

Realismin lisäys 3D-tuotevisualisoinnissa

Aatu Pekkanen

Opinnäytetyö
Marraskuu 2019
Tekniikan ala
Insinööri (AMK), mediatekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t) Pekkanen, Aatu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Marraskuu 2019
	Sivumäärä 59	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Realismin lisäys 3D-tuotevisualisoinnissa		
Tutkinto-ohjelma Mediatekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Kari Niemi		
Toimeksiantaja(t) Movya Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Movya Oy, joka on jyvaskyläläinen globaalisti toimiva digitaalisen median yritys. Työn tavoitteena oli tutkia realismin lisäystä 3D-tuotevisualisoinnissa sekä kasvattaa tietopohjaa realismille 3D-tuotevisualisoinnissa. Tehtävänä oli luoda 3D-tuoteanimaatio Movya Oy:n asiakasprojektia varten.</p> <p>Työssä käsiteltiin realismin tavoittelun historiaa 3D-visualisoinnissa sekä tutkittiin referenssejä tosielämän vastakohtiin 3D-visualisoinnin realismissa. Lisäksi työssä tutkittiin erilaisia vaihtoehtoisia tapoja realismin lisäämiseen 3D-tuotevisualisoinnin toteutuksessa.</p> <p>Opinnäytetyössä kuvattiin myös 3D-tuotevisualisoinnin luonti 3ds Maxilla, Vraylla ja After Effectsilla mallinnuksesta jälkikäsitteilyyn sekä realismin lisäystä vaiheittain tietopohjan perusteella.</p> <p>Tuloksena saatiin laaja tietopohja realismin lisäämiseksi 3D-tuotevisualisoinnissa. Lisäksi saatiin perusrakenne 3D-visualisoinnin luontiin sekä sen eri vaiheisiin. Opinnäytetyön tuloksena syntyi myös valmis 3D-tuoteanimaatio asiakasprojektia varten. Asiakas oli tyytyväinen lopputulokseen ja toteutettu työ täytti realistisen 3D-tuotevisualisoinnin vaatimukset.</p>		
Avainsanat (asiasanat) 3D, Fotorealismi, Visualisointi		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Pekkanen, Aatu	Type of publication Bachelor's thesis	Date November 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 59	Permission for web publication: x
Title of publication Enhancing realism in 3D product visualization		
Degree programme Media Engineering		
Supervisor(s) Niemi, Kari		
Assigned by Movya Oy		
Abstract <p>The thesis was assigned by Movya Oy, which is a globally operating digital media company from Jyväskylä. The objective of the project was to study the enhancing of realism in 3D product visualization and to increase the knowledge base for realism in 3D product visualization. The goal was to create a 3D product visualization for a Movya Oy customer project.</p> <p>The paper covers the history of realism in 3D visualization, and real life references for realism in 3D visualization. The study also touches on alternative ways of increasing realism in 3D product visualization.</p> <p>A finished 3D product visualization designed with 3ds Max, Vray and After Effects is also covered with step-by-step processes of enhancing realism from modelling to post-production.</p> <p>As an end result of the thesis, a vast knowledge-base was gained for enhancing realism in 3D product visualization. In addition, a basic structure for creating a 3D visualization was created. A finished 3D product animation was also created for a customer project. The customer was happy with the end result and the finished project fulfilled the requirements of a realistic 3D product visualization.</p>		
Keywords/tags (subjects) 3D, Photorealism, Visualization		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

Sanasto	4
1 Työn lähtökohdat	6
1.1 Toimeksiantaja	6
1.2 Tavoitteet	6
2 3D-visualisointi ja realismin tavoittelu	7
2.1 Miksi ja miten realismia tavoitellaan 3D-visualisoinnissa?	7
2.2 Realismin historiaa 3D-visualisoinnissa.....	8
2.3 3D-tekniikan kehitys kohti fotorealismia	9
3 Visualisoinnin käyttökohteen määrittely ja rajaaminen asiakasprojektissa	11
3.1 Projektin rajaus ja tavoitteet.....	11
3.2 Tuotteen käyttökohde ja toiminnallisuus	12
3.3 Julkaisuformaatti	12
4 Referenssien haku tosielämästä	14
4.1 Referenssikuvien ja videon kerääminen	14
4.2 Valo.....	15
4.3 Kamera	15
4.4 Materiaalit ja värit.....	17
4.5 Objektit ja skaala	18
4.6 Plastinen sommittelu	18
4.7 Liike.....	19
5 3D-mallit ja niiden visualisointi	20
5.1 Mallit ja mallinnus	20
5.2 Valaistus	22
5.2.1 Yleistä valaistuksen luomisesta	22
5.2.2 HDRI-valaistus.....	23
5.2.3 IES-valoprofiilit.....	25
5.3 Kameran	26
5.3.1 Fyysiset kamerat 3D-ohjelmissa	26

	2
5.3.2	Fyysisen kameran virheet 26
5.3.3	3D Kamera-tracking 28
5.4	Teksturointi ja materiaalit 29
5.4.1	Physically based rendering 29
5.4.2	Materiaalien luonti 30
5.4.3	3D-teksturointityökalut 32
5.5	Animointi ja sommittelu 32
5.6	Renderöinti 33
5.7	Jälkikäsitely 34
5.7.1	Yleistä jälkikäsitelystä 3D-visualisoinnissa 34
5.7.2	Värimäärittely 35
6	Case: Lääkintätuotteiden mallinnus, materialisointi ja valaisu visualisointiin. 36
6.1	Referenssien tutkiminen 36
6.2	Mallinnus 37
6.3	Animointi 40
6.4	Materialisointi 41
6.5	Kamera-asetukset 46
6.6	Valaisu 46
6.7	Jälkikäsitely 49
7	Tulokset ja pohdinta 54
	Lähteet 57
Kuviot	
Kuvio 1.	Ed Catmullin käsi 8
Kuvio 2.	Turner Whittedin raytracing-testi vuodelta 1979 10
Kuvio 3.	Uudelleen valotettu HDR-kuva 13
Kuvio 4.	Esimerkki eri linssien po0littoväleistä 17
Kuvio 5.	Kolmanneksen sääntö 19
Kuvio 6.	Näyttelijä Hugh Jackman 3D-skannattuna elokuvaan Logan 22

