

Hanne-Mari Tumelius

**3D-MALLINNUKSEN JA VISUALISOINNIN HYÖDYNTÄMINEN  
ASENNUSOHJEESSA**

# **3D-MALLINNUKSEN JA VISUALISOINNIN HYÖDYNTÄMINEN ASENNUSOHJEESSA**

Hanne-Mari Tumelius  
Opinnäytetyö  
Kevät 2015  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, energiatekniikka

---

Tekijä: Hanne-Mari Tumelius

Opinnäytetyön nimi: 3D-mallintamisen ja visualisoinnin hyödyntäminen asennusohjeessa

Työn ohjaaja: Jari Viitala

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: kevät 2015

Sivumäärä: 57 + 0 liitettä

---

Opinnäytetyön tilaajana oli oululainen mekaniikkasuunnitteluyritys Conseptas Oy. Työn tavoitteena oli tehdä kuvallinen ohjeistus ja animaatio samasta asennuksesta ja vertailla niitä keskenään. Tavoitteena oli myös käyttää ilmaista Blender-ohjelmaa animaation tekemiseen.

Työn aikana paneuduttiin mallinnusteoriaan ja visualisointiin. CAD-ohjelmilla kappale mallinetaan parametrisesti. Mallinnuksessa voidaan käyttää Bottom-up- tai Top-Down-suunnittelua. Suunnittelutöissä käytetään usein eri mallinnusohjelmia, jolloin tiedonsiirto on erittäin oleellisessa asemassa. Mallin geometrista tietoa voidaan siirtää neutraalien tiedonsiirtoformaattien avulla. Tiedonsiirto ei ehkä aina onnistu oikein, ja malleja saatetaan joutua korjaamaan formaatin muutoksen jälkeen. Tuotteiden esittämiseen voidaan käyttää visualisointiohjelmia, joilla 3D-mallista saadaan 2D-kuva. Kuvan on tarkoitus olla mahdollisimman hyvän näköinen ja realistinen. Mallin visualisointi vaatii kuitenkin laitteistolta paljon tehoja, joten laitteistotuki on äärimmäisen tärkeä. Visuaaliset kuvat ja animaatiot eivät korvaa teknisiä dokumentteja vaan ne toimivat pikemminkin niiden tukena.

Kaiutin ja kaiuttimen kiinnitysmekanismi mallinnettiin SolidWorksilla. Mallit siirrettiin Blender-ohjelmaan materiaalin muokkausta varten. SolidWorks-mallien siirtoa Blenderiin testattiin STL- ja X3D-formaatilla. Blenderin hahmontamiskoneistolla harjoiteltiin realististen 2D-kuvien tekemistä. Blenderillä tehtiin animaation ympäristö ja lavasteet sekä itse animaatio. Animaatiota testattiin CAVEssa.

Työssä opittiin, että paras tiedonsiirtoformaatti SolidWorks-mallien Blenderiin siirtämiselle oli X3D-formaatti, koska se siirsi kokoonpanon kokonaisuutena Blenderiin. Lisäksi kokoonpanon osia pystyttiin muokkaamaan vielä siirron jälkeenkin. Hahmonnetut 2D-kuvat ja animaatio olivat tärkeimpiä työn aikaansaannoksia. Asennusanimaation testaaminen CAVE-ympäristössä onnistui hyvin, mutta asennusanimaatiota ei pystytty esittämään CAVEssa alkuperäisenä, koska Blender-tiedostoa ei voitu siirtää 3DS Max -ohjelmaan. Animaatio saatiin siirrettyä 3DS Max -ohjelmaan muuttamalla Blender-formaatti Collada-formaatiksi. Formaatin muutos aiheutti animaation muuttumisen. Paperiset ohjeistukset voivat olla epäselviä ja moniselitteisiä. Animaatio-ohjeistus on selkeä ja asiakasystävällinen. Animaation tekemiseen tarvitaan enemmän ammattitaitoa ja aikaa kuin paperisten ohjeistusten tekemiseen. Käytössä olevat ohjelmat vaikuttavat ohjeiden päivitysvyyteen.

---

Asiasanat: tekninen dokumentointi, 3D-mallinnus, visualisointi, CAVE

## **ALKUSANAT**

Haluan kiittää toimeksiantajaa toimitusjohtaja Kari Vatkaa luottamuksesta ja opinnäytetyön mahdollisuudesta sekä opinnäytetyöohjaajaa lehtori Jari Viitalaa opastuksesta ja tuesta opinnäytetyön aikana. Lisäksi haluan kiittää laboratorioinsinööriä Janne Kumpuojaa CAVE-järjestelmän testausmahdollisuudesta ja työpanostuksesta animaation esittämiseksi. Iso kiitos kuuluu myös esimiehelleni Satu Kristolle, joka antoi täyden tukensa työn valmistumiseksi.

Oulussa 2.6.2015

Hanne-Mari Tumelius

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKUSANAT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 TEKNINEN DOKUMENTOINTI	8
2.1 Tekniset piirustukset	8
2.2 CAD-ohjelmat	10
2.2.1 2D-CAD-ohjelmat	10
2.2.2 3D-CAD-ohjelmat	10
3 3D-MALLINTAMINEN	12
3.1 Geometriset mallit	12
3.1.1 Rautalankamallit	12
3.1.2 Pintamallit	12
3.1.3 Tilavuusmallit	13
3.2 Mallintaminen 3D-CAD-ohjelmalla	17
3.2.1 Bottom-up-suunnittelu	17
3.2.2 Top-down-suunnittelu	18
3.3 Mallinnusytimet ACIS ja Parasolid	18
4 TIEDONSIIRTO	20
4.1 Neutraalit tiedonsiirtoformaatit	20
4.2 Tiedonsiirron ongelmat	21
5 3D-MALLIEN VISUALISOINTI	23
5.1 Visualisointiohjelmat	23
5.2 Laitteistotuki	23
5.3 3D-visualisoinnin tarve	24
6 BLENDER	26
6.1 Yleistä	26
6.2 Blenderin käytön perusteita	27
6.2.1 Tarvittava laitteisto	27
6.2.2 Graafinen käyttöliittymä	27

6.2.3	Importointi	31
6.2.4	Renderöinti	33
6.2.5	Materiaali ja tekstuuri	35
6.2.6	Animaatio	37
7	ASENNUSOHJEIDEN VERTAILU	40
8	CAVE	42
9	TULOKSET	43
9.1	SolidWorks-mallinnukset	43
9.2	Renderöinnit	44
9.3	Animaatio ja testaus CAVEssa	51
10	POHDINTA	52
	LÄHTEET	53

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana on oululainen yritys Conseptas Oy. Yritys on erikoistunut mekaniikkasuunnitteluun, ja se tarjoaa asiakkailleen tukea tuotteen suunnittelussa, tuotannollistamisessa sekä käytettävyydessä. Asennusohjeet kuuluvat olennaisesti tuotteen käytettävyyteen ja asiakastytyväisyyteen. Opinnäytetyön tavoitteena on verrata kahdella eri tavalla tehtyä asennusohjetta toisiinsa. Kuvalliset ohjeistukset ovat hyvin yleisiä, mutta ne ovat usein myös riittämättömiä ja epäselviä. Jos asennus olisi mahdollista nähdä alusta loppuun animaation avulla, se olisi yksinkertaisempi ja helpompi suorittaa.

Työn aikana perehdytään kahden eri mallinnusjärjestelmän käyttöön ja niiden väliseen tiedonsiirtoon. SolidWorks-ohjelmalla voidaan tehdä laadukkaat ja mittatarkat mallit sekä tekniset dokumentit. SolidWorksilla voidaan myös visualisoida malleja, mutta ohjelman visualisointityökaluilla ei kuitenkaan saavuteta samaa lopputulosta kuin 3D-visualisointiin erikoistuneilla ohjelmilla. Hyvät visualisointiohjelmat ovat kuitenkin kalliita, mikä antoi lähtökohdan ilmaisohjelman testaukselle. Blender on ilmainen ja monipuolinen 3D-ohjelma, joka on kasvattanut suosiotaan haastavasta käyttöliittymästään huolimatta.

## 2 TEKNINEN DOKUMENTOINTI

Yleisterminä tekninen dokumentointi liitetään hyvin monesti toimittajan antamiin ohjeisiin ja dokumentteihin. Tekninen dokumentaatio on kuitenkin laaja käsite, sillä se kuvastaa tuotteen elämänsykliä. Teknisiä dokumentteja ovat tämän määritelmän mukaisesti

- tuotemääritelmät, -esittelyt ja -spesifikaatiot, luonnokset, mallit ja suunnitelmat, valmistustiedot sekä tuotteen luotettavuus- ja laatukäsikirjat
- tuoteominaisuuksien, toimintojen ja liitännöiden esittelyt
- käyttöohjeet, joissa on selvitetty tuotteen käyttötarkoitus sekä tuotteen turvallinen ja oikea käyttötapa
- huolto- ja korjausdokumentaatiot ja hävitysohjeet. (1.)

Pääsääntöisesti teknisistä dokumenteista tärkeämpiä ovat kuitenkin käyttöohjeet, huolto- ja korjausohjeet sekä hävitysohjeet, koska niiden tarve on suurin. Muun muassa tuotemyyjät ja ostajat, järjestelmien integroijat, asennushenkilöstö, teknikot ja jätehuoltoyritykset tarvitsevat oikeanlaiset dokumentaatiot tuotteesta. Tekniset dokumentit on siis tarkoitettu isolle kohderyhmälle. Dokumentaatiota tehdessä on mietittävä, lukevatko sitä ammattihenkilöt vai eivät. On eri asia tehdä ohjeistusta kyseisen alan koulutuksen saaneille kuin täysin muun ammattikunnan väestölle. Teknisen tiedon tulee olla lisäksi luotettavaa ja paikkaansa pitävää, jotta vältytään jälkiseurauksilta. Dokumentaation tulee olla tarpeeksi selkeä ja yksiselitteinen, kielenhuollollisesti oikein sekä erilaisten standardien ja lakien mukainen. (1; 2.)

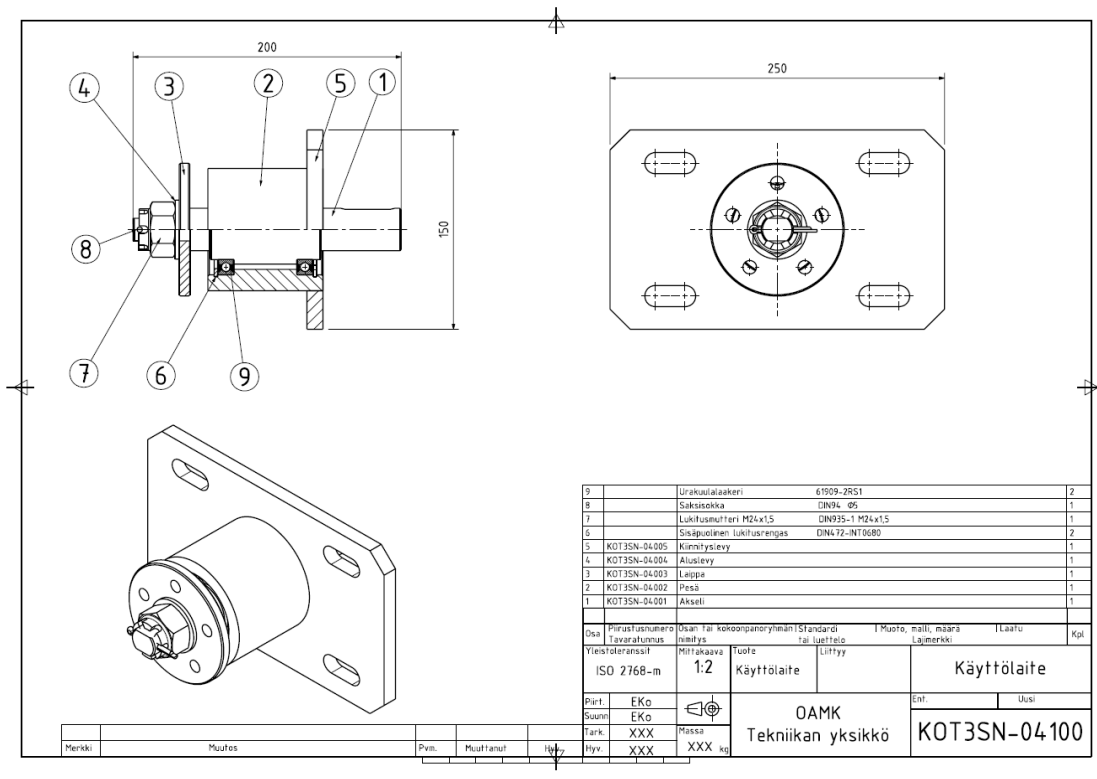
### 2.1 Tekniset piirustukset

Monimutkaisten kappaleiden ja järjestelmien esittäminen puheen ja kirjoituksen avulla on hyvin hankalaa ja työlästä. Tätä varten on kehitetty teknisten asioiden ilmaisutapa. Tekniset piirustukset ovat perusteellisia ja yksiselitteisiä suunnitelmia siitä, miten jokin idea toteutetaan tai miten jokin kappale kootaan. Jotta piirustuksia olisi helppo tulkita kansainvälisesti, niiden tekemisessä käytetään standardoituja symboleja, mittayksiköitä, merkintätapoja ja visuaalisia tyyliä. Piirustusten helpon tulkinnan lisäksi varmistetaan myös se, että piirustukset ymmärretään maasta riippumatta vain yhdellä ja oikealla tavalla. (3, s. 1-1...1-2; 4.)

Harvoin tuote on vain yksi kokonainen komponentti. Tuote koostuu usein siis monesta eri osasta, ja tuotedokumentteihin kuuluu kokoonpanopiirustus (kuva 1). Kokoonpanon suunnittelussa on



tärkeää oikeiden komponenttien valitseminen ja osien yhteensovittaminen. Osien vaihtuessa pitää ottaa huomioon kokoonpanon mittojen muuttuminen. Jos osia on paljon, voidaan tehdä osakokoonpanoja. Päätuotteen dokumentti olisi pääkokoonpanopiirustus. Aina ei ole järkevää esittää kaikkia tuotteen osia yksityiskohtaisesti. Jotkin osat saatetaan jättää esittämättä tai niiden esittämiseksi määritetään jokin toinen esitystapa. Aluslaatat, ruuvit ja muut vastaavat osat voidaan laittaa osaluetteloon, mutta ne eivät välttämättä näy varsinaisessa kokoonpanopiirustuksessa. (3, s. 1 - 3; 5, s. 68, 147.)



KUVA 1. Kokoonpanopiirustus (6)

## 2.2 CAD-ohjelmat

Tekniset piirustukset on tehty perinteisesti käsin, mutta nykyisin käytetään hyvin yleisesti tietokoneavusteista suunnittelua eli computer-aided design -ohjelmia (CAD). Tietokoneavusteisten ohjelmien suurin vahvuus on piirustusten korjattavuus ja päivitettävyyys. CAD-ohjelmilla parannetaan suunnittelijan tuottavuutta, suunnitelmien laadukkuutta ja teknisen dokumentaation luettavuutta. Teknisten piirustusten tallentaminen ja säilyttäminen on myös helpompaa sähköisenä. Tietokoneavusteisia suunnitteluohjelmia on kahdenlaisia: kaksiulotteiset eli 2D-ohjelmat sekä kolmiulotteiset eli 3D-ohjelmat. (4.)

### 2.2.1 2D-CAD-ohjelmat

2D-CAD-ohjelmalla tehtyjen piirustusten sisältö ei ole muuttunut, mutta käytäntö on helpottunut huomattavasti. Jos piirustusta tehdessä sattuu virhe, se on helposti korjattavissa, tai jos muutoksia ilmenee, kappaleen päivitys on helppoa. 2D-CAD-järjestelmissä on kuitenkin haittapuolensa. Isoissa projekteissa on erittäin oleellista nähdä eri osien yhteensopivuus ja -toimivuus. Koska kappaleet ovat kaksiulotteisia, kappaleiden yhteensopivuutta on hankala tarkistaa. Monimutkaisissa kappaleissa kolmiulotteisen mallin hahmottaminen on hankalaa ja hidasta, mikä saattaa johtaa jopa virheellisiin piirustuksiin. 2D-suunnittelussa päivitykset tulee tehdä erikseen jokaiseen piirustukseen ja jokaiseen projektioon. (4; 5, s. 32, 142; 7.)

