjelmista tuttu CTRL C ja CTRL V kopioivat minkä tahansa 3D-objektin. Tämä kopioi kaikki alkuperäisen objektin ominaisuudet. Tästä syystä aloin tekemään tekstuureja jo näin aikaisessa vaiheessa, koska on mahdollista, että minun tarvitsee kopioida objekteja myöhemmässä vaiheessa. Tällöin on hyödyllistä, että myös esineen tekstuurit kopioituvat. Aluksi tein tekstuurit tähän vaiheessa tehdylle talolle ja maastolle. Myöhemmin tein tekstuureja esineille heti kun olin mallintanut esineen. Tekstuurit on haettu Poly Haven nettisivulta, joka tarjoaa monia valmiita tekstuureja käytettäväksi mihin tahansa tarkoitukseen (Poly Haven).



Kuva 7. Tekstuurit ja myllyn sisusta, Kuvakaappaus Blender.

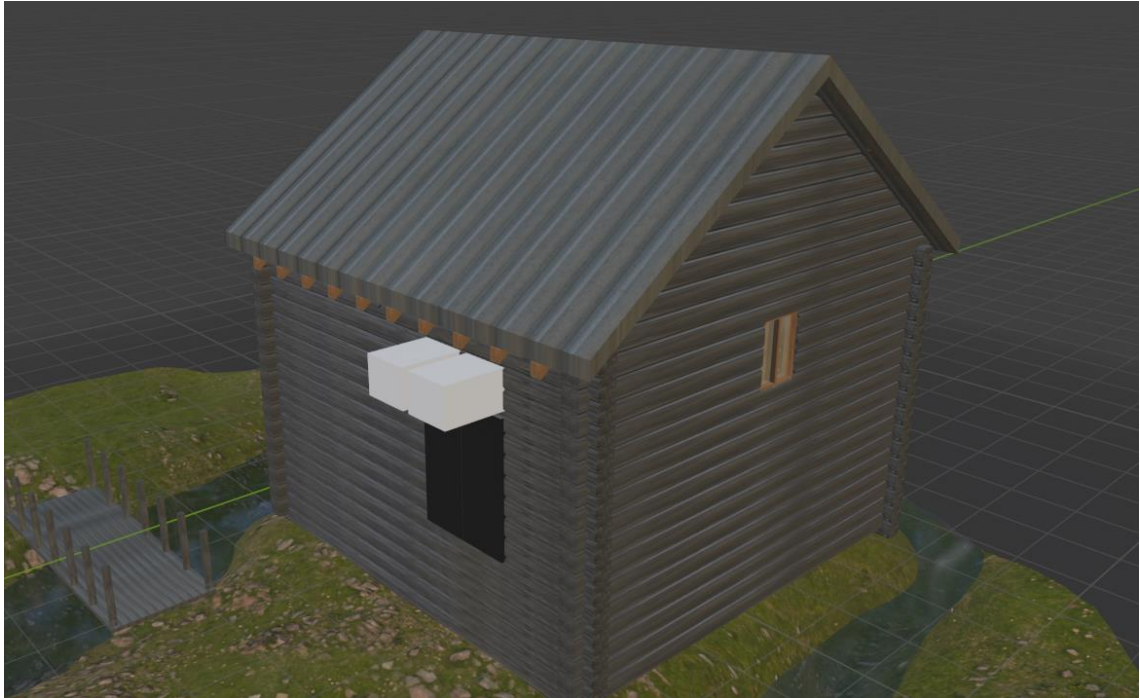
Ensimmäisenä etsin maastolle sopivat tekstuurit. Päädyin hieman kiviseen ruohopohjaiseen tekstuuriin. Puuhun oli tarvetta monelle eri tekstuurille. Tässä vaiheessa minulla oli 3 eri puutekstuuria: Harmaa seinien puutekstuuri, Lankku puutekstuuri, jota käytin lattiassa ja palkeissa, ja yläkerran palkeissa käytetty

luonnollisempi puumateriaali. Veden materiaali on tehty Blenderin sisällä itse. Tähän materiaaliin käytin ChuckCG Youtube-käyttäjän videota, jonka avulla sain tarpeeksi hyvän vesimateriaalin (ChuckCG 2024). Tekstuurien lisäksi mallinsin lisää myllyrakennuksen sisustusta.