Kuvio 7. Ulkomaisema HDRI-valaistusympäristönä	24
Kuvio 8. Sisätila HDRI-valaistusympäristönä	24
Kuvio 9. Erilaisten lamppujen IES-valoprofiileja 3D-renderöinneissä	25
Kuvio 10. Matala syväterävyys tehokeinona 3D-visualisoinnissa	27
Kuvio 11. Eri suuruisia vinjetointiefektejä 3ds Maxin fyysisessä kamerassa	27
Kuvio 12. Pyöreä ja terällinen bokeh 3ds-Maxin fyysisessä kamerassa	28
Kuvio 13. Skannatun materiaalin luonti	31
Kuvio 14. Lopullisen kuvan muodostavat render elementit	34
Kuvio 15. Jälkikäsitellyssä 3D-renderöintiin lisättyä valovuotoa ikkunan pieliin	35
Kuvio 16. Referenssikuva erilaisista sydämen tahdistimista	37
Kuvio 17. Referenssikuva 3ds Maxissa mallinnuksen pohjana	38
Kuvio 18. Ruiskun männän malli ennen turbosmooth modifieria	39
Kuvio 19. Ruiskun männän malli turbosmooth modifierin jälkeen	39
Kuvio 20. Bend modifierien animointi elektronisen lääkelaastarin malliin	40
Kuvio 21. Tahdistimen alumiinimateriaali 3ds Maxin editorissa	42
Kuvio 22. Testirenderöinti tahdistimen materiaaleista	43
Kuvio 23. Testirenderöinti lääkeruiskun lasi- ja muovimateriaaleista	44
Kuvio 24. 3D-tulostetun muovin VrayFastSSS2-materiaali 3ds Maxin editorissa	45
Kuvio 25. Testirenderöinti tekolonkan materiaalista	45
Kuvio 26. HDRI-kuva ympäristönä ja valaisemassa tahdistinta	46
Kuvio 27. Tahdistimen mallin valoasetup	47
Kuvio 28. Tahdistin valaistuna pelkästään key-valolla	48
Kuvio 29. Tahdistin valaistuna pienellä korostusvalolla	48
Kuvio 30. Yhdistetty valaistus tahdistimelle	49
Kuvio 31. Esimerkki spekulaarisesta heijastuksesta omana elementtinään	50
Kuvio 32. Tahdistin ennen ambient occlusionin lisäystä	51
Kuvio 33. Tahdistin ambient occlusionin lisäyksen jälkeen	51
Kuvio 34. Render-elementit tuotuna After Effectsiin omaan kompositioon ja koostettuna päällekkäin	52
Kuvio 35. Lumetri värikorjaus sekä curves efekti After Effectsissä	53
Kuvio 36. Tahdistin ennen värikorjausta	53
Kuvio 37. Tahdistin värikorjauksen jälkeen	54

Sanasto

Anti-aliasing

Reunanpehmenys sahalaitaisten reunojen poistoon.

CAD-malli

CAD on lyhenne sanoista Computer-aided design. Se on tietokoneavusteisesti luotu 3D-malli teknisestä piirustuksesta.

Digital sculpting

3D-mallinnustapa, jossa korkearesoluutioisesta kappaleesta muotoillaan saven tapaan malli.

Diffuse reflection

Useaan eri suuntaan hajoava valon heijastus kappaleen pinnasta. Heijastuva väri muodostaa ihmissilmän havaitseman värin ja muodon.

Gamma

Gammakorjaus on epälineaarinen laskukaava, jolla korjataan eri näyttöpäätteiden ja kuvan tai videon välisiä valoisuus ja väriarvoja. Gammakorjauksella muutetaan alkuperäisen kuvan valoisuus näyttöpäätettä tukevaksi arvoksi, jotta kuva näyttää samalta.

Global illumination

Suoran valon lisäksi lasketut ylimääräiset valonsäteet 3D-renderöinnissä.

IOR

Taitekerroin, joka määrittelee valon taittumisen kahden aineen rajapinnassa.

Normal mapping

Pinnanmuotojen luominen 2D-tekstuurilla geometrian sijaan.

Polygon

3D-mallinnuksessa käytettävä monikulmio, joka koostuu verteksipisteistä, niitä yhdistävistä reunaviivoista ja viivojen väleihin muodostuvasta pinnasta. Tyypillisesti kolmi- tai nelikulmio.

Sampling

Valonsäteiden laskentamäärä yksittäiselle pikselille 3D-renderöinnissä, jolla määritellään pikselin väri. Suurempi määrä tuottaa tarkemman tuloksen.

Specular reflection

Yksisuuntainen peilimäinen valon heijastus kappaleen pinnasta.

Subsurface scattering

Läpinäkyvän materiaalin tai objektin läpäisevä ja hajoava valo.

UV-mapping

2D-kuvan luonti 3D-mallin pinnoista teksturointia varten.

Z-puskurointi

3D-kuvan pikselisyvyyden laskutekniikka, jolla luodaan syvyysvaikutelma.

1 Työn lähtökohdat

1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Movya Oy. Se on vuonna 2009 perustettu digitaalisen median yritys. Movyalla on yksi toimipiste Jyväskylässä, jossa työskentelee noin 18 ihmistä. (Olemme globaalisti toimiva digitaalisen median yritys n.d.)

Movya on digitalisaatioon erikoistunut yritys, jonka asiakkaita ovat monet suuret teollisen alan yritykset, kuten Outotec, Valmet ja ABB. Tuotantotapoja ovat muun muassa videokuvaus, sovellustuotanto, käsikirjoitus sekä 3D-tuotanto, joka sisältää kuva- ja animaatiotuotantoja sekä virtuaalitodellisuussovelluksia. Movyan toiminta pohjautuu vahvasti elämykselliseen tarinankerrontaan ja strategiseen kumppanuuteen yritysasiakkaiden kanssa. (Mitä teemme n.d.)

1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön aiheeksi valittiin realismin tutkiminen ja sen lisäksi 3D-tuotevisualisoinnissa. Movyan 3D-tuotannoista iso osa keskittyy teknisen alan animaatioihin, tuotekuviin ja virtuaalitodellisuussovelluksiin. Teknisen alan tuotteita pyritään usein visualisoimaan realistisesti tosielämää jäljitellen. Aiheeseen päädyttiin, sillä se on yritystä hyödyttävä ja jatkuvasti ajankohtainen aihe.

Työn tavoitteena oli perehtyä syvällisemmin realismin tutkimiseen 3D-tuotevisualisoinnissa ja luoda sitä kautta teoreettista tietopohjaa käytetyille menetelmille. Työssä tutkittiin tosielämän vertauskohtia 3D-todellisuuteen, niiden soveltamista sekä käytännön toteutusta 3D-visualisoinnissa. 3D-visualisoinnin voi jakaa karkeasti kahteen kategoriaan: perinteiseen ennalta laskettuun renderöintiin sekä reaaliaikaisesti laskettavaan renderöintiin. Opinnäytetyö keskittyy ensin mainittuun esilaskettavaan tapaan Autodeskin 3ds Max ja Chaosgroupin Vray-sovelluksilla.

Tutkimustietoja käytettiin hyväksi case-esimerkkinä toimivassa teknisessä toteutuksessa, joka toteutettiin osana Movyan asiakasprojektia.

2 3D-visualisointi ja realismin tavoittelu

2.1 Miksi ja miten realismia tavoitellaan 3D-visualisoinnissa?

Jo ensimmäisestä tietokoneella luodusta 3D-grafiikasta lähtien yksi keskeisiä tavoitteita on ollut tosielämän jäljitteleminen. Vaikka onkin luonnollista, että 3D-grafiikan alkutaipaleella inspiraatiota ja ohjenuoria on haettu luonnon lainalaisuuksista, nykytekniikalla vain lähestulkoon mielikuvitus on rajana. Miksi siis pyrimme toistamaan ympäröivää maailmaamme pienintä yksityiskohtaa myöten?