2D-suunnitteluohjelmia on nykypäivänä useita. Internetistä löytää ilmaisohjelmia, joilla pääsee suunnittelussa alkuun. Esimerkki hyvästä 2D-suunnitteluohjelmasta on Dassault Systèmesin Draftsight CAD -ohjelma, joka vastaa ominaisuuksiltaan AutoCAD LT -ohjelmaa. AutoCAD on tunnetuimpia maksullisia suunnitteluohjelmia. (8.)

### 2.2.2 3D-CAD-ohjelmat

2D-piirustukset ovat tärkeitä teknisen tiedon välittäjiä, ja ilman niitä on hankala havainnollistaa tuotetta tarpeeksi. Esimerkiksi toleranssien esittäminen 2D-piirustuksissa onnistuu huomattavasti paremmin kuin 3D-mallissa. Kolmiulotteista suunnittelua on alettu hyödyntämään yhä enemmän ja enemmän eri osa-alueilla. Tilavuusmalli on matemaattisesti täysin määritelty malli. Teknisten piirustusten tekeminen on melko vaivatonta 3D-CAD-ohjelmilla, sillä 2D-kuvannot saadaan helposti ja oikeellisesti 3D-mallin geometriasta aikaiseksi. 3D-ohjelmissa piirustuksiin voidaan lisätä halutut mitat ja toleranssit sekä leikkaukset tai projektiot. Lisäksi piirustusten päivittäminen

on helppoa, koska 3D-CAD-ohjelma tekee mallimuutoksen automaattisesti piirustuksiin. (4; 5, s. 143; 7; 9.)

Suunnitteluvirheiden väheneminen ja niiden huomaaminen aikaisemmassa vaiheessa on huomattavia etuja 3D-mallinnuksessa. Kolmiulotteisilla suunnitteluohjelmilla voidaan tehdä kaikki kokoonpanon osat erikseen ja sitten liittää ne yhteen lopullisen tuotteen esittämiseksi. Tämä mahdollistaa teknisten piirustusten tarkistamisen yhteensopivuusvirheiden varalta ennen kuin ne siirretään tuotantoon. 3D-suunnittelu mahdollistaa tehokkaiden prototyyppitekniikoiden käytön, mutta se myös vähentää prototyyppien tarvetta, koska mahdolliset muutostarpeet huomataan monesti jo suunnitteluvaiheessa. (4; 5, s. 143; 7; 9.)

Laajoissa hankkeissa on mukana monen alan ammattilaisia ja 2D-piirustukset eivät välttämättä tuo riittävää ymmärrystä kaikille hankkeeseen osallistujille. 3D-mallinnuksen avulla tuote nähdään perinteisten projektoiden lisäksi kuvitettuina ja todellisena, mikä auttaa ymmärtämään suunnitelmia enemmän. Tuotteeseen liittyvät palautteet saadaan ajoissa. (5, s. 33; 7; 9.)

3D-mallinnusta voidaan hyödyntää asiakasesityksissä, tuotevalmistuksessa ja teknisissä julkaisuissa. Fotorealististen kuvien näyttäminen eri suunnista ja animaatioiden näyttäminen tuotteen toiminnosta ennen kuin tuote on valmistettu, antaa huomattavan edun asiakaskontakteissa. (5, s. 33 - 34; 7; 9.)

Ilmaisten ohjelmien tarjonta on 2D-painotteista. Ilmaisia kolmiulotteisia ohjelmia ei ole tarkoitettu kokoonpanojen suunnitteluun ja niiden yleisin ongelma on, ettei mallia saa siirrettyä kunnolla mihinkään muuhun CAD-järjestelmään. (10.)

### 3 3D-MALLINTAMINEN

Malli kuvaa kappaleen geometrisia muotoja. Monet kappaleet ovat todella monimutkaisia, jolloin niitä on hankala esittää tietorakenteilla. Geometriset mallit ovat pelkistettyjä, jolloin niiden muoto on matemaattisesti kuvattavissa. (5, s. 39.)

#### 3.1 Geometriset mallit

##### 3.1.1 Rautalankamallit

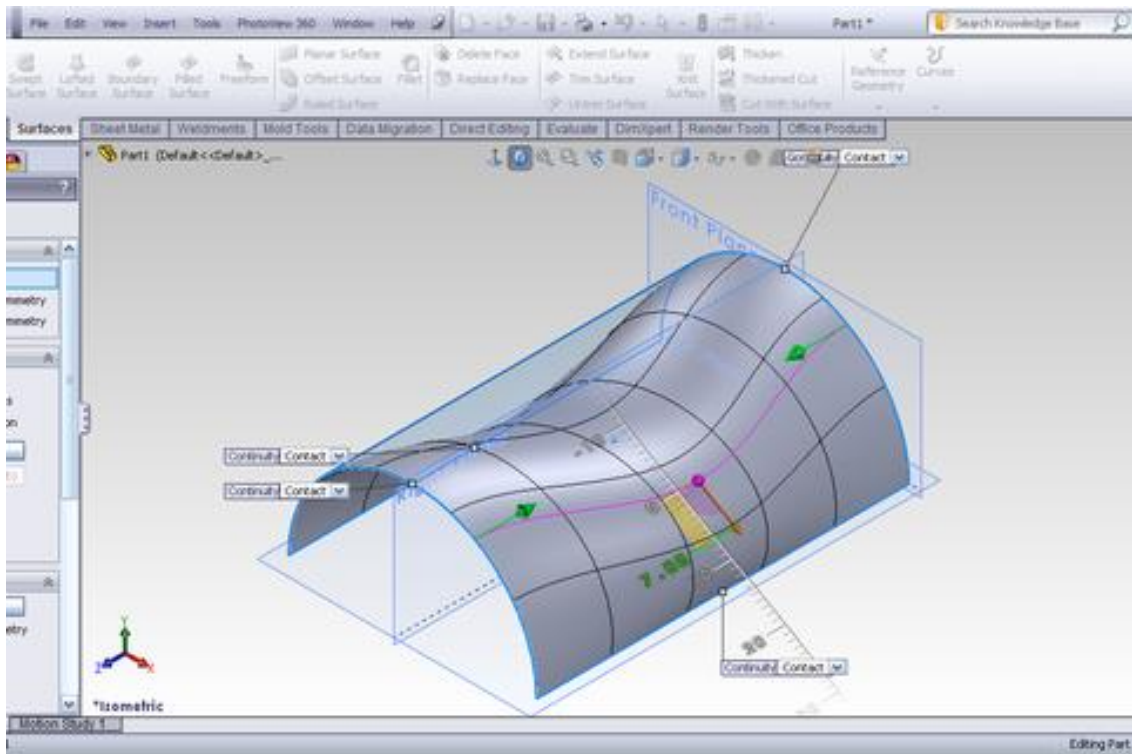
Rautalankamallit (kuva 2) ovat alkeellisimpia esitystapoja. Mallit mallinnetaan viivojen ja kaarien avulla kappaleen ääri viivoista. Kolmiulotteisessa esittämisessä ei kannata käyttää rautalankamallia, koska esitys ei ole yksiselitteinen. (5, s. 40.)



KUVA 2. Rautalankamalli (11)

##### 3.1.2 Pintamallit

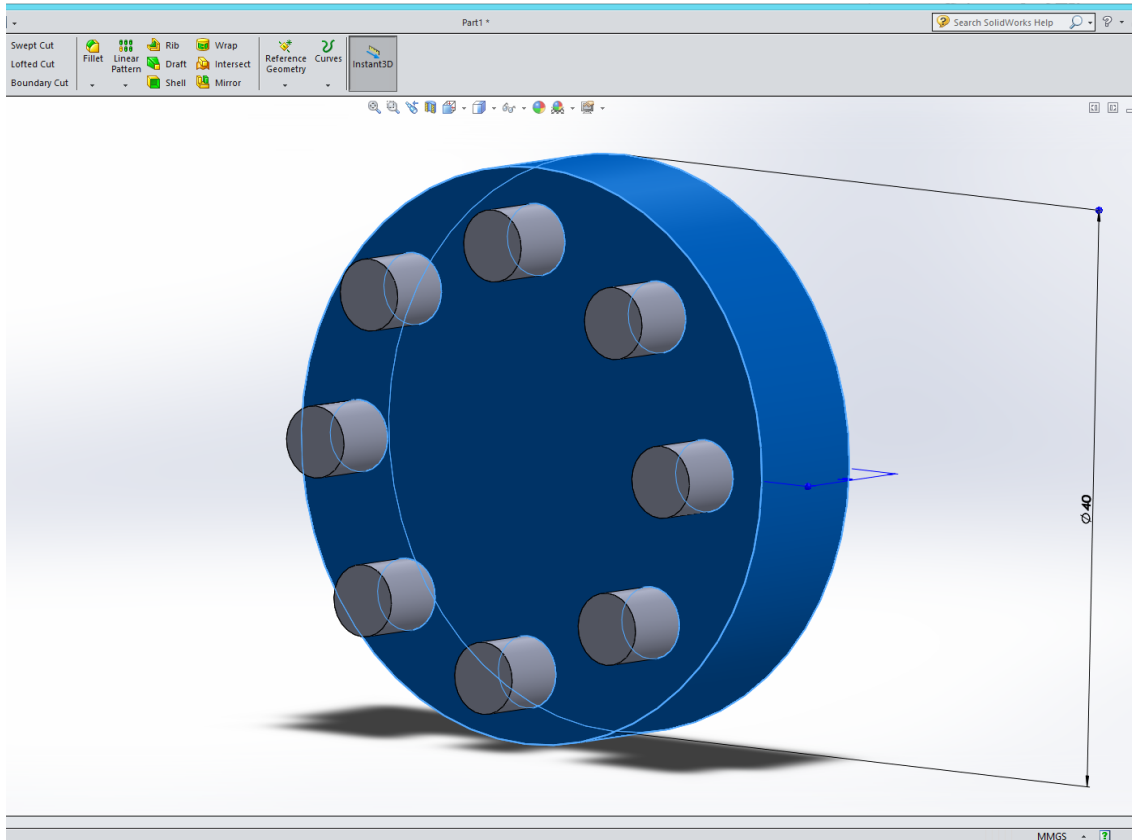
Pintamallit (kuva 3) ovat kehittyneempi esitystapa kuin rautalankamallit. Pintamallien avulla voidaan esittää monimutkaisia muotoja, joten ne soveltuvat hankalien pintojen mallintamiseen, visualisointiin ja analysointiin. Pintamalleista saadaan tieto, kuinka pinnat liittyvät reunoihin. Reunat kuvataan normaalisti parametrisilla käyrillä, joita ovat Bézierin käyrät, splinikäyrät ja NURBS-käyrät. Tilavuuden ja massan laskenta eivät ole täysin mahdollisia, koska pintamallit ovat moniselitteisiä. (5, s. 40 - 46.)



KUVA 3. Pintamalli (12)

### 3.1.3 Tilavuusmallit

Tilavuusmalli (kuva 4) on kappaleen matemaattisen mallin pohjalta luotu esitys. Tilavuusmallit pyrkivät vastaamaan kaikkiin kysymyksiin mallin geometriasta. Rautalankamallien ongelmana olivat muun muassa moniselitteisyys ja epätäydellisyys. Tilavuusmallit kehitettiin näiden ongelmien ratkaisemiseksi ja ne tukevat kolmiulotteista suunnittelua paremmin kuin rautalankat tai pintamallit. Tilavuusmallien esitystavat voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: dekompositiomallit, konstruktiviset mallit ja reunamallit. (5, s. 46 - 47.)

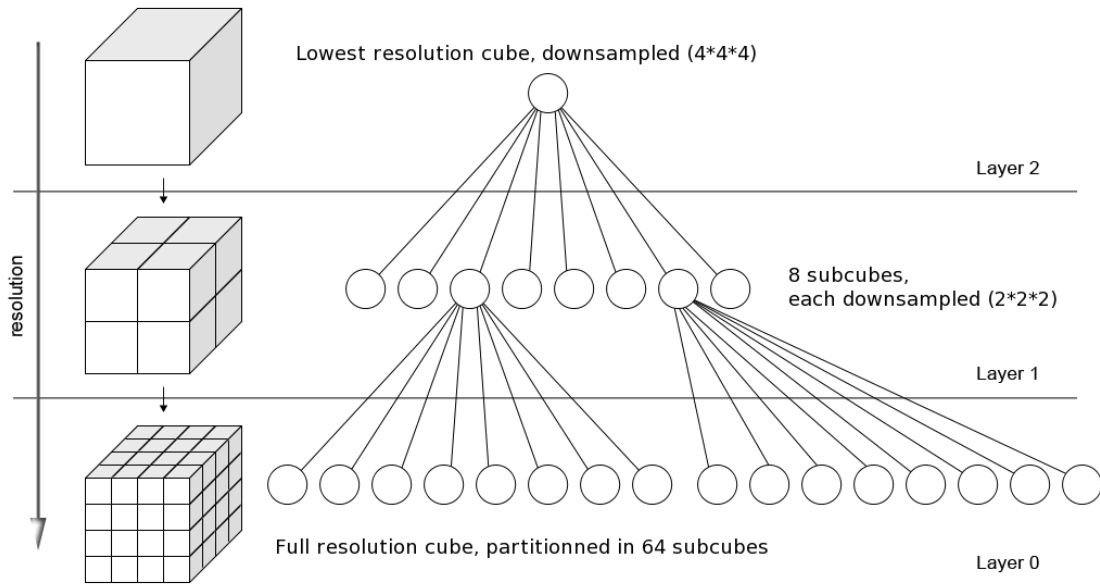


KUVA 4. Tilavuusmalli

### Dekompositiomallit

Dekompositiomallit ovat pistejoukkoja, jotka esittävät kappaleen yhteen liimatuilla alkeisprimitiiveillä. Rasterimalli on yksikertaisin esitystapa dekompositiomalleista. Kolmiulotteinen avaruus jaetaan laatikkomaisiin tilavuusalkioihin. Jokainen laatikko on joko täynnä materiaalia tai tyhjä. Dekompositiomallit voivat olla myös solumaisia, jolloin kappale esitetään epäsäännöllisten solujen yhdistelmänä. (5, s. 48.)

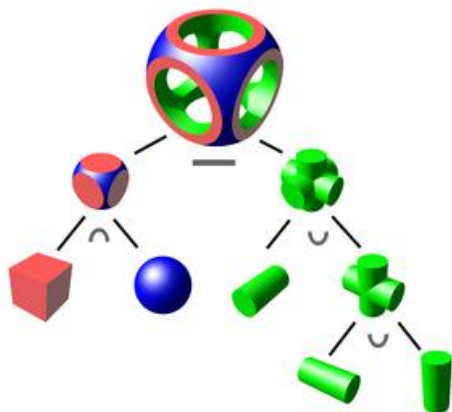
Jos kappale halutaan esittää tarkasti, rasterimalli ei välttämättä ole paras vaihtoehto siihen, koska se tarvitsee paljon tietokoneen muistia. Octree-mallissa (kuva 5) kolmiulotteinen avaruus kuvataan puurakenteena, jossa on kahdeksan haaraa. Jokaisessa puun solmussa on värikoodi ja kahdeksan osoitinta. (5, s. 48 - 49.)



KUVA 5. Kappaleen Octree-esitys (13)

### Konstruktiviset mallit

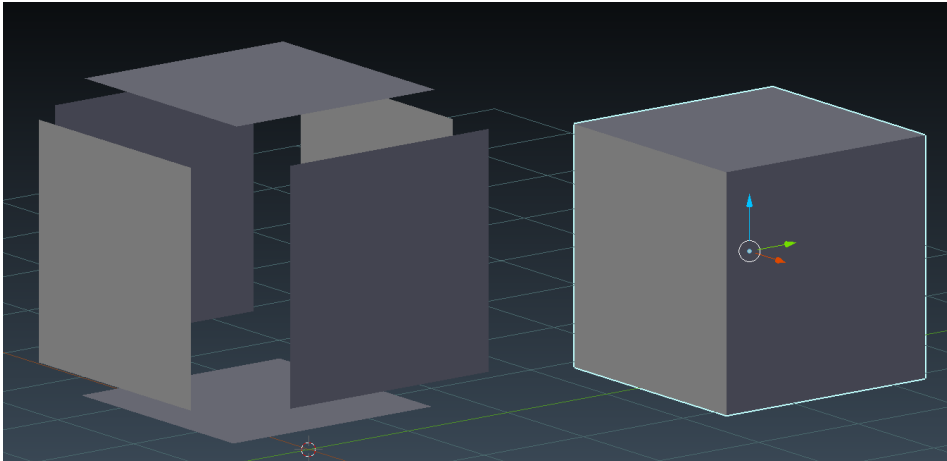
Rakenteellisissa malleissa pistejoukko kuvataan primitiivipistejoukkojen yhdistelmänä. Yksinkertaisimmat mallit ovat puoliavaruusmalleja, mutta ne eivät ole yleisiä käytännön CAD-järjestelmissä. Kappale kuvataan Boolean operaatioiden keinoin. Keskeisin esitystapa on CSG-malli, joka tulee sanoista Constructive Solid Geometry. CSG-malli esitetään puuna, jossa käytetään primitiivejä puun lehtinä. Sisäsolmut vastaavat joko Boolean operaatioita tai transformaatiota, joiden avulla primitiivit eli tilavuuselementit (kuten pallo, sylinteri tai kartio) yhdistetään puun mukaisessa järjestyksessä. (Kuva 6.) (5, s. 49 - 50.)