4.4 Kuvien käyttäminen mallinnuksessa

Tässä vaiheessa aloin huomata, että minulla ei ollut tarpeeksi kuvia, jotta voisin mallintaa tiettyjä kohtia projektista tarkasti. Tästä syystä otin yhteyttä toimeksiantajaan ja pyysin lisää kuvia myllyrakennuksen sisältä ja ulkoa maastosta. Pienen odottelun jälkeen kuvat saapuivat, ja pystyin jatkamaan prosessiani.

Seuraavaksi tein ikkunat, portaat ja myllyn sivusta aukeavan oven myllyrakennukseen. Lasimateriaali ikkunoihin on tehty Blenderin sisällä. En ollut aluksi varma, miten ikkunat kannattaisi toteuttaa, mutta päädyin toteuttamaan ne boolean muuntimella käyttäen hyväksi apukuutioita, jotka ovat yhtä isoja kuin ikkunat. (Kuva 8.) Apukuutiot leikkaavat ikkunalle oikeankokoisen reiän, jonka jälkeen ikkunat on helppo mallintaa reiän kohdalle. Jouduin säätämään ikkunoiden ja apukuutioiden kokoa vähän, koska minun piti ottaa huomioon missä kohtaa talon seinää ikkunat ovat. Katsoin jo valmiiksi tehdyistä portaista mallia ikkunoiden paikoille käyttäen ottamiani kuvia apuna.



Kuva 8. Ikkunat, sivuovi, ja apukuutiot, kuvakaappaus Blender.

Tähän asti mennessä olin pitkään lisännyt monia objekteja skeneen, mutta en ollut nimennyt kaikkia. Kun objektit ovat nimetty oikein, on helpompaa löytää tarvittava objekti jälkikäteen. Aloin tästä syystä nimeämään kaikkia jo lisättyjä objekteja, sekä myös tekstuureja. Annoin suomenkieliset nimet 3D-objekteille ja englanninkieliset nimet tekstuureille. Tein nimeämiset näin, koska Blender tiedosto on tulossa toimeksiantajan käyttöön. Englanninkieliset nimet ovat luontevampia, koska ohjelma on myös englanniksi. Nimesin objektit kuitenkin suomeksi, että niitä on helpompi etsiä. Tekstuurit kuitenkin ovat sellaisia, että toimeksiantajan tuskin tarvitsee etsiä tai muokata niitä, niin tein ne englannin kielellä.

Työstin lisää myllyrakennuksen sisustaa, ja tässä vaiheessa mallinsin lampun, jääkaapin, ja muita huonekaluja, kuten pöydän. Uusia kuvia saatuani huomasin, että aikaisemmin mallintamani pöytä ei enää ollut rakennuksessa, joten jätin sen pois mallinnuksesta, ja tein tilalle uudet pöydät.



Kuva 9. Jääkaappi, Kuvakaappaus Blender.

Tässä vaiheessa aloin miettimään tarkemmin sitä, miten mallinnus voisi näkyä nettisivulla. Aikaisempi suunnitelma oli tehdä mallinnus ympyrän sisään, ja nettisivulla tätä mallinnusta voisi mahdollisesti käännellä. Tajusin kuitenkin, että tämä tapa saattaa osoittautua liian haastelliseksi suorittaa, joten aloin miettimään vaihtoehtoja. Järkevimmäksi vaihtoehdoksi päättyi video, josta näkyy mallinnus ulkoa, alakerrasta, ja sisältä. Koska päädyin toteuttamaan lopullisen tuoksen videon mallissa tajusin, että pieni ympyrä myllyrakennuksen ympärille ei näytä hyvältä, vaan myllyn ympäryys olisi hyvä näkyä pidemmälle. Tästä syystä poistin ympyränmuotoisen maaston ja korvasin sen uudella maastolla, joka kattoi pidemmän alueen. Tein myös lisää huonekaluja ja myllyn sisustusta.

