

Opinnäytetyö (AMK)

Tietotekniikka

Mediatekniikka

2014

Tommi Koivusilta

# RAKENNUKSEN 3D- MALLINTAMINEN:

case BioCity



OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Tietotekniikka | Mediatekniikka

2014 | 37

Yliopettaja Mika Luimula

Tommi Koivusilta

# RAKENNUKSEN 3D-MALLINTAMINEN: CASE BIOCITY

Tässä työssä käsiteltiin BioCity-rakennuksen julkisivujen 3D-mallintamisen prosessi suunnitteluvaiheesta toteutusvaiheeseen. Työn alkuperäinen tarkoitus oli tuottaa täysin valmis 3D-malli BioCity-rakennuksesta Turun teknologiakiinteistöille käytettäväksi laajemmassa projektissa. Lisäksi mallista pyrittiin luomaan mahdollisimman kevyt, jotta se toimisi hyvin usealla päätelaitteella.

Suunnitteluprosessissa perehdyttiin ensin eri 3D-mallinnusmenetelmiin ja -ohjelmistoihin sekä kuvamateriaaliin eli pohjapiirroksiin ja valokuviiin rakennuksista. Lisäksi käynnit rakennuksen ulkopuolella olivat tärkeitä kokonaisuuden tarkemmaksi hahmottamiseksi. Kuvien perusteella saatiin aikaiseksi alustava toimintasuunnitelma, jonka mukaisesti malli toteutettiin. Lopullinen malli toteutettiin Blenderillä. Rakennus mallinnettiin vaiheittain pohjasta ylöspäin, sillä se osoittautui paremmaksi keinoksi kuin tapa, jossa mallinnettiin yksi julkisivu kerrallaan.

Työ osoittautui arvioitua laajemmaksi. Teoriaosaan kului paljon aikaa, eikä mallintaminenkaan onnistunut ensimmäisellä kerralla, koska tapa aloittaa mallinnus oli aluksi väärä. Opinnäytetön päätösvaiheessa malli ei ole täysin valmis käytettäväksi, vaan siitä puuttuu vielä yksityiskohtia ja tekstuureita. Malli on tarkoitus tehdä loppuun tulevaisuudessa.

ASIASANAT:

3D-mallinnus, tekstuurit, rakennukset, julkisivut

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Information Technology | Medatechnics

2014 | 37

Senior Teacher Mika Luimula

Tommi Koivusilta

## 3D MODELING A BUILDING: CASE BIO CITY

In this Bachelor's thesis the process of 3D modeling the facades of BioCity building was carried out from planning to implementation. The original goal was to produce a complete 3D model for Turku Technology Properties to be used in future projects. The thesis also intended to create a light model that would work well on many devices.

The planning process included studying different 3D modeling methods and 3D modeling programs, as well as going through the blueprints and images of BioCity. It was also important to see the building in real life to understand the entirety better. With the help of images, a tentative plan of the 3D model of the facades was made. The final product was modeled using Blender. The facades were modeled from bottom to top, which turned out to be a better way than modeling each facade at a time.

The whole process turned out to be much more demanding than originally estimated. The theoretical section of the thesis demanded a great deal of work and time and the modeling process had to be restarted once as it was started in a wrong way. The model is still under development and lacks details and textures.

### KEYWORDS:

3D modeling, textures, buildings, facades

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 3D-MALLINNUS JA TEKSTUROIINTI</b>	<b>8</b>
2.1 3D-malli	8
2.2 Yleisimmät 3D-mallinnuksen työkalut ja ominaisuudet	8
2.3 Mallintamiskeinot	14
2.4 Materiaalit ja tekstuurit	16
2.5 Rakennuksen mallinnuksessa huomioitavaa	20
2.6 Kevyen 3D-mallin luominen	21
<b>3 3D-MALLINNUSOHJELMAVAIHTOEHTOJA</b>	<b>23</b>
3.1 Maya	23
3.2 Modo	23
3.3 3ds Max	24
3.4 Blender	24
3.5 Vertailu	25
<b>4 BIOCITYN 3D-MALLINTAMINEN</b>	<b>26</b>
4.1 Huomioitavaa	26
4.2 Suunnittelu	26
4.2.1 Suunnitelma 1	26
4.2.2 Suunnitelma 2	27
4.3 Julkisivujen mallinnusprosessi	28
4.4 Toistuvat osat	30
4.4.1 Ikkunat	30
4.4.2 Ritilät	31
4.4.3 Alaosan lasit	32
4.4.4 Muut erilliset osat	33
4.5 BioCityn 3D-malli opinnäytetyön luovutusvaiheessa	34
<b>5 YHTEENVETO</b>	<b>35</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>37</b>

## KUVAT

Kuva 1. Kuutiossa vasemmalta oikealle valittuna verteksi, reunaviiva ja pinta.	9
Kuva 2. Kuutio, jonka osia on muokattu siirroilla, sisennyksillä, ulostuonneilla ja skaalauksilla.	10
Kuva 3. Kuutioita. Vasemmassa kuutiossa jaettu vain yksi pinta, keskimmaisessa useita ja oikeanpuolimmaisessa käytetty manuaalista leikkaustyökalua.	11
Kuva 4. Kuutio, jota on muokattu ja jonka muutokset on otettu voimaan.	12
Kuva 5. Asemakaava referenssikuvana. Näkyy ylhäältä käsin.	13
Kuva 6. Esimerkki kappaleesta, josta on luotu viereen 6 kopiota.	14
Kuva 7. Lähikuva digitaalisesta veistoksesta. Polygonien määrä on suuri. (Daniels, J. 2014.)	15
Kuva 8. Laserkeilauksella rakennuksesta muodostettu pistepilvi. (Severn Partnership 2014.)	16
Kuva 9. Pallo ilman materiaalia ja muokatulla värillä sekä heijastavuudella.	17
Kuva 10. Kuution pinnat avattuna ja levitettynä tasaiselle alustalle.	17
Kuva 11. Hahmonnettu kuutio, johon on UV-mapattu tekstuuri.	18
Kuva 12. Oikean puolimmaisessa kappaleessa normal-mappaus käytössä. (Brito 2010, 194.)	19
Kuva 13. Keskimmaisessa kappaleessa 1 normal-mappaus, oikeanpuolimmaisessa kerrostettu normal-mappaus. (Goodesll B. 2014.)	20
Kuva 14. Normal-mappauksen avulla 4 miljoonan polygonimäärä saadaan supistettua 500 polygoniin. (WikiMedia Commons, 2014.)	22
Kuva 15. Ensimmäiset kohotukset tehty. Pohjapiirrokset huomioidaan aina.	29
Kuva 16. 3D-näkymässä malli, jonka muodot ovat pääasiassa valmiita.	30
Kuva 17. Ikkunarivi 3D-näkymässä. Alustavat materiaalit annettu.	31
Kuva 18. Ikkunarivien yläpuolelle toistettuja ritilöitä.	32
Kuva 19. Yläosaltaan kaareva osa lisättyä rakennukseen.	33
Kuva 20. Julkisivut kuvattuna eri kuvakulmista 3D-näkymässä.	34

## TAULUKOT

Taulukko 1. Vertailussa ohjelmat Maya, Modo, 3ds Max ja Blender.....	25
--	----

# KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

Adobe Photoshop CS6	Adoben kuvankäsittelyohjelma.
Google StreetView	Google-karttojen ominaisuus, jossa voidaan liikkua kaduilla ja katsella ympäristöä.
Hahmontaminen	Tapa, jolla kolmiulotteisesta kappaleesta luodaan kaksiulotteinen kuva. Kuvassa otetaan huomioon mm. tekstuurit ja valaistukset.
NURBS	Non-uniform rational basis spline, jota käytetään kaarevien muotojen luomiseksi yksinkertaisten viivojen avulla. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 21.)
pinta	3D-mallin verteksien ja reunaviivojen muodostama pinta.
pistepilvi	Laserkeilaamalla muodostettu pistejoukko, joka määrittää skannatun kohteen muodon.
polygoni	Koostuu vertekseistä, reunaviivoista ja pinnoista.
reunaviiva	Kahden verteksin välille muodostuva viiva
sisennys	Tapa, jolla pinnan sisälle luodaan uusi pinta. Käytetään mm. tapauksissa, joissa vain pinnan keskiosaa halutaan muokata.
skaalaus	Jonkin osan tai 3D-mallin koon suurentamista tai pienentämistä.
teksturointi	3D-mallin pinnoittaminen bittikarttakuvalla.
ulostuonti	Extrude eli ulostuonti, jossa 3D-mallin osasta tuodaan ulos uusi, osaa vastaava osa.
UV-mappaus	Keino, jolla useammalle pinnalle voidaan antaa tekstuuri vain yhtä yhteensopivaa lähdetiedostoa käyttämällä.
verteksi	Useampi verteksi eli piste muodostaa 3D-mallissa reunaviivoja ja pintoja.
X-, Y- ja Z-akselit	Kolmiulotteisen koordinaatiston akselit, joiden avulla kappaleen leveys, pituus ja syvyys määritellään.

# 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi rakennuksen julkisivujen 3D-mallintamisen prosessi suunnitteluvaiheesta toteutukseen. Työn on tilannut Turun TeknologiaKiinteistöt Oy, Turku Science Parkin alueella toimiva kiinteistösijoitusyhtiö. Yhtiö omistaa Koy BioCityn, KOy ElectroCityn, KOy ICT-Cityn, KOy Datakulman sekä valtaosan KOy DataCitystä (TeknologiaKiinteistöt.fi 2014). Varsinaiset toimistotilat sijaitsevat BioCityn alakerrassa.

Teoriaosiossa käydään läpi yleisimmät mallinnus- ja teksturointitekniikat, jotta tiedon määrä onnistuneen työn toteuttamiseksi on tarpeeksi suuri. Sen lisäksi erilaisia käytettävissä olevia 3D-mallinnusohjelmia vertaillaan rakennuksen mallintamisen näkökulmasta, jotta työ voidaan toteuttaa projektin kannalta parhaalla ohjelmalla.

Onnistunut mallinnustyö edellyttää suunnittelua. Tarkka perehtyminen rakennuksen julkisivuihin on tarpeen, sillä lopputuloksen on tarkoitus olla mahdollisimman todellisuutta vastaava. Lisäksi suunnittelussa otetaan huomioon, että mallit eivät saa olla liian raskaita eri laitteilla käsiteltäviksi. Yksityiskohtia sisällytetään siis sopivissa määrin siten, että vain tärkeimmät yksityiskohdat huomioidaan.

Jo olemassa olevan rakennuksen tarkka 3D-mallintaminen edellyttää, että mallinnusprosessissa käytetään apuna kuvia ja annettuja mittoja mahdollisimman paljon. Tässä tapauksessa apuna käytetään asema-, pohja- ja ilmakuvia. Lisäksi hyödynnetään paikan päällä itse otettuja kuvia ja Google Mapsin Streetview-ominaisuutta. Lisäksi on tärkeää havainnoida ja tehdä muistiinpanoja, jos kuvista ei ilmene tarpeeksi yksityiskohtia.

Opinnäytetyön tavoitteena on kerätä tietoa 3D-mallinnuksesta ja tuottaa sekä hyödyllinen että käyttökelpoinen 3D-malli. Sen lisäksi, että työssä käydään läpi itse mallinnusprosessia ja siihen liittyviä ongelmia, myös rakennuksen 3D-mallintamisen kannalta tärkeimmät 3D-mallinnuksen ominaisuudet käydään läpi.

## 2 3D-MALLINNUS JA TEKSTUROINTI

### 2.1 3D-malli

3D-mallit ovat keino esittää kolmiulotteisia objekteja. Ne ovat kokoelma pisteitä eli verteksejä kolmiulotteisessa tilassa, jossa pisteiden välille muodostetaan erilaisia geometrisiä muotoja. Tällaisia muotoja ovat esimerkiksi kolmiot, viivat, kaarevat pinnat ja neliöt. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 21.)

Valmista digitaalista 3D-mallia voidaan hyödyntää usealla eri tavalla. Sitä voi liikutella vapaasti, siitä voidaan hakea eri kuvakulmia ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi kuvien luomiseksi. Siihen saa helposti erilaisen tunnelman vain ympäristön valaistusta vaihtamalla. (Puhakka 2008, 23–24.)