KUVA 6. CSG-mallin rakentuminen (14)

## Reunamallit

Reunamalli (kuva 7) esittää tilavuusmallin jakamalla kappaleen tahoiksi sen reunojen avulla. Pinnan matemaattinen esitys kuvaa tahoon liittyvän pinnan geometrian. Pintoja rajoittavat särmät, joihin liittyy reunakäyrän matemaattinen esitys. Särmän päissä ovat kärkipisteet, joiden sijainti kolmiulotteisessa avaruudessa määritetään koordinaateilla. (5, s. 51.)



KUVA 7. Reunamalli

Reunamallien suurimpia etuja ovat erilaiset mallinluontimenetelmät ja nopea visualisointikelpoisuus. Reunamallit ovat hyviä visualisointiin, koska ne sisältävät yksiselitteisessä muodossa reunakäyrän tiedot. Reunamallit eivät kuitenkaan ole yksikäsitteisiä ja niiden suurin ongelma on se, etteivät ne ole geometrisesti eheitä. (5, s. 51 - 52.)

## Ei-manifoldiset mallit

Reunamallien pinnat ovat 2-monistoja. Tämä tarkoittaa sitä, että pinnan jokaista pistettä vastaa ympäristö, joka on yhtenevä tason kanssa. Ei-manifoldisten pintojen ei tarvitse olla 2-monistoja, mikä antaa paremmat mallinnusmahdollisuudet joissakin tapauksissa. Ei-manifoldisia malleja käytetään esimerkiksi useasta materiaalista koostuvan kappaleen kuvaamiseen. Vaikka hyviä ominaisuuksia on paljon, ei-manifoldisilla malleilla on myös lukuisia heikkouksia. Niin kuin reunamalleilla, myös ei-manifoldisilla malleilla on hankala osoittaa geometrinen käyppyyys. Lisäksi ei kyetä varmistumaan, kuvaako malli oikeasti kohdetta. (5, s. 52 - 53.)



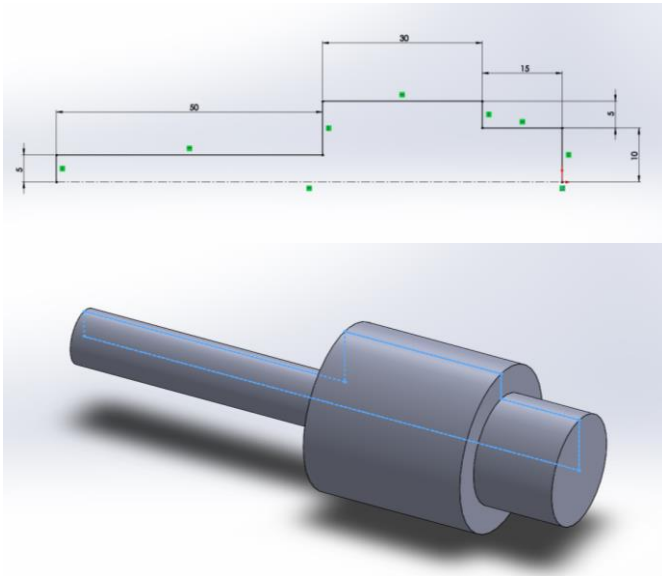
## 3.2 Mallintaminen 3D-CAD-ohjelmalla

CAD-järjestelmissä tuotteen relaatiot ja niiden määritysmenetelmät tallennetaan malliin mallintamisen aikana. Geometrisen mallin rakenneosien väliset rajoitukset ratkaistaan rajoitusten ratkaisualgoritmeilla. Rajoitus on yhden tai useamman muuttujan välinen relaatio. Sidonnaismuuttuja on suoraan sidoksissa attribuuttiin, parametriin ja/tai geometriseen alkioon. Apumuuttujalla ei ole suoraa sidontaa malliin vaan se on määritelty muilla rajoitusmuuttujilla. (5, s. 56 - 59.)

Mallinnusohjelmien tekniikat jaetaan parametriseen ja variatiiviseen tekniikkaan. Parametrinen mallintaminen aloitetaan luonnostelulla, jossa 2D-profiilin muoto ja parametrit sidotaan mittoihin. Tämän jälkeen malli laajennetaan 3D-malliksi. Parametrisissä järjestelmissä rajoitukset ratkaistaan peräkkäisessä järjestyksessä. Järjestelmät tallentavat mallinnustoimintojen ja niiden muuttujien tapahtumahistorian. Parametrisella järjestelmällä tuetaan mallien muuttamista. Variatiivisissa järjestelmissä rajoitusjoukko ratkaistaan rinnakkaisesti. Järjestelmien vahvuuksissa ja sovellettavuudessa on eroavaisuuksia, jonka vuoksi monissa ohjelmissa käytetään kummankin tekniikan yhdistelmää. (5, s. 56 - 59.)

### 3.2.1 Bottom-up-suunnittelu

Bottom-up-suunnittelu on perinteisin tapa tehdä mallinnuksia. Mallintaminen aloitetaan hahmottelemalla yksittäisen osan muodot. Alustavan muodon ei tarvitse olla täysin oikein, sillä kappale mitoitetaan sen jälkeen. Jokainen viiva ja piirre mitoitetaan, jotta kappale olisi täysin määritetty. Tämän jälkeen malli pursotetaan, jolloin kappaleesta tulee kiinteä malli. (Kuva 8.)



*KUVA 8. Osan mallintaminen*

Jokainen kokoonpanon osa mallinnetaan erikseen, ja kun kaikki osat ovat valmiit, ne yhdistetään kokoonpanoksi. Kokoonpanoa tehdessä on tärkeää linkittää osat toisiinsa ja kohdistaa ne oikein. Bottom-up-suunnittelua käytetään, kun kokoonpanoa ei suunnitella kokonaan alusta vaan pystytään hyödyntämään jo aikaisemmin tehtyjä mallinnuksia (5, s. 70.)

### **3.2.2 Top-down-suunnittelu**

Top-down-menetelmä on tarkoitettu uusien tuotteiden suunnitteluun ja kehittämiseen. Menetelmässä edetään päinvastoin kuin Bottom-up-menetelmässä. Ensimmäisenä hahmotellaan kokoonpano, joka on karkea luonnos tuotteesta. Tämän jälkeen kokoonpano hajotetaan osakokoonpanoiksi ja osiksi, jotka suunnitellaan tarkemmin. Suunnittelussa avainasemassa ovat tuotteen toiminnallisuus ja käyttövaatimukset. Suunnittelun alkuvaiheessa on hankala käyttää CAD-järjestelmiä, koska malli on vielä niin käsitteellisellä tasolla. Mitä edemmäs suunnittelussa päästään ja pystytään määrittelemään yksityiskohtia, sen paremmin voidaan hyödyntää tietokoneavusteisia järjestelmiä (5, s. 70 - 72.)

### **3.3 Mallinnusytimet ACIS ja Parasolid**

3D-mallinnusohjelmien matemaattisena perustana ovat mallinnusytimet. Ne toteuttavat mallinnusoperaatiot sekä mallin esittämisen ja toteuttamisen käyttäjän antamien komentojen mukaan. Kun mallinnusohjelmalle antaa käskyn tehdä jotain, mallinnusydin tekee kaikki

matemaattiset laskutoimitukset käskyn toteuttamiseksi. Toimintojen tulee tapahtua tarkasti ja nopeasti. (5, s. 53 - 54; 15.)

ACIS on Spatial Technology -yhtiön ohjelmatuote. Periaatteeltaan ACIS on reunamalliin perustuva, mutta se tukee myös ei-manifoldisten reunamallien esittämistä sekä rautalanka- ja pintamalliesitysmuotoja, jotka voidaan laajentaa tilavuusmalliksi. (5, s. 54.)

Parasolid on Unigraphics Solutions -yhtiön mallinnusydin mekaanisiin CAD-sovelluksiin. Se on reunapintamallinnin, joka tukee vapaamuotoisia pintoja. Parasolidin eritysvahvuus on tilavuusgeometria. Hyvänä puolena on myös se, että Parasolid-pohjaisilla järjestelmillä luodut mallit ovat toistensa kanssa yhteensopivia. Eri ohjelmaversioissa yhteensopivuus on kuitenkin heikkoa. (5, s. 55.)

## 4 TIEDONSIIRTO

Suunnitteluohjelmia on nykyään monenlaisia. Projektin eri vaiheissa saatetaan käyttää useitakin eri ohjelmia, jolloin tiedonsiirto on avainasemassa. Järjestelmien väliseen tiedonsiirtoon on kehitetty järjestelmäriippuvaisia kääntäjiä, joita on aina kaksi jokaista järjestelmäparia kohden. Toinen lukee ja toinen kirjoittaa tietoa. Järjestelmäriippuvaisia kääntäjiä tarvitaan paljon, jos tiedonsiirrossa käytetään useampaa eri suunnitteluohjelmaa. Harvat järjestelmät kuitenkaan lukevat ja kirjoittavat toistensa tiedonsiirtoformaatteja, minkä vuoksi onkin kehitetty järjestelmistä riippumattomia tiedon esitystapoja. Käyttämällä neutraaleja tiedonsiirtoformaatteja kääntäjiä ei tarvitse olla kuin kaksi jokaista järjestelmää kohden. (5, s. 254.)

### 4.1 Neutraalit tiedonsiirtoformaatit

Yleisimpiä neutraaleja CAD-tiedonsiirtoformaatteja ovat STEP ja IGES. IGES oli ensimmäinen CAD-tiedonsiirron määrittelevä standardi, joka sai alkunsa Yhdysvaltojen ilmavoimien ICAM-hankkeessa vuosina 1976 - 1984. Vuonna 1980 IGES hyväksyttiin CAD-mallien esittämiseen. Standardi määrittelee esitystavat muun muassa 2D- ja 3D-rautalankamalleille ja pinta- ja reunamalleille. IGES on siis hyvä 2D-piirustusten ja 3D-pintamallien esittämiseen, mutta se ei sovellu 3D-tilavuusmallien esittämiseen. (5, s. 255 - 256; 16.)

STEP on CAD-tiedonsiirtostandardi, joka kehitettiin kattamaan tuotetiedot koko tuotteen elinkaaren ajalta. STEP-formaatilla pystytään esittämään muun muassa tuotteen geometrisia muotoja, topologiaa, toleransseja ja materiaalispesifikaatioita. STEP esittää 3D-tilavuusmalleja paljon paremmin kuin IGES. Se pystyy esittämään myös sekä geometrista että ei-geometrista tietoa. (5, s. 265 - 267; 16.)

DXF on tekstitiedosto, jossa on kaikki tarvittava tieto teknisistä piirustuksista ja se on suosittu formaatti 2D-piirustusten siirrossa hyvän siirrettävyytensä ansiosta. Se on luettavissa useimmissa CAD-ohjelmissa. (5, s. 262; 17.)

STL-formaatti on yksinkertainen geometriatiedon esitystapa. Mallin geometria kolmioidaan ja tiedot nurkkapisteistä, niitä yhdistävistä käyristä ja pinnan normaalista esitetään seitsemällä rivillä tekstiä. Geometristen tietojen tarkistaminen on helppoa ja jos tarkistuksessa ilmenee poikkeavuuksia, mallissa oleva virhe on korjattava. STL-formaatti on luotettava

tiedonsiirtoformaatti, mutta sen käytössä on kuitenkin otettava huomioon, että kolmioinnista aiheutuu epätarkkuutta. Kun kaaren pinta kolmioidaan, pinnan kaarevuus arvioidaan. Tämä johtuu siitä, että kolmiot ovat aina tasopintaisia, eivätkä kuvaa tarkasti pinnan kaarevuutta. (4, s. 259.)

X3D-formaatti on XML-pohjainen interaktiivisten kolmiulotteisten kappaleiden ja näkymien kuvaamiseen ja mallintamiseen tarkoitettu tiedonsiirtoformaatti. Se on ISO-vahvistettu standardi, joka tukee muun muassa 2D- ja 3D-grafiikkaa, CAD-informaatiota, animointia ja skriptausta. X3D-formaatti on kehitetty VRML-formaatista. VRML-formaatti oli ensimmäinen internet-pohjainen 3D-formaatti. (5, s. 272; 18.)

## **4.2 Tiedonsiirron ongelmat**

Tiedonsiirto-ongelmien aiheuttamien virheiden korjaamiseen kuluu paljon aikaa. Ongelmien selvittäminen olisi oleellista. Tiedonsiirron yleisiä ongelmia ovat neutraalitietojen määrytykset, muuntamiset ja CAD-ohjelmista johtuvat ongelmat. Tiedonsiirrossa käytetään neutraaleja tiedonsiirtoformaatteja, mutta niiden käytössä on havaittu ongelmia. Määrytykset ovat epätäydellisiä tai moniselitteisiä ja nämä aiheuttavat geometrisen tiedon siirto-ongelmat. CAD-järjestelmistä ei välttämättä löydy yhtenevää tukea erilaisille geometriaosille, vaikka ne tukisivatkin samaa tiedostoformaattia. (5, s. 263.)

Tiedostoformaatin muuntamisen määrytykset voivat olla liian väljästi tehty, jolloin tieto ei ole niin tarkkaan määritelty uudessa formaatissa. Kääntäjämäärytyksessä tiedonsiirto-ongelmia aiheuttavat myös tulkintaristiriidat. Epäselviä määrytyksiä tulkitaan eri tavalla, jolloin tiedonsiirto kärsii. Kääntäjäongelmat aiheutuvat yleensä kääntäjien epätäydellisyydestä tai jopa keskeneräisyydestä. (5, s. 263 - 264.)

CAD-ohjelmien keskinäiset erot ovat yksi syy tiedonsiirto-ongelmille. Eroja ovat geometrinen esitystapa, matemaattinen määrittely, esitystavan rakenne ja tarkkuus. Jos järjestelmien esitystavat poikkeavat toisistaan, formaatti täytyy muuttaa vastaanottavan järjestelmän formaatiksi. Tietoja ei välttämättä pystytä siirtämään ollenkaan, jos vastaanottavan järjestelmän formaattia ei ole mallinnohjelman tallennettavien formaattien joukossa. (5, s. 264 - 265.)

Kahdessa eri järjestelmässä käytetään erilaisia parametrisia käyriä pinnan määrytyksessä. Formaatin muuttaminen yleensä onnistuu, mutta se saattaa aiheuttaa alkuperäisen mallin

pintojen muuttumisen. Esitystavan rakenne vaihtelee järjestelmittäin suurestikin. Jokaisella järjestelmällä on oma tapansa ryhmitellä kokonaisuuksia ja elementtejä. Samalla tavalla eroaa myös esitystavan tarkkuudet. (5, s. 264 - 265.)

## 5 3D-MALLIEN VISUALISOINTI

Kolmiulotteinen malli voidaan esittää kaksiulotteisena kuvana, jolloin kyseessä on mallin hahmontaminen eli renderöinti. Kuvan tekemisessä tärkeintä on, että kuva näyttää hyvältä. Se on realistinen, riittävän monimutkainen ja mallin geometrian mukainen. 3D-malleja käytetään myös animaatioissa. (5, s. 144; 19.)

### 5.1 Visualisointiohjelmat

Joissain CAD-ohjelmissa on sisäisiä visualisointityökaluja kuvien ja animaatioiden tekemiseen. Näin tuotteen geometriaa ei tarvitse välttämättä siirtää toiseen ohjelmaan. Kannattaa kuitenkin ottaa huomioon, että kuvien renderöinnissä saattaa kestää useita tunteja, mikä on pois varsinaisesta suunnittelutyöstä. Lisäksi visualisointia varten on olemassa erikoistuneita ohjelmia, joilla voidaan saavuttaa laadukkaampi ja visuaalisempi lopputulos. (5, s. 144.)