Perinteisesti elokuvateollisuus ja mainostoimistot ovat ajaneet 3D-grafiikan kehittymistä kohti realismia. Kalliit lavasteet ja maskeeraukset on voitu korvata uskottavalla 3D-grafiikalla ja se on myös mahdollistanut tapahtumien ja kokonaisten maailmojen luonnin, mikä ei ennen ollut mahdollista. Vaikka kyseessä olisivatkin avaruusoliot toiselta planeetalta, 3D-artistit tavoittelevat tosimaailmaan pohjautuvaa realismia. Mitä todellisemmilta näkemämme asiat tuntuvat, sen helpompi niihin on uskoa ja samaistua. (John n.d.)

Tietokone tuottaa täydellisiä kuvia luonnonlakeihin perustuen, mutta juuri pienet epätäydellisyydet tuovat realismin tunteen ja yhteyden tosimaailmaan. Olemme tottuneet näkemään ympäröivää maailmaa kuvien ja videon kautta. Ne kuitenkin tuottavat lukuisia epätäydellisyyksiä kuvaan. Siten jopa ”täydellisen aito” 3D-grafiikka näyttää katsojan silmään väärältä ilman näitä epätäydellisyyksiä. Siksi 3D-artistit käyttävät ison osan ajastaan virheiden lisäämiseen, paitsi jäljitelläkseen tosielämää myös luodakseen tunneyhteyden katsojaan. (John n.d.)

2.2 Realismin historiaa 3D-visualisoinnissa

Realismin suuntaus taiteissa kehittyi 1800-luvulla Ranskassa. Sitä edelsi romantiikan aikakausi, jossa sankareita ja jumalia kuvattiin ihannoiden ja liioitellen. Realismi hylkäsi suurieisyyden ja keskittyi arkisten asioiden ja ilmiöiden kuvailuun sellaisina kuin ne ovat. Tavoitteena oli todellisuuden jäljittely, jota myös realistinen 3D-visualisointi edustaa omalla tavallaan. (Realismi n.d)

Ed Catmull tunnetaan paitsi Pixarin perustajana, myös yhtenä 3D-grafiikan pioneereista. Tiettävästi ensimmäinen koskaan julkaistu 3D-animaatio on Catmullin ja Fred Parken mallintama ja renderöimä filmi Catmullin omasta kädestä (ks. kuvio 1). Videolla irrallinen käsi pyörii 3D-avaruudessa ja sormet liikkuvat erilaisiin luonnollisiin asentoihin oikeaa ihmiskättä jäljitellen. He loivat myös animaatioita myös mm. ihmiskasvoista samoihin aikoihin. (Lucarelli 2011.)



Kuvio 1. Ed Catmullin käsi (The History of Pixar - - n.d.)

Merkittävää on, että animaatioita työstäessään Catmull kehitti lukuisia edelleen käytössä olevia 3D-grafiikan renderöintiperiaatteita, kuten 3D-mallin polygonien jakamisen algoritmeilla, teksturoinnin, anti-aliasingin ja z-puskuroinnin (3-Dimensional Smoothing - n.d.; Lucarelli 2011).

Sen sijaan että Catmull olisi keskittynyt geometrisiin muotoihin tai abstraktisiin malleihin, hän pyrki jäljittelemään todellisuutta rajatusta teknologiasta huolimatta. Alkeellisista malleista tunnistaa selkeästi ihmisen anatomian jäljittelyn ihosta liikkeisiin.

Catmullin kehittämä puskurointitekniikka mahdollisti renderöinnin muistiin, mikä mahdollisti suuremman ajankäytön yksittäisen ruudun renderöintiin. Aikaisemmin 3D-grafiikan piirto oli sidottu CRT-näyttöjen ruudunpäivitykseen, mikä tarkoitti käytännössä reaaliaikaista renderöintiä. Tämä rajoitti monimutkaisempien tekniikoiden käytön, mutta Catmullin puskurointitekniikan myötä pystyttiin tavoittelemaan entistä aidompaa realismia renderöintiajan kustannuksella. (Turner Whitted 2018.)

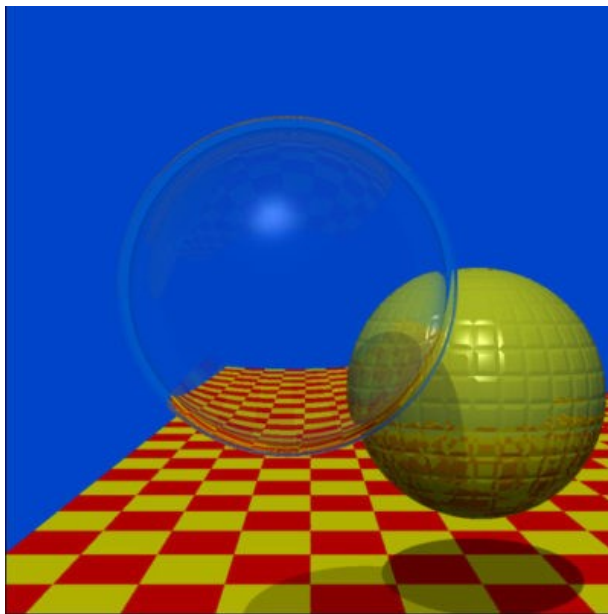
2.3 3D-tekniikan kehitys kohti fotorealismia

Catmullin jalanjalkia seurasivat useat muut 3D:n pioneerit, jotka olivat merkittävä osa nykyisen 3D-tekniikan kehityksessä. Jim Blinn kehitti 1970-luvun lopussa edelleen käytössä olevan Blinn-Phong shader-mallin sekä bump-teksturoinnin. Molemmat ovat laskennallisesti kevyitä tapoja saavuttaa realistista valon käyttäytymistä 3D-mallien pinnoilla. (Slick 2018.)

Blinn oli myös kehittämässä ympäristön käyttöä valon lähteenä yhdessä Martin Newellin kanssa. He kehittivät environment mappina tunnetun tekniikan, jossa 360 asteinen tekstuuri toimii 3D-skenen ympäristönä ja sen valonlähteenä yksittäisen valon lisäksi. Kyseistä tekniikkaa käytetään nykyään pohjana 360-asteisissa HDRI-valokuvissa tuomaan todellinen valaistusympäristö 3D-ohjelmaan. (Turner Whitted 2018)

John Turner Whitted vaikutti Blinnin ja Newellin saavuttamasta realismista. Pelkän tekstuurin käyttäminen ympäristönä ja valonlähteenä ei kuitenkaan mahdollistanut objektien heijastumista toisten objektien pinnoilla. Turner Whitted keksi käyttää säteenseurantaa global illuminationin, eli pinnoista heijastuvien epäsuorien valonsäteiden, luontiin.