4.5 Partikkelisysteemit ja simulaatiot

Myllyn ympärille tarvittiin muutakin kuin maa. Venejoen myllyrakennuksen ympärillä on runsaasti metsää, ja virtaava puro, jotka molemmat täytyi toteuttaa. Blender tarjoaa mahdollisuuden hius partikkelisysteemille, jonka avulla voidaan toteuttaa muutakin kuin hiuksia. Yksittäiset hiukset voidaan muuttaa miksi tahansa objektiksi. Tällä tavalla toteutin ympäröivän metsän. Blenderiin on

myös saatavilla lisäosa, jonka avulla voidaan lisätä valmiita puita, ja muokata niitä vapaasti. Lisäsin kolme erilaista puuta, pitkän männyn ilman lehtiä, kuusen, ja koivun lehdillä. Tämän jälkeen määritin Blenderin partikkelisysteemiin nämä kolme puuta. Määrittelyn jälkeen Blender jakaa puut tasaisesti osoitetuille alueille (Kuva 10). Muutin prosessin aikana puita vielä useamman kerran, joten lopputulos ei näytä samalta kuin tässä vaiheessa. Lisäsin vielä toisen partikkelisysteemin erikseen, johon sijoitin pieniä puskia. Myöhemmin poistin metsäalueesta osia, jotka eivät olleet tärkeitä, jotta tiedostokoko pienenisi.



Kuva 10. Myllyä ympäröivä metsä, Kuvakaappaus Blender.

Seuraavana toteutusvuorossa oli puro. Blenderin nestesimulaatioilla vesi oli on helppoa toteuttaa. Tämä oli kuitenkin täysin uusi osa-alue minulle, joten jouduin opiskelemaan jonkin verran nestesimulaatioiden tekemistä. Käytännössä nesteen toteutukseen tarvitaan kaksi osaa: Domain, joka määrittää alueen, jossa neste voi liikkua, sekä flow objekti, joka määrittää mistä esineestä neste valuu ja kuinka paljon. Tämän lisäksi käytössä voi myös olla effector, joka estää nestettä liikkumasta sen läpi toimien siis esimerkiksi reittinä, jota neste voi seurata. Minun projektissani effectorina toimii tehty maasto, johon olen kaivertanut reitin lopulliselle vesisimulaatiolle. Kuvassa 11 oleva musta pallo on flow objekti, ja domain on jo muuttunut vedeksi, koska olen tehnyt bake-toiminnon simulaation. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että simulaatio on

ladattu ja se voidaan näyttää reaaliajassa näytöllä. Ilman bake-toimintoa tietokone joutuu laskemaan nestesimulaation ilman latausta, joka saattaa olla todella hidasta, ja ei tällöin näytä simulaatiota oikein.



Kuva 11. Vesisimulaatio, kuvakaappaus Blender.



Kuva 12. Alakerran sohva ja tyynyt, Kuvakaappaus Blender.

Vesisimulaatioiden lisäksi projektini tarvitsi myös vaatesimulaatioita. Näitä tarvitsin alakerran nurkassa olevaan sohvaan, ja sen tyynyihin, sekä yläkerran pöytäliinaan (Kuva 12). Vaatesimulaatiot olivat myös osa-alue, joissa en vielä ollut kovin kokenut. Kuten vesisimulaatioissakin, myös vaatesimulaatiot löytyvät Blenderin sisältä. Näillä simulaatioilla voidaan toteuttaa monia erilaisia vaatesimulaatioita, ja Blender tarjoaa myös valmiita pohjia erilaisiin simulaatioihin, kuten esimerkiksi silkki, kumi ja farkku. Jos objektiin asettaa vaatesimulaation, se putoaa pois kuvasta, koska simulaatioon kuuluu se, että vaate putoaa vapaasti kunnes se osuu johonkin. Samalla periaatteella kuin vesisimulaatiossakin, mutta kuitenkin eri toteutuksella, objekteja voidaan asettaa collision objekteiksi, jolloin kangas törmää näihin esineisiin ja pysähtyy. Vaatesimulaatiot voidaan myös missä tahansa vaiheessa pysäyttää, ja asettaa voimaan pysyvästi objekteille. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että vaatesimulaatio ei enää laske miten vaate liikkuisi reaaliajassa, vaan se pysäyttää esineen sen näköiseksi kuin se tällä hetkellä on. Käytin tätä tapaa sekä tyynyissä että yläkerran pöytäliinassa. Pöytäliinassa oli alussa ongelmia, koska vaatesimulaatio imeytyi pöydän sisään, mutta sain tämän ongelman kuitenkin selvitettyä.