Tässä opinnäytetyössä renderöinnit ja animaatio tehtiin Blender-ohjelmalla. Muitakin ohjelmia toki löytyy, mutta suurin osa ohjelmista ovat maksullisia. Autodesk tarjoaa 3DS Max-, Maya- ja Softimage-ohjelmat, jotka ovat hyvin kattavia 3D-visualisointiohjelmia. Ne soveltuvat muun muassa 3D-mallinnukseen, 3D-efektien ja animaatioiden tekemiseen. Myös Dassault Systemesillä on oma animaatiotyökalu SolidWorks Composer. SolidWorks Composer -ohjelmalla voidaan tehdä räjäytyskuvia, korkean resoluution kuvia, teknisiä esityksiä ja interaktiivisia animaatioita. (20, s. 249 - 250; 21.)

### 5.2 Laitteistotuki

Visualisointimenetelmät vaativat laitteilta paljon tehoja. Tämän vuoksi laitteistotuki on erittäin tärkeää. Erilaisiin laite- ja käyttöympäristöihin tarvitaan vakioituja ohjelmointirajapintoja, joiden kautta toiminnot voidaan hoitaa ohjelmasta käsin. Ohjelmointirajapinta kommunikoi suoraan näyttötoimintoja tukevan graafisen kortin kanssa. OpenGL:ää hyödynnetään erityisesti käytettäessä 3D-grafiikkaohjelmia. OpenGL määrittelee, minkä näköisen kuvan piirtorajapinnan muodostamat funktiot ja niiden vakiot tuottavat. (5, s. 65 - 66; 22, s. 355.)

### 5.3 3D-visualisoinnin tarve

Teknisistä piirustuksista saadaan tuotteen valmistamiseen tarvittavat tiedot, kuten mitat ja toleranssit. Visuaalisilla kuvilla ja animaatioilla ei ole tarkoitus korvata teknisiä dokumentteja vaan ne toimivat pikemminkin niiden tukena. Jos kokoonpano on monimutkainen, kokoonpanopiirustuksista voi olla hankala hahmottaa, millä tavalla osat liittyvät toisiinsa. Animaation avulla tuotteesta ja sen toiminnasta voidaan ymmärtää enemmän. Kokoonpano- ja asennusohjeet animaation muodossa hyödyttävät myös asiakasta, koska se helpottaa tuotteen käyttöönottoa. Tuotteen visualisointia kannattaa hyödyntää myös markkinoinnissa, jolloin asiakas saa heti ensikättelyssä hyvän käsityksen tuotteesta.

Visualisointia käytetään muuallakin kuin mekaniikkasuunnittelussa ja tuotekehityksessä. Ilmeisimmät käyttökohteet liittyvät viihdeteollisuuteen. Elokuvissa 3D-mallinnuksella saadaan aikaan erikoisefektit, mielikuvitukselliset maisemat ja ylikuonnolliset tapahtumat. Graafisella kuvankäsittelyllä elokuvatilannetta pystytään muokkaamaan halutun laiseksi ilman lavasteita. Peleissä näkymät, lavasteet ja ihmiset alkavat näyttämään yhä realistisimmilta. Arkkitehtuuriset kuvat ja animaatiot luodaan 3D-ohjelmilla. (Kuva 9.) Asiakkaille voidaan näyttää lopputulos eri kuvakulmista ja näyttää, miten eri ratkaisut vaikuttavat lopputulokseen tietokonesimulaatioiden avulla. (19; 23.)



KUVA 9. 3D-mallinnus sisustuksessa (24)



Kolmiulotteista mallinnusta hyödynnetään mainostamisessa ja markkinoinnissa. Tuotteet saadaan helposti ja ideaalisti esille ilman, että tuotteen tulee olla konkreettisesti valmis. Näin säästetään kustannuksissa. Kirjojen kustantajat ovat alkaneet käyttämään 3D-mallinnusta kirjojen kuvittamiseen. Se antaa heille mahdollisuuden käyttää kuvia, joita heillä ei ole saatavilla tai luoda kuvatilanteen, josta ei ole mahdollista saada kuvaa. (19; 23.)

Lääketiede käyttää 3D-tekniikkaa yksityiskohtaisten elinmallien luomiseen sekä anatomian esittämisessä. Kolmiulotteista mallinnusta hyödynnetään myös muun muassa kemianteollisuudessa yhdisteiden rakenteiden esittämiseen. (19.)

## 6 BLENDER

### 6.1 Yleistä

Blender on ilmainen ja avoimen lähdekoodin omaava 3D-grafiikkaohjelmisto, jonka tarkoitus on tukea 3D-työskentelyä mallinnuksessa, animaatioissa, simuloinneissa, renderöinneissä, sommitteluissa, videoeditoinneissa ja pelien luomisessa. Blenderillä voidaan luoda mallista nopeasti hahmoja (rigging). Blenderin työkalut mahdollistavat luurangon ja ihon lisäämisen mallille. Blenderin simulaatiotyökalut toteuttavat muun muassa neste- ja savusimulaatioita. (Kuva 10.) (25; 26.)



*KUVA 10. Nestesimulaatio (26)*

Ohjelman luoja on hollantilainen Ton Roosendaal (27). Blender-ohjelmisto on GNU General Public -lisenssin alainen, joka antaa käyttäjilleen mahdollisuuden käyttää ohjelmaa mihin tarkoitukseen tahansa, jakaa ohjelmistoa, opiskella Blenderin käyttöä ja muokata sitä, sekä jakaa muokattua ohjelmistoa. Lisenssin tarkoitus on suojata näitä vapauksia. Vaatimuksena kuitenkin on, että jos muokattu Blender-ohjelmisto tehdään julkiseksi, myös ohjelmistoon tehdyt muutokset tulee julkistaa. (25.)

Blenderin suosiosta saa käsityksen, kun käy tutkimassa Blenderin internetsivuston tilastoja. Vuonna 2009 tehdyn tilaston mukaan Blender-ohjelmaa ladataan yli 3,4 miljoonaa kertaa vuodessa. Vuonna 2011 tehdyn tilaston mukaan Blender-sivustolla käytiin 14 354 707 kertaa vuoden aikana ja nämä käynnit olivat 231 eri maasta. Suomesta sivustolla käytiin 158 692 kertaa. (28; 29.)

## 6.2 Blenderin käytön perusteita

Ennen kuin alkaa käyttämään Blenderiä, kannattaa huomioida Blenderin ja CAD-ohjelmien tärkein ero. Blender on tarkoitettu enemmän visuaaliseen ulostuontiin, kun taas CAD-ohjelmat on tarkoitettu mittatarkkojen mallinnusten ja teknisten piirustusten luomiseen. Käyttöliittymien eroavaisuus on toinen huomioonotettava asia. CAD-ohjelmien käyttöön tottuneena, Blenderin käyttö on alussa hyvin turhauttavaa ja työlästä. Kaikesta huolimatta, Blenderillä on todella paljon hyviä ominaisuuksia ja puolia, joiden perusteella se on noussut suureen suosioonsa.

### 6.2.1 Tarvittava laitteisto

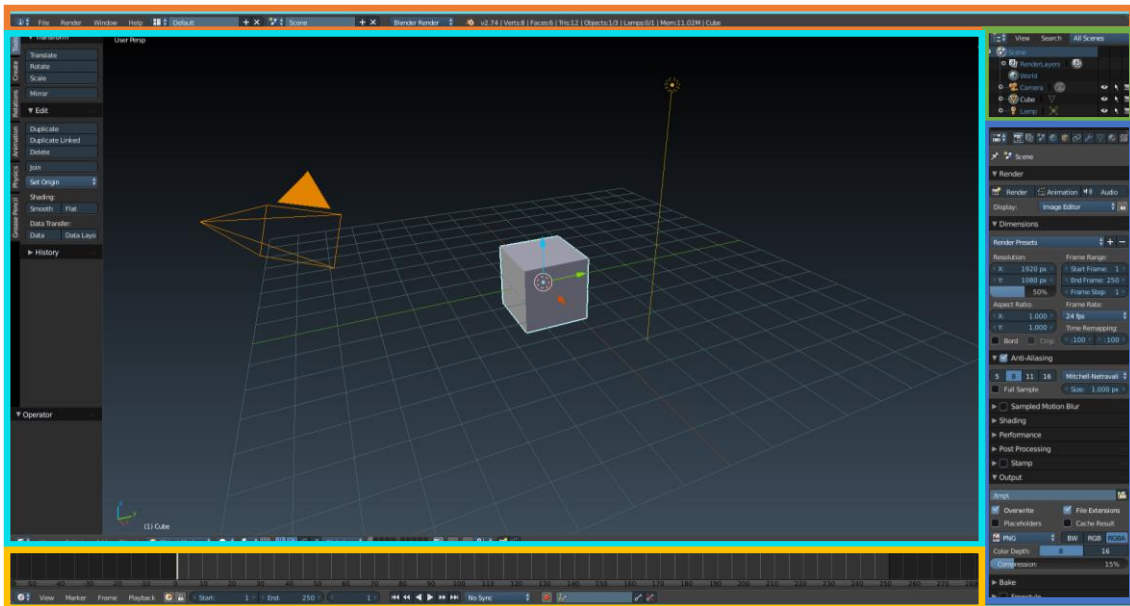
Blender toimii lähes kaikissa käyttöjärjestelmissä, mutta ennen Blenderin käyttöä kannattaa selvittää, onko käytössä oleva laitteisto tarpeeksi hyvä ohjelman käytölle. Opinnäytetyössä käytettiin Blenderin versiota 2.74. Suositeltavaan laitteistoon kuuluvat

- 64 bittinen 4-ydinprosessori
- 8 GB:n keskusmuisti
- Full HD näyttö 24 bittisellä värikartalla
- OpenGL yhteensopiva näytönohjain 1 GB:n muistilla
- näppäimistö, jossa on Num Pad (Numeric Keypad)
- kolmen näppäimen hiiri rullalla. (30.)

### 6.2.2 Graafinen käyttöliittymä

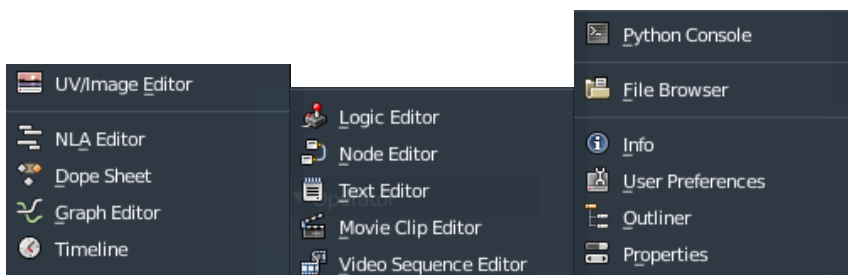
Blenderin oletusnäkyvässä on viisi ikkunaa:

- info-ikkuna (oranssi rajaus)
- 3D-ikkuna (turkoosi rajaus)
- aikajana-ikkuna (keltainen rajaus)
- yhteenveto-ikkuna (vihreä rajaus)
- ominaisuudet-ikkuna (sininen rajaus). (Kuva 11.)



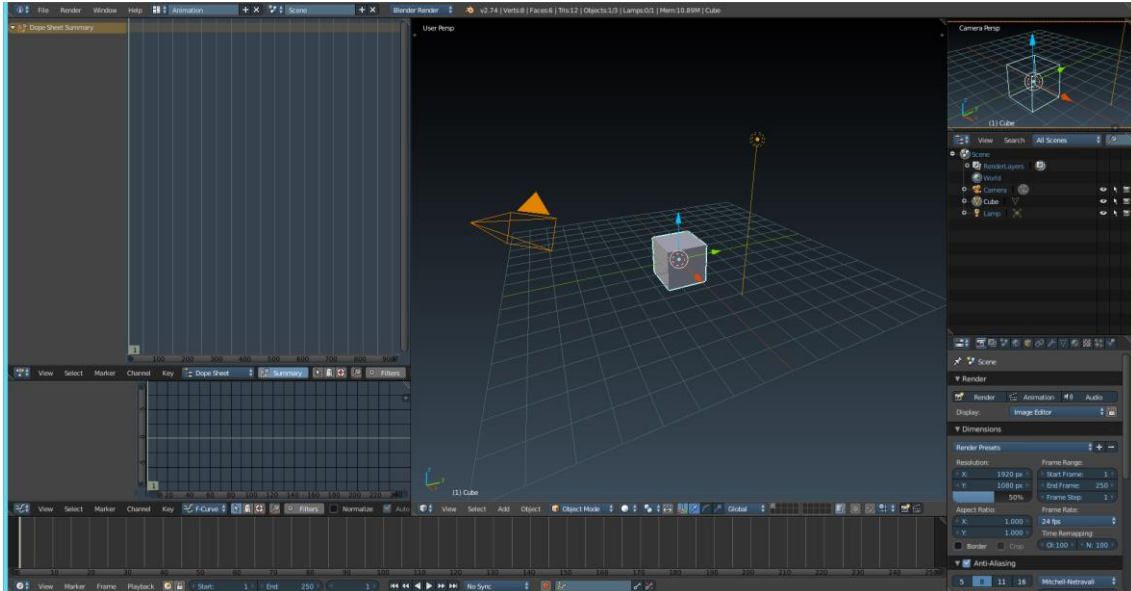
KUVA 11. Blenderin oletusnäky

Info-ikkunasta päästään muun muassa tallentamaan töitä, importoimaan kappaleita ja renderöimään näkymää. 3D-ikkuna on näky, jossa kaikki kappaleet mallinnetaan ja ympäristöt luodaan. Aikajana-ikkuna on oleellinen animaatioiden tekemisessä. Yhteenveto-ikkunassa nähdään kaikki 3D-näkymässä olevat elementit listattuna. Ominaisuudet-ikkunan toiminnot kontrolloivat kaikkea, mitä 3D-ikkunassa tapahtuu, miltä keinotekoinen ympäristö näyttää ja miten näkymä renderöityy. Blenderissä on 16 muuta ikkunavaihtoehtoa 3D-ikkunan lisäksi (kuva 12).



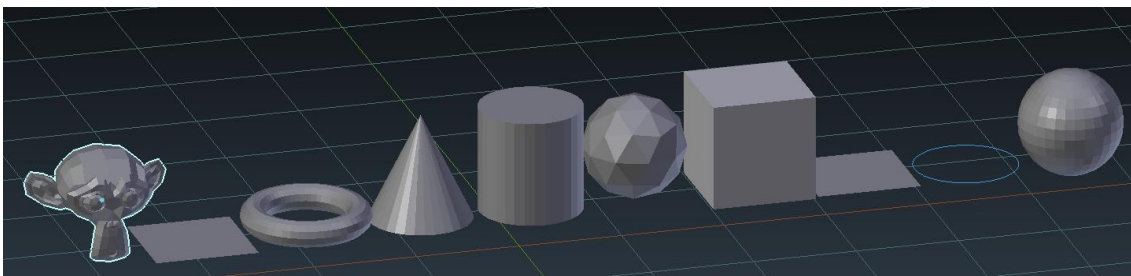
KUVA 12. Ikkunatyypit

Blender antaa mahdollisuuden käyttää useampaa ikkunaa yhtä aikaa. Blenderissä on myös valmiina näyttöasetelmia, jotka helpottavat töiden aloittamista. Jos Blenderillä halutaan aloittaa esimerkiksi animaation työstäminen, oletusnäkyman voi muuttaa animaationäkymäksi (kuva 13).



*KUVA 13. Animaationäkymä*

Oletusnäkyssä on valmiina kuutio-primitiivi, lamppu ja kamera. Blenderissä on 10 erilaista primitiiviä (kuva 14), joista työt voidaan aloittaa. Renderöinnissä oleellimmat kappaleet ovat kamera ja valonlähteet.



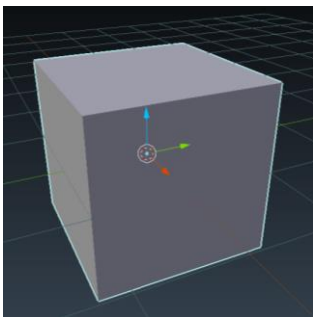
*KUVA 14. Primitiivit*

Blender-ohjelma poikkeaa yleisimmistä CAD-ohjelmista. Blenderin käyttöliittymä on tarkoitettu ohjattavaksi niin, että oikea käsi käyttää hiirtä ja vasen käsi käyttää näppäimistöä. 3D-ikkunassa kappale valitaan hiiren oikealla näppäimellä. Outliner-ikkunassa kappale valitaan hiiren vasemmalla näppäimellä. Hiiren rullanäppäintä painamalla 3D-ikkunassa kappaletta voidaan katsoa joka suunnasta. Kun Shift-näppäintä pitää pohjassa samaan aikaan, avaruutta voi liikuttaa

horisontaalisesti ja vertikaalisesti. Hiiren rullaa pyörittämällä näkymää voidaan zoomata pienemmäksi tai isommaksi.