Turner Whitted kirjoitti C-ohjelmointikielellä säteenseurantaohjelman, jolla pystyi laskemaan paitsi ylimääräisiä valonsäteiden heijastuksia, myös valon taittoa esimerkiksi lasin läpi (ks. kuvio 2). Tulokset olivat vaikuttavia, mutta yksittäisen kuvan renderöintiajat kasvoivat valtavasti. Saavuttaakseen hyvälaatuisia kuvia pienemmällä laskenta-ajalla Turner Whitted kehitti adaptiivisen super-samplingin. Tällöin tietokone käyttää laskentatehoa ylimääräiseen reunanpehmennykseen vain tarvittaessa. (Turner Whitted 2018.)



Kuvio 2. Turner Whittedin raytracing-testi vuodelta 1979 (Turner Whitted 2018)

Raytracing on edelleen modernin 3D-renderöintitekniikan perusta realistisen valaistuksen laskemisessa. Hiljalleen säteenseurantaa on pyritty tuomaan myös reaaliaikaiseen renderöintiin näytönohjainten tehon kasvaessa.

Paul Debevec puolestaan kehitti nykyisen HDRI-valaistustekniikan. Tekniikka mahdollistaa monimutkaisten valaistusten korvaamisen yhdellä 360-asteisellä HDRI-valokuvalla. Tekniikka paitsi mahdollistaa tosielämän valaistuksen käyttämisen 3D-visualisoinnissa, se myös helpottaa 3D-artistien työtä tekemällä uskottavan valaistuksen saavuttamisesta nopeampaa ja yksinkertaisempaa. (Slick 2018.)

Muita maininnan arvoisia 3D-pioneereja ovat Ofer Alon ja Jack Rimokh (digitaalinen veistäminen), Venkat Krishnamurthy ja Marc Levoy (normal mapping) sekä Pat Hanrahan ja Henrik Wann Jensen (subsurface scattering) (Slick 2018).

Ensimmäiset modernit 3D-visualisointisovellukset kehittyivät 1990-luvun kuluessa. Ne käyttivät pitkälti 3D-pioneerien aiemmin kehittämiä tekniikoita helppokäyttöisessä, kootussa käyttöliittymässä. Silloin sai alkunsa muun muassa Autodesk, joka kehittää nykyään 3ds Max-sovellusta. Sovellukset nojasivat silloin, ja nojaavat edelleen, 3D-visualisoinnin tukipilareihin, kuten säteenseurantaan, teksturointityökaluihin ja objektien muokkaamiseen. (A Brief History of 3D - - n.d.)

3 Visualisoinnin käyttökohteen määrittely ja rajaaminen asiakasprojektissa

3.1 Projektin rajaus ja tavoitteet

3D-tuotevisualisoinnissa on tärkeää rajata lopullinen tyyli ja toteutustapa asiakkaan kanssa hyvissä ajoin heti projektin alussa. Asiakkaan kanssa keskustellessa selvitetään projektin skaala, käsikirjoitus, ulkoasu ja toteutustapa. Näiden pohjalta voidaan laatia aikataulu ja kustannusarvio.

Asiakkaalta on hyvä saada tuotteista mahdollisimman paljon referenssikuvia ja -videota, joita voidaan käyttää esimerkkeinä ja ohjenuorina visualisoinnissa. Jos mahdollista, asiakkaalta on myös hyvä pyytää esimerkiksi CAD-piirto-ohjelmalla tehdyt 3D-mallit visualisoitavasta tuotteesta. Siten varmistetaan varmasti oikea ulkoasu ja materiaalien ja valon realistinen käyttäytyminen tuotteen pinnoilla.

Kun projektin tavoite on molemmilla osapuolilla selkeä, saadaan visualisointi toteutettua mahdollisimman suoraviivaisesti ilman suuria muutoksia kesken projektin. Siten projekti saadaan pidettyä aikataulussa ja päästään asiakkaan toiveet täyttävään lopputulokseen. (7 main steps - - 2015.)

3.2 Tuotteen käyttökohde ja toiminnallisuus

Realismia tavoitellessa on tuotteen visualisoinnissa myös hyvä selvittää asiakkaalta tuotteiden käyttökohde ja toiminnallisuus. Kun tuotteen toiminnallisuus on tiedossa, on sen visualisointi ja animointi uskottavasti helpompaa. Lisäksi lisäreferenssimateriaalien etsiminen helpottuu.

Jos tuote on esimerkiksi ulkona toimiva teollinen murskain, eroavat sen kulumajäljet, ympäristö ja valaistus huomattavasti hallin sisätiloissa toimivasta vastaavasta laitteesta.

3.3 Julkaisuformaatti

Julkaisuformaatti määrittelee visualisoinnin reunaehdot. Painomateriaaliin tulevassa kuvassa tulee ottaa huomioon tulostimien dpi-arvo eli dots per inch. Se määrittää, kuinka suuren printin kuvasta pystyy tekemään ilman, että kuvaa tarvitsee skaalata. Käytännössä mitä suurempi resoluutio kuvassa on, sen suurempana sen voi tulostaa ilman, että kuvan laatu kärsii. (Baird 2016.)

Tiedostoformaattilla on myös suuri merkitys. Jos kuviin on tarkoitus tehdä runsaasti jälkikäsitteilyä, 16- tai 32-bittinen värisyvyys on hyvä vaihtoehto. 16-bittinen tiedosto

sisältää moninkertaisen määrän värejä 8-bittiseen verrattuna, mikä antaa enemmän liikkumavaraa jälkikäsitellyssä. Suuri määrä värejä mahdollistaa tasaisen liukuman esimerkiksi varjoista valoon. (What is a digital image? n.d.)

32-bittinen tiedosto mahdollistaa HDR eli High Dynamic Range-kuvien teon. HDR-kuvat mahdollistavat eri valotuksien yhdistämisen samaan kuvaan, mikä ei ole kameralla mahdollista yhdessä kuvassa. Näin voidaan esimerkiksi alivalottaa auringon paiste ikkunoista sisätilassa ja puolestaan ylivalottaa suuresta kontrastista johtuvaa hämärää sisätilaa (ks. kuvio 3). (What is a digital image? n.d.) 3D-visualisoinnissa se tarkoittaa yhden kuvan renderöintiä 32-bittisessä muodossa, jota voidaan valottaa jälkikäsitellyssä lähes rajattomasti uudelleen.



Kuvio 3. Uudelleen valotettu HDR-kuva (What is a digital image? n.d.)

Videoita varten tehdyissä animaatioissa julkaistavan videon frames per second, eli fps, määrittelee, montako kuvaa animaatiota tarvitsee renderöidä yhtä videon sekuntia varten. Tyypillisesti tuoteanimaatiot ovat 25-30 fps, mutta joskus tarve saattaa olla jopa 60 fps tai yli. Tämä kasvattaa lineaarisesti animaation renderöintiäikää, mikä on tärkeää ottaa huomioon heti projektin alussa. Lopullinen julkaisualue määrittää myös tiedostomuodon ja resoluution, jossa video tuodaan ulos editointiohjelmasta.

4 Referenssien haku tosielämästä

3D-tuotevisualisointi alkaa lähes aina referenssien hakemisella. Realismiin pyrittäessä on luontevaa hakea mallia ja inspiraatiota tosielämästä. Vaikka visualisoinnissa luotaisiin jotain fiktiivistäkin, on hyvä tutkia olemassa olevia pintoja sekä valonlähteitä. Rinnastukset tosielämään tuovat uskottavuutta visualisoinnille. (Simonds 2013, 20.)