4.6 Kamera ja renderöinti

Viimeinen vaihe työssä oli tehdä kamera ja sen liikkeet sekä renderöidä valmis video. Kameran kanssa työskentely oli myös melko uutta minulle, ja tästä syystä opiskelin kameran käyttöä Blenderissä, ennen kuin aloitin sen tekemisen omassa projektissani. Aluksi minulla oli hieman vaikeuksia miettiä, millä tavalla kameran saisi liikkumaan oikealla tavalla, mutta tutkittuani asiaa päädyin toteuttamaan kameran liikkeet lukitsemalla kameran kaareen, jonka vien läpi ulkoa alakerran läpi yläkertaan.

Lähdin tekemään kamerareittikaarta ensin ulkoa. Pelkkä kaari ei riittänyt kameran liikkeeseen. Jos kamera osoittaa aina yhteen suuntaan, ei ole mahdollista kuvata sisustaa kattavasti. Tämän takia asetin kamera seuraamaan esineitä. Asetin myllyrakennukseen 5 tyhjää objektia, joita kamera seuraisi

vuorollaan. Tyhjät objektit ovat käytännössä näkymättömiä, mutta niillä on silti paikka 3D-avaruudessa. Asetin kameran seuraamaan näitä esineitä, mutta huomasin kuitenkin, että kameran liike oli liian äkkinäinen. Kamera vaihtoi seuraamaan seuraavaa tyhjää objektia, joka johti kameran äkkinäiseen liikkeeseen. Mietittyäni jonkin aikaa keksin kuitenkin ratkaisun tähän ongelmaan. Voin animoida yhtä tyhjää objektia, jolloin kamera liikkuu hitaasti objektin mukana, eikä tällöin synny äkkinäisiä liikkeitä yhtä paljon.



Kuva 13. Valmis alakerta, kuvakaappaus Blender.



Kuva 14. Valmis yläkerta, kuvakaappaus Blender.

Viimeisenä oli vuorossa renderöinti. Aloitin renderöimään videota, mutta huomasin heti, että jotain oli pielessä. Valmiiseen renderiin menisi arvion mukaan satoja päiviä. Toinen ongelma oli se, että ohjelma kaatui välillä, jolloin prosessi täytyi aloittaa alusta. Aloin etsimään ratkaisua molempiin ongelmiin.

Blenderin valmiit asetukset tekevät renderöinnistä todella pitkän, joten tutkittuani hetken sain laitettua renderöintiasetukset kuntoon. Aluksi renderöinti tehtiin CPU:n kautta, mutta renderöinti nopeutui, kun laitoin renderöinnin sekä CPU:n että GPU:n kautta. Pelkkä CPU-renderöinti johti myös usein ohjelman kaatumiseen, koska muisti loppui koneesta. Suoritin renderöinnin myös aluksi CYCLES-renderöintimoottorin kautta, joka on suunniteltu tarkempiin valo ja varjo simulaatioihin, ja tästä syystä tällä moottorilla renderöinti on hitaampaa. Vaihdoin Eevee-renderöintimoottoriin, joka tekee valo ja varjo simulaatiot yksinkertaisemmin. Kaatumisongelmaan ratkaisu oli, että renderöinti piti suorittaa ensin kuvina yksi frame kerrallaan. Tällöin ei haittaa, vaikka ohjelma kaatuisi. Renderöinnin voi aloittaa siitä framesta, mihin ohjelma kaatui.

5 Tulokset

Hyödynsin tässä työssä minulle hieman uudempia työprosesseja, joita en ollut vielä monesti tehnyt sekä prosesseja, jotka hallitsin jo entuudestaan. 3D-mallinnus Blenderin sisällä on minulle tuttua, ja tästä syystä itse myllyrakennuksen mallinnus ei tuottanut suuria haasteita. Uudempia osa-alueita minulle olivat teksturointi, animointi, simulaatiot ja kameran käyttö.