3D-mallin luomisen syy on usein halu esitellä/arkistoida joko jo valmista tuotosta tai näyttää visio suunnitellusta. Kolmiulotteinen kappale antaa huomattavasti selkeämmän kuvan kappaleen piirteistä kuin kaksiulotteinen kuva, minkä lisäksi virtuaalinen näköiskappale mahdollistaa kohteeseen tutustumisen missä vaiheessa tahansa, kun käytettävissä on mallin tarkasteluun tarvittavat laitteistot ja ohjelmat. (Puhakka 2008, 23–24.)

Tässä työssä 3D-malli luodaan erityisesti kokonaisuuteen, jolla on tarkoitus opastaa Turun teknologiakiinteistöjen vierailijoita. Tarkoituksena on, että valmis kokonaisuus on interaktiivinen opasohjelma, jonka avulla rakennuksiin voidaan tutustua vaikka kotoa käsin.

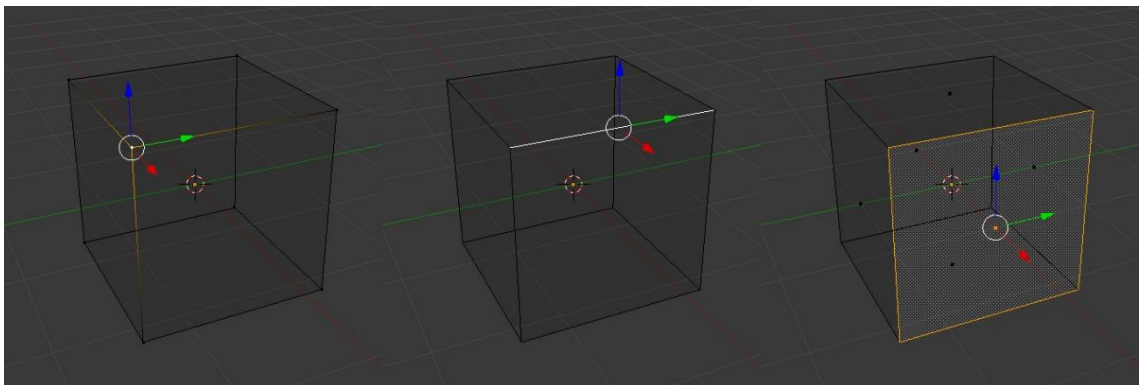
### 2.2 Yleisimmät 3D-mallinnuksen työkalut ja ominaisuudet

3D-malli luodaan aina tilaan, joka toimii mallin ympäristönä. Ympäristössä voidaan vapaasti liikutella valaistusta, kameraa ja itse kohteita. Se sisältää kaiken tarpeellisen tiedon, joka valmiin tuotoksen esittämiseen vaaditaan. Ympäristöä voidaan mallinnusprosessissa tarkastella mistä suunnasta tahansa, mikä on



erittäin hyödyllinen ominaisuus rakennuksen eri osia tarkastellessa. (Puhakka 2008, 23 – 24.)

3D-mallia luodessa käsitellään kappaleita, jotka koostuvat eri osista, joita voi muokata. Tällaisia osia ovat verteksit jotka ovat pisteitä 2 reunaviivan välillä. Reunaviivat puolestaan ovat viivoja, jotka erottavat eri pinnat toisistaan. Pinnan ympärillä on aina vähintään 3 verteksiä. (kuva 1)

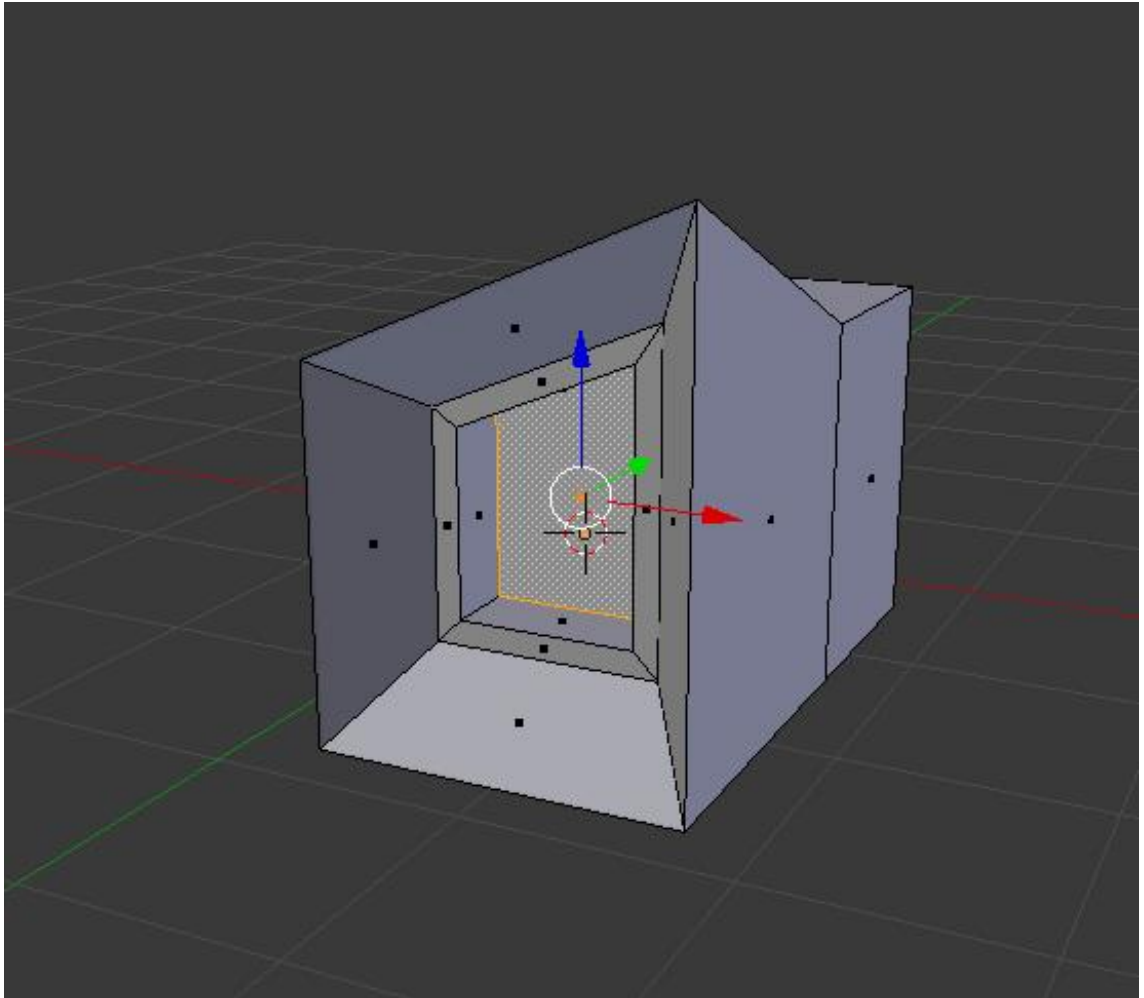


Kuva 1. Kuutiossa vasemmalta oikealle valittuna verteksi, reunaviiva ja pinta.

Kuutiosta saadaan erilaisia muotoja mm. siirtelemällä sen eri osia eri suuntiin. Alkuperäisessä kuutiossa pintoja on vain 6, mutta niitä saadaan lisää jakamalla joko kaikki tai vain tietyt pinnat pienempiin osiin. Jaettuja osia muokkaamalla kappaleeseen saadaan huomattavia eroavaisuuksia pituus-, leveys- ja syvyys suunnissa.

Kappaleen osia voidaan muokata. Objektista voidaan erikseen valita verteksejä, reunaviivoja tai pintoja. Eräs tärkeistä ominaisuuksista on mahdollisuus siirtää osia. Niitä voi siirtää vapaasti tai tietyn akselin suuntaisesti. Siirtämisen lisäksi hyödyllinen tapa muokata kappaletta on käyttää ulostuontityökalua. Tällöin valittua osaa voidaan joko tuoda ulospäin tai viedä sisäänpäin.

Ennen sisäänpäin viemistä kannattaa usein kuitenkin ottaa huomioon, että sisäänpäin viety pinta ei näytä hyvältä, jos se ei pysy kappaleen sisällä. Siksi pinnalle tehdään usein tapauksesta riippuen joko sisennys ennen vientiä tai sitä skaalataan pienemmäksi. Pelkästään siirtelemällä muutamaa osaa kuution muoto saadaan jo hyvin erilaiseksi alkuperäiseen nähden (kuva 2).

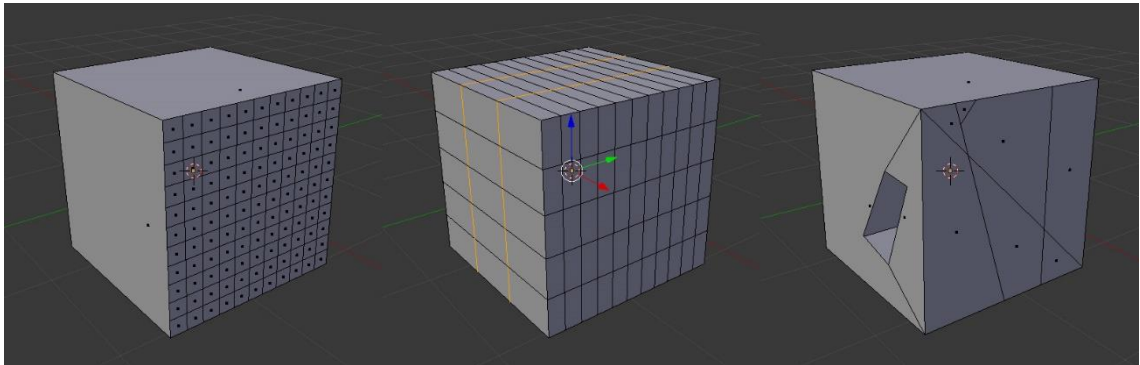


Kuva 2. Kuutio, jonka osia on muokattu siirroilla, sisennyksillä, ulostuonneilla ja skaalauksilla.

Osia voidaan jakaa useisiin osiin monella eri tavalla. Tällöin ne leikkautuvat määritellyllä tavalla pienempiin osiin niin pysty- kuin leveysuunnassakin. Leikkausten määrää voi myös säätää. Osia voidaan jakaa useita kertoja peräkkäin, jolloin esim. pintoihin saadaan uusia, pienempiä pintoja tehtäviä muokkauksia varten. (Kuva 3.)