4.1 Referenssikuvien ja videon kerääminen

Referenssikuvia on hyvä kerätä mahdollisimman paljon 3D-visualisoinnin kohteesta. Mallintaessa on hyödyllistä saada kuvia mallista eri perspektiiveistä helpottamaan mallinnusta. Kuvia voi käyttää mallinnusohjelmassa taustana mittasuhteiden pohjana. Valokuvia käytettäessä mallinnukseen tulee kuitenkin ottaa huomioon kuvan ottaneen kameran linssin pituus, sillä lyhyet linssit saattavat vääristää mittasuhteita.

Mallinnuksen lisäksi kuvista on hyvä kerätä inspiraatiota materiaalien ja valon käyttäytymisestä pinnoilla sekä ideoita kuvan sommitteluun. Jos on tiedossa, millaisessa ympäristössä 3D-tuote tulisi kuvata, samankaltaiset valokuvat auttavat lähtökohdan hakemista visualisointiin. On hyvä kuitenkin kerätä referenssejä myös erilaisista valaisu-ympäristöistä, sillä ne auttavat ymmärtämään materiaalien toimintaa ja tuovat kohteen esiin eri tavoin. (Simonds 2013, 20-23.)

Animaatioissa videokuvasta on iso hyöty ymmärtämään tuotteen liikettä ja käyttäytymistä. Todellisen liikkeen jäljittely paitsi nopeuttaa ja helpottaa animaatiotyötä, tuo myös uskottavuutta ja realismia lopputulokseen.

4.2 Valo

Valaistus on yksi visualisoinnin suurimmista muuttujista. Esimerkiksi luonnollinen auringonvalo on paljon voimakkaampaa kuin keinotekoinen valo. 3D-visualisoinnissa onkin hyvä käyttää tosielämästä johdettuja valontehoja, jotta valo käyttäytyy uskottavasti joka tilanteessa. Kirkas auringonvalo polttaa helposti kuvan kirkkaita alueita puhki, mikä on ongelma niin valokuvauksessa kuin 3D-visualisoinnissakin. Se tuo kuitenkin aitoa kontrastia ja realismia kuvaan. (The Photographic Look n.d.)

Realistisen valaistuksen luominen auttaa myöhemmin myös kamera-asetuksissa ja materiaalien luomisessa. Kun valo käyttäytyy todenmukaisesti, on helpompaa luoda oikean näköiset materiaalit referenssikuvien pohjalta ja hakea valaistuksessa toimivat kamera-asetukset. (Mt.)

4.3 Kamera

Olemme tottuneet näkemään maailmaa kameralinssin kautta kuvissa ja videoissa, joten kameran virheiden jäljittely tuo aitouden tunteen myös 3D-visualisoinnissa (The Photographic Look n.d.). Kamerassa olennaisimmat osa-alueet ovat exposure eli valotus ja erilaiset linssien polttovälit. Valotus koostuu kolmesta osa-alueesta: linssin aukosta, valotusajasta ja ISO-arvosta. (Josh n.d.a)

Linssin aukko, eli aperture, toimii pupillin tavoin ja määrittää, kuinka paljon valoa pääsee linssiin sisään. Aukon suuruus vaikuttaa kuitenkin myös kuvan syväterävyyteen eli depth of fieldiin. Hämärämmässäkin valaistuksessa on siis hyvä ottaa huomioon tarvittava syvyys, jotta kohde pysyy riittävän terävänä. (Mt.)

Linssin aukosta tuleva valo kulkee kameran sulkimen kautta. Valotusaika määrittää ajan, jonka aikaa kameran suljin on auki päästään valoa itse kameraan. Mitä lyhyempi aika, sen vähemmän valoa pääsee kameraan, ja sitä vähemmän kuvaan tulee motion bluria, eli liikkeestä johtuvaa epätarkkuutta. Tämä on hyödyllistä nopeasti liikkuvan kohteen taltioimisessa tarkaksi kuvaksi. Paikallaan olevissa kohteissa valotusaikaa voi kuitenkin lisätä tuomaan lisää valoa kuvaan hämärissä valaisuolosuhteissa. Sitä voi käyttää myös tehokeinona motion blurin lisäämiseen. (Mt.)

Kuljettuaan linssin ja sulkimen läpi, valo saavuttaa vihdoinkin kameran sensorin eli kennon. Lopullisena valotuskeinona käytetään kameran ISO-arvoa. Mitä suurempi ISO-arvo, sen kirkkaampi kuvasta tulee. Kuvan laatu kuitenkin heikkenee ISO-arvon myötä, sillä se tuo rakeisuutta kuvaan. (Mt.)

Linssin polttoväli mitataan millimetreinä. Pitkä polttoväli mahdollistaa kaukaisten kohteiden kuvaamisen ja lyhyempi puolestaan kuvaa laajemmin lähellä olevia kohteita. Lyhyitä linsejä käytetään tyypillisesti arkkitehtuurissa näyttämään mahdollisimman laajaa alaa pienessä tilassa. Mitä lyhyempi linssi, sen vääristyneemmältä kuvan perspektiivi kuitenkin näyttää (ks. kuvio 4). Tyypillinen linssin polttoväli, joka jäljittelee ihmissilmää, on 35-70 millimetriä. Pitkiä, yli 105-millimetrisiä linsejä käytetään perinteisesti kaukaisten kohteiden kuvaamiseen, kuten luontokuvaukseen ja urheilun. Pitkä polttoväli kuitenkin litistää kuvan perspektiiviä. (Josh n.d.b.)



Kuvio 4. Esimerkki eri linssien polttoväleistä (Dunlop. n.d.b.)

Monet modernit 3D-mallinnusohjelmat ja renderöijät tarjoavat fyysisen kameran, joka noudattaa oikean kameran käyttäytymistä. Tämä helpottaa huomattavasti realismin jäljittelyä, sillä kameran valotus ja linssit toimivat tosielämän mallin mukaisesti.

4.4 Materiaalit ja värit

Haettaessa referenssejä tosielämästä 3D-mallien materiaaleja varten on hyvä kiinnittää huomiota kuvan valaisuolosuhteisiin ja itse tuotteeseen. Jos mahdollista, kannattaa etsiä kuvia samasta tuotteesta, jota on visualisoimassa monessa eri valaisu-ympäristössä. Siten saa parhaan mahdollisen kuvan, miten pinnan materiaali reagoi valoon visualisoitavan tuotteen pinnassa. Kuvissa huomioitavaa ovat materiaalin väri, heijastuvuus ja pinnan epätasaisuudet. (Materialism (1). n.d.)

Väreissä on hyvä kiinnittää huomiota etenkin mustaan ja valkoiseen. Luonnossa ei esiinny täysin puhdasta mustaa tai valkoista, sillä täydellinen musta imee kaiken valon itseensä ja täysin valkoinen puolestaan heijastaa kaiken valon takaisin. Niiden

RGB-arvot on hyvä säätää kohdilleen valaistuksen yhteydessä, jolloin muut värit voi sovittaa samalle asteikolle. (The Photographic Look n.d.)

