
CAD-MALLIN VISUALISOINNIN TYÖPROSESSI



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Mediatekniikka

Riihimäki, 10.8.2010

Miikka Autere



Mediatekniikka
Riihimäki

Työn nimi CAD-mallin visualisoinnin työprosessi

Tekijä Miikka Autere

Ohjaava opettaja Kauko Ojanen

Hyväksytty _____ . _____ . 20 _____

Hyväksyjä

RIIHIMÄKI
Mediatekniikka

Tekijä	Miikka Autere	Vuosi 2010
Työn nimi	CAD-mallin visualisoinnin työprosessi	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana oli Hämeen ammattikorkeakoulu. Työn tavoitteena on selvittää CAD-mallin visualisoinnin työprosessia. Työn tarjoamia ratkaisuja ja menetelmiä voidaan hyödyntää sekä CAD-mallin visualisointiprojekteissa, että muissakin 3D visualisointia vaativissa projekteissa.

Työn teoriaosuudessa esitellään CAD-mallin ja poly-mallin eroavuudet, sekä käydään läpi 3D-mallin visualisoinnin perusteita. Teoreettisen osuuden tavoitteena on luoda lukijalle selkeä kuva eri visualisointitekniikoiden merkityksestä lopputuloksen kannalta.

Käytännön osuudessa käydään työvaiheittain läpi asiakkaalle tehtävä projekti, jossa muokataan asiakkaalta saatuja CAD-malleja referenssikuvien perusteella, sekä visualisoidaan muokatut mallit flash-sovellusta varten. Läpikäytävät työvaiheet sisältävät CAD-mallin muuntamisen Rhinocerosissa, malliin tehtävät muokkaukset, materiaalien ja valaistuksen luomisen, renderöinnin sekä jälkikäsittelyn.

Jatkotoimenpiteeksi työlle sopii syvällisempi perehtyminen 3D-visualisointiin, sillä työssä käydään läpi vain perusteet valaistuksesta ja renderöintiasetuksista.

Avainsanat 3D, CAD, visualisointi, jälkikäsittely

Sivut 27 s, + liitteet 0 s.

Riihimäki
Media Technology

Author Miikka Autere **Year** 2010

Subject of Bachelor's thesis CAD-model's visualization workflow

ABSTRACT

The thesis was commissioned by HAMK University of Applied Sciences. The purpose of the thesis is to clarify the workflow behind the visualization of a CAD-model. The solutions and methods found in the thesis can be used in similar CAD-model visualization projects as well as in other 3D visualization projects.

In the theoretical frame of reference, the difference between a CAD-model and a poly-model is reviewed, as well as the basics of 3D visualization. The aim is to give the reader a clear view of the different visualization techniques and the effect they have on the final product.

In the end of the thesis is a case based on a customer project. The case works as a step-by-step tutorial on how to edit and visualize CAD-models received from the customer based on reference materials. The reviewed stages include importing a CAD-model to 3ds Max through Rhinoceros, editing the model, creating the materials and lighting, rendering and post-processing.

Further actions for the work could include a more profound look at 3D visualization because only the basics behind lighting and rendering are explained in this thesis.

Keywords 3D, CAD, visualization, post-processing

Pages 27 p + appendices 0 p.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	CAD-MALLI.....	2
2.1	NURBS.....	2
2.2	Tiedostotyypit.....	2
2.2.1	STL.....	3
2.2.2	IGES.....	3
2.2.3	STEP.....	3
3	POLYGON-MALLI.....	4
3.1	Laatikkomallintaminen.....	4
3.2	Pintamallintaminen.....	5
4	MATERIAALIT.....	6
4.1	Arch & design.....	6
5	VALAISTUS.....	8
5.1	Epäsuora valaistus.....	8
5.1.1	Ambient Occlusion.....	8
5.2	Kohdistetut valot.....	9
5.3	Kuvapohjainen valaistus.....	9
6	RENDERÖINTI.....	10
6.1	Perusasetukset.....	10
6.1.1	Exposure control.....	10
6.2	Render elements.....	11
6.3	Depth of field.....	11
7	JÄLKIKÄSITTELY.....	12
7.1	Kompositointi.....	12
7.1.1	Lens blur.....	12
7.2	Levels.....	12
8	CAD-MALLIN VISUALISOINTI.....	14
8.1	Työvaiheet.....	14
8.2	CAD-mallien tuominen 3ds Max-ohjelmaan.....	15
8.2.1	Import-toiminto.....	15
8.2.2	Rhinoceros.....	17
8.3	Mallien muokkaaminen.....	17
8.4	Materiaalien luominen.....	18
8.5	Taustan ja valaistuksen luominen.....	19
8.6	Renderöinti.....	21
8.7	Jälkikäsitteily.....	22
8.7.1	Korjaukset.....	22
8.7.2	Kirkkauden ja kontrastin säätö.....	23

8.7.3	Kompositointi	23
9	YHTEENVETO	26
	LÄHTEET	27

1 JOHDANTO

CAD-mallit (Computer Aided Design) ovat tietokoneella luotuja piirustuksia, jotka pohjautuvat tarkasti tuotteen mittoihin. CAD-ohjelmalla luotuja malleja käytetään hyödyksi tuotteiden suunnittelussa sekä tuotannossa. CAD-ohjelmasta johtuvien rajoitteiden vuoksi tuotteiden visualisointi markkinointi- ja koulutuskäyttöön on hyvä toteuttaa erillisessä visualisointiin tarkoitettussa 3D-ohjelmassa.

Yksi suosituimmista ohjelmista visualisointi käyttöön on Autodesk 3ds Max, jonka 2010 versiota käytetään tämän opinnäytetyön esimerkeissä. Renderöintimoottorina on ohjelman mukana tuleva Mental Ray. CAD-mallit koostuvat NURBS-käyristä (Non-uniform rational B-spline), ja täten CAD-mallit eroavat huomattavasti perinteisistä polygoneista koostuvista 3D-malleista. Tämän takia käytössä on 3ds Maxin lisäksi CAD-mallin tuontia 3ds Maxiin helpottava, NURBSeja paremmin ymmärtävä Rhinoceros 3D-ohjelma.

Työssä käyn läpi eri työvaiheet, jotka vaaditaan valmiin visualisoinnin toteuttamiseksi asiakkaalta saadusta CAD-mallista. Työ pohjautuu Metso Mineralsilta saatuun toimeksiantoon, ja lopulliset visualisoinnit ovat pääasiassa toteutettu asiakkaan toiveiden mukaan muutamaa ylimääräistä esimerkkiä lukuun ottamatta.

Opinnäytetyön tavoitteena on madaltaa kynnystä CAD-mallin visualisointi projektin ja HAMK mediatekniikan koulutusohjelman 3D-kursseilla opittujen asioiden välillä, tarjoamalla yleispätevät ohjeet ja ratkaisut CAD-mallin visualisointiin.

2 CAD-MALLI

CAD (Computer-aided design) tarkoittaa tietokoneavusteista suunnittelua. Termi sisältää sekä vektoripohjaisen suunnittelun että 3D-visualisoinnin. Tietokoneavusteista suunnittelua sovelletaan moneen eri käyttötarkoitukseen, tuotteiden suunnittelusta elokuvien erikoisefekteihin. Tässä opinnäytetyössä CAD-malleilla viitataan NURBS-käyristä koostuviin malleihin ja 3D-malleilla visualisoitaviin polygon-malleihin. (Farin, Hoschek & Kim 2002)

2.1 NURBS

CAD-mallit koostuvat NURBS-käyristä, jotka ovat matemaattisia esityksiä 3D-geometriasta. NURBS-mallit voivat kuvata mitä tahansa muotoa yksinkertaisesta kaksiulotteisesta viivasta, ympyrästä, kaaresta tai käyrästä monimutkaisiin kolmiulotteisiin vapaamuotoisiin pintoihin tai kappaleisiin. NURBS-mallien joustavuuden ja tarkkuuden ansiosta niitä voidaan käyttää missä tahansa prosessissa suunnittelusta ja animaatioista tuotantoon saakka.

NURBS (Non-Uniform Rational Basis Splines) lyhenne kuvailee NURBS-käyrien ominaisuuksia. Non-uniform kertoo, että splinen solmujen välien pituudet voivat vaihdella. Rationaalisuus puolestaan tarkoittaa, että jokaisella kontrollipisteellä on oma painokerroin (weight). Painokertoimet mahdollistavat NURBS-käyrän muodon tarkemman hallinnan. Sana basis kertoo, että NURBS-käyrät määritellään kantafunktioiden avulla.

Teollisuudessa on olemassa useita standardisoituja tapoja vaihtaa NURBS-geometriaa. Tämä tarkoittaa sitä että käyttäjät voivat siirtää mallejaan useiden eri mallinnus-, animointi-, renderöinti- ja analysointiohjelmien välillä. NURBS-esitysmuodon vaatima tiedon määrä on huomattavasti pienempi kuin pinta-mallien vaatima tiedon määrä. Tämän ansiosta NURBS-mallit ovat erittäin tehokkaita monimutkaisten kappaleiden esittämiseen. NURBS-käyrä määräytyy kertaluvun, kontrollipisteiden, solmuvektorin ja evaluointisäännön perusteella. (Farin ym. 2002. Rhinoceros 2010)

2.2 Tiedostotyypit

CAD-ohjelmia on teollisuuden käytössä useilta eri valmistajilta. Tämän takia on pitkälti yrityksestä kiinni mitä ohjelmaa yritys käyttää ja tästä johtuen myös tiedostotyypit vaihtelevat pitkälti. Monet ohjelmat toki tukevat samoja tiedostotyyppisiä, sillä lähes kaikki niistä pohjautuvat NURBS:iin. Yleisimmät CAD-tiedostotyypit, joita HAMK:n Riihimäen yksikössä toimiva mediatekniikan verstaas on eri projekteissa saanut visualisoitavaksi, ovat STL, IGES ja STEP. (Rhinoceros 2010)

2.2.1 STL

STL on lyhenne termistä stereolithographic. STL-tiedostotyyppi on 3D Systemsin kehittämä avoimien standardien mukainen formaatti. STL on kehitetty käytettäväksi yhdessä 3D Systemsin stereolithographylaitteiden ja 3D-tulostimien kanssa. Useimmat ohjelmat tukevat STL-tiedostotyyppiä tallennusformaattina. STL-tiedosto on kolmiopinnoista koostuva esitys kolmiulotteisesta pintageometriasta. STL-tiedostot koostuvat datasta, jossa on määriteltynä kolmioiden pisteiden koordinaatit. Pisteiden järjestys määrittelee pinnan normaalin suunnan. STL-tiedostotyyppit voidaan tuoda 3ds Maxiin käyttäen 3ds Maxin import-toimintoa. (3D Systems)