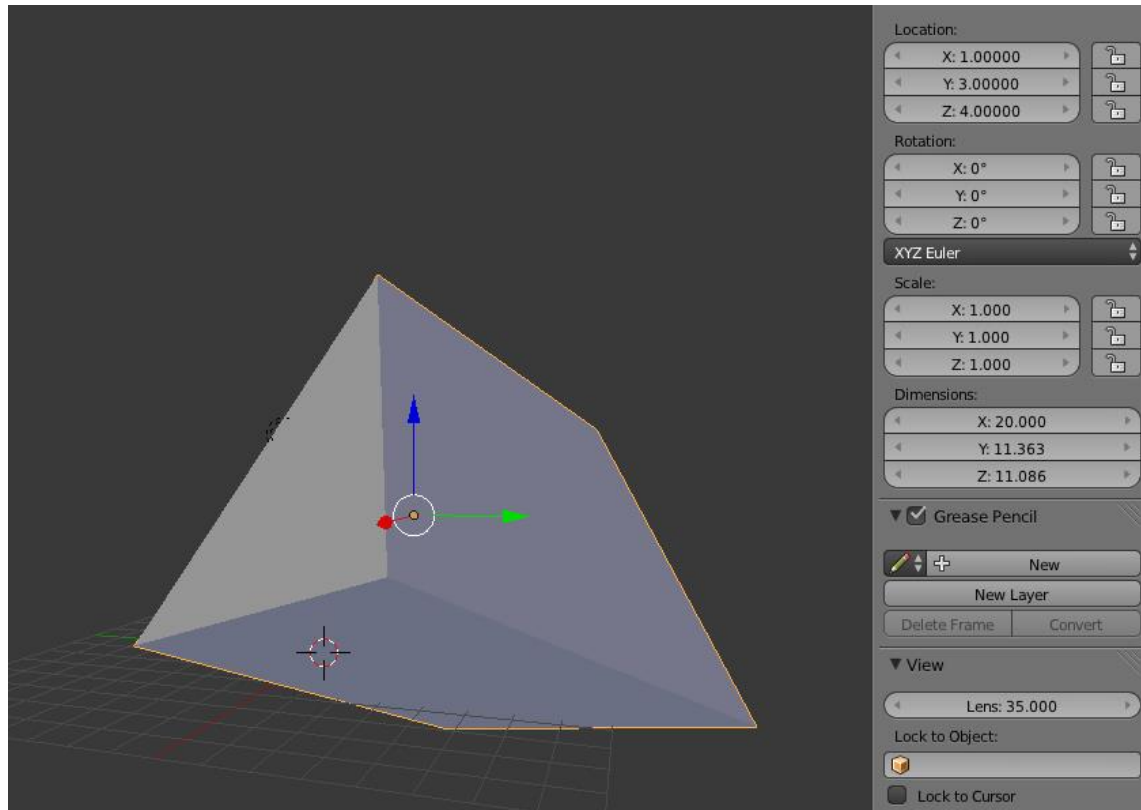
Kappaleita voidaan jakaa myös toiminolla, joka leikkaa kappaleen moneen osaan siten, että leikkaus tehdään koko kappaleen ympäri. Tällöin leikkaus tehdään kohtisuoraan reunaviivoihin nähden. Toiminnon avulla voidaan nopeasti jakaa useita pintoja useaan osaan. Lisäksi leikkaustyökalulla pintoihin voidaan luoda uusia reunaviivoja tai leikata pintoihin koloja. Uusia reunaviivoja syntyy, kun

leikkaus tehdään reunaviivojen välillä. Jos leikkaus tehdään pinnan sisäpuolelle, siihen syntyy määritelty kolo. (Kuva 3.)



Kuva 3. Kuutioita. Vasemmassa kuutiossa jaettu vain yksi pinta, keskimmaisessa useita ja oikeanpuolimmaisessa käytetty manuaalista leikkaustyökalua.

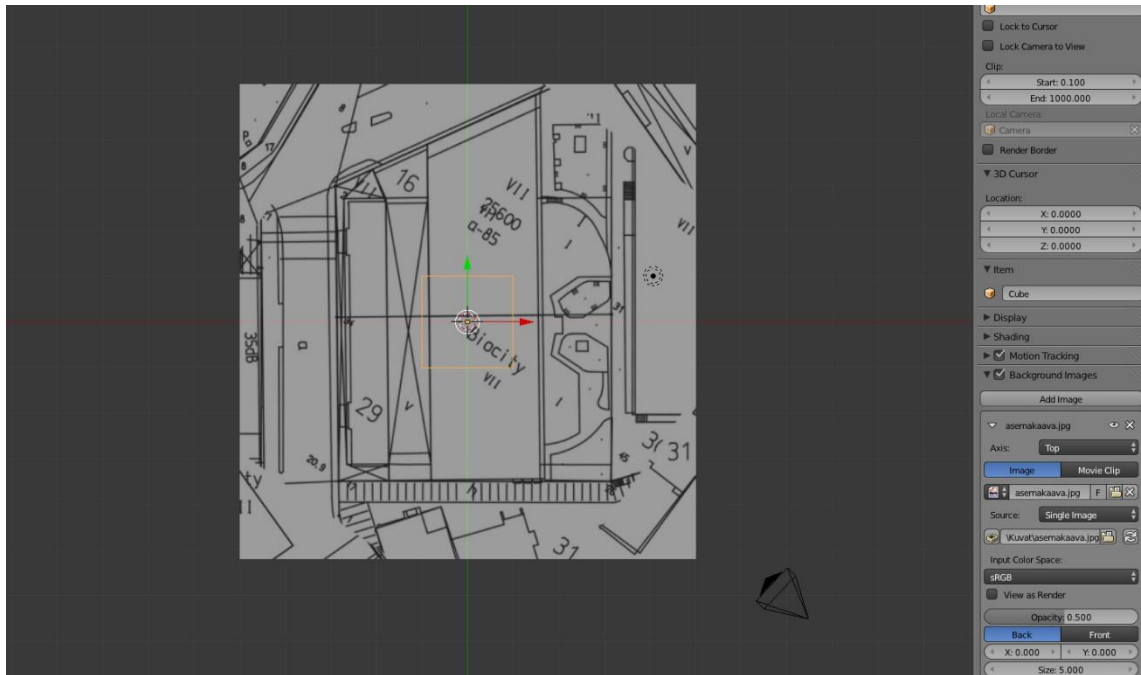
Koko kappaleen sijaintia voi myös muuttaa. Sille voi muun muassa antaa tarkat X-, Y- ja Z-koordinaatit. Lisäksi sitä voi kääntää eri akselien mukaisesti. Myös skaalaa voi muuttaa, jolloin se joko kasvaa tai pienenee pituus-, leveys- ja syvyys suunnissa. Kappaleen käännökset ja skaalaukset voi myös ottaa lopullisesti käyttöön kappaleessa, jolloin skaala on kullakin akselilla jälleen 1 ja käännökset ovat kullakin akselilla  $0^\circ$  (kuva 4).



Kuva 4. Kuutio, jota on muokattu ja jonka muutokset on otettu voimaan.

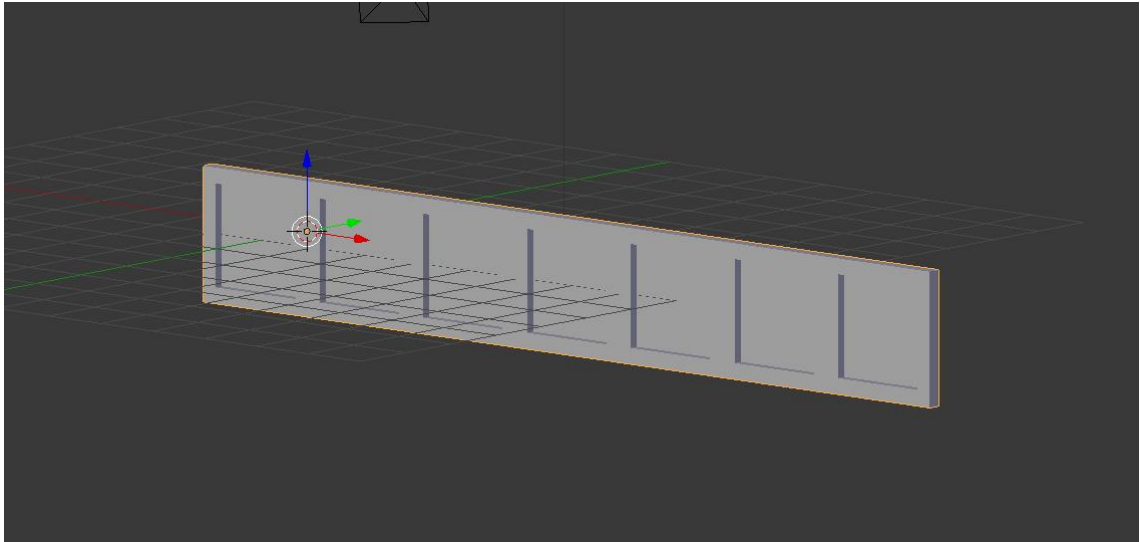
Myös kappaleen eri osien sijaintia voi muokata. Rakennuksen 3D-mallinnuksessa tärkeimpiä ominaisuuksia on se, että esim. verteksien ja reunaviivojen sijainnit toisiinsa nähden voidaan helposti tarkastaa ja korjata tarvittaessa. Reunaviivojen pituuden näyttäminen on myös mahdollista.

Taustalle voidaan asettaa myös kuva, jota halutaan käyttää referenssikuvana. Taustakuvalla voidaan vielä erikseen määritellä kuvakulma, jossa se näkyy – esimerkiksi asemakaavalle soveltuu parhaiten kuvakulma ylhäältä käsin (kuva 5). Referenssikuvia kannattaa asettaa myös sivuille, jolloin rakennuksen muoto on helppo huomioida kaikista suunnista käsin.



Kuva 5. Asemakaava referenssikuvana. Näkyy ylhäältä käsin.

Useissa tapauksissa 3D-mallinnustyöt ovat helpompia, jos siinä toistetaan paljon samoja osia. Osien toistamista varten tarjotaan usein ominaisuuksia, joiden avulla yhtä objektia voidaan toistaa mihin suuntaan tahansa millä välimatkalla tahansa. Toistettavia objekteja voivat olla esimerkiksi pylväät, ovet ja ikkunat. Toistaminen on hyödyllistä, sillä se vähentää 3D-mallin hahmontamiseksi vaadittavaa laskenta-aikaa, kun toistettava kappale pitää prosessoida vain kerran. Lisäksi kappaleen toistaminen säästää paljon aikaa, sillä muutokset alkuperäisessä kappaleessa tulevat voimaan myös sen kopioihin.



Kuva 6. Esimerkki kappaleesta, josta on luotu viereen 6 kopiota.

Kappaletta voi toistaa tietyn akselin suuntaisesti ja täysin saumattomasti. Tästä on hyötyä esimerkiksi ikkunarivien luomisessa (kuva 6).

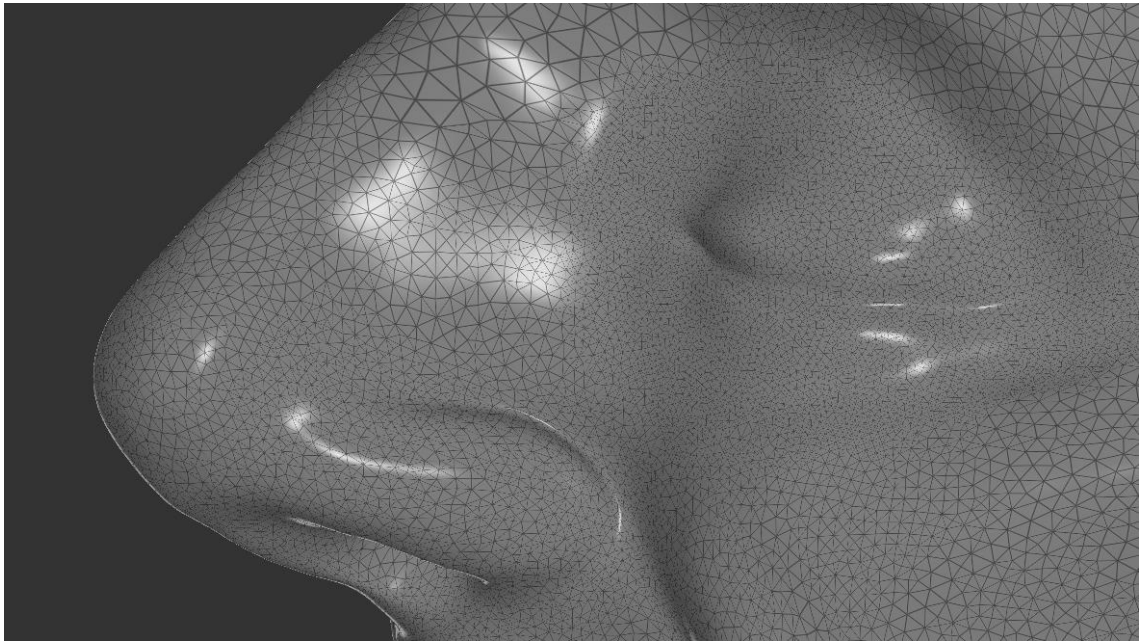
### 2.3 Mallintamiskeinot

Eräs yleisimmistä tavoista mallintaa on polygonimallinnus. Tällöin kappale mallinnetaan käyttäen pisteitä, joiden välit täytetään pinnoilla, jotka lopulta muodostavat kappaleen. Suurin osa malleista on polygonaalaisia, teksturoituja malleja, koska niitä on helppo muokata ja koska tietokoneet pystyvät renderöimään ne nopeasti (Bischoff ym. 2000, 1). Huono puoli on kuitenkin se, että kaarevat pinnat saadaan muodostettua vain luomalla useita pieniä pintoja, jolloin polygonien määrää joudutaan kasvattamaan.