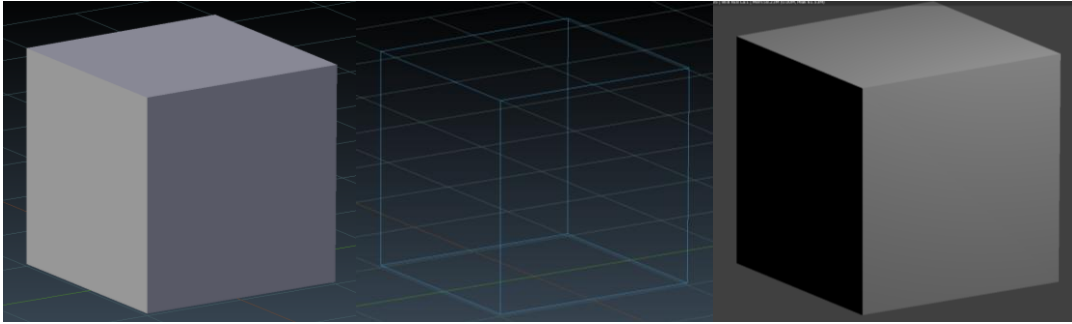
Näppäimistö on hyvin oleellisessa osassa, koska Blenderissä käytetään hyvin paljon pikanäppäimiä. Peruspikanäppäimistöjä ovat Grab (G-näppäin), Scale (S-näppäin), Rotate (R-näppäin) ja Extrude (E-näppäin). Num Pad -alueella olevien numeroiden avulla pystytään määrittämään suunnat, josta kappaletta katsotaan. Num Pad -alueen 1-näppäimellä katsotaan kappaletta edestäpäin. 3-näppäimellä katsotaan kappaletta oikeasta suunnasta. 7-näppäimellä kappale nähdään ylhäältä päin katsottuna. Näiden vastakkaiset suunnat saadaan painamalla Ctrl-näppäintä samaan aikaan 1-, 3- ja 7-näppäinten kanssa. Kappaletta on mahdollista katsoa myös ortografisesta tai perspektiivisestä suunnasta 5-näppäimellä. Ortografisena kappale pysyy samassa koossa, vaikka kappaletta liikutettaisiin kauemmas, kun taas perspektiivisenä kappale pienenee kauemmas liikuttaessa. Pikanäppäimiä on paljon, mutta niiden avulla Blenderin käyttö on todella sujuvaa. Pikanäppäimistöä on tehty muistilistoja ja niitä löytyy internetistä.

3D-ikkuna on ohjelmaa avattaessa oletuksena objektitilassa. Objektitilassa kappaletta voidaan liikuttaa, pyörittää ja skaalata. Kun ikkunan tila vaihdetaan editointitilaksi, objektin muotoa voidaan muokata. Kappaleen keskustassa on 3D-manipulaattori (kuva 15), jolla voidaan objektitilassa liikuttaa kappaletta ja lisäytilassa muokata kappaletta x-, y- ja z-akseleilla. Ikkunatiloja on muitakin kuin edellä mainitut.



*KUVA 15. 3D-manipulaattori*

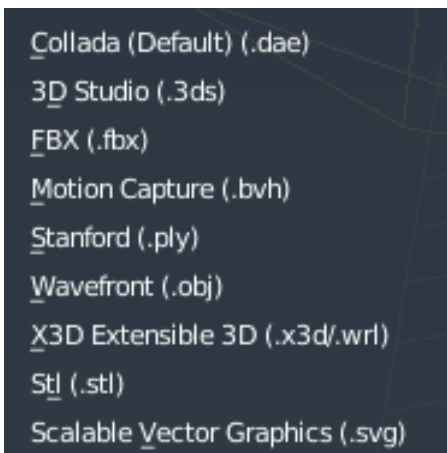
Blenderissä voidaan valita, millä tavalla kappale esiintyy 3D-avaruudessa. Kuvassa 16 on näkyvillä kuutio kiinteässä muodossa, rautalankamuodossa ja renderöidyssä muodossa. Esitystapoja on muitakin.



KUVA 16. Kappaleen esitystavat

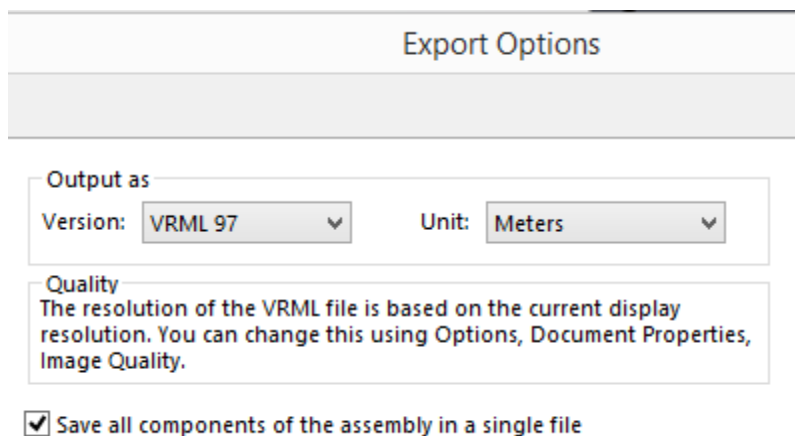
### 6.2.3 Importointi

Blenderiin on mahdollista siirtää muillakin ohjelmilla tehtyjä tiedostoja. Blender pystyy vastaanottamaan kuvan 17 mukaiset formaatit. SolidWorksista Blenderiin voidaan siirtää STL- ja X3D Extensible 3D (VRML) -formaattissa olevia tiedostoja.



KUVA 17. Formaattit

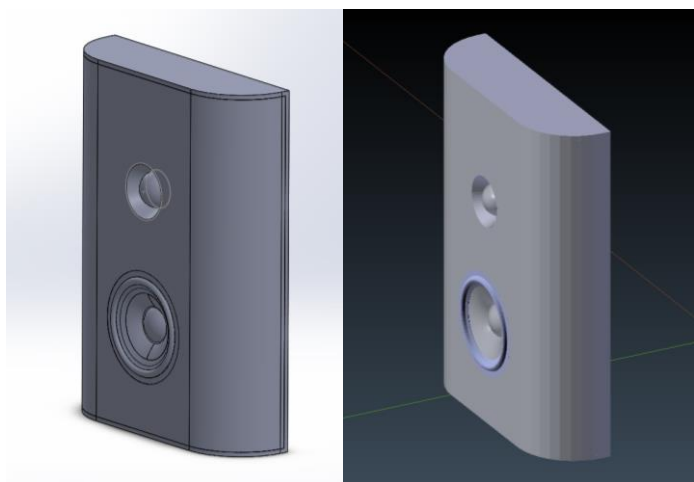
STL-formaatissa tiedostoja ei kuitenkaan kannata siirtää. Tiedostot eivät importoidu Blenderiin täydellisinä. Kokoonpanosta puuttuu selkeästi osia. Lisäksi Blender näyttää kokoonpanon kaikkien osien kanssa yhtenä kappaleena. Tämä vaikeuttaa osien muokkaamista huomattavasti. SolidWorks-malleja kannattaa siirtää Blenderiin X3D Extensible 3D -formaattissa. Tallennusasetukset tulee tehdä oikein SolidWorksissa, jotta malli siirtyy oikein Blenderiin. (Kuva 18.) Jos asetukset eivät ole oikein, tiedosto ei välttämättä importoidu ollenkaan.



KUVA 18. Tallennusasetukset SolidWorksissa

X3D Extensible 3D -formaatissa kokoonpanon kaikki osat tulevat Blenderiin oikein ja jokaista osaa voi muokata importoinnin jälkeen. Tulee kuitenkin huomioida, ettei kokoonpanon osien välillä ole relaatioita, jolloin ne esiintyvät irrallaan 3D-avaruudessa. Siksi kaikki osat pitää valita aktiiviseksi ennen liikuttamista tai yhdistää osat Join-toiminnolla Blenderissä. Yhdistämisen jälkeen osien muokkaaminen ei enää onnistu, koska kappale on kokonaisuus. Osien erottaminen onnistuu jossain määrin vielä yhdistämisen jälkeen, mutta se on todella työlästä. Pintamateriaalin muokkaaminen onnistuu vielä yhdistämisen jälkeenkin.

Huonona puolena kappaleen siirrossa on se, että mallin pyöristykset eivät tule oikein Blenderiin. Kuvassa 19 vasemmalla puolella kaiutin on SolidWorksissa ja kuvassa oikealla puolella kaiutin on Blenderissä. Mallin pyöristetyt pinnat on jaettu pienempiin pintoihin, jotta pyöristys ilmenisi oikein Blenderissä. Pyöristys näyttää karkealta.



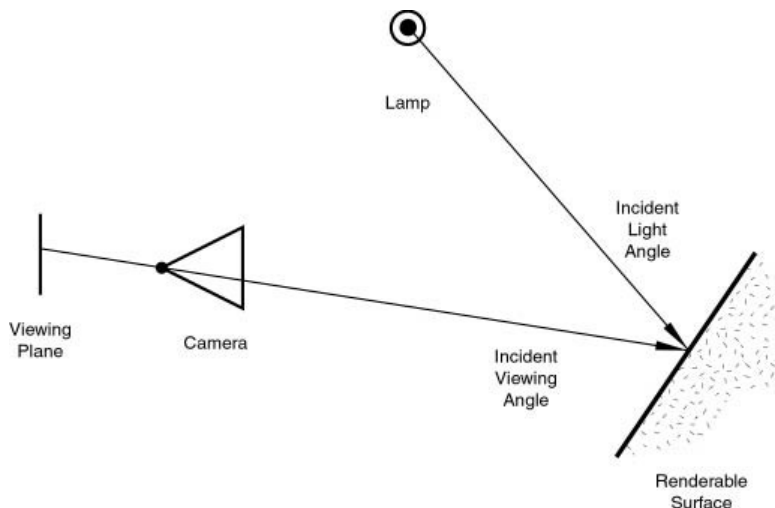
KUVA 19. Kaiutin SolidWorksissa ja Blenderissä



## 6.2.4 Renderöinti

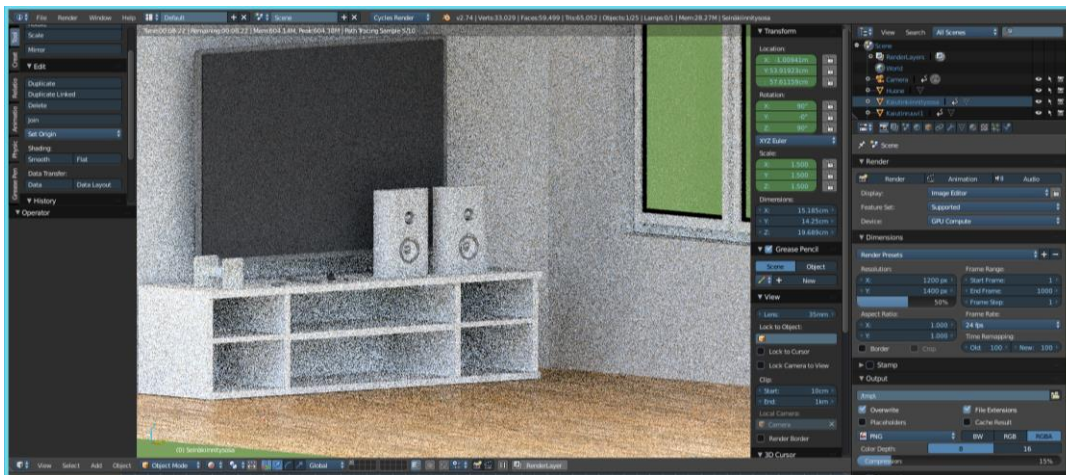
Ennen kuin materiaaleja tai tekstuureja aletaan muokkaamaan, olisi hyvä miettiä Blenderin renderöintijärjestelmää. Renderöinnissä 3D-näkymästä luodaan 2D-kuva. Se, miltä kuva näyttää riippuu kamerasta, valaistuksesta, materiaalista ja renderöintiasetuksista. Renderöintikone on koodisarja, joka kontrolloi materiaalin ja valaistuksen käyttöä, sekä sitä, miltä renderöity kuva lopulta näyttää. Blenderissä on kaksi renderöintikonetta: Blender Render ja Cycles. (31.)

Blender Render on Blenderin sisäinen renderöintikone, joka on käynnistyksessä aina oletuksena valittuna. Renderöintikoneen pääperiaate on, että pinnan ominaisuudet ja saapuvan valon kulma kertovat, kuinka paljon siitä valosta heijastuu takaisin katselukulmasta. (Kuva 20.) Kun valonsäde osuu kappaleen pintaan, tapahtuu kaksi eri ilmiötä: diffuusio ja peilimäinen heijastuminen. (32.)



KUVA 20. Renderöinnin pääperiaate (32)

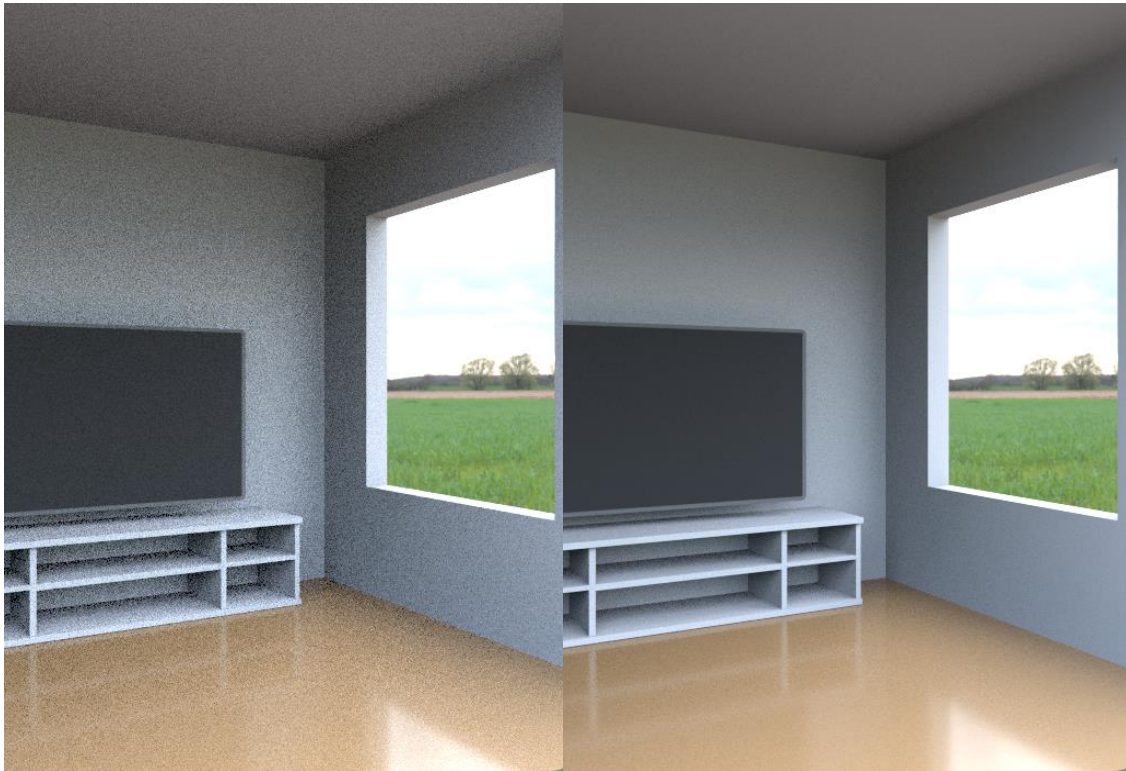
Cycles on säteen jäljitykseen pohjautuva koneisto ja se tuottaa kehittyneempiä ilmiöitä kuin Blenderin sisäinen renderöintikone. Säteenjäljityksellä saadaan aikaiseksi peilikuvamaisia ja heijastavia pintoja, sekä läpinäkyviä ja taittuvia pintoja. Cycles tukee interaktiivista renderöintiä. Se antaa siis mahdollisuuden nähdä kaikki muutokset heti renderöitynä (kuva 21). (32; 33 s. 164.)