2.2.2 IGES

IGES-formaatti (The Initial Graphics Exchange Specification) on kehitetty toimimaan neutraalina dataformaattina CAD-mallien siirtoon eri järjestelmien välillä. IGES-standardiin sisällytetty kääntäjä hoitaa mallin pakkaamisen sekä purkamisen IGES-tiedostoksi ja siitä pois. IGES-tiedoston data koostuu itsenäisistä kokonaisuuksista, jotka ovat ryhmitelty kahteen kategoriaan, geometriaan sekä epägeometriaan. Geometria sisältää fyysiset muodot, kuten pisteet, käyrät, pinnat ja kappaleet. Epägeometria sisältää rikastavaa tietoa mallista, kuten perspektiivin ja mittasuhteet. IGES-tiedostotyyppit voidaan tuoda 3ds Maxiin käyttäen 3ds Maxin import-toimintoa. (National Institute of Standards and Technology)

2.2.3 STEP

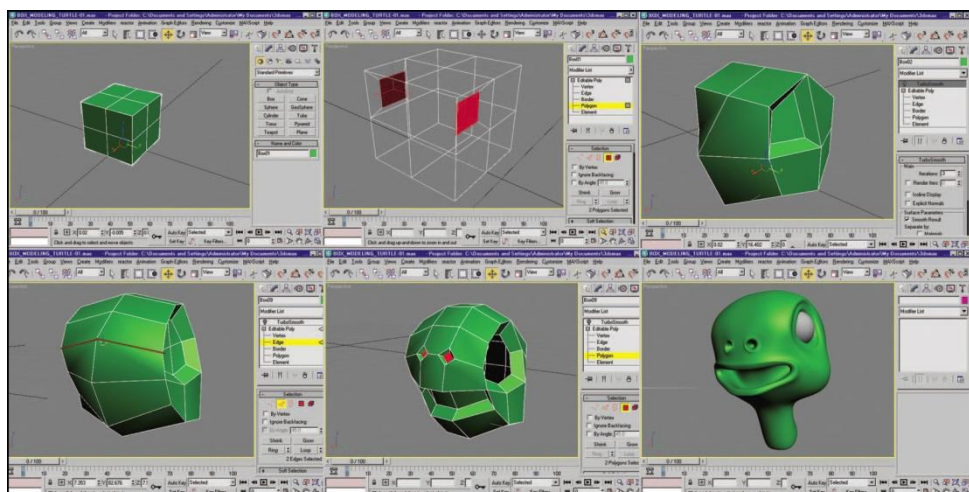
STEP (Standard for the Exchange of Product model data) on Iso-standardi, jonka tarkoituksena on tarjota yksittäisistä järjestelmistä riippumaton tiedostoformaatti tuotteen koko elinprosessille. STEP-formaattia voidaan käyttää esimerkiksi tiedonsiirtoon CAD-ohjelman ja tietokoneavusteisen tuotannon välillä. 3ds Max ei tue STEP tiedostoja, joten ne tulee muuntaa ensin toisessa ohjelmassa, kuten Rhinocerosissa, 3ds Maxin tukemaan formaattiin. (SCRA)

3 POLYGON-MALLI

3D-mallit koostuvat yhdestä tai useammasta segmentistä. Segmentti on ryhmä toisiinsa kiinnitettyjä polygoneja, eli monikulmion muotoisia pintapaloja. Mallintaessa pyritään käyttämään vain kolmion ja nelikulmion muotoisia pintapaloja. Tällöin varmistetaan, ettei mallissa esiinny virheitä ja mallin teksturointi on huomattavasti helpompaa kuin esimerkiksi viisikulmion tapauksessa. Mallintamisen hallitseminen on CAD-mallin visualisoinnin kannalta tärkeä osata, vaikka teoriassa käsitelläänkin valmiita malleja. Usein CAD-mallia 3ds Maxiin siirrettäessä malliin tulee rikkiäisiä tai polygonimäärältään liian raskaita pintoja. Näissä tapauksissa uuden pinnan mallintaminen vanhan päälle on usein nopein tapa korjata malli. Monissa CAD-visualisointi projekteissa tulee myös tehdä muutoksia tai animaatioita, jotka saattavat vaatia osittain tai kokonaan uuden mallin luomista. (Lehtinen 2008)

3.1 Laatikkomallintaminen

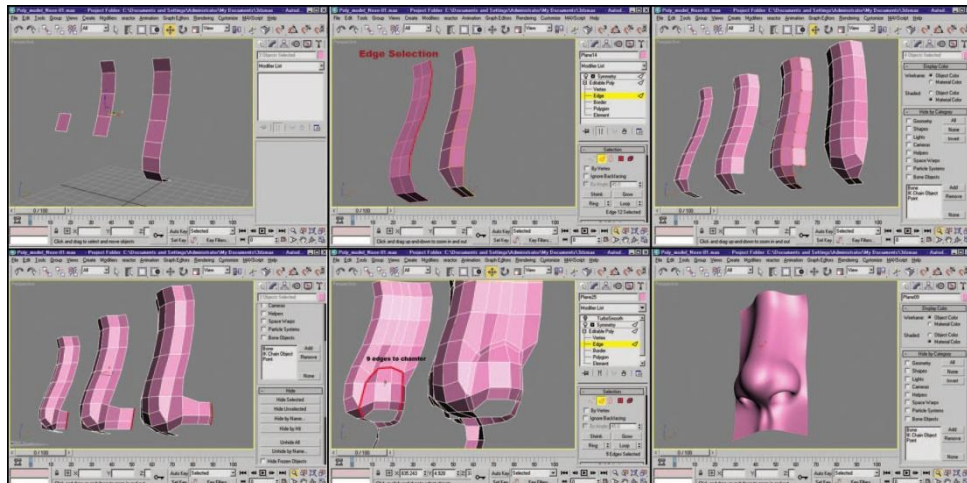
Laatikkomallintaminen (box modeling) on hyvin suosittu ja käytetty tekniikka. Laatikkomallintamisen suosio perustuu siihen, että se on ollut 3D-ohjelmien mallinnusarsenaalissa jo ennen pintamallinnusta. Monet pintamallintamisen tekniikat ovat hyödynnettävissä myös laatikkomallintamiseen. Suurin ero laatikko- ja pintamallintamisen välillä on siinä miten mallintaminen aloitetaan. Koska laatikkomallintaminen aloitetaan suljetusta primitiiviobjektista, on mallin kokonaisuus hahmotettavissa jo hyvin varhaisessa vaiheessa. Haittapuolena laatikkomallintamiselle on geometrian lisäämisen haasteellisuus verrattuna pintamallintamiseen. (Daniele 2009)



KUVA 1 Laatikkomallinnuksen eteneminen (Daniele 2009)

3.2 Pintamallintaminen

Pintamallintaminen (poly modeling) on monien mallintajien suosima mallinnustekniikka, sen tarjoaman hallinnan, tarkkuuden, intuitiivisuuden ja nopeuden ansiosta. Pintamallintaminen aloitetaan yhdestä tai useammasta polygonista, jolloin objekti ei ole suljettu toisin kuin laatikkomallintamisessa. Tämä tarjoaa mallintajalle paremman mahdollisuuden kontrolloida yksittäisiä polygoneja, edgejä ja verteksejä, sekä samalla polygonien virtausta. Pintamallintaminen on hyvä aloittaa mallin vaikeammista yksityiskohdista, kuten kasvojen mallinnuksen aloittaminen kuvassa 2.



KUVA 2 Mallintaminen pintamallinnustekniikalla (Daniele 2009)

Sen jälkeen kun mallin vaikeimmat kohdat ovat mallinnettu, on siirtyminen mallin yksinkertaisempiin kohtiin helppoa, koska valmiita polygoneja ei tarvitse jakaa pienempiin osiin. Pintamallintamisen vaikeutena on valmiin kappaleen hahmottaminen, mikäli kunnollisia konseptikuvia ei ole apuna.

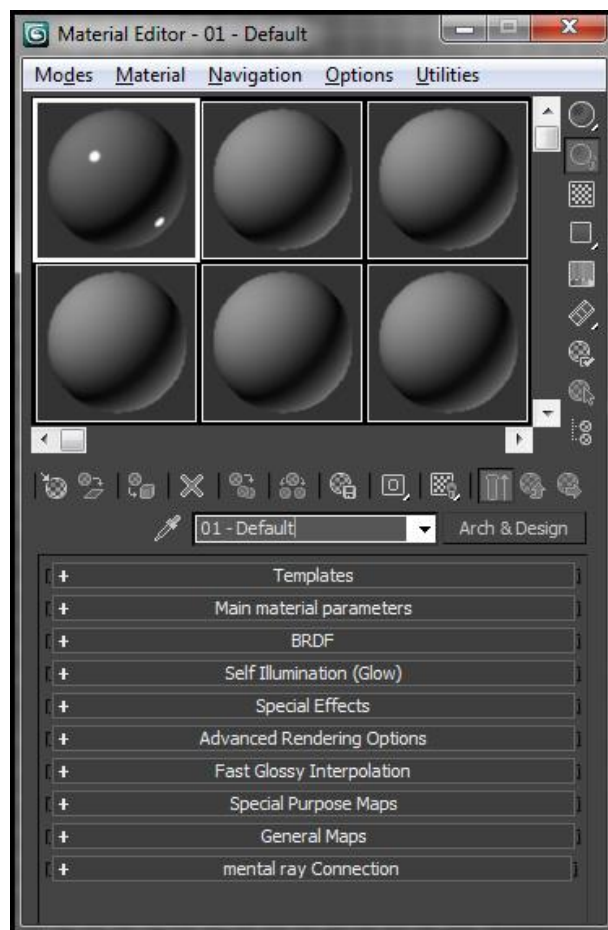
Laatikko- ja pintamallintamisessa käytettäviä tekniikoita ja työkaluja on paljon ja usein haasteellisin tehtävä onkin parhaan tekniikan oivaltaminen. Molemmat mallinnustavat perustuvat pintojen lisäämiseen pursuttamalla (extrude), sekä yksityiskohtien lisäämiseen jakamalla valmiita pintoja pienempiin osiin. Näiden mallinnustekniikoiden kanssa usein hyödynnetään myös modifiereita kuten turbosmooth, joka pehmentää mallin geometrian jakamalla sen pinnat automaattisesti pienempiin osiin. (Autodesk 3ds Max 2011. Daniele 2009)