Kaariin perustavassa mallinnuksessa käytetään pisteitä tietyillä painoarvoilla. Pisteiden välille muodostuva pinta muodostetaan pisteiden painoarvojen mukaisesti: mitä suurempi painoarvo pisteellä on, sitä lähemmäksi pistettä pinta pyrkii. Tämä perustuu Non-uniform rational basis spline- eli NURBS-menetelmään (Matossian 1999, 57).

Eräs uusimmista keinoista 3D-mallintaa on digitaalinen veistäminen. Kappaletta voi veistää digitaalisesti esimerkiksi kuvan avulla, jolloin 32-bittisestä kuvasta

luetaan arvot ja 3D-mallin pisteille annetaan saatujen arvojen perusteella uudet sijainnit. Näin tiettyjä pisteitä tuodaan kappaleesta ulospäin, eikä niitä tarvitse itse erikseen siirtää. Kappaletta voi veistää myös manuaalisesti erilaisten veistotyökalujen avulla, joilla eri kohtiin voi luoda syvennöksiä tai kohoumia. Digitaalisella veistämällä saadaan aikaan hyvinkin realistisen näköisiä tuloksia (kuva 7), mutta tällöin mallit vaativat tehokkaan laitteen niiden näyttämiseksi.



Kuva 7. Lähikuva digitaalisesta veistoksesta. Polygonien määrä on suuri. (Daniels, J. 2014.)

Laserkeilaus on eräs keino automatisoida 3D-mallinnusprosessia. Laserkeilauksessa laite asetetaan eri kohtiin skannattavasta kohteesta katsottuna, jolloin laite laskee kohteen kunkin osan etäisyyden laitteesta. Skannaus pitää tehdä useasta kulmasta ja mielellään useita kertoja, jotta tulos olisi mahdollisimman luotettava. (Greaves 2004.)





Kuva 8. Laserkeilauksella rakennuksesta muodostettu pistepilvi. (Severn Partnership 2014.)

Laserkeilauksen avulla saadaan hyvinkin tarkkoja tuloksia. Se on hyvä keino mitoittaa mm. rakennukset oikein, mutta haittapuolena laserkeilauksessa on kalliit laitteet. Laserkeilauksen tuloksena ei synny valmista 3D-mallia vaan pistepilvi (kuva 8).

#### 2.4 Materiaalit ja tekstuurit

Materiaalit ovat tärkeä osa 3D-malleja – ilman niitä mallit ovat värittömiä, eikä mallin osia välttämättä erota toisistaan hyvin. Materiaalien avulla objektin eri osille voi määritellä hyvin paljon eri ominaisuuksia: mm. minkä värisiä ne ovat, paljonko ne heijastavat valoa ja ympäristöä (Matossian 1999, 303).

Kappaleet eivät aina vaadi tekstuureita, vaan joissain tapauksissa riittää pelkkä värimateriaalin käyttäminen. Muuttamalla materiaalin väriä ja heijastavuutta kappaleelle saadaan huomattavasti lisää yksilöllisyyttä. (Kuva 10.)

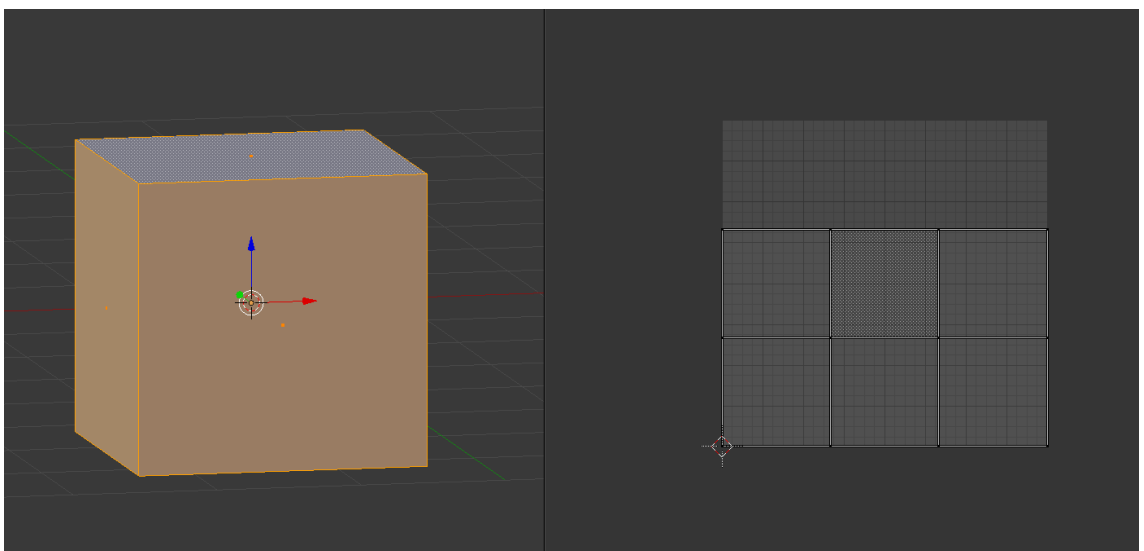




Kuva 9. Pallo ilman materiaalia ja muokatulla värillä sekä heijastavuudella.

Tekstuurit ovat tärkeä osa yksityiskohtia tavoiteltaessa. Pelkillä materiaaleilla mallien pinnat ovat usein tasavärisiä ja yksityiskohdattomia ja siten epärealistisia. Tekstuurien avulla tasavärisyyttä saadaan rikottua sopivasti. Tekstuureina voidaan käyttää ohjelman tarjoamia tekstuureita tai ohjelmaan voi tuoda itse tehtyjä kuva- tai elokuvatiedostoja.

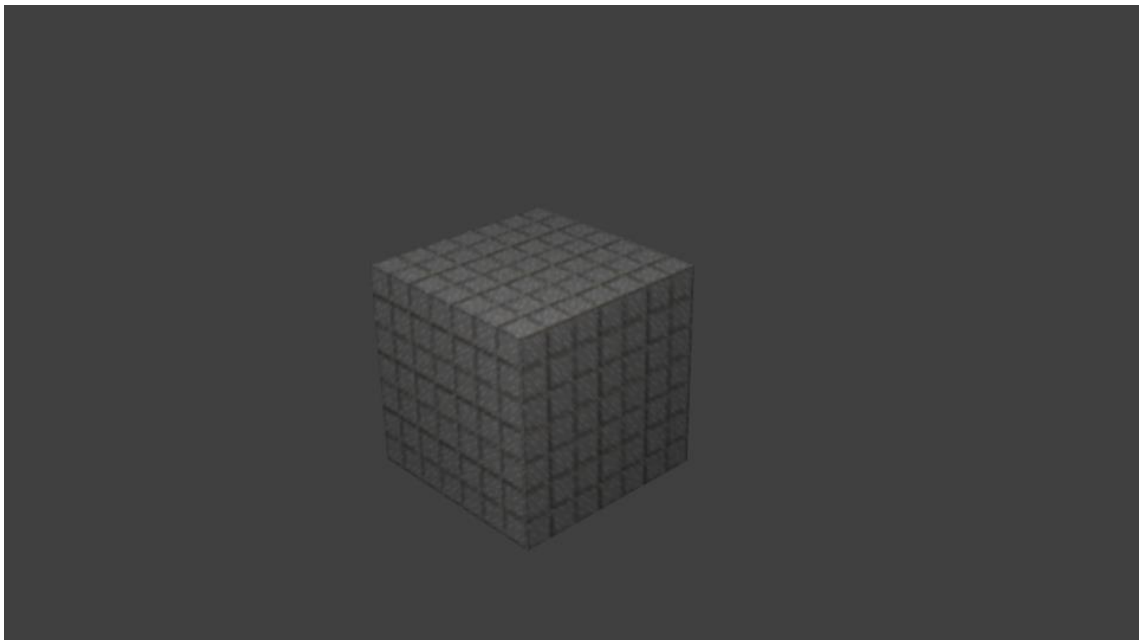
Monissa tapauksissa kannattaa käyttää yhtä kuvatiedostoa, joka antaa ilmeen usealle eri pinnalle – tätä kutsutaan UV-mappaukseksi (Partanen, J. 2013, 11). Tällöin objektin eri pinnat valitaan ja objekti levitetään tasaiselle pinnalle (kuva 10).



Kuva 10. Kuution pinnat avattuna ja levitetynä tasaiselle alustalle.

Levittämällä pinnat tasaiselle pinnalle saadaan UV-mapin pohja, joka voidaan tallentaa kuvankäsittelyohjelmaan sopivaan formaattiin. Tällöin UV-mapista tallennetaan kuvatiedosto, jonka päälle tekstuurit voidaan luoda. On tärkeää luoda kuva alkuperäisessä tiedostossa havaittavien viivojen päälle, jotta ne eivät näy lopullisessa tekstuurissa.

Kun kuva on valmis, se tuodaan ohjelmaan. Tämän jälkeen luodaan materiaali ja muutetaan sen asetukset siten, että materiaali näyttää UV-mapin oikein. Lopuksi materiaali asetetaan halutuille, aiemmin tasaiselle alustalle levitetyille pinnoille (kuva 11).

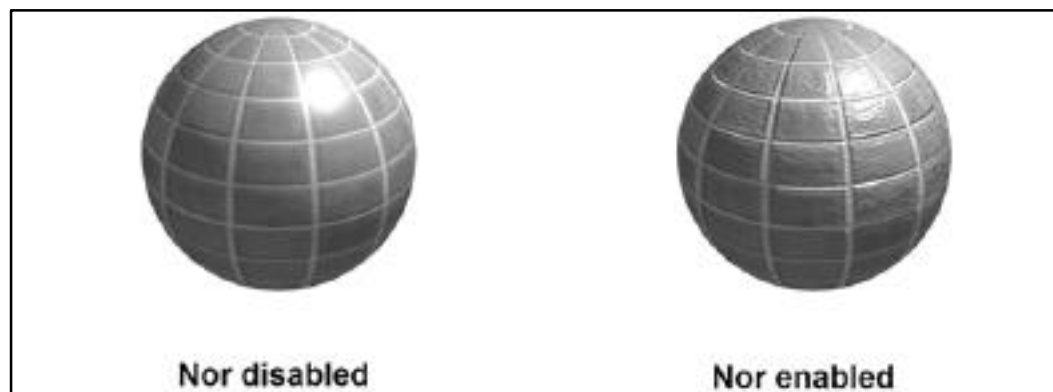


Kuva 11. Hahmonnettu kuutio, johon on UV-mapattu teksturi.