4.5 Objektit ja skaala

Realismia tavoiteltaessa esineiden ja muiden objektien muodolla sekä skaalalla on merkittävä vaikutus todellisuuden tuntuun. Ihmissilmä on harjaantunut hahmottamaan tilantunteen ja mittasuhteet kuvasta, joten 3D-mallien ja -ympäristön on hyvä vastata yksi yhteen oikeita mittasuhteita. Siten varmistetaan, että fyysiset ominaisuudet, kuten valon käyttäytyminen, syväterävyys ja perspektiivi tuntuvat luonnollisilta. (The Photographic Look n.d.)

Liian pienet 3D-mallit realistisessa valossa ja ympäristössä näyttävät helposti pienoismalleilta, sillä 3D-sovellusten valaisualgoritmit pohjautuvat tosielämän skaalaan. Referenssimateriaalista onkin siis hyvä tarkistaa mittasuhteet muiden ominaisuuksien lisäksi. (Real-World Scale n.d.)

Objektien muodolla on myös merkitys etenkin valon käyttäytymisessä. Luonnossa ei esiinny ollenkaan täysin teräviä kulmia, joten kulmien pyöristykset 3D-mallissa tuovat realistisemmän valontaiton heijastuksiin.

4.6 Plastinen sommittelu

Plastisella sommittelulla tarkoitetaan kolmiulotteisten elementtien järjestelyä kuvassa miellyttäväksi ja tasapainoiseksi kokonaisuudeksi. Kun pyritään realismiin 3D-visualisoinnissa, on hyvä käytäntö pyrkiä jäljittelemään valokuvauksessa käytettyjä keinoja ja rajoituksia.

Kolmanneksen sääntö on perinteinen sommitteluohje, jossa kuva jaetaan kolmanneksi pysty- ja vaakasuunnassa. Näitä viivojen risteyskohtia voidaan käyttää apuna

tuomaan kuvan tärkeimmät kohteet esiin. Kolmanneksen sääntö (ks. kuvio 5), kuten monet muutkin teoreettiset kuvasuhteet pyrkivät rikkomaan kuvan jakoa selkeisiin symmetrisiin puolikkaisiin. (Simonds 2013, 22.)



Kuvio 5. Kolmanneksen sääntö (Rule of Thirds. n.d.)

Visuaalisesti miellyttävässä sommittelussa pyritään myös luomaan vahva siluetti kuvan kohteelle sekä riittävästi negatiivista tilaa sen ympärille. Siten kohde erottuu paremmin taustasta. Hyvin tehty sommittelu pyrkii myös ohjaamaan katsojan katsetta. Liian täyteen ahdetusta kuvasta on vaikea löytää huomion kohdetta. Onkin hyvä käytäntö pitää sommittelu muuten yksinkertaisena, mutta lisätä tärkeitä yksityiskohdat esimerkiksi kolmanneksen säännön risteyskohtiin, jolloin katsojan silmä seuraa luonnollisesti kuvan visuaalista polkua. (Mts. 22-23.)

4.7 Liike

Frank Thomas ja Ollie Johnston loivat Disneylle animaation 12 periaatteen säännösten, joka sisältää peruseriaatteet realistisen animaation luontiin. Vaikka periaatteet

keskittyvät pääasiassa hahmoanimointiin, pätevät monet sen osa-alueet myös muuhun animaatioon realistista liikettä jäljitellessä. (Understanding the 12 Principles of Animation 2014.)

3D-tuotevisualisoinnin kannalta tärkeimpiä sääntöjä ovat ajoitus, kiihdytys ja hidastus sekä lavastus. Ajoitus määrittää liikkeen alku- ja loppupisteen tietyssä aikavälissä. Sen avulla saadaan määriteltyä kohteen oikeanlainen nopeus. (Mt.)

Kiihdytyksellä ja hidastuksella tarkoitetaan liikkeen alkamisen ja loppumisen siirtymää. Jotta animaatioon saadaan realistista painon tunnetta liikkeeseen, tulee liikkeeseen lähtiessä olla pieni kiihdytysvaihe kohteen massasta riippuen. Pysähtyessä puolestaan tarvitaan hidastusvaihe. Muuten liike näyttää painottomalta. Referenssivideoista voikin laskea esimerkiksi ruutukohtaisesti kiihdytyksen ja hidastuksen pituuden. (Mt.)

Lavastus sisältää animaation ympäristön sekä kameran kuvakulman ja rajauksen. Tarkoituksena on tuoda animaation tarkoitus mahdollisimman selväksi katsojalle. Sama pätee 3D-tuotevisualisoinnissa. Animaatiolla on yleensä tarkoituksena esitellä tuotteen toimintaa, joten lavastus on tärkeä elementti liikettä tutkittaessa. (Mt.)

5 3D-mallit ja niiden visualisointi

5.1 Mallit ja mallinnus

Käyttökohteen määrittelyn ja rajauksen sekä referenssien tutkimisen jälkeen 3D-tuotevisualisointi jatkuu 3D-mallinnussovelluksessa tehtävään käytännön työhön. Jos tarvittavia 3D-malleja ei ole olemassa valmiina itsellä tai asiakkaalla, ne täytyy ensin mallintaa.

3D-malli toimii rakennuslujana, jonka päälle ja ympärille visualisointi kasataan. Ilman hyvää mallia on mahdotonta luoda uskottava lopputulos. Realismiin pyrittäessä

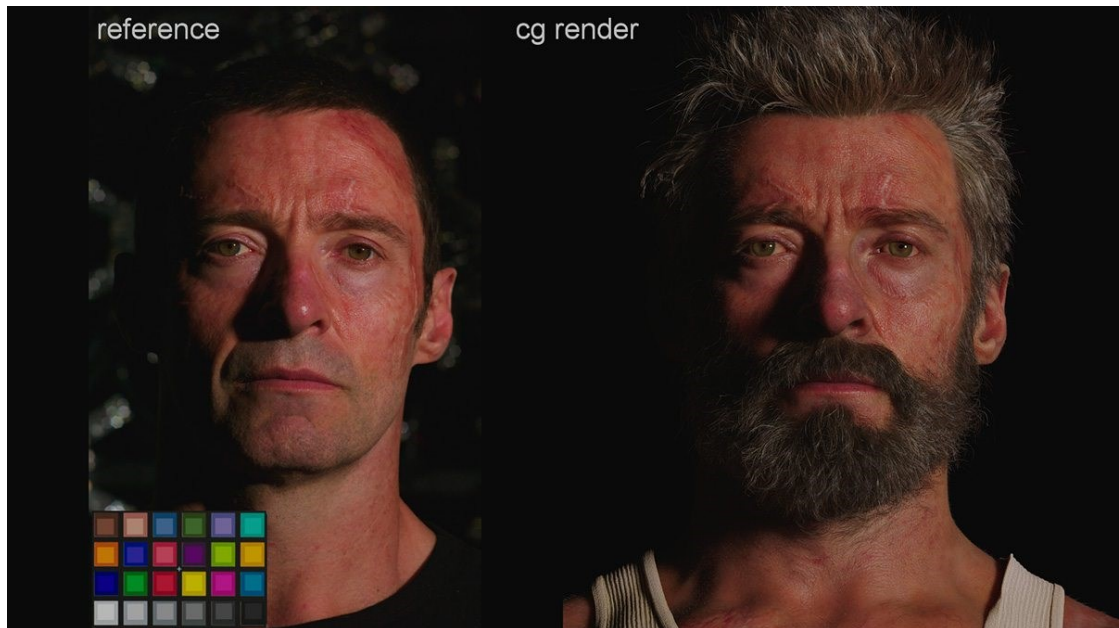
tärkeintä hyvässä 3D-mallissa on oikea skaala sekä pinnan muodot. Niillä pyritään varmistamaan valon ja materiaalien ennakoitava käyttäytyminen objektin pinnoilla.