4 MATERIAALIT

Materiaalit ovat hyvin tärkeitä mallin visualisoinnin kannalta. Materiaaleilla voidaan jäljitellä niiden todellisia vastineita ja ominaisuuksia, kuten väriä, tekstuuria, läpinäkyvyyttä, kiiltävyyttä, jne. 3ds Max-ohjelman sisäänrakennettu materiaalieditori tarjoaa käyttäjälle rajattoman määrän mahdollisuuksia luoda erilaisia materiaaleja. Näiden lisäksi materiaalieditorin mukana tulee yleisiä materiaalipohjia, jotka nopeuttavat halutun lopputuloksen aikaansaamista. (Autodesk 3ds Max 2011)

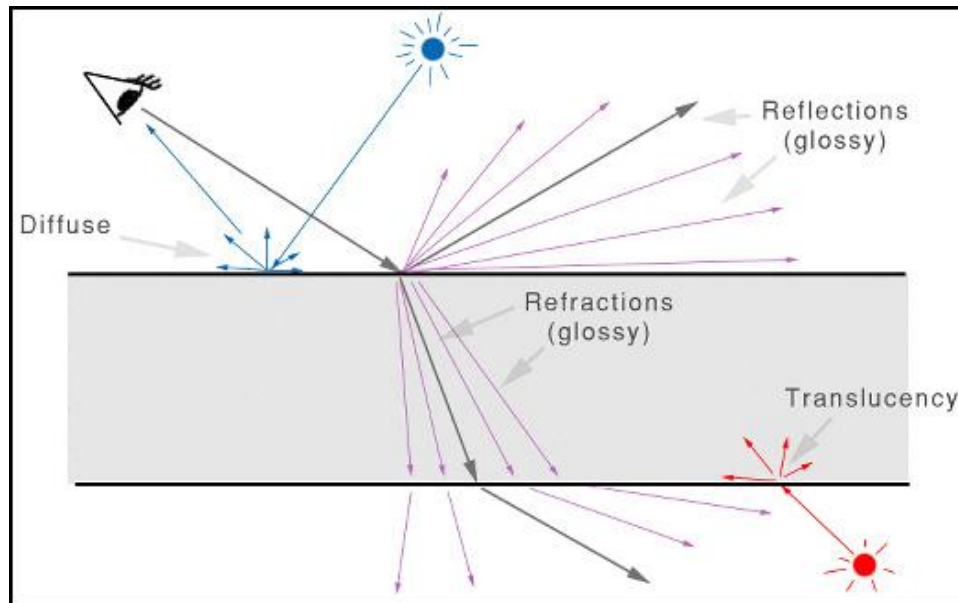
4.1 Arch & design

CAD-mallin visualisoinnissa useimmiten pyritään realistiseen lopputulokseen, jonka saavuttamiseen mental ray-renderöintimoottorin arch & design-materiaali on 3ds Max-ohjelman omia vakiomateriaaleja huomattavasti käyttäjäystävällisempi valinta. Arch & design-materiaalit ovat lisäksi suunniteltu koviin pintojen, kuten metallin, puun ja lasin visualisointia varten. Materiaali tarjoaa monipuoliset asetukset, jaettuina selkeisiin kategorioihin, jotka näkyvät kuvassa 3.



KUVA 3 Arch & design materiaalin asetukset (Autodesk 3ds Max 2011)

Arch & design-materiaalin shading-malli koostuu käyttäjän näkökulmasta kolmesta komponentista: diffuse, reflections sekä refraction. Diffuse-heijastuksessa pintaan osuva valonsäde hajoaa useaan suuntaan. Diffuse-asetuksella määritellään kappaleen väri. Reflection on tavanomainen valon tulokulmasta riippuva heijastus, joka määrittelee kappaleen kirkkaat kohdat (highlights) ja peilaavuuden (reflections). Refraction määrittelee kappaleen läpinäkyvyyden.



KUVA 4 Arch & design-materiaalin shading-malli (Autodesk 3ds Max 2011)



KUVA 5 Diffuse, reflections ja highlights erikseen ja yhdistettynä (Autodesk 3ds Max 2011)

Kaikki skenen sisältämät valonlähteet luovat diffuse-heijastuksia ja heijastuvat läpinäkyvän kappaleen läpi, mutta vain suorat valonlähteet luovat kirkkaita kohtia.

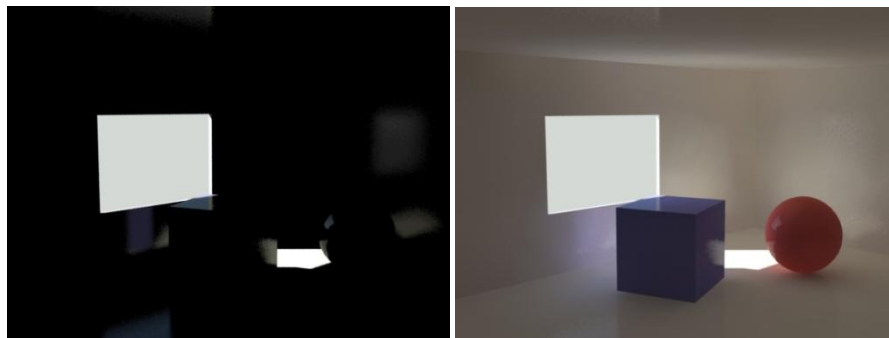
Yksi arch & design-materiaalin tärkeimmistä ominaisuuksista on energian säilyttäminen. Materiaali pitää huolen, että valaistuksen tuottama energiamäärä pysyy vakiona ja jakaantuu diffuse-, reflection- ja refraction-komponenttien kesken. Käytännössä siis yhden komponentin muuttaminen vaikuttaa automaattisesti vähintään yhteen toiseen komponenttiin. (Autodesk 3ds Max 2011)

5 VALAISTUS

Arch & Design-materiaalit ovat suunniteltu käytettäväksi realistisessa valaistusympäristössä, joka koostuu suorasta kohdistetusta valosta (direct) sekä epäsuorasta valaistuksesta (indirect illumination). Mental ray mahdollistaa kaksi tapaa luoda epäsuoraa valaistusta: final gather sekä global illumination, joista final gatheria voidaan käyttää joko yhdessä global illuminationin kanssa tai yksinään. (Autodesk 3ds Max 2011)

5.1 Epäsuora valaistus

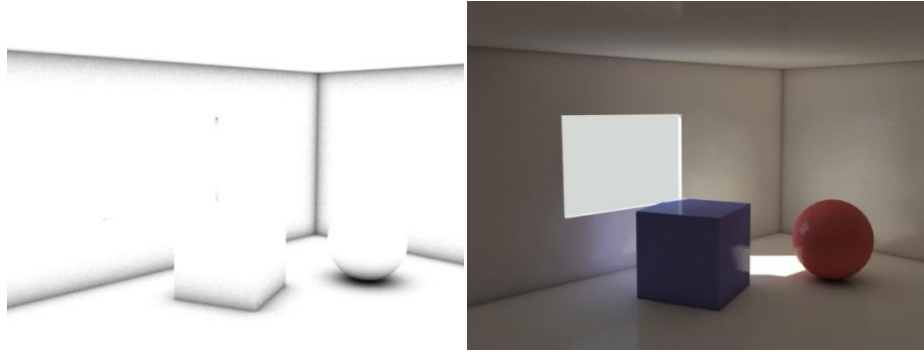
Luotaessa valaistusta 3D-ohjelmassa tulee huomioida, että todellisuudessa valonsäteet heikkenevät edetessään, mutta perinteisimmät valot 3D-ohjelmistoissa eivät. Käytettäessä pelkästään final gatheria epäsuoran valaistuksen aikaansaamiseksi, voidaan tavallisilla valoillakin saada kohtuullisia lopputuloksia, sillä final gather huomioi vain valon heijastumisen pinnasta toiseen. Global illuminationia käytettäessä valonlähteet lähettävät fotoneita, jolloin valonlähteen heikkenemisen pitää olla suhteutettuna fotonien heikkenemiseen. Tämän takia global illuminationin kanssa on helpointa käyttää photometrisia valoja, jotka pyrkivät olemaan fysikaalisesti realistisia. Kuvassa 5 on kärjistetty esimerkki epäsuoran valaistuksen vaikutuksesta. Vasemmalla on daylight -valaistus ilman epäsuoraa valaistusta ja oikealla epäsuoran valaistuksen kanssa. (Autodesk 3ds Max 2011)



KUVA 6 Final gatherin ja global illuminationin vaikutus daylight- valaistukseen

5.1.1 Ambient Occlusion

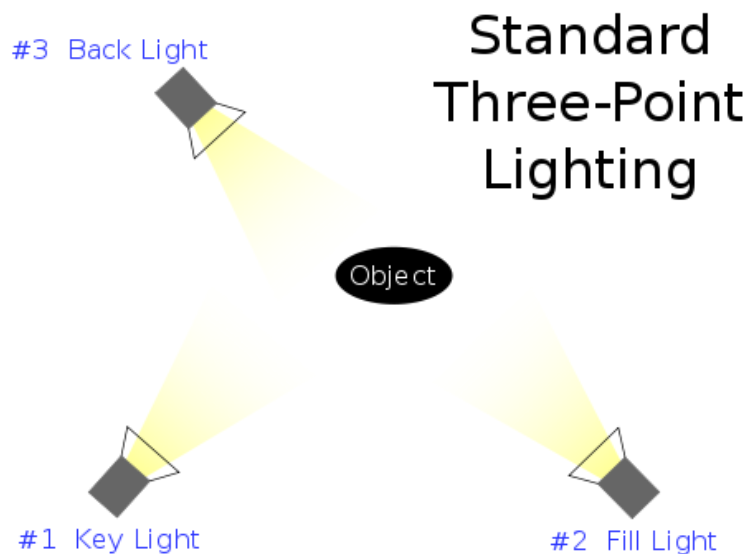
Epäsuoran valaistuksen haittapuolena on sen tapa kadottaa ahtaiden kontaktikohtien ja kulmien varjot, aiheuttaen sen että kappaleet tuntuvat leijailevan ilmassa ja kulmia on vaikea hahmottaa. Tämä voidaan korjata lisäämällä renderöintiin ambient occlusion-efekti, joka simuloi epäsuoraa valaistusta. Pienellä etäisyys-arvolla saadaan ambient occlusionilla luotua varjot vain ahtaisiin kohtiin. Ambient occlusion-efekti voidaan luoda joko omalla materiaalillaan tai arch & design materiaalin erikoisefektiinä. Erillinen ambient occlusion renderöinti kompositoidaan varsinaisen renderöinnin päälle kuvankäsittelyohjelmassa käyttäen multiply-layerasetusta. (Autodesk 3ds Max 2011)