Teksturointi oli eräs osa-alueista, joista olin aluksi enemmän huolissani kuin muista projektiin sisältyvistä asioista. Projektin työmäärää arvioidessani totesin, että minulla ei olisi ollut aikaa eikä välttämättä osaamista tehdä tekstuureja alusta asti itse. Aloitin myös osittain tästä syystä tekemään tekstuureja ajoissa, jotta tietäisin kauanko tekstuurien tekeminen vie aikaa projektista. Toinen syy oli esineiden kopiointi, jolloin olisi hyvä, että kaikki objektin ominaisuudet olisivat paikallaan. Teksturoinnin vaikeus projektissa oli kuitenkin positiivisena yllätyksenä helpompi mitä ajattelin. Poly Haven -nettisivulta sain tekstuureja, jotka sopivat hyvin projektiin ja helpottivat huomattavasti teksturointia. Muutamia tekstuureja tein myös itse Blenderin omilla toiminnoilla.

Animaatio oli osa-alue, josta minulla oli jo aikaisempaa osaamista, mutta se oli silti uusi osa-alue verrattuna esimerkiksi itse 3D-mallinnukseen. Tässä projektissa suurin osa animaatioista koostui kameran liikuttamisesta. Veden liike on tehty vesisimulaatiolla, eikä siinä käytetä perinteisiä animointitekniikoita. Kameran käyttö oli myös uudempi osa-alue minulle, ja se linkittyikin hyvin animaatioon tässä projektissa. Kameran animointikaaren avulla ja kameran suuntaa ohjaavilla tyhjiillä objekteilla oli minulle uusi tekniikka, joka minun täytyi opetella.

Viimeinen isompi vaikea osa-alue minulle olivat simulaatiot. Tässä projektissa vesisimulaatio ja sen opetteleminen vei melko kauan aikaa. Aikaa meni myös siihen, että ohjelman täytyi laskea vesisimulaatiot jokaisen kerran jälkeen

uudestaan, jossa meni parhaimmillaan useampia kymmeniä minuutteja. Minun täytyi tehdä simulaatiot monta kertaa uudestaan. Vesisimulaatioiden tekemiselle oli oleellista, että kaikki vettä ympäröivä maasto oli valmiina. Vaatesimulaatiot olivat tutumpia minulle. Ne ovat myös huomattavasti nopeampia toteuttaa, koska ohjelman ei tarvitse laskea niitä kauaa. Vaatesimulaatio on heti valmis, kun sen asettaa objektille.

Projektissa oli asioita, jotka olisin voinut toteuttaa paremmin tai nopeammin, ja myös asioita, jotka onnistuivat hyvin. Tämä työ oli kuitenkin oppimisprosessi, ja tästä syystä ei voikaan olettaa, että kaikki asiat olisi tehty niin kuin olisi parasta tehdä. Kameran liikkeessa oli aluksi ongelmia, koska useat tyhjät objektit aiheuttivat nopeita kameran liikkeitä, jotka eivät sopineet animaation tyyliin. Ratkaisu yhden tyhjän objektin animoimisesta ja kameran asettamisesta seuraamaan tätä yhtä tyhjää objektia osoittautui paremmaksi ratkaisuksi. Tällä tavalla kameran liikkeeseen sai sulavuutta, joka toimi paremmin tässä animaatioissa. Vesisimulaation ongelmat sain myös ratkaistua melko hyvin. Asetin 3D-näkymän alas näkymättömän objektin, johon vesi kertyi, koska se ei katoa automaattisesti. Tämän pituisen animaation aikana tämä näkymätön objekti tuli melkein täyteen vettä, joten jos animaatio olisi ollut vähän pidempi, olisi objektin tarvinnut olla isompi. Vesi myös valui vähän 3D-maaston läpi, minkä syytä en tarkalleen tiedä, mutta tämä ei kuitenkaan ole ongelma tässä projektissa, sillä veden valuminen ei näy kameralle ollenkaan.