Tekstuurit voivat olla myös vektorimuodossa. Objektia skaalatessa vektorimuotoisten tekstuurien laatu ei muutu miksikään, vaan teksturi on aina yhtä tarkka ja terävä. Huonoja puolia tässä kuitenkin on se, että vektoroiduista tekstuureista on huomattavasti vaikeampaa saada realistisen näköisiä. Kuvatiedostoista puolestaan saadaan realistisemmän näköisiä, mutta niille vaaditaan korkea resoluutio suuren tarkkuuden projekteissa. (Brito 2010, 186)

Tekstuureilla saadaan kappaleisiin tarvittaessa myös lisää yksityiskohtia. Apuna voidaan käyttää normal-mappausta (Brito 2010, 194). Tässä tapauksessa

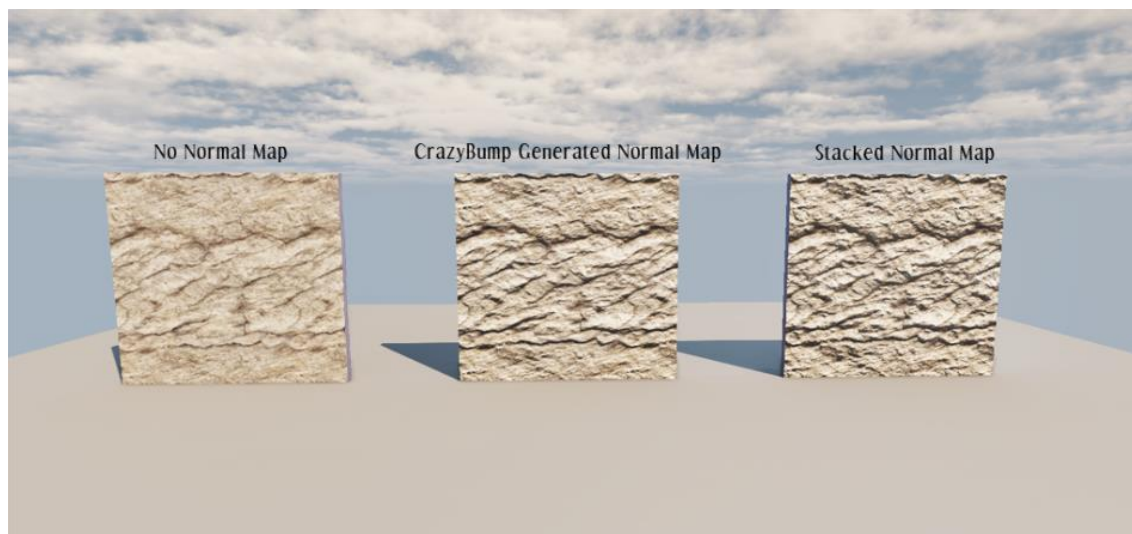
syvyysvaikutelma luodaan pintoihin tekstuuriin avulla (kuva 12). Normal-mappauksen etu on, että kappaleeseen ei tarvita lisää verteksejä tai polygoneja, vaan syvyysvaikutelma on pelkkä valaistusarvoja muokkaamalla tehty illuusio. Läheltä ja oikeasta kulmasta tarkasteltaessa voidaan havaita, että pinta on todellisuudessa tasainen.



Kuva 12. Oikean puolimmaisessa kappaleessa normal-mappaus käytössä. (Brito 2010, 194.)

Normal mapping perustuu annetun kuvan mustiin ja valkoisiin sävyihin. Valkoiseihin pikseleihin ei tehdä muutoksia, kun taas mustiin pikseleihin tehdään. Usein parhaan syvyysvaikutelman saavuttamiseksi tekstuurile kannattaa tämän vuoksi luoda erikseen normal map, jonka mukaan alkuperäinen, värillinen tekstuuri näytetään objektissa eri tavalla. (Brito 2010, 195)

Syvyyseroihin saadaan huomattavia yksityiskohtia mm. kahta eri normal mapia käyttämällä. Tällöin normal mapeja, joissa on erilaisia vahvuusarvoja, käytetään kerroksittain – pieniin syvyyseroihin annetaan vain pieni vahvuus ja suurempiin syvyyseroihin suurempaa arvoa (kuva 13).



Kuva 13. Keskimmäisessä kappaleessa 1 normal-mappaus, oikeanpuolimmaisessa kerrostettu normal-mappaus. (Goode II B. 2014.)

Normal-mappausta varten voidaan luoda tekstuureita itse käsin. Helpoin tapa on kuitenkin käyttää jotain ohjelmaa, joka on tarkoitettu normal-mappaukseen.

## 2.5 Rakennuksen mallinnuksessa huomioitavaa

Rakennuksen 3D-mallintamisessa on erityisen tärkeää suunnitella prosessi huolellisesti, kuten 3D-mallinnuksessa yleensäkin. Joskus malliin tehtyjä muutoksia on vaikeaa perua, jolloin työssä voi joutua palaamaan useita vaiheita taaksepäin. Tämän vuoksi hyvän suunnittelun lisäksi on tärkeää myös tallentaa eri versioita malleista usein. (Brito 2010, 85)

Jotta 3D-mallista tulee mahdollisimman tarkka, mallinnettavat rakennukset on hahmotettava riittävän tarkasti. Apuna käytetään erilaisia pohjapiirroksia ja ilmakuvia, mutta niiden lisäksi myös paikan päällä julkisivuista otettuja valokuvia. Vierailut rakennuksien ympäristössä auttavat muutenkin hahmottamaan eri yksityiskohtia huomattavasti paremmin kuin kuvista katsomalla. Lisäksi kaikkia ohjelman hyödyllisiä työkaluja hyödynnetään.

Rakennusten muodot kannattaa ensin tarkistaa asemakaavasta. Sitä hyödyntäen kappaleille saadaan heti oikeat muodot ja sivujen leveydet toisiinsa nähden ovat oikeat. Samalla kulmat saadaan helposti todellisuutta vastaaviksi.

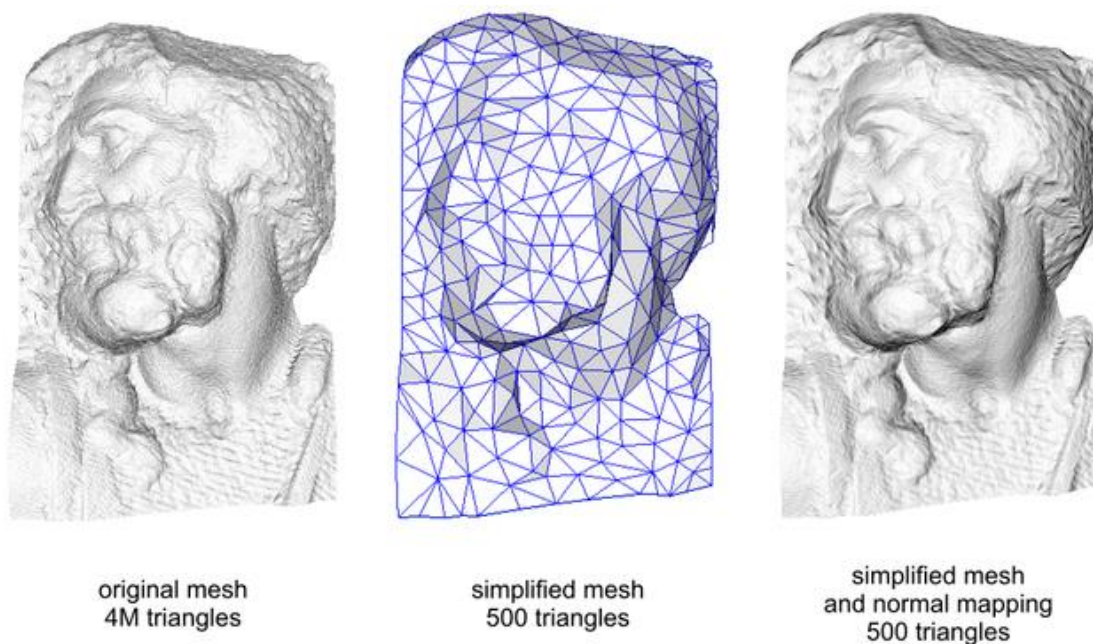
Julkisivuja tarkastellessa voidaan huomata, että niissä on paljon toistuvia osia. Tämän vuoksi kannattaa luoda useat osat erikseen, luoda yksittäisestä kappaleesta ryhmä ja sitten linkittää niitä lopulliseen objektiin. Kun osat linkitetään oikealla tavalla, alkuperäistä tiedostoa muokatessa muutokset tulevat voimaan myös linkitetyissä objekteissa. Tämän avulla säästetään huomattava määrä aikaa ja työtä. (Brito 2010, 83–84)

Saattaa olla ongelmallista, jos eri julkisivut mallintaa erikseen ja yrittää sitten liittää nämä julkisivut toisiinsa. Julkisivujen mittasuhteet vääristyvät helposti ja liitokset saattavat näyttää oudoilta. Siksi kannattaakin ensin muotoilla oikeanlainen pohja, josta kohotetaan vähitellen rakennuksen eri osia ylöspäin. Tällöin keskitytään kaikkiin julkisivuihin joka kerta, kun muutoksia tehdään. Näin varmistetaan, että myös seuraava vaihe voidaan tehdä järkevästi.

## 2.6 Kevyen 3D-mallin luominen

Jos 3D-mallia aiotaan käyttää esim. pelissä tai sovelluksessa, on tärkeää, että malli ei ole liian raskas. Mallin keveyteen on pyrittävä kaikissa mallinnuksen vaiheissa aina suunnittelusta viimeistelyyn asti.

Tärkeimpiä asioita kevyen mallin suunnittelemisessa on ottaa huomioon sen vertexien ja polygonien määrä. Mitä enemmän dataa malli sisältää, sitä enemmän laite joutuu prosessoimaan renderöidessään mallia. Kevyessä mallissa polygonissa ihanteellinen määrä on 3 verteksiä.



Kuva 14. Normal-mappauksen avulla 4 miljoonan polygonimäärä saadaan supistettua 500 polygoniin. (WikiMedia Commons, 2014.)

Liian monen verteksin tai polygonin luomisen välttäminen on joskus ongelmallista, mutta joissain tapauksissa mm. pienistä syvyseroista kannattaa luoda tekstuurien avulla illuusio sen sijaan, että syvyserot oikeasti mallinnettisiin erikseen. Näin polygonien määrää saadaan pienennettyä huomattavasti (kuva 14).

Ei ole absoluutista määritelmää sille, mikä on kevyt malli ja mikä ei. Mallin keveys riippuu mm. siitä, kuinka kustannustehokas se on, mille laitteelle se on suunniteltu, mikä on lopullisen työn vaatimien yksityiskohtien määrä ja millaiset ominaisuudet ja piirteet mallilla on. Koska teknologia kehittyy edelleen nopeasti ja koska laskenta-ajat laitteissa lyhenevät, yhä monimutkaisemmat mallit voidaan käsittää kevyiksi. (3ds Max 2010.)

### 3 3D-MALLINNUSOHJELMAVAIHTOEHTOJA

Tarjolla on laaja valikoima 3D-mallinnusohjelmia eri käyttötarkoituksiin. Jotkut ovat toistensa kanssa samankaltaisia, kun taas jotkut poikkeavat toisistaan huomattavasti. Ohjelma valitaan mm. sen käyttötarkoituksen, vaatimusten ja lisenssin mukaisesti.

#### 3.1 Maya

Autodeskin tuote Maya on etenkin 3D-animoitiin tarkoitettu sovellus, mutta sillä voi myös mallintaa, simuloida, hahmontaa ja sommitella. Se on ominaisuuksiltaan kattava sovellus, jota on käytetty useiden tunnettujen elokuvien ja pelienkin tuotannossa. (Autodesk 2014.)

Mayan monipuolisilla työkaluilla ja efektialustoilla saadaan aikaan realistisia ja yksityiskohtaisia 3D-malleja. Uusimman version etuja ovat mm. parannettu polygonimallinnus ja parannetut UV-työkalut. (Autodesk 2014.)

Ohjelmasta on saatavilla maksuton kokeiluversio 30 päivän ajaksi. Sen käyttämiseksi vaaditaan 64-bittinen moniydinprosessori ja vähintään 4 GB RAM-muistia. Levytilaa asennusta varten vaaditaan 4 GB. Mayan lisenssi uusitaan joko kuukausittain (245 €) tai vuosittain (1 950 €). Sitä ei voi ostaa kertaluontoisella maksulla (13.5.2014). (Autodesk 2014.)

#### 3.2 Modo

Modo on Luxologyn tuote, jolla voi mallintaa, veistää malleja, animoida ja hahmontaa. Sen lisäksi Modo tarjoaa ehosteitä eri käyttötarkoituksiin. Modon ominaisuudet ovat monipuoliset ja ohjelma soveltuu niin rakennuksen kuin hahmonkin mallintamiseen. (Modo 2014.)

Modon yksilöllinen ominaisuus on se, että sillä voidaan yhdistää perinteinen mallintaminen ja mallien digitaalinen veistäminen. Käyttöliittymäsuunnittelussa

on pyritty siihen, että veistotyökalut ovat jatkuvasti helposti saatavilla. (Modo 2014.)

Kokeiluversion saa ilmaiseksi 15 päiväksi. Tavallinen lisenssi maksaa hieman yli 1 000 € (13.5.2014). Maksu on kertaluontoinen. Ohjelma vaatii 64-bittisen alustan ja vähintään 2 GB RAM-muistia. Asennus vaatii 2 GB levytilaa. (Modo 2014.)