KUVA 7 Ambient occlusionilla saadaan tuotua kadonneet kulmat takaisin

5.2 Kohdistetut valot

Kohdistettuja valoja käytettäessä, olivat ne sitten tavanomaisia tai photometrisia, on hyvä pyrkiä jäljittelemään todellista tilannetta. Esimerkiksi huonetta valaistaessa tulee asettaa valot sinne missä huoneen valaisimet ovat. Yksittäistä kappaletta valaistaessa voidaan taas simuloida studio-valaistusta, eli luoda ns. kolmipistevalaistus, joka koostuu päävalosta, tasausvalosta sekä takavalosta. (Autodesk 3ds Max 2011. Wikipedia 2010)



KUVA 8 Perinteinen kolmipistevalaistus (Wikipedia 2010)

5.3 Kuvapohjainen valaistus

Kuvapohjainen valaistus tai HDRI -valaistus perustuu valaisuun kuvan avulla. Kuvapohjaisessa valaistuksessa skylight-valon ympäristöksi sekä skenen ympäristöksi asetetaan kuva, joka simuloi ympäristöä, josta valaisuinformaatio otetaan. Tämän tekniikan suurimpana etuna on sen kyky aiheuttaa realistisen tuntuja heijastuksia, ilman että skeneen on mallinnettu kappaleita, jotka aiheuttaisivat heijastuksia. Kuvapohjainen valaistus vaatii toimiakseen final gatherin. (Autodesk 3ds Max 2011)

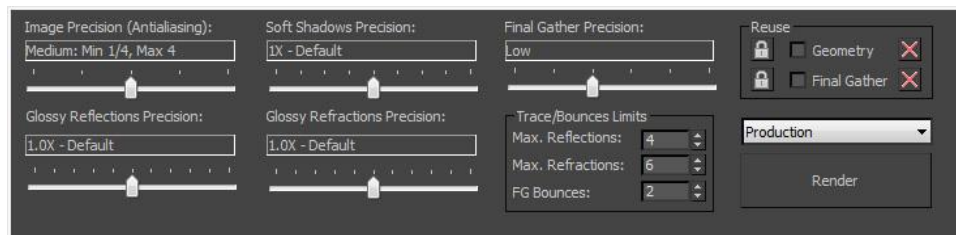
6 RENDERÖINTI

Renderöinnillä tarkoitetaan kuvan muodostamista mallista käyttäen tietokoneohjelmaa. Renderöinnissä on usein kyse lopputuloksen laadun ja sen renderöintiin käytetyn ajan kompromissista. Renderöinnin optimoimisella tarkoitetaan renderöintiasetusten muuttamista siten, että lopputuloksen laatu pysyy silminnähden samana, renderöintiajan lyhentyessä.

Autodesk 3ds Max-ohjelman mukana tuleva Mental ray on yleiskäyttöön tarkoitettu, hyvin monipuolinen ja tehokas renderöintimoottori. Mental ray pohjautuu fyysikaalisesti korrekteihin laskentoihin, minkä ansiosta se soveltuu myös photorealistisiin renderöintitarkoituksiin. (Autodesk 3ds Max 2011)

6.1 Perusasetukset

Autodesk 3ds Max-ohjelmassa Mental rayn perusasetukset ovat sisällytetty renderöinti-ikkunan alle. Perusasetukset ovat pelkistettyjä versioita renderöintiasetusikkunasta löytyvistä asetuksista, mutta ajavat usein asiansa mikäli renderöinnin optimointi ei ole päätavoitteena.



KUVA 9 Mental ray perusasetukset (Autodesk 3ds Max 2011)

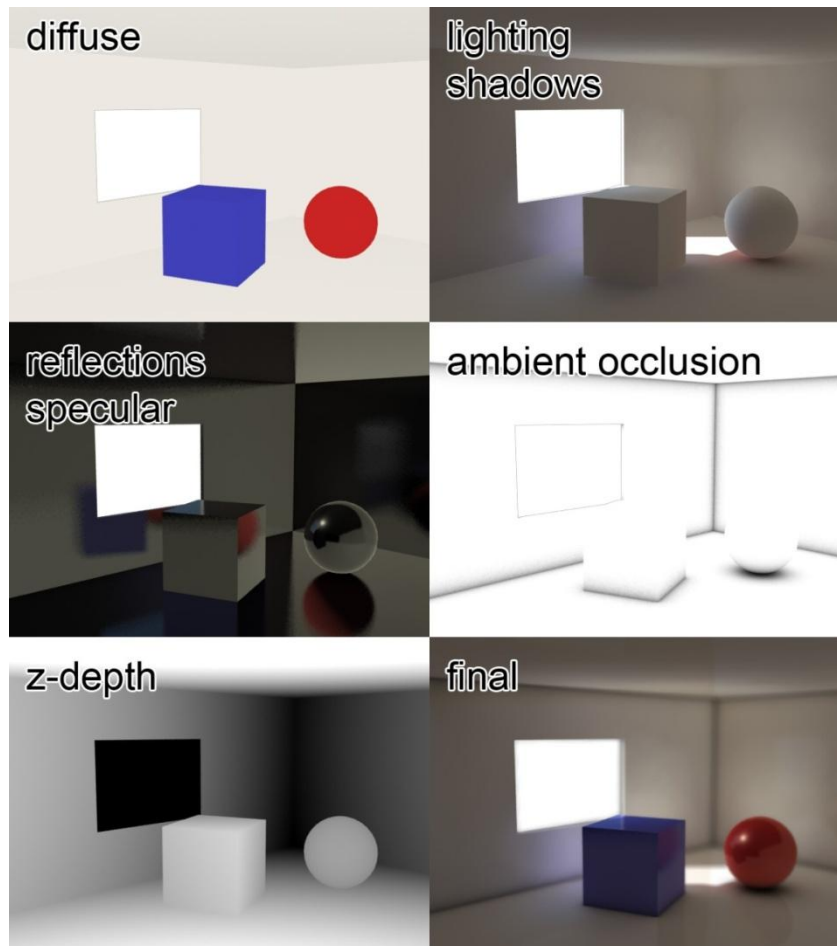
Perusasetuksista voidaan kontrolloida muun muassa final gatheria, sekä antialiasointia eli reunojen pehmenystä. Final gatherin tarkkuutta korottamalla saadaan vähennettyä valaistuksen läikikkyyttä. Antialiasointia korottamalla puolestaan voidaan vähentää kappaleiden reunoissa esiintyviä sahalaitoja. (Autodesk 3ds Max 2011)

6.1.1 Exposure control

Exposure -asetuksista voidaan säätää renderöinnin valotusta sekä värejä käyttäen apuna nopeata esikatselu renderointiä. Exposure -asetusten käyttäminen nopeuttaa halutun renderöinnin lopputuloksen aikaansaamista huomattavasti. Varsinkin raskaiden renderöintien kanssa on tärkeitä hyödyntää exposure -asetuksia, sillä useampien ei-toivottujen renderöintien kanssa voi kulua runsaasti aikaa hukkaan. (Autodesk 3ds Max 2011)

6.2 Render elements

Render elements mahdollistaa renderöidyn kuvan informaation jakamisen useisiin eri kuviin, joita voidaan käsitellä toisistaan riippumatta. Tämä mahdollistaa muutoksien, kuten kappaleen värin vaihdon tai varjojen tummuuden säätämisen ilman uudelleen renderöintiä. Kuvassa 10 on havainnollistava esimerkki render elementsin käytöstä, alhaalla oikealla valmis kompositioitu kuva. (Autodesk 3ds Max 2011)



KUVA 10 Renderöinti jaettu useaan osaan jälkikäsitteilyä varten

6.3 Depth of field

Depth of field eli terävyysalue on kuvaamiseen liittyvä ilmiö, jossa kuva on tarkennettu tietylle syvyysalueelle. Photorealistisen vaikutelman aikaansaamiseksi dof-efektiä simuloidaan myös 3D-visualisoinnissa. Dof-efekti voidaan luoda monella tapaa, mm. renderöiden se suoraan 3D-ohjelmassa taikka hyödyntäen kuvassa 10 näkyvää z-depth elementtiä. Z-depth luo mustavalkoisen kuvan, joka sisältää skenen syvyysinformaation, jota voidaan hyödyntää kuvankäsittelyohjelmassa tiettyjen alueiden sumentamiseen. Depth of field-efektin luominen kuvankäsittelyohjelmassa hyödyntäen renderöityä syvyysinformaatiota on huomattavasti nopeampaa, kuin sen laskeminen 3D-ohjelmassa. (Autodesk 3ds Max 2011)

7 JÄLKIKÄSITTELY

Jälkikäsitteilyllä tarkoitetaan alkuperäisen kuvan muokkaamista kuvankäsittelyohjelmalla, kuten standardiksi muodostuneella Adobe Photoshop-ohjelmalla. Kuvankäsittely pitää sisällään kaikki kuvaan tehtävät muutokset yksittäisten pikselien muokkaamisesta koko kuvaan tehtäviin säätöihin. 3D-kuvien jälkikäsitteilyssä keskitytään useimmiten renderöityjen kuvien kompositointiin sekä kontrastin, värikylläisyyden ja väritasapainon säätöön. (Adobe Photoshop CS4)

7.1 Kompositointi

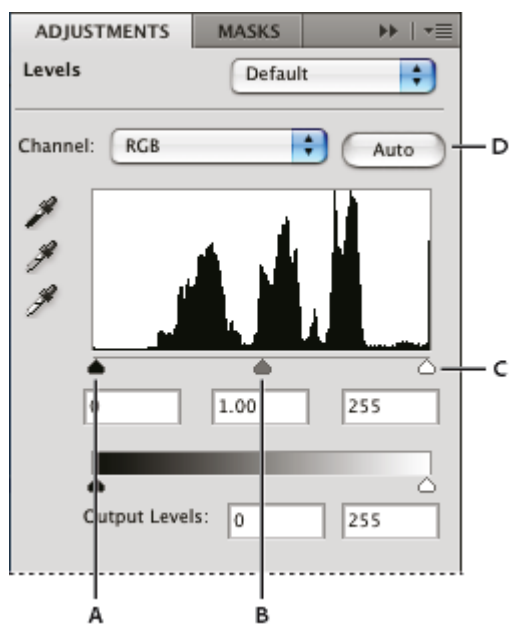
Jälkikäsitteilyn yhteydessä kompositoinnilla tarkoitetaan eri informaatiota sisältävien kuvien yhdistämistä lopulliseksi kuvaksi. 3D-visualisoinnissa kuvan informaatio voidaan pilkkoa moneen eri elementtiin, jotka yhdistetään kuvankäsittelyohjelmassa. Etuna elementteihin pilkkomisella on kuvan eri osien käsittely erillään toisistaan. (Adobe Photoshop CS4. Autodesk 3ds Max 2011)