Puiden toteuttaminen hius partikkeli systeemillä oli mielestäni hyvä tapa toteuttaa iso metsä, jossa on paljon puita. Ohjelma asettaa puut automaattisesti määrittelemälleni alueelle, jolloin puita ei tarvita kuin yksi jokaista eri puuta. Muutamiin teksturointeihin jäi vielä virheitä, kuten esimerkiksi alakerran penkkiin. Nämä eivät kuitenkaan näy lopputuloksessa merkittävästi. Myllyrakennuksen mitat menivät joissain kohdissa vähän pieleen. Loppujen lopuksi olen kuitenkin tyytyväinen työhön. 3D-mallinnus onnistui hyvin ja vaikeammatkin osa-alueet onnistuivat lopulta.

Toimeksiantajalta saamani palautteen mukaan lopputuloksena saatu video ja 3D-malli ovat laadukkaita ja käyttökelpoisia, ja videota voi hyödyntää

sellaisenaan verkkosivuilla. Vaikka malli toimii vielä raskaasti on siitä hyötyä esimerkiksi mittatarkkoihin esityksiin, jossa pöytien paikkoja voidaan vaihdella. Toimeksiantajan mukaan osoitin myös oma-aloitteellisuutta erityisesti mittojen ja kuvien keräämisessä, sekä poimin hyvin yksityiskohtia 3D-malliin.

Toimeksiantaja nostaa vielä erityisesti palautteessa esiin työn visuaalisen laadun. Visuaalisesti laadukkaat ja selkeät materiaalit täyttivät toimeksiantajan odotukset hyvin, ja mallia on toimeksiantajan mukaan kiinnostavampi seurata, kun vieressä valuu vettä, ja ympäristö on täynnä puita. Kaiken kaikkiaan yhteistyö meni hyvin sujuvasti sekä minun että toimeksiantajan mukaan, vaikkakin aikataulu muuttui hieman.

Lähteet

- 3ds. 2025. A simple guide to the basics of subdivision surfaces modeling. <https://www.3ds.com/store/cad/subdivision-modeling>. 10.3.2025.
- Adobe. 2023. What is Baking ? <https://urly.fi/3PF2>. 10.4.2025.
- Adobe. 2025. Understanding UV mapping. <https://www.adobe.com/products/substance3d/discover/uv-mapping.html>. 16.4.2025.
- Almond, N. 2025. What Are Vertices, Faces And Edges? Explained For Primary School. Thirdspacelearning. <https://thirdspacelearning.com/blog/what-are-vertices-faces-edges/>. 10.3.2025.
- Awati, R. 2025. What is CAD (computer-aided design)? Techtarget. <https://urly.fi/3PF0>. 15.4.2025.
- Blender. 2025a. Blender. <https://www.blender.org/>. 14.3.2025.
- Blender. 2025b. About Blender. https://docs.blender.org/manual/en/4.3/getting_started/about/index.html. 10.3.2025.
- Blender. 2025c. Blender is Free Software. <https://www.blender.org/about/license/>. 10.3.2025.
- Blender. 2025d. Window System Introduction. https://docs.blender.org/manual/en/latest/interface/window_system/introduction.html. 10.3.2025.
- Blender. 2025e. Installing Blender. https://docs.blender.org/manual/en/latest/getting_started/installing/index.html. 10.3.2025.
- Blender. 2025f. History. <https://www.blender.org/about/history/>. 10.3.2025.
- Blender 2025g. Introduction. <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/introduction.html>. 10.3.2025.
- Buchholz, C. 2024. How to Rig in Blender: A Step-by-Step Tutorial | Skillshare Blog. Skillshare. <https://urly.fi/3PEZ>. 10.3.2025.
- Cada. 2025. What is 3D rigging? <https://urly.fi/3PF1>. 15.4.2025.
- Cghero. 2022. The Stages of Creating a 3D Model. <https://cghero.com/articles/stages-of-creating-3d-model>. 10.3.2025.
- ChuckCG. 2024. How To Create Realistic Water in Blender. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=0SJ-_0gK_k. 31.3.2025.
- Coursera. 2025. What Is Python Used For? A Beginner's Guide. <https://www.coursera.org/articles/what-is-python-used-for-a-beginners-guide-to-using-python>. 15.4.2025.
- Deeptrekker. 2025. Photogrammetry 101: Getting Started With 3D Modeling. <https://www.deeptrekker.com/resources/photogrammetry-101-beginners-guide-to-3d-modeling>. 10.3.2025.
- Garofalo, E. 2022. A Beginner's Guide: What Are Normals in 3D Modeling? Makeuseof. <https://www.makeuseof.com/normals-in-3d-modeling-explained/>. 10.3.2025.