### 3.3 3ds Max

Myös 3ds Max on Autodeskin tuota. Se on tarkoitettu peli-, elokuva- ja liikegrafiikka-alan ammattilaisille mallinnus-, animointi-, simulointi- ja hahmonnustyökaluksi. Ohjelman uudistetut työkalut mahdollistavat helpomman työskentelyn korkearesoluutioisten parissa, jolloin myös kokonaistuottavuus on hyvä. Uusimmassa 3ds Maxissa on tuki pistepilville. (Autodesk 2014.)

3ds Maxista saa maksuttoman kokeiluversion 30 päiväksi. Verkkokaupasta voi puolestaan ostaa tuotteen joko kuukausittaisella (245 €) tai vuosittaisella (1 950 €) maksulla (13.5.2014). Uusin versio vaatii vähintään 64-bittisen järjestelmän, 4 GB RAM-muistia ja 4,5 GB levytilaa asennusta varten. (Autodesk 2014.)

### 3.4 Blender

Blender on avoimen lähdekoodin 3D-mallinnusohjelma. Ohjelma tarjoaa kattavan määrän työkaluja, jolloin myös sillä on mahdollista saada luotua korkealaatuisia malleja. Ero maksullisiin ohjelmistoihin on mm. siinä, että ohjelmaa kehittää sen käyttäjät ja kaksi kokopäiväistä työntekijää.

Ohjelma jaellaan ilmaiseksi GNU GPL –lisenssillä (General Public License), joka antaa kenelle tahansa oikeuden käyttää, kopioida, muuttaa ja jakaa edelleen lähdekoodia. Blender vaatii toimiakseen kunnolla vähintään 32-bittisen tuplaydinprosessorin ja 2 GB RAM-muistia. Asennukseen vaaditaan vain hieman yli 200 MB vapaata levytilaa. (Blender.org 2014.)



### 3.5 Vertailu

Vertailussa tarkastellaan järjestelmävaatimusten lisäksi ohjelmien käyttötarkoitusta ja ohjelman kustannustehokkuutta. Blender vaikuttaa keveimmältä ohjelmalta, ja sen laaja valikoima työkaluja ja ilmaisuus ovat paras yhdistelmä työn tavoitteet huomioon ottaen. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Vertailussa ohjelmat Maya, Modo, 3ds Max ja Blender.

Maya	Alustat	Microsoft Windows, Mac OS X, Linux
	Käyttötarkoitukset	Mallinnus, animointi (videot), valaistukset, hahmontaminen, visuaaliset 3D-ehosteet
	Järjestelmävaatimukset	64-bittinen järjestelmä, 4GB RAM
	Lisenssi	Kuukausittainen (245 €) tai vuosittainen (1 950 €)
Modo	Alustat	Microsoft Windows, Mac OS X, Linux
	Käyttötarkoitukset	Mallinnus, animointi, hahmontaminen, veistäminen
	Järjestelmävaatimukset	64-bittinen järjestelmä, 2 GB RAM
	Lisenssi	Kertaluontoinen (n. 1000 €)
3ds Max	Alustat	Microsoft Windows
	Käyttötarkoitukset	Mallinnus, animointi (videopelit), valaistukset, hahmontaminen
	Järjestelmävaatimukset	64-bittinen järjestelmä, 4 GB RAM
	Lisenssi	Kuukausittainen (245 €) tai vuosittainen (1 950 €)
Blender	Alustat	Microsoft Windows, Mac OS X, Linux, BSD, Solaris, AmigaOS 4, MorphOS
	Käyttötarkoitukset	Animointi, valaistukset, mallinnus, hahmontaminen, videopelien luominen, visuaaliset 3D-ehosteet, veistäminen, jälkikäsitteily videoeditoinnissa
	Järjestelmävaatimukset	32-bittinen tai 64-bittinen järjestelmä, 2 GB RAM
	Lisenssi	Ilmainen (GNU GPL)

## 4 BIOCITYN 3D-MALLINTAMINEN

### 4.1 Huomioitavaa

BioCity on rakennus, jossa on paljon vaihtelevaa muotoilua. Rakennuksessa on lisäksi paljon syvyysvaihtelua ja toistuvia kuvioita. Nämä seikat huomioon ottaen pyritään saamaan aikaiseksi mahdollisimman järkevä lähestymistapa.

BioCityssä on paljon ikkunoita, ritilöitä ja alaosassa toistuvia kappaleita, joissa on monissa kohdissa myös ovia. Toistuvat osat helpottavat työn tekemistä ja lopullisen työn hahmontaminen vie vähemmän aikaa kuin tapauksessa, jossa kaiken tekisi erikseen. Lisäksi rakennuksessa on pylviäitä. Lemminkäisenkadun puolen julkisivu (lounas) on hieman kalteva. Jotkin osat rakennuksesta ovat siis toisella puolella hieman alempana.

### 4.2 Suunnittelu

#### 4.2.1 Suunnitelma 1

Aluksi kaikkeen lähdemateriaaliin perehdytään huolellisesti. Kokonaisuuden hahmottamiseksi käytetään apuna pohjapiirroksia ja valokuvia rakennuksista. Lisäksi rakennuksen luona tehdään käyntejä ja kotoa käsin julkisivuja voidaan tutkia Tykistökadun ja Lemminkäisenkadun puolelta Googlen StreetView-ominaisuudella.

Käytännön mallinnustyössä pääajatuksena on, että rakennuksen kukin julkisivu mallinnetaan erikseen. Yhteen julkisivuun kerrallaan on huomattavasti helpompi keskittyä, eivätkä muut julkisivut häiritse mukana näkymässä. Kun julkisivut ovat valmiita, ne voidaan yhdistää.

Toistuvat osat toteutetaan siten, että ne luodaan ensin erikseen omiksi tiedostoikseen ja tuodaan sitten mukaan projektiin. Ratkaisevaa on, että toistuvasta osasta luodaan sen omassa projektissa oma ryhmä. Kun ryhmää

toistetaan toisessa projektissa, kaikkia sen kopioita voi muokata muokkaamalla vain alkuperäistä tiedostoa.

Ensimmäinen suunnitelma osoittautui ongelmalliseksi ja epäkäytännölliseksi. Ensinnäkin lähestymistapa, jossa mallinnetaan kukin julkisivu kerrallaan, vaikuttaa huonolta. Julkisivujen välille syntyy tällä tavalla helposti mittasuhte-eroja.

Lisäksi on epäkäytännöllistä, että toistuvia osia muokataan erillisessä tiedostossa. Riittämättömän tiedon määrän vuoksi jokainen toistuva osa myös kopioitiin manuaalisesti useita kertoja, jolloin ongelmana oli mm. saumaton toistaminen ja kappaleiden asettelu oikeille paikoilleen etenkin Tykistökadun puolen vinossa julkisivussa. Manuaalinen toistaminen ei osoittautunut kustannustehokkaaksi tavaksi, minkä lisäksi tiedoston 3D-näkymä alkoi näyttää sekavalta.

Myös eri julkisivujen liittäminen toisiinsa osoittautui hankalaksi. Jo pienetkin eroavaisuudet mittasuhteissa vaikuttavat ratkaisevasti lähestymistavan toimivuuteen. Ongelma ilmeni vasta, kun kahta julkisivua alettiin yhdistää toisiinsa.

#### 4.2.2 Suunnitelma 2

Toisen suunnitelman valmistelut ovat samanlaiset ensimmäisen suunnitelman kanssa. Sen sijaan käytännön työn lähestymistapa on huomattavasti erilainen.

Koska julkisivujen tekeminen erikseen osoittautui hankalaksi, kaikki julkisivut muodostetaan samalla kertaa. Tämä onnistuu esimerkiksi siten, että luodaan ensin oikeanmuotoinen pohja asemakaavan avulla. Kun muoto on oikea, siitä aletaan kohottaa kerroksia vähitellen ylös, kaikki julkisivut kussakin vaiheessa huomioiden.

Toistuvia osia ei tässä toimintamallissa luodakaan erillisissä tiedostoissa. Sen sijaan kappaleet luodaan samaan tiedostoon varsinaisen projektin kanssa. Niitä ei toisteta yksitellen manuaalisesti, vaan niiden toistamiseksi käytetään erillistä

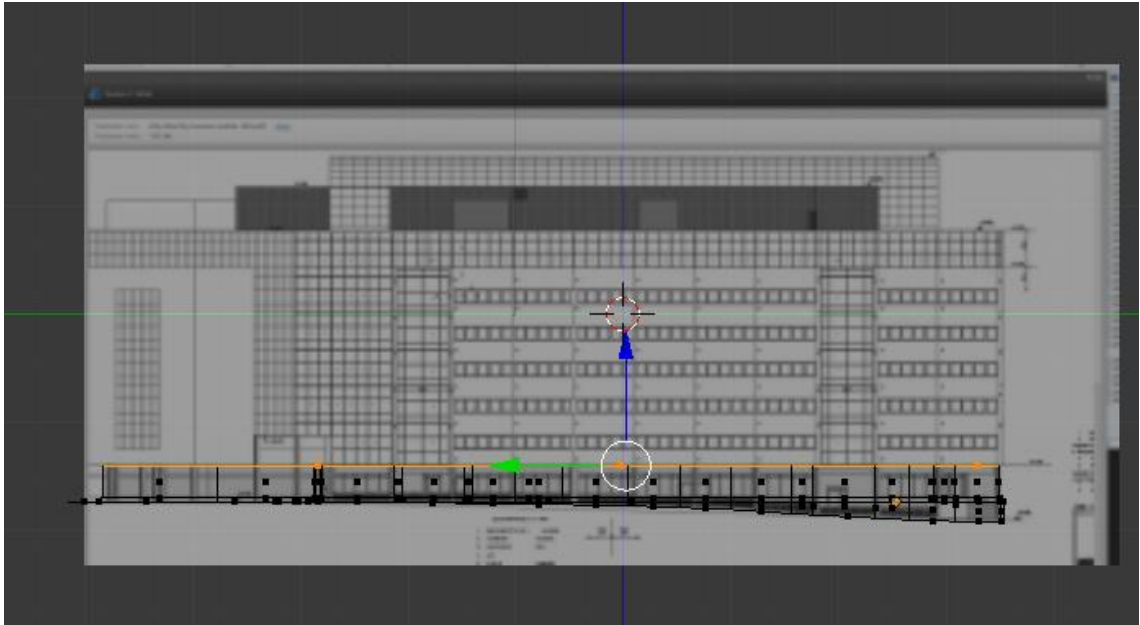
työkalua, jonka avulla kappaleita voidaan toistaa täysin saumattomasti tai tietyin, yhtenevin välein.

Toinen suunnitelma osoittautui huomattavasti paremmaksi tavaksi. Kaikkien julkisivujen mittasuhteet saatiin automaattisesti samoiksi ja julkisivut olivat välittömästi liitoksissa toisiinsa. Vastoin odotuksia kaikkien julkisivujen näkyminen projektissa samanaikaisesti ei ollut lainkaan ongelmallista.

#### 4.3 Julkisivujen mallinnusprosessi

Julkisivujen mallintaminen aloitetaan asemakaavan avulla. Se asetetaan referenssikuvaksi siten, että se näkyy, kun mallia tarkastellaan ylhäältä päin. Lisäksi lisätään muiden julkisivujen pohjapiirrokset referenssikuviksi muita kuvakulmia varten. Kun pohjan muodot ovat oikeat, siihen luodaan uusia reunaviivoja mm. syvennökset ja katokset huomioiden.