7.1.1 Lens blur

Lens blur -filterillä simuloidaan kameran syväterävyyttä sumentamalla kohdat, joihin kamera ei ole tarkennettu. Lens blur -efekti hyödyntää erillistä mustavalkoista syvyyskarttaa, joka tuodaan kuvan alpha -kanavaan. Lens blur -filteri sisältää runsaasti säädettäviä asetuksia, joilla efektin voimakkuuteen voidaan vaikuttaa. Tämä muokattavuus yhdessä laskentatehokkuuden kanssa tekevät siitä huomattavasti 3ds Maxin kameran sisältämää dof-efektiä käytännöllisemmän. (Adobe Photoshop CS4)

7.2 Levels

Nopea tapa korjata kuvan värisävyjä sekä kirkkautta on levels -työkalun avulla. Levels -työkalu esittää histogrammin kuvan sisältämistä sävyistä, sekä antaa kuvankäsittelijän asettaa kuvan tummimman kohdan mustaksi sekä kirkkaimman kohdan valkoiseksi. Tämä operaatio pakottaa kuvan käyttämään laajempaa skaalaa. (Adobe Photoshop CS4)



KUVA 11 A. Varjot B. Keskisävyt C. Kirkkaat kohdat D. Automaattinen värienkorjaus (Adobe Photoshop CS4)

8 CAD-MALLIN VISUALISOINTI

Tämä opinnäytetyö pohjautuu Metso Mineralsille tehtyyn projektiin, jossa valmiista cad-malleista tuli muokata ja visualisoida kuvia, jotka ilmaisivat kivenmurskuskoneen virheellisestä käytöstä teriin aiheutuneita epätavallisia kulumisprofiileja. Projektissa auttoivat asiakkaan antamat kuvamateriaalit toivotuista epätavallisista kulumisista, jotka piti mallintaa ja visualisoida. Osa saaduista kuvamateriaaleista oli hyvin yksiselitteisiä antaen selkeän lähtökohdan mallien muokkaukselle, toisten kuvien ollessa epäselkeitä vaatien lisäinformaatiota asiakkaalta. Vastaavissa projekteissa onkin aina hyvä varmistaa asiakkaalta epäselkeät kohdat, jotta ylimääräistä työtä ei tule tehtyä. Mikäli CAD-malliin ei tarvitse tehdä muutoksia, referenssimateriaaleiksi riittävät kuvat, joista käy ilmi eri materiaalit, myös mahdollisista tekstuureista, kuten esimerkiksi logoista, on tarpeen olla kuvia.

8.1 Työvaiheet

CAD-mallin visualisointi voidaan jakaa viiteen työvaiheeseen jotka ovat: CAD-mallin tuonti visualisointiohjelmaan, muokkaukset ja animaatiot, valaistuksen ja materiaalien luonti, renderöinti sekä jälkikäsittely.

Suurin osa työtunneista kuluu mallien muokkaamisessa, sekä animaatioiden tekemisessä. Myös materiaalien ja valaistuksen hienosäätämiseen pystyy upottamaan runsaasti aikaa, yhdessä sopivien renderöintiasetusten löytämiseen. Itse renderöinnin laskemiseen ei teoriassa kulu paljoa työaikaa, sillä laskentaan voidaan hyödyntää renderöintifarmia tai mallit voidaan jättää renderöitäväksi työpäivän päätteeksi.

Toki visualisoitavan projektin ajankäytön jakautuminen riippuu lopulta projektista. Esimerkiksi joissakin projekteissa voidaan hyödyntää suoraan aiempien projektien materiaaleja ja valaistuksia, jolloin jää enemmän aikaa animaatioiden ja muokkausten tekemiseen. Toisissa projekteissa puolestaan saattaa olla, ettei malleihin tarvitse tehdä suuria muokkauksia tai animaatioita, jolloin suurin osa ajasta voidaan käyttää visualisoinnin optimointiin.

Mikäli projektilla on tiukka aikataulu voi aikaa koettaa säästää materiaalien, valaistuksen ja renderöintiasetusten kustannuksella. Yksinkertaiset materiaalit ja valaistus yhdessä matalampien renderöintiasetusten kanssa ovat paitsi helpompi toteuttaa myös renderöityvät nopeammin. Jälkikäsittely puolestaan on työvaihe, jolla voi olla hyvinkin suuri vaikutus visualisoinnin lopputulokseen, eikä se yleensä vie paljoa aikaa.

8.2 CAD-mallien tuominen 3ds Max-ohjelmaan

Asiakkaalta saadut CAD-mallit tulivat useassa eri tiedostotyyppissä. Osa tiedostotyypeistä tuotiin 3ds Maxiin käyttäen import-toimintoa, mutta STEP-tiedostot täytyi muuntaa 3ds Maxin ymmärtämään muotoon Rhinoceros-ohjelmassa.

8.2.1 Import-toiminto

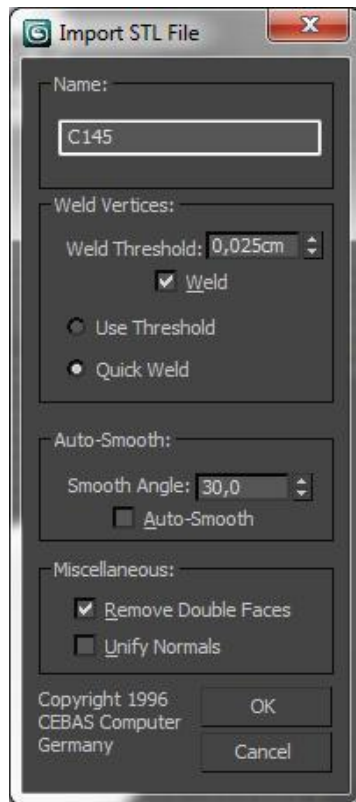
3ds Maxin import-toiminto tarjoaa yksinkertaiset vaihtoehdot CAD-mallin tuomiselle. Vaihtoehdot tosin vaikuttivat huomattavasti siihen, kuinka nopeasti CAD-mallin kääntäminen poly-malliksi onnistui.

Weld vertices kohdassa asetettiin asetukset verteksien yhdistämiselle, tavoitteena vähentää niiden lukumäärää poistamalla mahdollisia turhia verteksejä. Weld-asetuksena tuli käyttää Quick Weldiä, sillä numeroarvoon perustuvan verteksien yhdistämisen laskeminen kesti erittäin kauan.

Auto-smoothin tehtävänä on pyöristää kappaleen kulmat, jotka ovat smooth angle arvon sisällä. Tämä tosin on harvoin tarpeen CAD-malleissa, sillä niiden polygonimäärät ovat erittäin suuria ja pyöristykset ovat usein tehty jo suoraan malliin. Auto-Smooth päällä mallin kääntäminen kesti tunteja, mikäli malli edes suostui kääntymään. Auto-Smoothia ei siis käytetty. Tarvittaessa Auto-Smooth voidaan lisätä jälkikäteen poly-objektin asetuksista.

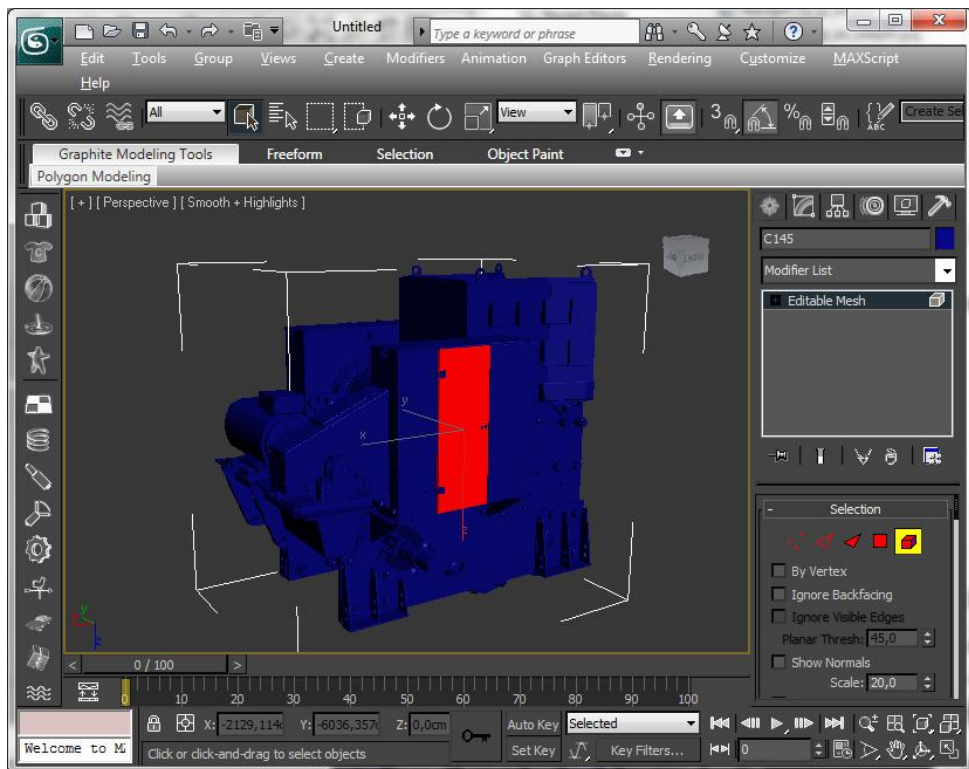
Muita muutettavia asetuksia olivat Remove Double Faces ja Unify Normals. Remove Double Faces poistaa ylimääräiset identtiset pinnat. Unify Normals pyrkii pakottamaan jokaisen pinnan normaalin samaan suuntaiseksi, kuin sitä ympäröivien pintojen normaalit ovat.

Kuvassa 12 olevilla asetuksilla mallin kääntäminen onnistui alle puolessa minuutissa.