Teknisen alan tuotteiden visualisoinnissa yleisimmät asiakkaalta saatavat mallit ovat niin sanottuja solid CAD-malleja. Ne ovat 2D CAD-piirustuksesta luotuja 3D-malleja, jossa myös mallin sisäosat on simuloitu oikein. Näissä malleissa etuna on millintarkka vastaavuus oikeaan fyysiseen tuotteeseen, mutta niiden käytöllä perinteisemmissä polygoneihin perustuvissa mallinnusohjelmissa on myös rajoitteensa. (Solid modeling n.d.)

Polygonimuotoon tuotu CAD-malli on yleensä erittäin vaativa tietokoneelle, sillä verteksien määrä kasvaa helposti miljooniin. Malleja on myös vaikea muokata edelleen, sillä niiden automaattisesti luotu topologia ei ole siistiä. CAD-pohjaiset mallit eivät olekaan siksi suositeltavia reaaliaikaisissa visualisoinneissa. Perinteisessä tuotevisualisoinnissa ja -animaatiossa puolestaan yksittäisten CAD-mallien käyttö on nopea ja tehokas tapa saada realistinen pohja materiaaleille ja valaistukselle.

Jos tarvittavat mallit täytyy mallintaa itse, on siihen olemassa lukuisia eri keinoja. Perinteinen polygoneilla tehtävä box modeling on verraten nopeaa ja soveltuu hyvin yksinkertaisempien, epäorgaanisten muotojen luomiseen. Box modeling perustuu primitiivisistä muodoista muokattavaan mallinnukseen. Se on erityisen hyvä tapa mallintaa pelimoottoreita varten, sillä yksinkertaista geometriaa voi käyttää pelimoottorissa, mutta edelleen jaettava high polygon -versiota voi käyttää normaalikarttojen luontiin sekä perinteisessä animaatiossa. High polygon -malli tarkoittaa suurempaa polygonien määrää mallissa, jolloin malli on geometrialtaan tarkempi, mutta raskaampi käsitellä. (Slick 2019.)

Jos pyritään mahdollisimman realistiseen lopputulokseen, ovat käytössä myös erilaiset 3D-skannaukset sekä digitaalinen veistäminen. Etenkin elokuvateollisuus käyttää nykyään 3D-skannausta, jossa tosielämän objekti skannataan tietokoneelle ja siitä luodaan 3D-malli pienintä yksityiskohtaa myöten (ks. kuvio 6). Sen rajoituksena on luonnollisesti se, että vaaditaan fyysinen kohde, jota skannata.



Kuvio 6. Näyttelijä Hugh Jackman 3D-skannattuna elokuvaan Logan (Failes 2017)

Digitaalista veistämistä käytetäänkin usein etenkin orgaanisten ja yliluonnollisten 3D-mallien luomiseen. Veistämishjelmassa, kuten ZBrushissa, ei tarvitse huolehtia mallin topologiasta, vaan artisti voi veistää korkearesoluutioista digitaalista savea oikean veistämisen tavoin. Veistämällä saavutetaan pinnanmuotojen yksityiskohtia, jotka eivät perinteisessä mallintamisessa ole mahdollisia. (Slick 2019.)

5.2 Valaistus

5.2.1 Yleistä valaistuksen luomisesta

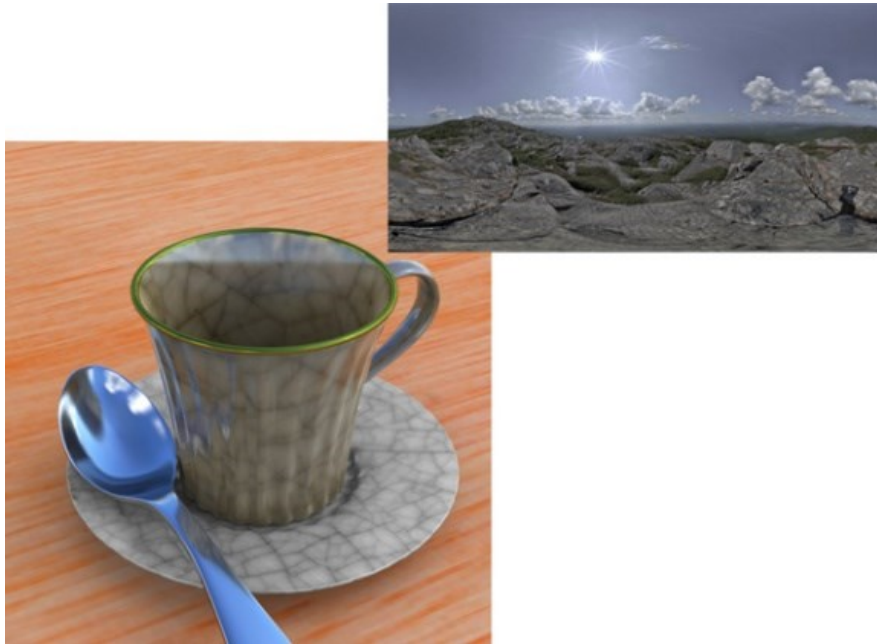
Valaistuksen työstäminen voidaan aloittaa, kun 3D-malli on mallinnettu tai tuotu mallinnusohjelmaan. Objektien materiaalit voi korvata valaistuksen testaamisen ajaksi ylikirjoittavalla, niin sanotulla savimateriaalilla. Savimateriaali on yksinkertaistettu pintamateriaali, jolla on yhtenäinen väri ja rajoitettu heijastuvuus. Tämä helpottaa renderöinnin laskentaa, mikä puolestaan nopeuttaa valaistuksen testausta.

Alkuun riittää ympäristövalaistuksen luonti esimerkiksi auringolla tai HDRI-kartalla, niiden tehokkuuden säätäminen sekä kameran valotuksen säätämisen luonnolliseksi. Lisävaloja kannattaa lisätä tarvittaessa vasta materiaalien luonnin jälkeen, jolloin 3D-mallien pintojen heijastukset toimivat realistisesti. Ympäristön valoon ja kameran asetuksiin kannattaa ottaa mallia kerätystä referenssimateriaalista. Kun valo ja ympäristö ovat verrattavissa referensseihin, on materiaalien luonti helpompaa seuraavassa vaiheessa.