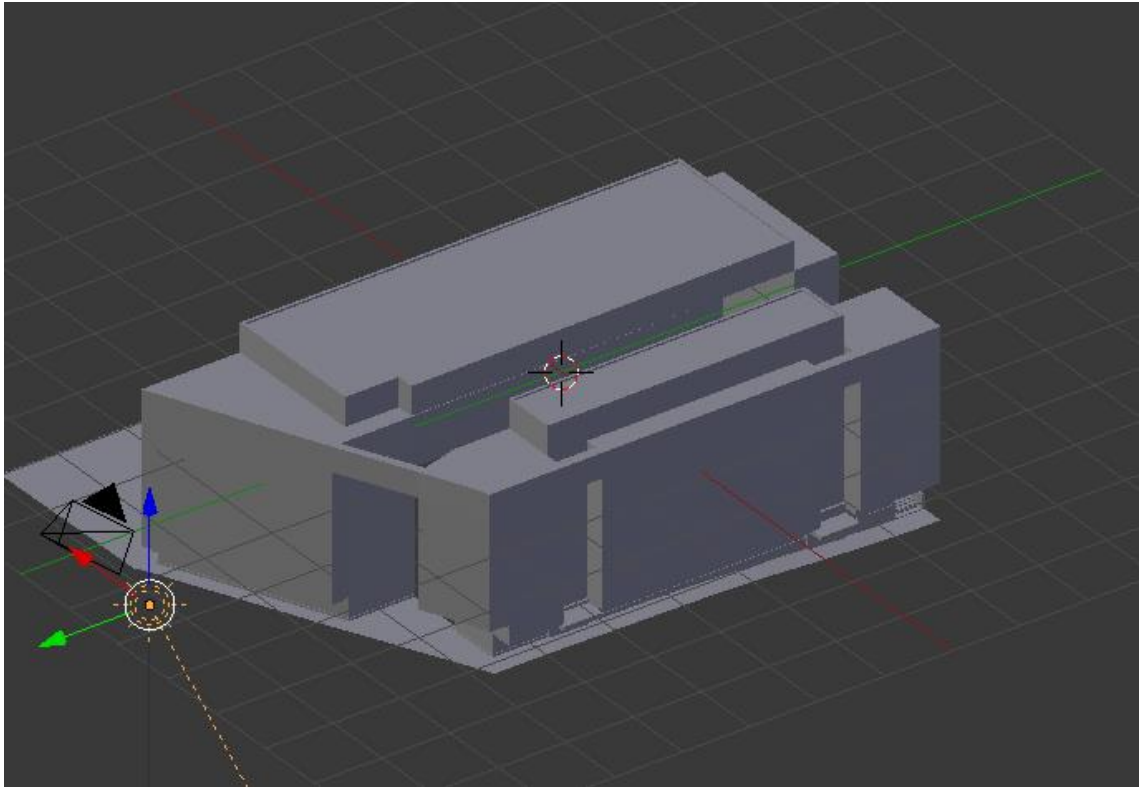
Reunaviivojen luomisen yhteydessä saadaan myös uusia pintoja. Kun reunaviivat ovat katosten ja syvennösten suhteen oikeassa kohdassa, valitaan pinnat, joita halutaan kohottaa ylöspäin Z-akselin suhteen. Niitä kohotetaan ulosviennillä vain vähän, jotta rakennuksen ympärillä kulkeva kynnyks saadaan luotua. Kohotuksessa on aina huomioitava kunkin julkisivun yksityiskohdat (kuva 15).



Kuva 15. Ensimmäiset kohotukset tehty. Pohjapiirroksat huomioidaan aina.

Kun ensimmäinen kohotus on tehty, kaikkia ylimpiä pintoja sisennetään sen verran, että pintaan saadaan kynnyksen paksuiset kehykset. Sen jälkeen sisimpiä pintoja voidaan tuoda ulos katokseen asti.

Kun eri syvennökset on luotu, kattoon asti menevät pinnat voidaan kohottaa ylös. Lisäksi seiniin voidaan lisätä katokset ja DataCityyn päätyyn lisätä portaat. Lopulta kattoon voidaan vielä luoda korkeuserot, joiden suuruus määritellään pohjapiirrosten ja ilmakuvien avulla. Joihinkin syvennöksiin lisätään myös liitokset eri osien välille.



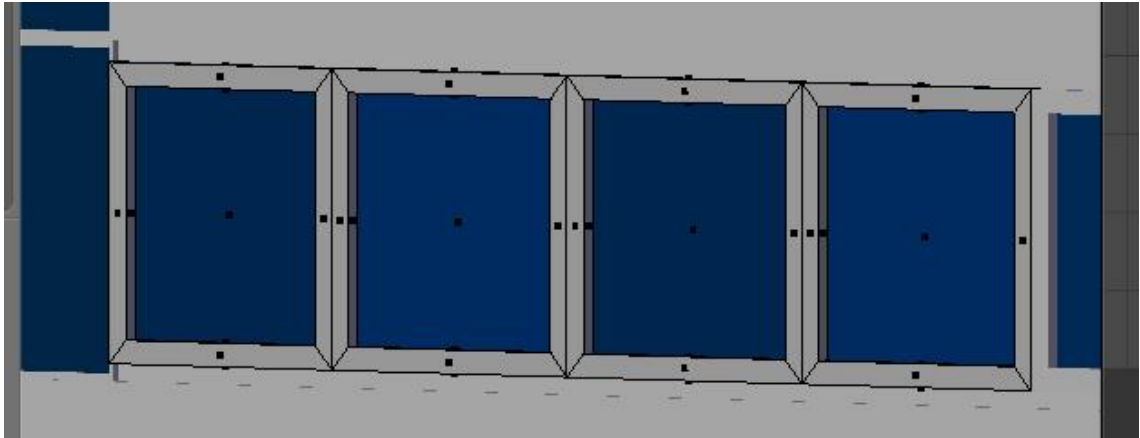
Kuva 16. 3D-näkymässä malli, jonka muodot ovat pääasiassa valmiita.

Rakennuksen julkisivut alkavat muotoineen olla pääasiassa valmiita (kuva 16). Niiden oikeat mitat tarkistetaan vielä pohjapiirrosten avulla. Tässä vaiheessa rakennuksessa ei vielä ole esim. pylväitä tai muitakaan toistettavia osia. Ne tehdään seuraavaksi.

#### 4.4 Toistuvat osat

##### 4.4.1 Ikkunat

Ikkunoista on paljon eri versioita. ElectroCityn puolen julkisivussa toistetaan 4 ikkunan rivejä. Ikkunat saadaan sisennyksen ja ulosviennin avulla, jolloin ikkunaruuutujen ympärille voidaan kohottaa kehykset. Ikkunoihin saadaan myös hieman vaihtelua, kun kunkin ikkunaruuudun sävyä vaihdetaan hieman (kuva 15).



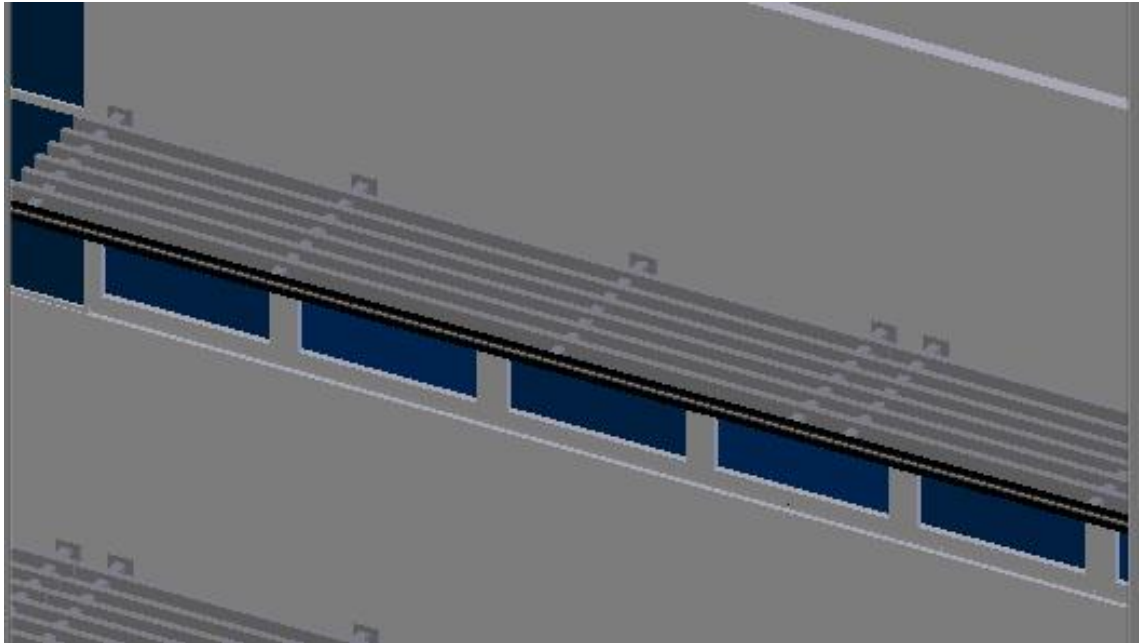
Kuva 17. Ikkunarivi 3D-näkymässä. Alustavat materiaalit annettu.

Lemminkäisenkadun puolella ikkunariveissä on 5 ikkunaa. Rivit ovat samanleveyisiä ja vain ikkunoiden määrä rivillä on eri. ElectroCityn puolella on vielä yksi rivi matalia ikkunoita.

Joissain tapauksissa on myös huomioitava ikkunarivien välille jäävä muita välejä suurempi väli, jolloin riviä muokataan tapauskohtaisesti. Tällaisen rivin vierekkäinen rivi saadaan helposti peilaustoiminnon avulla.

#### 4.4.2 Ritiät

Ikkunarivien yläpuolella on myös ritiöitä. Yksi ritiä tehdään aina yhden rivin paksuiseksi, jotta ritiöitä voidaan toistaa saumattomasti ikkunarivien yläpuolella oikealla leveydellä. Ritiässä on 4 kiinnityskohtaa, 6 tasaista metalliosaa ja sylinteri ritiän päädyssä (kuva 18).



Kuva 18. Ikkunarivien yläpuolelle toistettuja rutilöitä.

Kun yksi rutilä on valmis, sille annetaan alustavat materiaalit. Muutoin osat ovat harmaan metallin sävyisiä, mutta päätyosan sylinteri on musta. Sen jälkeen rutilää toistetaan vaakatasossa. Kun niitä on vaakatasossa oikea määrä, niiden toistomäärä otetaan pysyvästi voimaan, jotta niitä voidaan toistaa myös pystysuunnassa oikea määrä. Näin rutilä saadaan kaikkiin kohtiin, joihin se halutaan.

#### 4.4.3 Alaosan lasit

Rakennuksen ympärillä on monin paikoin alaosassa lasisia osia, joissa on myös ovia. Näistä lasisista osista tehdään joitain erilaisia versioita, sillä niiden leveys vaihtelee kapeasta leveään. Alustavasti tehdään vain lasiset osat, jolloin varsinaiset ovet lisätään myöhemmässä vaiheessa.

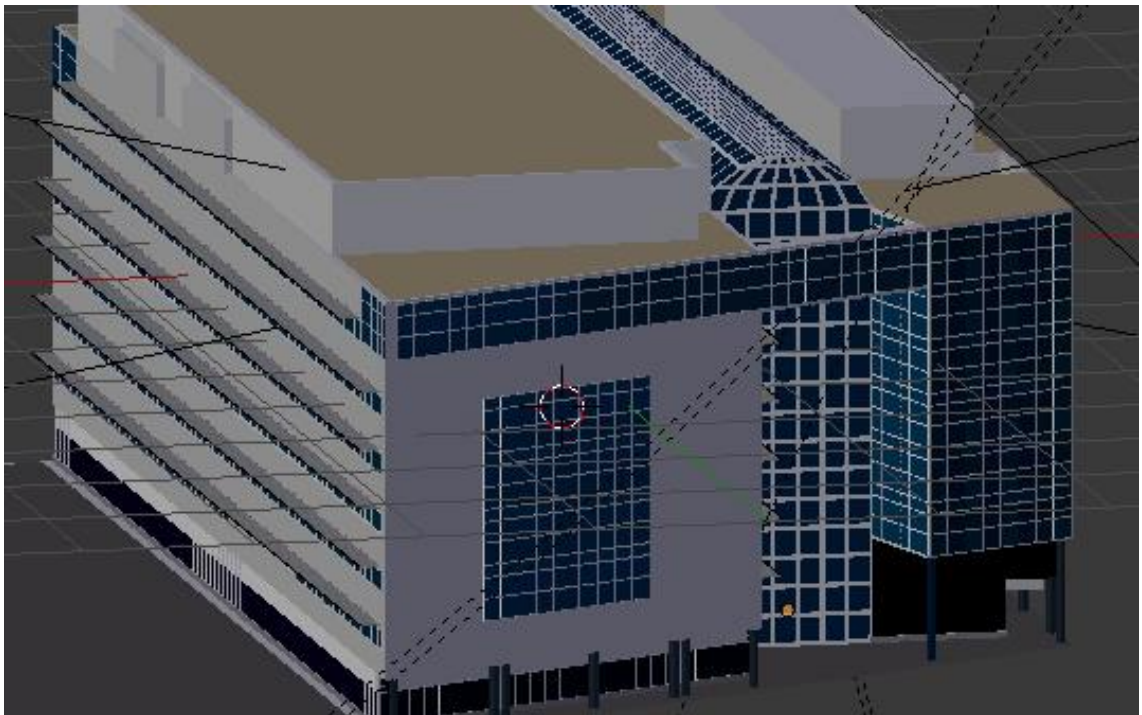
Alaosan lasit tehdään samalla tavalla kuin ikkunatkin sisennyksen ja ulostuonnin avulla. Niille annetaan alustava materiaali, jota muokataan myöhemmin paremmiksi.