KUVA 12 *Import-asetusvalikko STL-tiedostolle*

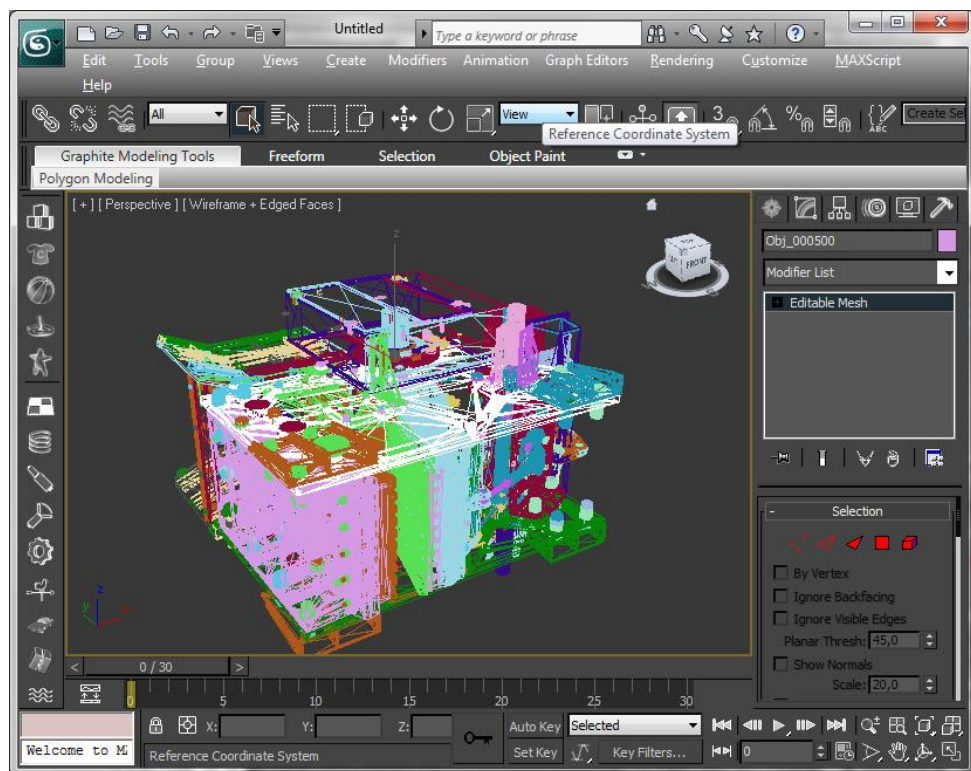
Tuomisen jälkeen malli koostui yksittäisestä objektista, joka oli jaettu useisiin loogisiin segmentteihin. Yksittäisen objektin ansiosta skenen hallitseminen oli helppoa ja segmentit helpottivat mallin pilkkomista osiin muokkausta varten.



KUVA 13 *STL-malli koostui sopivista segmenteistä importauksen jälkeen*

8.2.2 Rhinoceros

3Ds Max ei ymmärrä STEP-malleja, joten niiden kohdalla malli tuli muuntaa toiseen muotoon Rhinoceros-ohjelmassa. Tallentaminen tapahtui yksinkertaisesti file->save as-valikosta. Rhinoceros tarjosi mallin tallentamisen yhteydessä monta eri vaihtoehtoa tiedostotyyppiä. Tässä vaiheessa oli tärkeää valita tiedostotyyppi, jonka tuominen 3ds Maxiin onnistuisi ongelmitta, jotta mallin jälkikäsitteily olisi mahdollisimman mutkatonta. Aiempien toimivien CAD-mallien ansiosta valitsin STL-tiedostotyyppin, jolloin CAD-mallin kääntäminen poly-malliksi tehdään 3ds Maxin puolella import-työkalulla. Kuvassa 14 vertailun vuoksi malli tallennettuna 3D Studio-tiedostoksi (.3ds), joka pilkkoi mallin segmenttien sijaan objekteiksi.



KUVA 14 3DS-malli koostui segmenttien sijaan objekteista

Eri objekteihin pilkotulla mallillakin on hyvät puolensa. Esimerkiksi ylimääräiset objektit voidaan piilottaa suoraan, mikä helpottaa raskaiden mallien käsittelyä. Huomioitavaa objekteihin pilkottujen mallien kohdalla oli myös 3ds Maxin nimeämiskäytäntö, jonka johdosta kappaleet olivat nimetty Obj_0000000 - Obj_0002000. Nimeämiskäytäntönä tämä on ymmärrettävin ainoa tapa tuhansista objekteista koostuvien mallien kohdalla, mutta ainakin muokattavat objektit tulisi nimetä uudestaan, sillä se selkiyttää mallia huomattavasti ulkopuolisille tekijöille.

8.3 Mallien muokkaaminen

Malleihin tehdyt kulumiset olivat epäilemättä työn haasteellisin osuus. NURBS-pohjaisten CAD-mallien muokkaaminen polygoneiksi muuntamisen jälkeen oli erittäin haasteellista suurten polygonimäärien

ansiosta. Suuret polygonimäärät yhdessä epämääräisten polygoniverkkojen kanssa aiheuttivat sen, että malli käyttäytyi ennalta arvaamattomasti eri työkalujen kohdalla. Varsinaista työskentelytapaa, joka olisi toiminut jokaisen mallin ja kulumistavan kohdalla ei ollut mahdollista löytää. Useissa malleissa päädyin lopulta mallintamaan terien kulumispuolen uudestaan, jotta muutoksien tekeminen boolean-operaattoreita ja modifiereita käyttäen oli mahdollista.

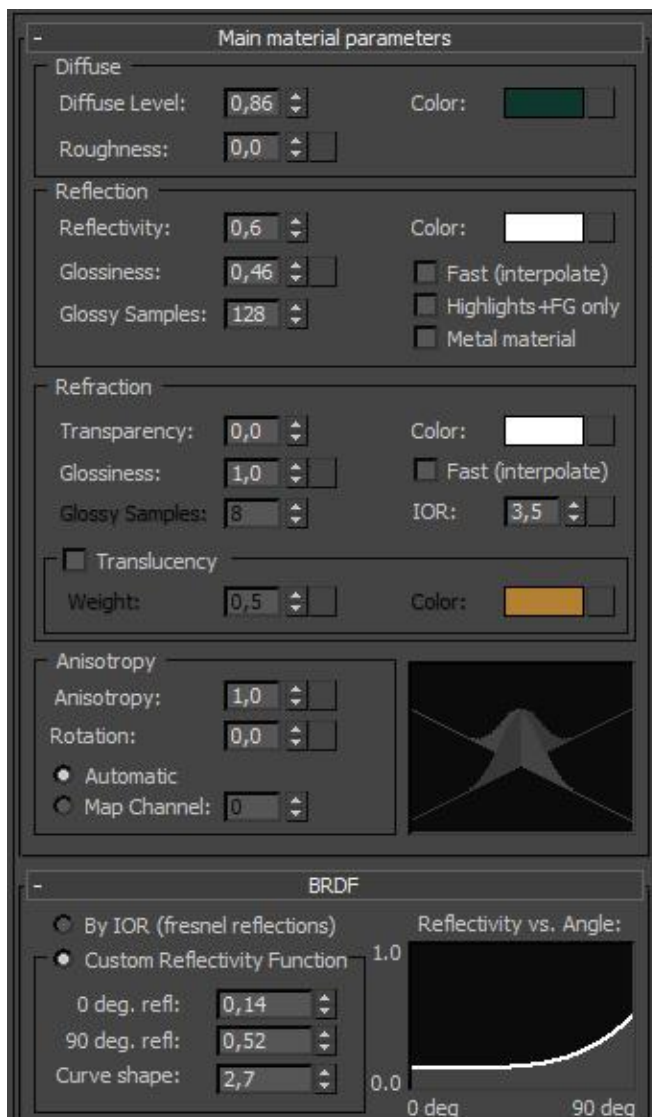
Modifiereista mainittakoon slice, jolla kappale voitiin katkaista kahteen osaan. Tämän jälkeen halkaistun kappaleen reunasta saatiin luotua spline-profiili, joka helpotti uuden muokattavan kappaleen luomista.

8.4 Materiaalien luominen

Materiaalit ovat erittäin tärkeitä visualisoinnin kannalta. Asiakkaalle tehtävää projektia varten onkin hyvä tiedustella asiakkaalta, minkä tyyppistä lopputulosta he odottavat. Osa asiakkaista saattaa antaa visualisoijalle vapaat kädet, kun taas toiset asiakkaat ovat hyvin tarkkoja lopputuloksesta, toivoen että se vastaa aiemmin tuotettujen visualisointien ilmettä. Tässä projektissa luotiin ainoastaan uusia malleja vanhaan projektiin, jolloin nopein ja varmin tapa tuottaa asiakkaan toivoma visualisointi, oli importata -valaistus ja osa materiaaleista aiemmista asiakkaan jo hyväksymistä visualisoinneista.

Tässä työssä visualisoitavat mallit koostuivat täysin maalipinnasta, joka oli osittain kulunut pois. Tämän ansiosta tarvittiin vain kaksi erillistä materiaalia visualisoitavalle kappaleelle sekä oma materiaalinsa taustalle. Visualisoitavat koneet puolestaan koostuivat useammasta erivärisestä maalipinnasta, mutta diffuse väri oli ainoa materiaalin ominaisuus, johon tehtiin muutoksia.

Materiaali maalipinnalle luotiin käyttäen arch & design-shaderia. Tavoitteena oli simuloida maalattua metallista pintaa, mutta välttää tarkkoja peilimäisiä heijastuksia. Tämä saatiin aikaiseksi säätämällä diffuse, reflection ja refraction asetuksia, sekä BRDF-käyrää, jossa määriteltiin pinnan heijastuvuuden riippuvuus valaistuksen kulmasta.



KUVA 15 Maalipintaa simuloivan materiaalin tärkeimmät asetukset

Kulumakohdat tehtiin hyödyntämällä tekstuurimappia. Tekstuurimappi luotiin Photoshopissa muokkaamalla kuluneista metallipinnoista otettuja kuvia. Ideaalisessa tapauksessa vastaavanlaiset tekstuurit saataisiin otettua lähes suoraan referenssikuvista, mutta tämä on yleensä mahdollista vain tapauksissa, joissa mallintaja itse pääsee ottamaan referenssikuvia.