### KUVA 21. Interaktiivinen renderöinti

Jotta Cycles-renderöintikonetta voisi käyttää täydessä kapasiteetissa, tarvitaan nopea prosessori, paljon muistia ja graafinen kortti OpenGL-rajapintastandardilla. Näytönohjaimessa tulee olla sisäänrakennettu muisti. GPU on graafisen kortin prosessointiyksikkö, jonka tuki mahdollistaa CUDA:n käytön. CUDA on ohjelmistorajapinta, joka nopeuttaa ja tehostaa renderöintiä. GPU tulee aktivoida käyttöön käyttäjäasetuksissa ja Cycles tulee laittaa laittaa joka kerta päälle erikseen. (33, s. 165 - 167; 34; 35; 36.)

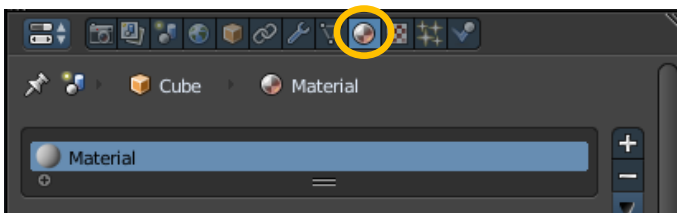
Lopullisessa renderöinnissä tulee ottaa huomioon valon aiheuttama kohina, jonka vuoksi kuva saattaa näyttää rakeiselta. Renderöinnin näytemäärää nostamalla voidaan vähentää valon kohinaa. (37.) Kuvassa 22 vasemmalla puolella on otos, jonka renderöinnin näytteiden määrä on 50, ja oikealla puolella on otos, jonka renderöinnin näytteiden määrä on 500. Lopputulos on huomattavasti parempi isommalla renderöinnin näytemäärällä. Renderöintiäytteiden määrän nosto kuitenkin lisää renderöintiäikää. Kuvan 24 vasemmalla puolella olevan otoksen renderöintiin kului 12 sekuntia, kun taas oikealla puolella olevan otoksen renderöintiin kului 1,5 minuuttia.



KUVA 22. Renderöinnin näytemäärän vertailua

### 6.2.5 Materiaali ja tekstuuri

Kun malli on luotu tai se on importoitu Blenderiin, mallin materiaalia voidaan muokata. Materiaalilla tässä tapauksessa tarkoitetaan sitä, miltä kappaleen pinta näyttää ulospäin. Ominaisuudet-ikkunassa materiaalille on oma painikkeensa (kuva 23), ja materiaalikomentoja voi tehdä kyseisen materiaalivalikon kautta. Toinen vaihtoehto on Node-järjestelmä. (32.)

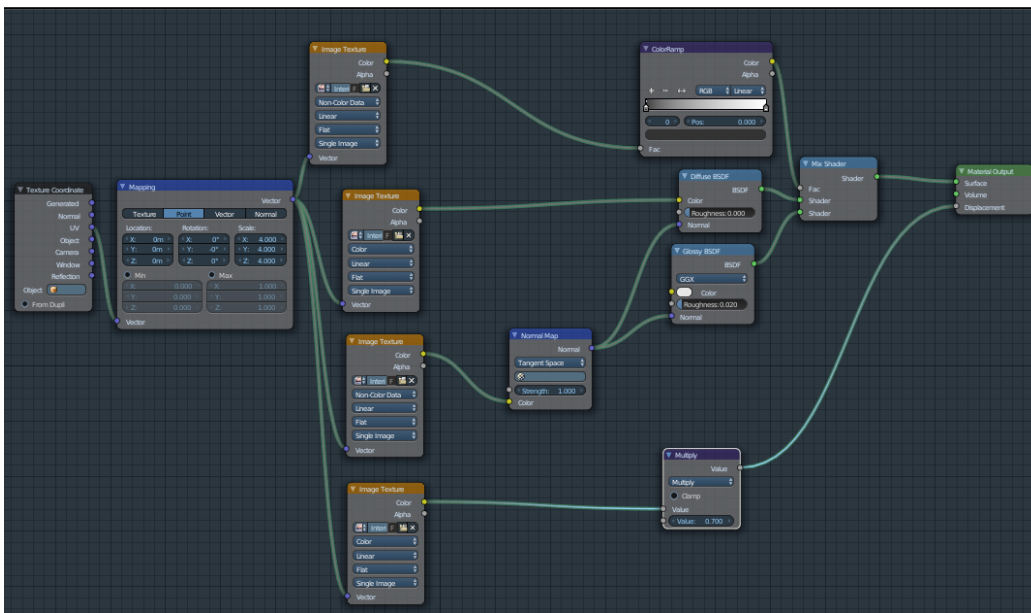


KUVA 23. Ominaisuudet-ikkuna

Materiaalijärjestelmä ja renderointitulokset riippuvat käytettävästä renderöintikoneesta. Cycles käyttää hyödykseen erillistä, täysin node-pohjaista materiaalijärjestelmää, jolla saadaan aikaiseksi todella realistisia kuvia. Cycles-koneiston node-järjestelmää on parannettu ja kehitys jatkuu edelleen, mutta se ei pysty vielä täysin korvaamaan Blenderin sisäisen koneiston node-

järjestelmää. Tiettyjä ominaisuuksia saadaan edelleen aikaiseksi vain Blenderin sisäisen renderöintikoneen materiaali-järjestelmällä. Kummassakin on omat hyvät ja huonot puolensa. (32; 38, s. 144 - 145.)

Node-järjestelmä (kuva 24) on dataprosessointikanava, jolla luodaan materiaalit ja tekstuurit kohteille. Järjestelmä käyttää hyödykseen solmuja (nodes), jotka on järjestetty ja linkitetty keskenään datan yhdistämiseen, ja joilla data saadaan tuotettua ja asetettua kappaleeseen. Solmuihin pääsee käsiksi Node Editor -ikkunasta.



KUVA 24. Node-materiaali-järjestelmä

Opinnäytetyössä olohuoneen puulattia toteutettiin Node-järjestelmällä. Puulattiaa varten tarvittiin tekstuurikuvia, joilla päällystettiin lattiataso (kuva 25). Myös tekstuurien laittoon käytetään siis Node-järjestelmää.



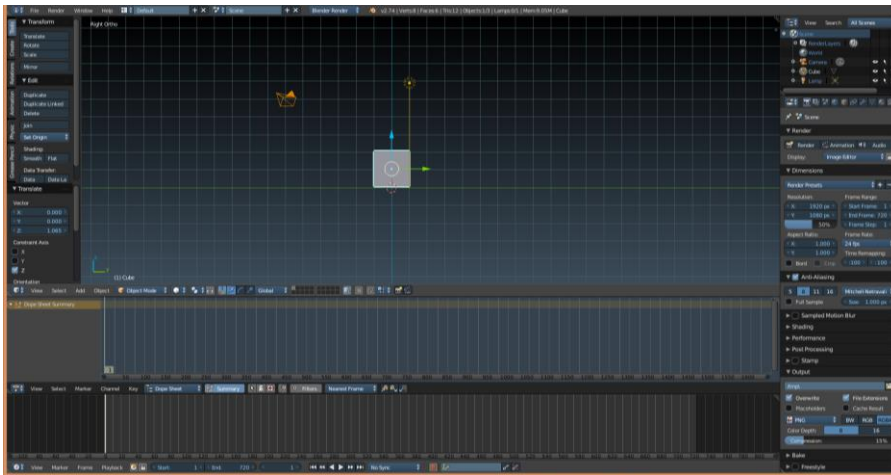
KUVA 25. Puulattia

Node-järjestelmässä on todella paljon eri ominaisuuksia ja yhdistelmiä, joita ei pysty hallitsemaan ilman ahkeraa, pitkäjänteistä ja -kestoista harjoittelua. Tämä saattaa rajoittaa Blenderin käyttöä yrityksissä. Ohjelman opiskeluun ei ole aikaa.

## 6.2.6 Animaatio

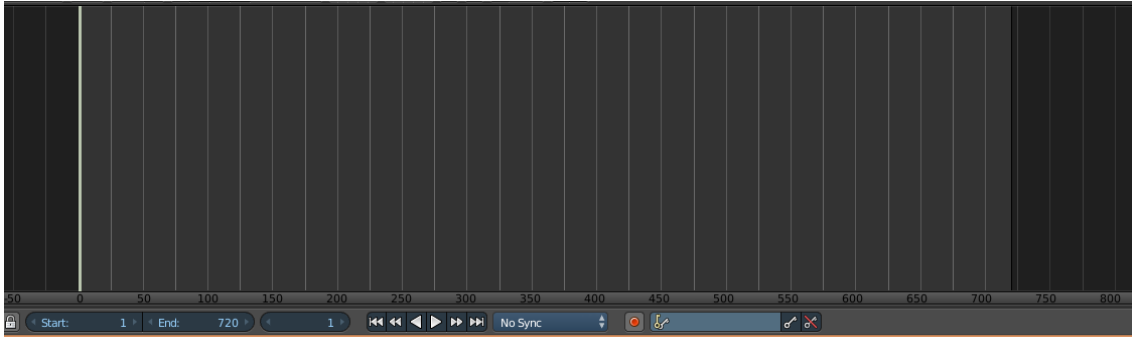
Animaatio on lievästi toisistaan poikkeavia kuvia, jotka esitetään peräjälkeen nopeassa tahdissa. Näin saadaan aikaan liikkeen illuusio. Elokuvatiedosto koostuu siis useista Blenderillä renderöidyistä kuvista, jotka on koottu yhteen. (33, s. 173.)

Ennen animaation työstämistä olisi hyvä miettiä animaation rakenne valmiiksi. On mietittävä, mitä kappaleita animaatioissa käytetään, mitä animaatioissa tapahtuu milläkin hetkellä ja kuinka pitkä animaatiosta tulee. Animaation tekemisessä tarvitaan vähintään 3D-ikkunaa, aikajanaikkunaa ja Dope Sheet -ikkunaa. (Kuva 26.)



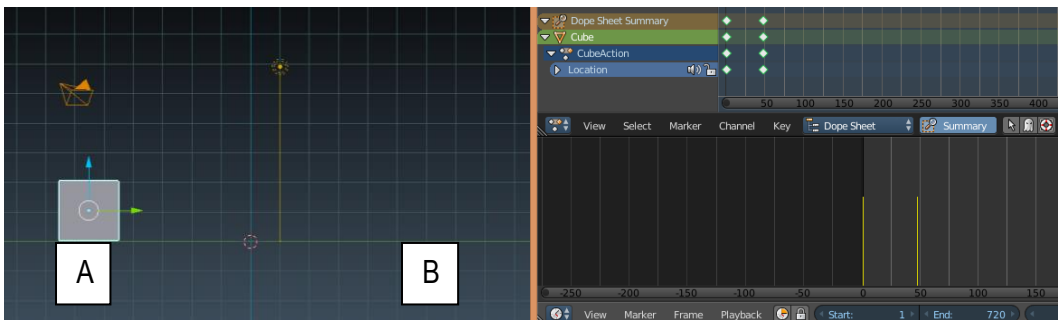
KUVA 26. Animaation aloitusnäkyminen yksinkertaisimmillaan

Animaation tekemisessä kuvataajuus on oleellinen asia, koska eri kuvataajuuksille on omat käyttökohteensa. Esimerkiksi elokuvissa käytetään kuvataajuutena yleisesti 24 kuvaa per sekunti (fps) (39). Blenderissä animaation kesto on yhtä kuin kuvien määrä. Kuvamäärä saadaan selville kuvataajuuden ja animaation ajallisen keston avulla. Esimerkiksi 30 sekunnin animaatioissa kuvia on yhteensä 720 kappaletta ( $24 \text{ fps} * 30 \text{ s}$ ). Aikajanaikkunassa vaaleanharmaa alue on 1 - 720 kuvaa. (Kuva 27.)



KUVA 27. Aikajanaikkuna

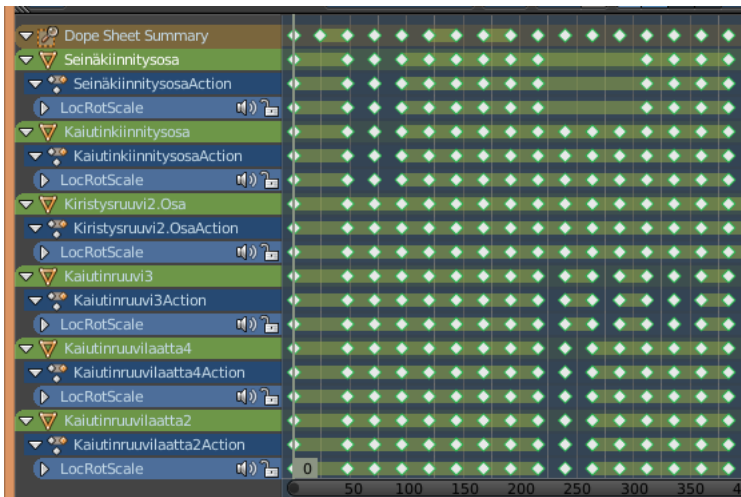
Helppimmillaan animaation tekeminen on avainkehysten (keyframes) sijoittamista. Kun kappale siirretään paikasta A paikkaan B, ja ennen sekä jälkeen tapahtuman luodaan avainkehukset ennalta määrättyihin kohtiin aikajanalla, saadaan aikaiseksi tapahtuma animaatioissa. (Kuva 28.)



KUVA 28. Ensimmäinen tapahtuma animaatioissa

Ensimmäinen avainkehys on sijoitettu aikajanalla kuvaan 1 (Start), jolloin kuutio on kohdassa A. Avainkehys antaa Blenderille tiedon, että kuvassa 1 kuutio on paikassa A. Toinen avainkehys on sijoitettu aikajanalla kuvaan 48, jolloin kuutio on kohdassa B. Avainkehys antaa Blenderille tiedon, että kuvassa 48 kuutio on paikassa B. Jos kuvataajuus on 24 fps, kuutio siirtyy paikasta A paikkaan B kahden sekunnin aikana. Blender osaa työstää kaikki kuvat animaatioon paikan A ja paikan B väliltä. Avainkehys voi antaa muutakin tietoa Blenderille, kuin paikkatiedon. Se voi informoida Blenderiä muun muassa rotaatiosta, skaalauksesta ja näillä edellä mainittujen toimintojen yhteisvaikutuksesta. (33, s. 174.)

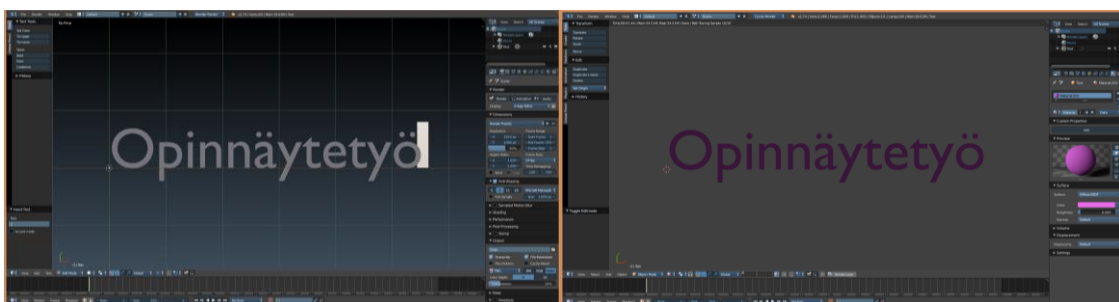
Dope Sheet -ikkunan (kuva 29) avulla nähdään animaatioissa käytetyt kappaleet ja minkälaista liikettä kappaleet ovat tehneet. Jos jokin animaation tapahtuma on virheellinen, Dope Sheet -ikkunasta voidaan poistaa kyseisen tapahtuman avainkehys.



KUVA 29. Dope Sheet -ikkuna

Kun animaatio on saatu valmiiksi, Blenderin Info-ikkunan Render-valikosta valitaan "Render Animation". Blender alkaa renderöimään jokaista animaation kuvaa erikseen. Se, kuinka kauan animaation renderöinnissä kestää, riippuu renderöintinäytteiden määrästä ja animaation kestosta. Opinnäytetyössä tehdyn animaation renderöintiin meni noin 25 tuntia kun renderöintinäytteiden määrä oli 100. Animaatio renderöitiin suoraan videotiedostoksi (AVI Raw).

Opinnäytetyön aikana tehtyyn animaation ei lisätty tekstejä, mutta tekstien lisääminen on mahdollista. Teksti lisätään käytännössä samalla tavalla kuin mikä tahansa kappale 3D-ikkunaan. Tekstiä pystyy muokkaamaan editointitilassa, ja tekstin materiaalia pystyy muokkaamaan normaalisti. (Kuva 30.) Tekstin animointi luonnistuu avainkehyksiä käyttämällä.