#### 4.4.4 Muut erilliset osat

ElectroCityn puoleisessa julkisivussa on monta uloketta. Ne mallinnetaan pohjapiirrosten avulla ja liitetään osaksi projektia. Katoksen ja maan välillä on paljon tukipylväitä. Pylväät ovat pääosin toisiinsa nähden samanpaksuisia. Pylväiden yläosassa olevia osia ei oteta huomioon, sillä niitä ei lopullista työtä tarkastellessa edes näkisi.

Kaikkein näkyvin erillinen BioCityn osa on rakennuksen sisäpuolellakin oleva korkea, ylhäältä kaareva lasiosa. Sen saa lisättyä luomalla ensin objektin, jonka sitten muotoilee asemakaavan avulla oikeanlaiseksi. Sen jälkeen ylintä pintaa kohotetaan katonrajaan asti. Pintaa tuodaan ulos tämän jälkeen vain hieman, jotta uutta pintaa voidaan skaalata leveyssuunnassa pienemmäksi. Tätä toistetaan vielä kaksi kertaa, jolloin yläosasta saadaan kaareva (kuva 19).



Kuva 19. Yläosaltaan kaareva osa lisättynä rakennukseen.

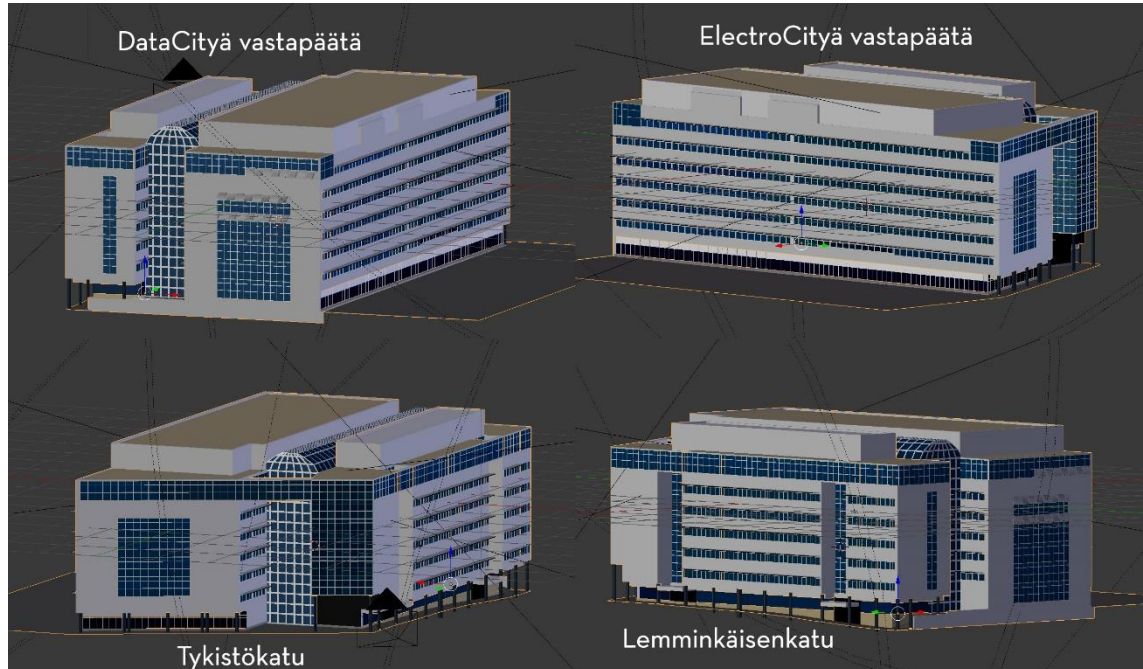
Osaan saadaan reunaviivoja jakamalla sen pinnat osiin koko kappaleen ympärysmitalta. Kun viivoja on oikea määrä niin pysty- kuin vaakasuunnassakin, kaikki kappaleen pinnat valitaan, niille annetaan alustava materiaali ja pintoihin

tehdään sisennykset pintakohtaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että kuhunkin pintaan tehdään sisennys erikseen. Kun sisennys on tehty, kehykset ovat valmiiksi valittuina ja niille voi antaa oman värinsä.

#### 4.5 BioCityn 3D-malli opinnäytetyön luovutusvaiheessa

Vähäisen käytettävissä olevan ajan vuoksi rakennuksen 3D-malli ei ole vielä valmis. Mallista puuttuu yksityiskohtia, joita ovat mm. kaiteet ja DataCityä vastapäätä olevassa julkisivussa olevat kolme pitkää kappaletta. ElectroCityä vastapäätä sijaitsevasta julkisivusta puuttuu katoksia ja kaareva uloke.

Sen lisäksi, että mallista puuttuu yhä osia, sen materiaalit ovat viimeistelemättömiä, eikä siinä ole ollenkaan tekstuureita. Kukin julkisivu on pääosin valmis (kuva 21). Niiden materiaalit on luotu alustavasti, joten materiaalien viimeistely ja tekstuureiden lisääminen myöhemmässä vaiheessa on otettu huomioon.



Kuva 20. Julkisivut kuvattuna eri kuvakulmista 3D-näkymässä.

## 5 YHTEENVETO

Alkuperäiseen tavoitteeseen, joka oli rakennuksen 3D-mallintaminen ja teksurointi, ei päästy. Tähän syynä oli mm. käytettävissä olevan ajan vähäinen määrä ja sen epäoptimaalinen hyödyntäminen.

Opinnäytetyön päätösvaiheessa rakennuksen 3D-mallista on valmiina viimeistelemätön versio, jonka materiaalit ovat vasta alustavia. Malli toteutettiin Blenderillä ja sen luomisessa käytettiin perinteistä polygonimallinnusta. Mallinnuksen vaiheissa pyrittiin jatkuvasti yksinkertaisuuteen, jotta malli ei olisi liian raskas.

Käytettävissä olevaan aikaan vaikutti myös ensin huolimattomasti luotu suunnitelma. Sen vuoksi työ piti aloittaa keskivaiheessa kokonaan alusta, sillä rakennuksen 3D-mallin pohja aloitettiin virheellisesti, eikä virhe ollut enää helposti korjattavissa työn ollessa pitkällä. Uutta suunnitelmaa noudatettaessa hyödyllistä oli kuitenkin se, että edellistä mallia varten tehdyt osat olivat vielä tallella, jolloin niitä voitiin tarvittaessa hyödyntää.

Jotta vastaavassa työssä onnistuisi huomattavasti paremmin, kokemuksesta rakennuksiin ja niiden suunnittelemiseen liittyen olisi huomattavasti hyötyä. Rakennuksen 3D-mallintaminen Blenderillä oli tärkeää aikakustannuksen ja mallin käyttötarkoituksen vuoksi, mutta jotain rakennustekniikkaan erikoistunutta 3D-mallinnusohjelmaa olisi voinut olla hyvä käyttää etenkin suunnitteluvaiheessa.

Opinnäytetyö opetti paljon uusia asioita niin 3D-mallinnuksesta kuin Blenderistäkin. Todennäköisesti myös kolmas yritys 3D-mallintaa sama rakennus olisi erilainen kuin kaksi tässä työssä esiteltyä. Suunnittelun pitäisi olla niihin nähden vielä huolellisempaa. Työn yhteydessä syntynyttä 3D-mallia ei voi sellaisenaan käyttää, eikä ole arvioitavissa, millä tavoin mahdollinen jatkokehittäjä voisi mallia käyttää.

On myös mahdollista, että opinnäytetyön yhteydessä tehtyä 3D-mallia ei missään vaiheessa oteta lopulliseen käyttöön. Tähän syynä voi olla esimerkiksi se, että koska tavoitteena on saada yhtenäinen kokonaisuus, kaikki rakennukset kannattaa teettää samalla tekijällä.

Suurin hyöty tämän opinnäytetyön tekemisessä oli 3D-mallinnuksen teorian oppiminen. Lisäksi jotkin Blenderin työkalut osoittautuivat erittäin hyödyllisiksi. Kokemus myös rakennuksen 3D-mallintamisesta on arvokas, sillä rakennuksia 3D-mallinnetaan monenlaisiin tarkoituksiin.

## LÄHTEET

3ds Max. Modeling a Low-Poly Character. Viitattu 13.5.2014 [https://blog.itu.dk/M3DA-F2013/files/2013/03/3dsmax\\_2010\\_character\\_modeling.pdf](https://blog.itu.dk/M3DA-F2013/files/2013/03/3dsmax_2010_character_modeling.pdf)

Autodesk. 3D Animation Software, Computer Animation Software | Maya. Viitattu 23.4.2014 <http://www.autodesk.com/products/autodesk-maya/overview>

Autodesk. 3D Modeling and Rendering Software | 3ds Max. Viitattu 23.4.2014 <http://www.autodesk.com/products/autodesk-3ds-max/overview>

Blender.org, 2013. History. Viitattu 15.4.2014 <http://www.blender.org/foundation/history/>

Blender.org, 2014. About. Viitattu 15.4.2014 <http://www.blender.org/about/>

BlenderWiki, 2014. Doc:2.6/Manual/Interface/Scenes. Viitattu 15.4.2014 <http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.6/Manual/Interface/Scenes>

BlenderWiki, 2014. Doc:2.6/Manual/Materials. Viitattu 16.4.2014 <http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.6/Manual/Materials>

BlenderWiki, 2014. Doc:2.6/Manual/Textures/Mapping/UV. Viitattu 16.4.2014 <http://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.6/Manual/Textures/Mapping/UV>

Bischoff, S.; Botsch, M.; Kobbelt, L.; Kähler, K.; Rössl, C.; Schneider, R. & Vorsatz J. 2000. Geometric Modeling Based on Polygonal Meshes. Viitattu 13.5.2014 <http://graphics.uni-bielefeld.de/publications/eg00-tutorial.pdf>

Brito, A. 2010. Blender 3D 2.49 Architecture, Buildings, and Scenery. Olton Birmingham, Iso-Britannia: Packt Publishing Ltd.

Greaves, T. 2004. What is Laser Scanning? Technology Tutorial by Tom Greaves. Viitattu 13.5.2014 <https://www.sparpointgroup.com/uploadedFiles/News/PDF/whatislaserscanning.pdf>

Lehtovirta, P. & Nuutinen, K. 2000. 3D-sisältötuotannon peruskirja. Jyväskylä: Docendo.

Matossian, M. 1999. 3D Studio MAX 3 Visual Quickstart Guide. Jani Ilkka. 2. painos. Helsinki: Oy Edita Ab

Partanen, J. 2013. 3D-rakennuksen luominen valokuvista. Opinnäytetyö. 3D-visualisointi ja –animointi. Helsinki: Metropolian ammattikorkeakoulu. Viitattu 13.5.2014 <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/60221/Jani%20Partanen.pdf?sequence=1>

Puhakka, A. 2008. 3D-grafiikka. Helsinki: Talentum.

Teknologiakiinteistöt.fi. Yritys – Turun Teknologiakiinteistöt. Viitattu 13.5. 2014 <http://www.teknologiakiinteistot.fi/fi/yritys>

Unity, 2014. Importing Objects From Blender. Viitattu 15.4.2014 <https://docs.unity3d.com/Documentation/Manual/HOWTO-ImportObjectBlender.html>