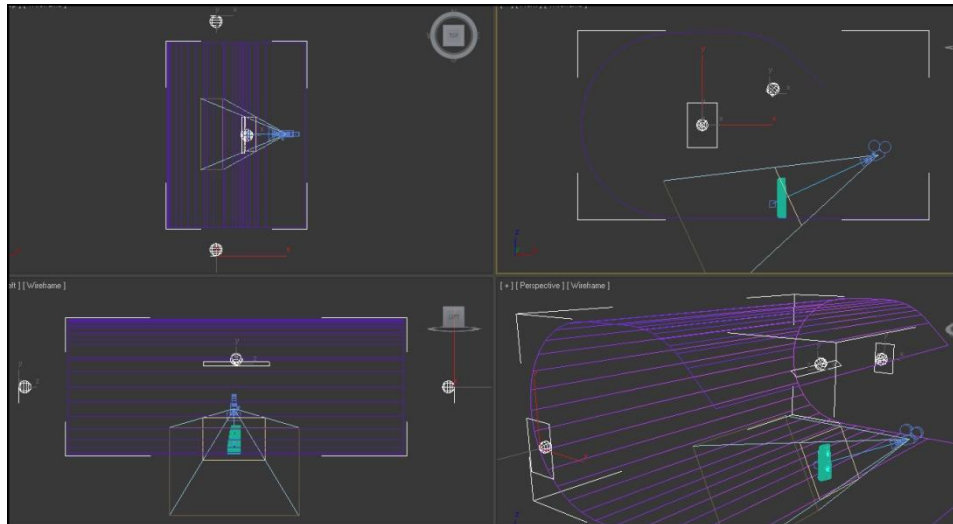
8.5 Taustan ja valaistuksen luominen

Tausta ja valaistus yhdessä materiaalien kanssa luovat näyttävän visualisoinnin. Mikäli yksikin näistä on pielessä, on lopputulos harvoin toivotunlainen. Myös taustaa tehdessä on hyvä pyrkiä sen realistiseen vastineeseen, esimerkkinä kuvan 16 kangastausta. Taustan tärkein ominaisuus tuotteiden visualisoinneissa on valon heijastaminen tasaisesti kappaleeseen. Tässä työssä tausta luotiin spline-profiilista käyttäen extrude-modifieria, jolloin lopputulos simuloi parhaiten studiotauktaa.



KUVA 16 Studioiden käyttämä perinteinen valkoinen kangastausta (<http://www.kuvaus.fi/kuvat/vuokrastudio2.jpg> luettu 22.6.2010)

Valaistukseksi yksittäisille terille luotiin kolmipistevalaistus käyttäen photometrisia valoja. Photometrisilla valoilla pystyttiin simuloimaan aitoja valoja parhaiten, sillä niissä voidaan määritellä valonlähteen mitat, sen sijaan että kaikki valonsäteet tulisivat yksittäisestä pisteestä, kuten 3ds Maxin tavallisissa valoissa. Suurempien valonlähteiden ansiosta varjoista saadaan pehmeämmät ja realistisemman oloiset.



KUVA 17 Skenen valaistus ja tausta

Kookkaammat kokonaiset konemallit valaistiin daylight-järjestelmällä. Daylight-järjestelmä simuloi päivänvaloa, yhdessä auringon ja taivaasta koostuvan ympäristön kanssa. Etuna daylight-järjestelmän käytöllä on sen nopeus ja helppokäyttöisyys. Daylight-järjestelmällä saatiin luotua

pehmeä valaistus sekä heijastukset ilman useita valoja ja heijastavia objekteja.

Kaikkien valaistusmetodien lisäksi käytettiin myös final gatheria, joka simuloi epäsuoraa valaistusta heijastaen valonsäteitä pinnoista. Tämä auttoi valaistuksen tasoittamisessa ja etenkin niiden paikkojen valaisemisessa, mihin suora valaistus ei pääse. Final gather mahdollisti myös valaistuksen sävyn muuttamisen heijastavan kappaleen värin mukaan.

8.6 Renderöinti

Renderöinnissä optimoitiin asetukset lopullista sovellusta silmällä pitäen. Mallit renderöitiin 720p-resoluutiolla, joka oli riittävän suuri jälkikäsitteilyä varten ja josta voitiin skaalata lopulliseen sovellukseen tulleet pienemmät kuvat.

Kuvan kirkkaus ja kontrasti säädettiin ennen renderöintiä Exposure Control-valikoista. Tavoitteena oli saada valaistus sellaiseksi, että kuva ei ole liian tumma, eikä ylivalottunut. Exposure Control-alasvetovalikosta valittiin Mental ray Photographic Exposure Control, joka simuloi valokuvauksen valaistusominaisuuksia. Valotustyyppi otettiin valoarvoon (Exposure Value) perustuva metodi. Pienempi arvo kasvattaa valaistusta, kun taas suurempi arvo vähentää valaistusta. Kuvan värien säätäminen jätettiin tässä vaiheessa rauhaan odottamaan jälkikäsitteilyä, mutta on hyvä tietää, että tarvittaessa Exposure Control-asetuksista voi myös tehdä korjauksia kuvan värisävyihin.

Renderöitäessä tuli myös huomioida tarpeeksi korkea antialiasointi-asetus, jotta kuviin ei muodostunut silmännähtäviä sahalaitoja. Sopiva näytteiden määrä haettiin hyödyntäen region-renderöintiä, jossa renderöitiin vain pieni osa kuvasta lopullisella resoluutiolla.

Final gatherissa päädyttiin low-asetukseen, joka oli sekä riittävän korkea että valaistus oli tasainen eikä kirkkaita läiskiä esiintynyt. Bounce-määräksi asetettiin kaksi, jolloin säteet kimpoilevat kaksi kertaa.

Kompositointia varten varsinaisen renderöinnin lisäksi laskettiin kaksi muuta kuvaa, ambient occlusion sekä syvyysinformaatio. Ambient occlusionilla saadaan tuotua esiin yksityiskohtaiset varjot, jotka ovat kadonneet epäsuoranvalaistuksen toimesta. Syvyysinformaatiolla puolestaan saadaan luotua kuvan syvyysterävyys.

Syvyysinformaatio saatiin varsinaisen renderöinnin yhteydessä z-depth-elementistä, jossa asetetaan kuvan tarkkuusalueen minimi- ja maksimiarvo. Tarkkuusalueen arvot haettiin kameran environment range-apuvälineellä, myös Z-depth saadaan päälle Render Elements-valikosta. Muita tapoja Depth of Field-efektin luomiseksi ovat kameran asetuksista asetettava Depth of Field multi-pass-efekti, joka kasvattaa huomattavasti renderöintiäikää, sekä materiaalilla luotava efekti, joka antaa saman

lopputuloksen kuin z-depth. Syvyysinformaatiomateriaali luodaan laittamalla falloff-tekstuuri materiaalin self-illumination kohtaan.

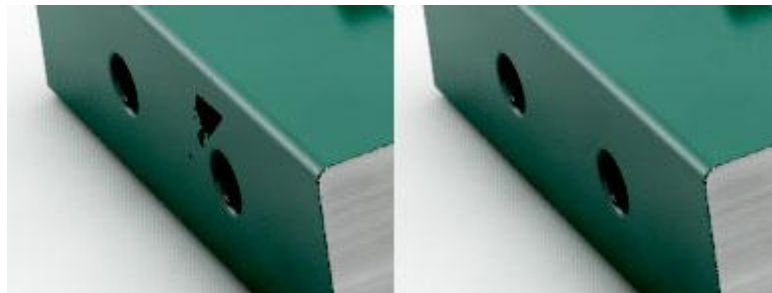
Ambient occlusion-varjoja varten luotiin oma materiaalinsa, jolla korvattiin skenen kaikki materiaalit laittamalla se material override-paikkaan. Ambient occlusion materiaalia luodessa tehtiin muutama testi renderöinti, joiden avulla säädettiin näytteiden määrä sekä ambient occlusionin vaikuttama etäisyys sopiviksi. Ambient occlusion kuvaa renderöitäessä on hyvä huomioida, että exposure control sekä epäsuoravalaistus tulee olla pois päältä.

8.7 Jälkikäsittely

Jälkikäsittely on visualisoinnin kannalta erittäin tärkeää, sillä renderöidyt kuvat ovat harvoin täysin onnistuneita. CAD-malleihin voi renderöitäessä tulla rikkiäisiä pintoja, joiden korjaaminen 3ds Maxissa on työlästä verrattuna kuvien korjaamiseen Adobe Photoshopissa. Tämän lisäksi mallin renderöinti useisiin eri elementteihin mahdollistaa kuvan eri osien, kuten heijastusten ja varjojen tarkan säätämisen kompositoinnin yhteydessä. Tässä työssä erillisinä kuvina renderöitiin vain ambient occlusion sekä z-depth.

8.7.1 Korjaukset

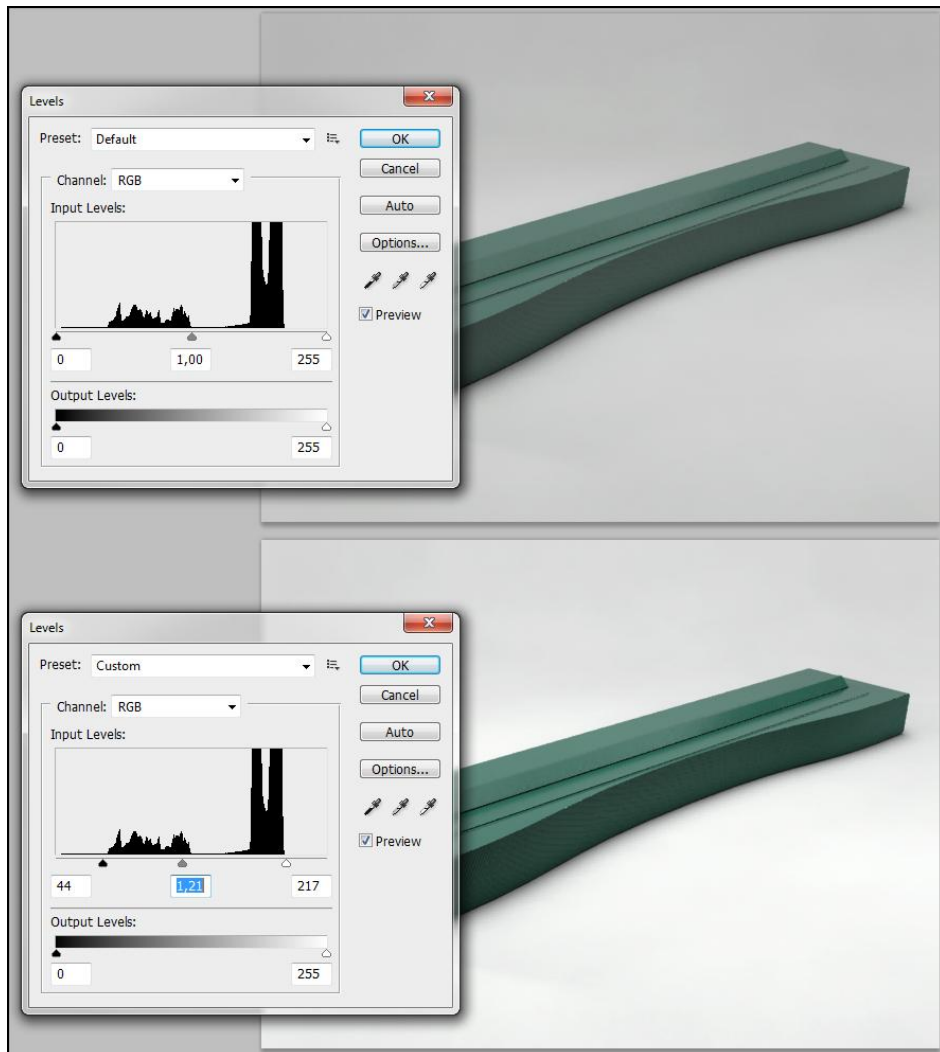
Osassa renderöidyistä malleista esiintyi mustia reikiä tasaisilla pinnoilla. Nämä mustat kohdat korjattiin joko kopioimalla viereisestä kohdasta pala kyseisen kohdan päälle tai maalaamalla vierestä otetulla värillä reikä umpeen. Maalaaminen toimi vain pienissä virhekohtissa, kun taas suuremmissa kohdissa jouduttiin käyttämään isompia paloja paikkaamiseen. Adobe Photoshop CS5-versiosta lähtien ohjelma sisältää uuden ominaisuuden. Fill-työkalun yhteydessä on valittavissa Content-Aware, joka pyrkii laskemaan ympäröivän alueen perusteella mitä täytettävän kohdan tulisi sisältää. Kyseinen työkalu voi osoittautua erittäin tehokkaaksi tavaksi paikata virheellisiä kohtia CAD-mallien renderöinneissä.