KUVA 30. Tekstin lisäys

## 7 ASENNUSOHJEIDEN VERTAILU

Paperiset asennus- ja kokoonpano-ohjeet ovat hyvin yleisiä tuotedokumentteja. Dokumentit ovat kuvallisia ohjeistuksia asennustilanteesta. (Kuva 31.) Ohjeissa pyritään käyttämään tekstiä mahdollisimman vähän ja kuvat esittävät asennuksen tärkeimpiä asennusvaiheita.

### 24185 Speaker wall mount

**K&M KÖNIG & MEYER**  
Stands For Music

• adjustable to any angle by special swivel joint assembly

**SAFETY INSTRUCTIONS**

- Max load: 8 kg
- For indoor use only
- Choose a position and mounting method compliant with local building codes and regulations
- Use four anchors per wall bracket
- For use only by trained installers
- Only for use at proper walls with adequate anchors (see 2; not included in delivery)
- Not suitable for fragile walls. Beware of power supply lines and water conduits. In case ask an expert.
- Inspect bolted assemblies regularly.
- Keep the grub screw 4 tightened, only loosen the screws while adjusting the speaker

NOTE: before adjusting hold the speaker safe from falling over; in case, two people should perform this task.

• Check speaker threads to ensure attachment screws are not cross threaded

**MANUAL**

Please check to ensure you have all of the following components:

- 1 speaker plate with swivel joint
- 2 wall plate with tube
- 3 swivel joint
- 4 grub screw M6x8
- 5 wing screw M6x15

**ATTACH WALL PLATE TO THE WALL**

**BRACKET MOUNTING**

### 24185 Speaker wall mount

**K&M KÖNIG & MEYER**  
Stands For Music

• adjustable to any angle by special swivel joint assembly

**SPEAKER MOUNTING**

**SPEAKER ADJUSTING**

**HOLE PATTERNS**

**DIMENSIONS & SETTINGS**

**CHECKING, MAINTENANCE, CLEANING**

**FAULT FINDING and (R) REPAIR**

**SPECIFICATIONS**

Material	Tubes, Plates = steel, black powder coated swivel joint = zinc die-cast, black powder coated screws = steel, zinc plated
Load	Speaker max. 8 kg
Dimensions	Speaker plate: 80 x 95 mm, Wall plate: 95 x 95 mm, Depth: 177 mm
Weight	0,7 kg

KÖNIG & MEYER GmbH & Co. KG  
Königsweg 2, 57077 Wertheln, www.km.de  
24185-000-609 Rev.05 03-05-21540-8713

KUVA 31. Asennusohje (40)

Paperisilla ohjeilla on laaja vastaanottajaryhmä, jolloin niiden tulee olla helposti ymmärrettäviä. Kuvalliset ohjeet eivät aina ole yksiselitteisiä. Oman kokemuksen mukaan ohjeet ovat useasti epäselviä ja jopa sekavia. Esimerkiksi huonekalujen kokoonpano-ohjeet voidaan ymmärtää monella eri tavalla, jolloin kokoonpano on saattanut ensimmäisellä kokoonpanokerralla mennä väärin.

Animaation ehdottomiin hyviin puoliin kuuluu selkeys, jos animaatio on tehty ammattitaidolla. Animaation avulla asennustilanne nähdään alusta loppuun asti. Lisäksi animaation pystyy katsomaan halutusta kohdasta uudelleen ja uudelleen, jos sille on tarvetta. Kuvaohjeistuksen katseleminen ei välttämättä tee yhtään viisaammaksi.



Nykyään tuotevalmistajien ja myyjien sivuilla on tuotedokumentaatiota tarjolla kaikille. Tuotedokumentaation tueksi voisi ihan hyvin olla animaatio tuotteesta ja sen asennuksesta. Se tukisi paljon laajaa kohderyhmää. Animaation käyttö lisäisi siis asiakastytyväisyyttä. Kaikilla asiakkailta ei välttämättä ole kuitenkaan mahdollisuutta käyttää internetiä ja tietokonetta, puhumattakaan siitä, etteivät kaikki osaa käyttää tietokonetta. Tästä näkökulmasta katsoen paperisista ohjeista on hankala päästä eroon. Tärkeintä tuotevalmistajille ja myyjille on kuitenkin asiakas.

Paperiset ohjeet on yleensä käännetty usealle eri kielelle eri vientimaiden huomioon ottamiseksi. Paperisissa ohjeissa on todennäköisesti käytetty tulkkia tai kielenkääntöjärjestelmää apuna. Kielikäännökset eivät välttämättä ole oikein, jolloin väärinymmärryksiltä ei voida välttyä. Asennusanimaatiossa ei kielenvaihdosta tarvitse huolehtia, jos animaatiossa ei käytetä ohjetekstejä. Pelkkä animaatio saattaa riittää asennusohjeena.

Asiakastytyväisyyden lisäksi olisi hyvä miettiä muitakin animaatioon ja kuvalliseen ohjeeseen liittyviä asioita, kuten minkälaisia resursseja on käytettävissä. Jos animaatioita ei ole tehnyt koskaan aikaisemmin, laadukkaan animaation tekeminen ei onnistu hetkessä. Se vaatii ohjelman ja animaatiotekniikoiden opiskelua ja visuaalista ymmärrystä. Jos yrityksessä ei ole entuudestaan ammattitaitoista henkilökuntaa, täysin uuden ohjelman opetteluun ei todennäköisesti käytetä resursseja. Tällöin palvelu saatetaan ostaa ulkopuoliselta. Lisäksi 3D-visualisointiohjelmat ovat kalliita. Kuvallisen ohjeen tekemiseen ei välttämättä tarvita niin paljon. Monet ihmiset hallitsevat kuvien manipuloimisen, leikkaamisen ja yhdistämisen jo entuudestaan, ja kuvien käsittely ei välttämättä vaadi kalliiden ohjelmien hankkimista.

Mallin muuttuminen voi tarkoittaa sitä, että kaikki kuvat tulee tehdä uudestaan paperiseen ohjeistukseen. Päivitettävyys kuvallisilla ohjeilla ei siis välttämättä ole hyvä. CAD-ohjelmissa, kuten SolidWorksissa pyritään siihen, että mallin muutokset päivittyvät automaattisesti esimerkiksi teknisiin piirustuksiin, jolloin lisätyön tekeminen vähenee. Blenderissä animaation päivitys ei ole näin helppoa, varsinkaan kun animaation pääosassa eivät ole alkuperäisinä Blender-formaatissa olevat mallit.

## 8 CAVE

Cave Automatic Virtual Environment eli CAVE on projektioon pohjautuva virtuaaliodellisuusnäyttö, joka kehitettiin Illinoisiin yliopistossa Chicagossa. Se esiteltiin ensimmäisen kerran vuonna 1992 SIGGRAPH-konferenssissa. CAVE kehitettiin, jotta päästäisiin eroon monista kypäränäyttöjen (head-mounted displays) rajoituksista. Tekniikka oli erityisesti tarkoitettu tieteellisiin ja teknillisiin sovelluksiin. (41; 42; 43.)

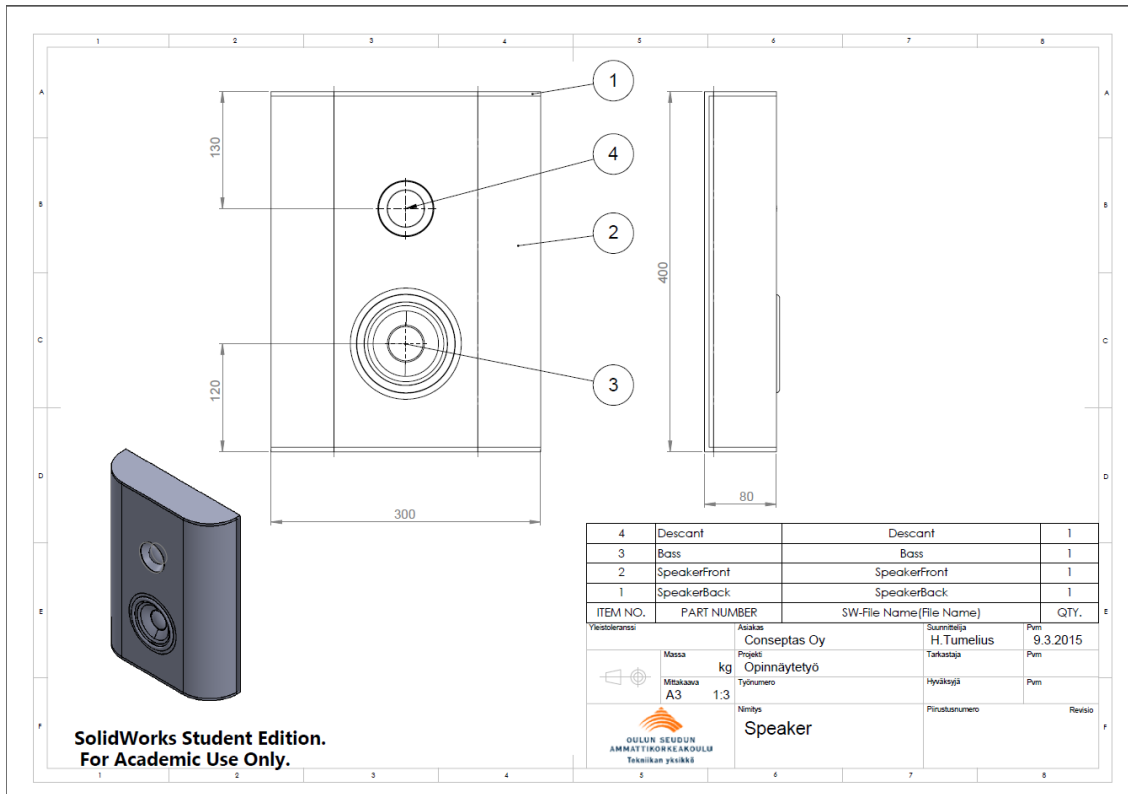
CAVE on huonekoossa oleva hyvin kehittynyt visualisointijärjestelmä, joka luo todentuntuisen 3D-avaruuden katsojan ympärille. Virtuaaliympäristö on useamman henkilön havainnoitavissa samaan aikaan. CAVE-tekniikkaa käytetään hyödyksi monenlaisissa suunnittelu- ja tutkimussovellutuksissa kuten arkkitehtuurissa, sisätilojen rakennuksessa ja simulaattoreissa. (41; 42; 43.)

Oulun ammattikorkeakoulussa CAVE on rakennettu kuutiomaiseen tilaan, jossa on kaareva optinen projektiokuvapinta, kolme stereokanavaa projisoinnille ja yksi stereokanava lattiaprojisoinnille. Projisointi on toteutettu normaalin taustaprojisoinnin sijaan etuprojisointina, jolloin tarvittavan tilan ei tarvitse olla niin iso, kuva on terävämpi ja kuvapinnan epäjatkuvuudelta vältytään. CAVE-tilan voi vuokrata tukihenkilöineen omia katselmus-, kehittämis-, markkinointi- tai myyntitilaisuuksia varten. (43; 44.)

## 9 TULOKSET

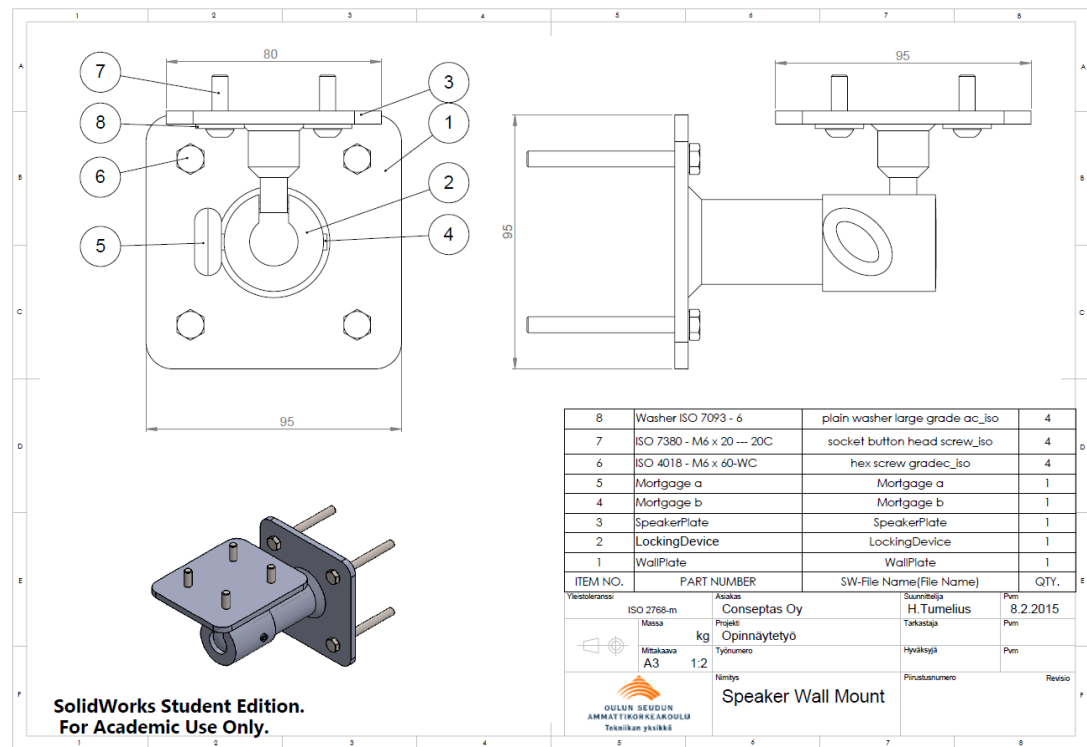
### 9.1 SolidWorks-mallinnukset

Kaiutin mallinnettiin aluksi Blenderillä, mutta sitä ei kyetty tekemään tarkasti. Lopulta kaiutin tehtiin SolidWorksilla. Diskantin ja basson Solidworks-mallit on saatu Conseptas Oy:n toimitusjohtajalta Kari Vatkalta (45). Kaiuttimesta tehtiin kokoonpanopiirustus (kuva 32).



KUVA 32. Kaiuttimen kokoonpanopiirustus

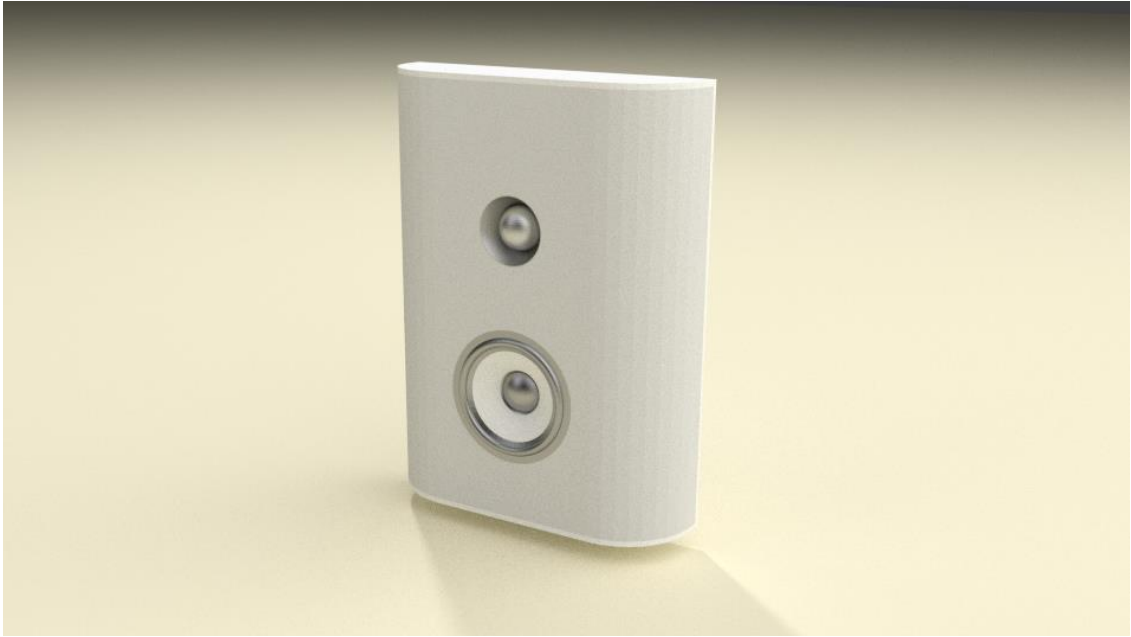
Myös kaiuttimen kiinnitysteline mallinnettiin SolidWorksilla. Kuvan 31 asennusohjeesta otettiin mallia kiinnitystelineen mallinnukseen. Kiinnitystelineestä tehtiin kokoonpanopiirustus (kuva 33).