- Garagefarm. 2025. Understanding Topology in 3D Modeling. <https://urly.fi/3PEV>. 29.4.2025.
- GNU Operating System. 2007. GNU General Public License. [The GNU General Public License v3.0 - GNU Project - Free Software Foundation](https://www.gnu.org/licenses/old-licenses/gpl-3.0.html). 10.4.2025.
- Henning, S. 2023. The Ultimate 3D Dictionary for Beginners. FlippedNormals. <https://blog.flippednormals.com/the-ultimate-3d-dictionary-for-beginners/>. 8.4.2025.
- Intel. 2025. What Is a GPU? <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/docs/processors/what-is-a-gpu.html>. 15.4.2025.
- Kumar, I. 2024. Types of 3D Models and Their Comprehensive Use Cases. Ikarus3D. <https://ikarus3d.com/media/3d-blog/types-of-3d-models-and-their-comprehensive-use-cases/>. 10.3.2025.
- Lenovo. 2025. What is a CPU? <https://urly.fi/3PEW>. 15.4.2025.
- Mahajan P. 2023. A 3D Mesh: A Complete Guide. Selfcad. <https://www.selfcad.com/blog/what-is-a-3d-mesh>. 15.4.2025
- Mathisfun. 2025. Definition of spline. <https://www.mathisfun.com/definitions/spline.html>. 16.4.2025.
- Media4math. 2021. Definition: Polygon Concepts - n-Gon. <https://www.media4math.com/library/definition-polygon-concepts-n-gon>. 15.4.2025.
- Melo, M. 2021. Understanding Bézier Curves. Medium. <https://urly.fi/3PEX>. 15.4.2025.
- Pluralsight. 2022. Understanding UVs: Love or Hate Them, They're Essential. <https://urly.fi/3PEY>. 10.3.2025.
- Poly Haven. 2025. Poly Haven. <https://polyhaven.com/>. 31.3.2025.
- Realspace. 2025. What is 3D Rendering? | Everything there is to know about 3D Rendering. <https://www.realspace3d.com/resources/what-is-3d-rendering/>. 10.3.2025.
- Rhinoceros. 2025. What are NURBS? <https://www.rhino3d.com/features/nurbs/>. 15.4.2025.
- Roy, S. 2023a. 3D Digital Sculpting : A Simple Guide. ThePro3Dstudio. <https://professional3dservices.com/blog/3d-sculpting.html>. 10.3.2025.
- Roy, S. 2023b. Nurbs: An Introduction. ThePro3Dstudio. <https://professional3dservices.com/blog/nurbs-modeling.html>. 10.3.2025.
- Roy, S. 2024. 13 Types of 3D Modeling Techniques to Choose in 2024. ThePro3Dstudio. <https://professional3dservices.com/blog/3d-modeling-techniques.html>. 10.3.2025.
- Sanity. 2024. Rendering definition. <https://www.sanity.io/glossary/rendering>. 15.4.2025.
- Shahbazi, S. 2024. 3D Modeling Process – 10 Main Steps. Pixune. <https://pixune.com/blog/3d-modeling-process/>. 10.3.2025.
- Twinkl. 2025. What Is a Polygon? <https://www.twinkl.fi/teaching-wiki/polygon>. 15.4.2025.
- Unity. 2025. How does 3D animation work? <https://unity.com/topics/what-3d-animation>. 10.3.2025.
- Venejoen Mylly. 2025. Tunnelmallinen kohtaamispaikkasi Venejoella. <https://venejoenmylly.com/kohtaamispaikka/>. 14.3.2025.

Visengine. 2025. History of 3D Rendering Explained: Where It All Began.
<https://visengine.com/3d-rendering-where-it-all-began/>. 10.3.2025.

Venejoen Myllyrakennuksen 3D-mallin videotiedosto

Salenius_Jere_video.mp4