KUVA 18 Tyypillinen käännetyssä CAD-mallissa ollut virhe, joka on korjattu Photoshopissa

8.7.2 Kirkkauden ja kontrastin säätö

Renderöinnin yhteydessä exposure control -asetuksista löytyvän exposure valuen, eli valoarvon, säätäminen auttoi hieman halutun lopputuloksen saamisessa, mutta tästä huolimatta lopputuloksen kirkkaus ja kontrasti eivät olleet täysin sitä mitä oli haettu. Photoshopissa tehokas tapa korjata värisävyjä, kirkkautta sekä kontrastia on Image -> Adjustments -> Levels valikosta. Tällä pienellä operaatiolla on usein hyvinkin suuret vaikutukset lopputuloksen näyttävyteen.

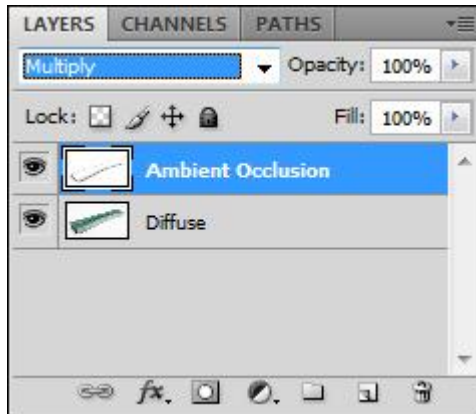


KUVA 19 Renderöity CAD-malli ennen ja jälkeen Levels-säätöä

8.7.3 Kompositointi

Kompositointivaiheessa yhdistettiin renderöidyt kuvat lopulliseksi kuvaksi. Ambient occlusion kuva kopioitiin varsinaisen kuvan päälle. Ambient occlusion tason tyypiksi asetettiin multiply, joka mustavalkoisen kuvan kohdalla luo osittain läpinäkyvän kuvan efektin. Mustat kohdat pysyvät mustina, valkoiset kohdat ovat täysin läpinäkyviä ja harmaat kohdat osittain läpinäkyviä. Ambient occlusion varjojen voimakkuutta voitiin lisäämisen jälkeen säätää opacity muuttamalla, mikäli varjot eivät

olleet tarpeeksi tummia, pystyttiin niitä voimistamaan monistamalla ambient occlusion tasoa.



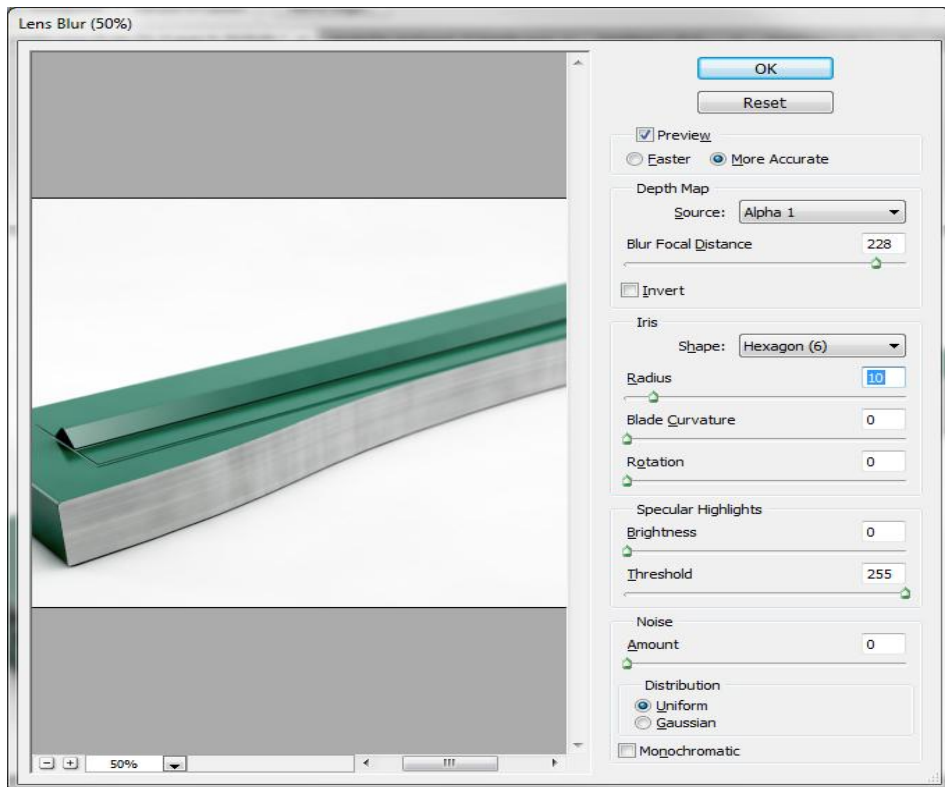
KUVA 20 Ambient occlusion tason lisääminen

Depth of Field-efekti luotiin tuomalla zdepth-kuva alpha-kanavaksi, luomalla kanaviin uusi taso, johon zdepth-kuva kopioitiin.



KUVA 21 Zdepth-kuva tuotiin alpha-kanavaksi

Tämän jälkeen alpha-kanava otettiin pois näkyvistä ja palautettiin RGB-taso valinnaksi. Lens Blur-filteeriin asetettiin Filter->Blur->Lens Blur valikoiden kautta.



KUVA 22 *Lens Blur*-asetusvalikko

Tärkeimmät säädettävät asetukset olivat Blur Focal Distance sekä Radius. Blur Focal Distancella määritettiin tarkennettu syvyys ja Radiuksella puolestaan sumennuksen voimakkuus. Blur Focal Distancen pystyi asettamaan myös painamalla haluttua kohtaa vasemmanpuoleisesta esikatselukuvasta, jolloin kuva automaattisesti tarkentui kyseiseen kohtaan.

9 YHTEENVETO

Työssä pyrittiin tutkimaan CAD-mallin visualisoinnin työprosessia ja kehittämään tehokkaita toimintatapoja vastaavien projektien toteuttamiseksi.

Tehokkaimmaksi työtavaksi CAD-mallin siirtoon havaittiin CAD-mallin muuntaminen STL-tiedostoksi Rhinocerosissa ennen tuontia 3ds Maxiin, sillä STL-tiedostot mahdollistivat 3ds Maxin oman import-työkalun käyttämisen. STL-tiedostojen tuonti import-työkalulla onnistui ongelmitta, kunhan siirtoasetukset oli ensin säädetty kuntoon.

Haasteellisin työvaihe oli muokkausten tekeminen poly-malliksi muunnettuun CAD-malliin. Tämä johtui mallin suurista polygonimääristä, jotka häittivät eri työkalujen toimivuutta. Ratkaisuna tähän jouduttiin käyttämään muokattavan kohdan uudelleen mallintamista, alkuperäisen mallin toimiessa referenssinä.

CAD-mallin siirtämisen ja muokkausten jälkeen toteutettu visualisointi ei poikennut juurikaan perinteisten 3D-mallien visualisoinnista lukuun ottamatta muutamien mallissa esiintyneiden virhekohtien korjaamista jälkikäsitelyssä.

LÄHTEET

Farin, G. Hoschek, J. Kim, M.-S. Handbook of computer aided geometric design. 2002. Viitattu 2.6.2010

http://books.google.com/books?id=0SV5G8fgxLoC&printsec=frontcover&dq=Computer+Aided+GEOMETRIC+DESIGN&source=gbs_summary_s&cad=0

Daniele, T. 2009. Poly-modeling with 3ds max - thinking outside of the box. Oxford, UK: Elsevier Inc.

Autodesk, Autodesk 3ds max 2011 Help. Viitattu 2.6.2010

<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?siteID=123112&id=14835825>

McNeel, Rhinoceros - NURBS modeling for windows. Viitattu 4.6.2010

<http://www.rhino3d.com/nurbs.htm>

3D Systems, 3d lightyear user's guide. Viitattu 5.6.2010

http://www.3dsystems.com/techsupport/software/3DLightyear/3DLY_UserGuide+Addenda.pdf

National Institute of Standards and Technology, The initial graphics exchange specification. Viitattu 5.6.2010

<http://ts.nist.gov/standards/iges/>

SCRA, STEP application handbook. Viitattu 5.6.2010

http://www.tc184-sc4.org/SC4_Open/SC4_Standards_Developers_Info/Files/STEP_application_handbook_63006.pdf

Murdock, K. 2006. 3ds max 8 bible. Indianapolis, USA: Wiley Publishing Inc.

Lehtinen, A. 2008. 3d graphics. Viitattu 30.9.2009.

<http://knol.google.com/k/antti-lehtinen/3d-graphics/1v4rc1st5bccg/2#>

Three-point lighting. 2008. Wikipedia. Viitattu 11.6.2010

http://en.wikipedia.org/wiki/Three-point_lighting

Mental ray - photorealistic rendering software. 2010. Mental images. Viitattu 12.6.2010

<http://www.mentalimages.com/products/mental-ray.html>

Adobe, Using Adobe Photoshop CS4. Viitattu 30.6.2010

http://help.adobe.com/en_US/Photoshop/11.0/index.html