KUVA 33. Kiinnitysmekanismin kokoonpanopiirustus

## 9.2 Renderöinnit

Kuvassa 34 on SolidWorksissa mallinnettu kaiutin, jonka pinta ja näkymän ympäristö on luotu Blenderillä. Ympäristössä on värillinen lattiataso ja kolme valonlähdettä.



*KUVA 34. Kaiutin vaalealla tasolla*

Kuvassa 35 on sama kokoonpano kuin kuvassa 34, mutta lattiatason väri on muuttunut. Lattiatason värimuutoksella haluttiin testata sen vaikutusta 3D-näkymään. Kaiuttimen osat ja yksityiskohdat näkyvät paremmin tummemmalla alustalla.



*KUVA 35. Kaiutin tummalla tasolla*

Kuvassa 36 on näkyvillä SolidWorksilla tehty Macin kannettava tietokone, joka on ladattu GrabCAD:sta (46). Sen materiaali- ja tekstuuripinta luotu on Blenderillä. Apple-tekstuuri on haettu internetistä Google-haulla (47). Valonlähteitä on kaksi.



*KUVA 36. Kannettava tietokone*

Kuvassa 37 on sama kannettava tietokone, mutta suljettuna. Kannettavan tietokoneen kannesta on saatu Apple-logo hyvin esille emissiopinnan avulla Blenderissä.



*KUVA 37. Kannettava tietokone suljettuna*

Kuvan 38 huonekoonpano on tehty itse Blenderillä. Kuvassa on käytetty kahta valonlähdettä. Seinien tekstuuri on löydetty Google-hausta sanoilla Textured Wallpaper (48). Lattiatekstuuri on The Architecture Academy -kurssin starttipaketista (49).



*KUVA 38. Olohuoneotos 1.*

Kuvan 39 kokoonpano on sama kuin kuvan 38. Seinätekstuuri on löydetty Googlen-haulla hakusanoilla Ornament Wallpaper (50). Lattiatekstuuri on The Architecture Academy -kurssin starttipaketista (49).



*KUVA 39. Olohuoneotos 2.*



Kuvassa 40 on sama kokoonpano kuin kuvissa 38 ja 39. Seinässä ei käytetty tekstuuria vaan Blenderin materiaalijärjestelmää. Lattiatekstuuri on The Architecture Academy -kurssin starttipaketista (49).



*KUVA 40. Olohuoneotos 3.*

Animaatiossa käytetty huonetila on kuvassa 41. Ympäristön kuva ja lattiatekstuurit on otettu The Architecture Academy -kurssin starttipaketista (49). Ympäristön kuvan valoa kirkastettiin Blenderillä, jolloin se toimi kokoonpanon ainoana valonlähteenä. Internetistä haettiin ikkunamateriaalia varten skripti, joka tallennettiin Blenderiin. Muu kokoonpano on tehty itse Blenderillä.



*KUVA 41. Animaatiossa käytetty huonetila*

### 9.3 Animaatio ja testaus CAVEssa

Ensimmäistä animaatioversiota testattiin CAVEssa. Blender-tiedostoja ei saatu auki 3DS Maxilla, joten siirto ei suoraan onnistunut. CAVE-järjestelmän käyttäjä Janne Kumpuoja kertoi, että aikaisemmin Blender-tiedostojen siirto on onnistunut. Hän epäili, että uuden Blender-version 3D-eksportissa on joku virhetila. Tästä johtuen Blender-tiedosto piti muuttaa Collada-muotoon, jotta siirto onnistuisi. Tekstuurit kuitenkin jäivät tämän myötä pois. Animaatio ei ollut samanlainen ulkoasultaan.

Animaatiossa oli epäkohtia. Ruuvien kohdistukset eivät olleet täysin oikein. Lisäksi animaatioon oli hankala saada rotaatiota aikaiseksi ilman, että näkymään tuli muutakin liikettä mukaan. Tämän saa toki korjattua, mutta se vaatii aikaa. Yhdessä kierteessä pyörimissuunta oli väärin. Tiedosto oli todennäköisesti muuttunut formaattimuutoksessa, koska Blenderillä testattaessa kierteet toimivat oikein.

Esityksessä animaatio eteni pulssimaisesti. Janne Kumpuoja kertoi, että hän oli hidastanut animaatiota, joka vaikutti animaatioesitykseen. Ennen CAVE-näyttöä, olisi ollut hyvä miettiä tarkemmin animaation jaksotusta. Animaatiossa asennustilannetta kuvattiin vuoron perään läheltä ja kaukaa. CAVE-näytöksessä huomattiin, ettei sillä kannata näyttää lähitilanteita, koska näkymästä tulee todella epäselvä. Lähikuva vaatii tarkennuspisteen säätöä.

## 10 POHDINTA

Työn tarkoituksena oli tutkia paperisen ohjeen ja animaatio-ohjeen eroja ja vertailla ohjeistuksia keskenään. Koska paperisia ohjeita ei ehditty tekemään, on hankalaa verrata kahta eri ohjeistusta keskenään käytännötyön näkökulmasta. Ohjeita vertailtiin yleisellä tasolla. Työn aikana opittiin Blender-ohjelman käytön perusteet ja animaatio saatiin valmiiksi.

Blender on haastava ohjelma aloittelijalle. Blenderiä ei pysty hyödyntämään, jos käytön perusteita ei hallitse. Opettelu ja harjoittelu vievät paljon aikaa, jolloin Blender-ohjelma ei ole ideaali yrityksille, joilla ei ole ohjelman ammattilaisia palkkalistoilla. Lisäksi vaikka Blenderin käytön hallitsisi, 3D-visualisointi on yksityiskohtien hiomista eikä yrityksillä ole välttämättä aikaa luoda täydellistä kuvaa tai animaatiomateriaalia.

Työn aikana oli paljon haasteita. Isoin ongelma oli palkkatyön ja opinnäytetyön priorisointi. Ajanhallinta ei onnistunut ja projekti ei edennyt suunnitelmien mukaisesti. Toinen iso haaste oli Blender-ohjelman perusteiden opettelu, joka vei todella paljon aikaa. Kun on tottunut käyttämään CAD-ohjelmia ja siirtyä täysin erilaiseen mallinnusohjelmaan, on täysin oletettua, että luvassa on turhautumista ja kärsimättömyyttä. Mutta kaikesta huolimatta Blender-ohjelma on osoittanut arvonsa. Realistiset kuvat ja animaatiot ovat Blenderin parasta antia. Teknisillä aloilla tätä ei ehkä arvosteta niin paljon, koska tarve on eri. 3D-visualisointi onkin enemmän kuin taidetta.

## LÄHTEET

1. What is "technical documentation"?. 2015. Transcom. Saatavissa: <http://www.transcom.de/transcom/en/technische-dokumentation.htm>. Hakupäivä 3.5.2015.
2. Technical writing. 2015. Wikipedia. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/Technical\\_writing](http://en.wikipedia.org/wiki/Technical_writing). Hakupäivä 3.5.2015.
3. Pere, Aimo 1985. Koneenpiirustus 1. Helsinki: Offsetpiste Ky.
4. Technical drawing. 2015. Wikipedia. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/Technical\\_drawing](http://en.wikipedia.org/wiki/Technical_drawing). Hakupäivä 3.5.2015.
5. Laakko, Timo – Sukuvaara, Antti – Borgman, Jukka – Simolin, Teemu – Björkstrand, Roy – Konkola, Marcus – Tuomi, Jukka – Kaikonen, Hannu 1998. Tuotteen 3D-CAD-suunnittelu. Porvoo: WSOY.
6. Kontio, Esa 2007. T310203 3D-CAD 1 3 op. Opintojakson harjoituksen kokoonpanopiirustus keväällä 2012. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
7. Solidworks: Advantages of 3D CAD versus 2D CAD. 2010. Designrfix. Saatavissa: <http://designrfix.com/3d/solidworks-advantages-3d-cad-2d-cad>. Hakupäivä 10.5.2015.
8. DraftSight® CAD Software. 2015. Dassault Systemes. Saatavilla: <http://www.3ds.com/products-services/draftsight-cad-software/offerings/>. Hakupäivä 19.5.2015.
9. Benefits of Using 3D CAD Design & 3D Modeling Compared to 2D Method. 2015. Industrial 3d plan, 3D Industrial Engineering Design, 3D Engineering modeling. Saatavissa: <https://sites.google.com/site/3dindustrialsmodeling/benefits-of-using-3d-cad-design-3d-modeling-compared-to-2d-method>. Hakupäivä 10.5.2015.
10. Tervola, Janne 2009. Säästölinjan CAD-ohjelmat. Tekniikka&Talous. Metallitekniikka 23.4.2009. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/metalli/metallitekniikka/saastolinjan+cadohjelmat/a274514>. Hakupäivä 3.5.2015.

11. Wire-frame model. 2015. Wikipedia. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/Wire-frame\\_model](http://en.wikipedia.org/wiki/Wire-frame_model). Hakupäivä 15.5.2015.
12. Gill, Sudhir 2015. Tutorial - Freeform feature in SolidWorks? GrabCAD. Saatavissa: <https://grabcad.com/questions/tutorial-freeform-feature-in-solidworks>. Hakupäivä 15.5.2015.
13. Multi-Scale Rendering of Huge 3D Volumes. 2013. Computer Vision Laboratory CVLAB. Saatavissa: <http://cvlab.epfl.ch/research/completed/medical/8tree>. Hakupäivä 19.5.2015.
14. Constructive solid geometry. 2015. Wikipedia. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/Constructive\\_solid\\_geometry](http://en.wikipedia.org/wiki/Constructive_solid_geometry). Hakupäivä 20.5.2015.
15. Stevenson, Jon 2013. GrabCAD Tips: The Kernel, Why CAD Systems Don't Play Well With Others. GrabCAD. Saatavissa: <http://blog.grabcad.com/blog/2013/05/14/kernels-why-cad-systems-dont-play-well-with-others/>. Hakupäivä 15.5.2015.
16. A Closer Look at CAD Neutral File Formats. 2014. IndiaCADworks. Saatavissa: <http://www.indiacadworks.com/blog/a-closer-look-at-cad-neutral-file-formats/>. Hakupäivä 31.5.2015.
17. Stonecypher, Lamar. 2010. Common File Types for 3D CAD Software. Saatavissa: <http://www.brighthubengineering.com/cad-autocad-reviews-tips/23469-common-file-types-for-3d-cad-software/>. Hakupäivä 31.5.2015.
18. What is X3D. 2015. Web3D Consortium. Saatavissa: <http://www.web3d.org/x3d/what-x3d>. Hakupäivä 22.5.2015.
19. 3D Modeling. 2015. Wikipedia. Saatavissa: [http://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_modeling](http://en.wikipedia.org/wiki/3D_modeling). Hakupäivä 10.5.2015.
20. Chopine, Ami 2011. 3D Art Essentials. Yhdysvallat: Elsevier Inc.
21. SolidWorks Composer. 2015. Dassault Systemes. Saatavissa: [https://www.solidworks.com/sw/docs/sw2015\\_datasheet\\_composer\\_eng.pdf](https://www.solidworks.com/sw/docs/sw2015_datasheet_composer_eng.pdf). Hakupäivä 24.5.2015.
22. Puhakka, Antti 2008. 3D-grafiikka. Helsinki: Talentum.

23. 6 Industries that Use 3D Modeling Software. 2015. Steve's Digicams. Saatavissa: <http://www.steves-digicams.com/knowledge-center/how-tos/video-software/6-industries-that-use-3d-modeling-software.html>. Hakupäivä 10.5.2015.
24. 3D Interior Design Inspiration. 2012. Home Designing. Saatavissa: <http://www.home-designing.com/2010/12/3d-interior-design-inspiration>. Hakupäivä 10.5.2015.
25. About. 2015. Blender. Saatavissa: <http://www.blender.org/about/>. Hakupäivä 10.5.2015.
26. Features. 2015. Blender. Saatavissa: <https://www.blender.org/features/>. Hakupäivä 24.5.2015.
27. History. 2015. Blender. Saatavissa: <http://www.blender.org/foundation/history/>. Hakupäivä 10.5.2015.
28. Statics. 2015. Blender. Saatavissa: <http://www.blender.org/about/website/statistics/>. Hakupäivä 10.5.2015.
29. Map Overlay. 2011. Blender. Saatavissa: <http://www.blender.org/bf/stats/www.blender.org-countries.pdf>. Hakupäivä 10.5.2015.
30. Requirements. 2015. Blender. Saatavissa: <http://www.blender.org/download/requirements/>. Hakupäivä 11.5.2015.
31. Render Introduction. 2015. Blender Reference Manual. <http://www.blender.org/manual/render/introduction.html>. Hakupäivä 17.5.2015.
32. Introduction to Materials. 2015. Blender Reference Manual. Saatavissa: [https://www.blender.org/manual/render/blender\\_render/materials/introduction.html](https://www.blender.org/manual/render/blender_render/materials/introduction.html). Hakupäivä 10.5.2015.
33. Blain, John M. 2015. The Complete Guide to Blender Graphics. 2. painos. Boca Raton: CRC Press.
34. Cycles Render Engine Introduction. 2015. Blender Reference Manual. Saatavissa: <https://www.blender.org/manual/render/cycles/introduction.html>. Hakupäivä 10.5.2015.

35. GPU Rendering. 2015. Blender. Saatavissa: [https://www.blender.org/manual/render/cycles/gpu\\_rendering.html](https://www.blender.org/manual/render/cycles/gpu_rendering.html). Hakupäivä 10.5.2015.
36. Price, Andrew 2010. The Ultimate Guide to Buying a Computer for Blender. Blender Guru. Saatavissa: <http://www.blenderguru.com/articles/the-ultimate-guide-to-buying-a-computer-for-blender/>. Hakupäivä 10.5.2015.
37. Reducing Noise. 2015. Blender Reference Manual. Saatavissa: [http://www.blender.org/manual/render/cycles/reducing\\_noise.html?highlight=samples](http://www.blender.org/manual/render/cycles/reducing_noise.html?highlight=samples). Hakupäivä 18.5.2015.
38. Mullen, Tony 2013. Mastering Blender. 2. painos. Kanada: John Wiley & Sons, Inc.
39. Choosing a Frame Rate. 2010. Apple Inc. Saatavissa: <https://documentation.apple.com/en/finalcutpro/usermanual/index.html#chapter=D%26section=4%26tasks=true>. Hakupäivä 10.5.2015.
40. 24185 Speaker wall mount. 2015. König & Meyer. Saatavissa: <http://www.k-m.de/en/supportunddownloads/produktdownloads.html?sid=f81f4dcc319cca0065480906e8a82d18>. Hakupäivä 20.5.2015.
41. CAVE Automatic Virtual Environment. 2015. Visbox. Saatavissa: <http://www.visbox.com/products/cave/>. Hakupäivä 16.5.2015.
42. Rouse, Margaret 2011. CAVE (Cave Automatic Virtual Environment). WhatIs.com. Saatavissa: <http://whatis.techtarget.com/definition/CAVE-Cave-Automatic-Virtual-Environment>. Hakupäivä 16.5.2015.
43. Tietoa Cavesta. 2013. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://cave.oamk.fi/cave/?ln=fi>. Hakupäivä 16.5.2015.
44. Suunnitelmasi heräävät eloon Cavessa. 2013. Oulun ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://cave.oamk.fi/services/?ln=fi>. Hakupäivä 16.5.2015.
45. Vatka, Kari 2014. Diskantin ja basson SolidWorks-mallit. Conseptas Oy.



46. Toothill, Alex 2012. MacBook Pro 15". GrabCAD. Saatavissa: <https://grabcad.com/>.  
Hakupäivä 26.4.2015.
47. Purple apple wallpaper. 2015. Saatavissa: [http://wallpaperswide.com/purple\\_apple-wallpapers.html](http://wallpaperswide.com/purple_apple-wallpapers.html). Hakupäivä 26.4.2015.
48. Color Fiber Texture Wallpaper, Brown, Bolt. 2015. Houzz. Saatavissa:  
<http://www.houzz.com/photos/21585616/Color-Fiber-Texture-Wallpaper-Brown-Bolt-contemporary-wallpaper>. Hakupäivä 16.1.2015.
49. Price, Andrew 2014. Starter Pack. Blender Guru. Saatavissa:  
<http://www.thearchitectureacademy.com/sq/38881-starter-pack>. Hakupäivä 17.12.2014.
50. Josette White/Dove Grey Damask Wallpaper. 2015. Laura Ashley. Saatavissa:  
<http://www.lauraashley.com/uk/wallpaper/josette-whitedove-grey-damask-wallpaper/inv/3260343>.  
Hakupäivä 26.4.2015.