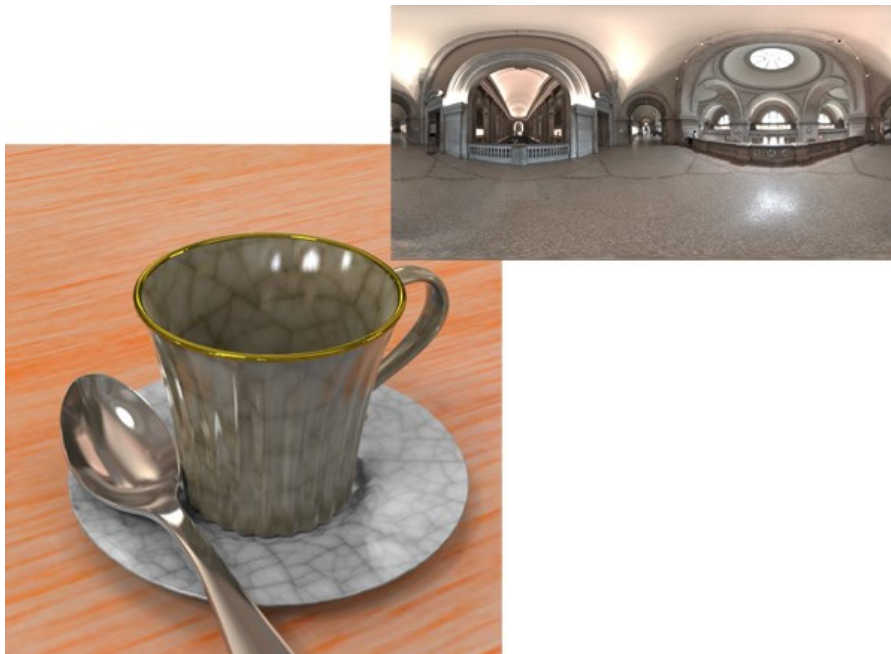
5.2.2 HDRI-valaistus

HDRI-kuvat ovat 360-asteisia kuvia, jotka käyttävät perinteisten bittikarttojen väritettyjen pikselien sijaan ihmissilmään perustuvaa kolmiväristä systeemiä. Se mahdollistaa valoarvojen tallentamisen värien lisäksi kuvan pikseleihin. HDRI:n sisältämän suuremman datamäärän ansiosta eri valonlähteet, kuten aurinko ja valaisimet, voidaan toistaa todellisilla voimakkuuksillaan. (What is HDRI? n.d.)

HDRI-kuvia käytetäänkin etenkin 3D-visualisoinneissa valaisu-ympäristöinä. Niiden avulla saadaan luotua paitsi realistinen valon määrä ja suunta, myös ympäristön heijastukset 3D-mallien pinnoille (mt.). Pelkästään erilaista HDRI-kuvaa käyttämällä voidaan saada aikaan suuri ero valaistuksen tunnelmassa (ks. kuvat 7 ja 8).



Kuvio 7. Ulkomaisema HDRI-valaistusympäristönä (What is HDRI? n.d.)



Kuvio 8. Sisätila HDRI-valaistusympäristönä (What is HDRI? n.d.)

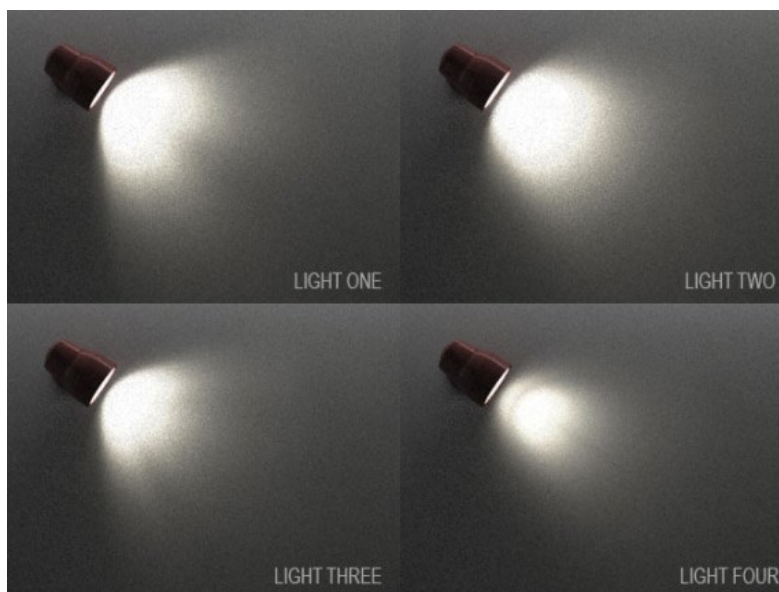
HDRI-valaistus onkin siten nopea tapa testata erilaisia realistisia valaisuuympäristöjä 3D-visualisoinnissa.

5.2.3 IES-valoprofiilit

Lyhenne IES johtaa sanoista Illuminating Engineering Society. IES on standardi tiedostomuoto, jota käytetään valonmittausdatan jakamiseen. IES-tiedosto on käytännössä tietokoneelle käännetty profiili oikean valaisimen voimakkuudesta ja valokeilasta.

Monet valaisinvalmistajat tarjoavat vapaaseen käyttöön valmistamiensa valaisimien IES-profiilit. (Dravid n.d.)

Modernit 3D-sovellukset tukevat suoraan IES-tiedostoja, joiden avulla voi luoda fyysisiä valaisimia vastaavia valoja 3D-ympäristöön (ks. kuvio 9). Jos 3D-visualisoitava ympäristö käyttää tietynlaisia lamppeja tai muita aitoja valaisimia, ovat oikeat IES-profiilit erinomainen keino jäljitellä todellista valaisuuympäristöä.



Kuvio 9. Erilaisten lamppejen IES-valoprofiileja 3D-renderöinneissä (Dravid n.d.)

5.3 Kamerat

5.3.1 Fyysiset kamerat 3D-ohjelmissa

Aivan kuten tosielämässäkin, 3D-ohjelmien kameroiden tarkoitus on ympäristön taltiointi. Modernit ohjelmat sisältävät fyysisiä kameroita, jotka ovat tarkoitettu juurikin fotorealistiseen renderöintiin. Kameroiden ominaisuudet, kuten linssin pituus ja aperture vastaavat todellisia kameroita. Kameroita pystyy liikuttelemaan ja animoimaan kuten muitakin 3D-objekteja. Realismiin pyrkiessä on kuitenkin hyvä ottaa huomioon tosielämän rajoitukset kameran liikkeissä ja kamerakulmissa. (Physical Camera 2018.)

Liian laajat kuvakulmat tai mahdottoman läheltä kuvatut mallit saavat 3D-visualisoinnin helposti näyttämään epärealistiselta. Pyrkimällä lähestymään 3D-mallin kuvausta samoin kuin fyysisellä kameralla todellisuudessa, saa lopputuloksesta uskottavaman. (The Photographic Look n.d.)

5.3.2 Fyysisen kameran virheet

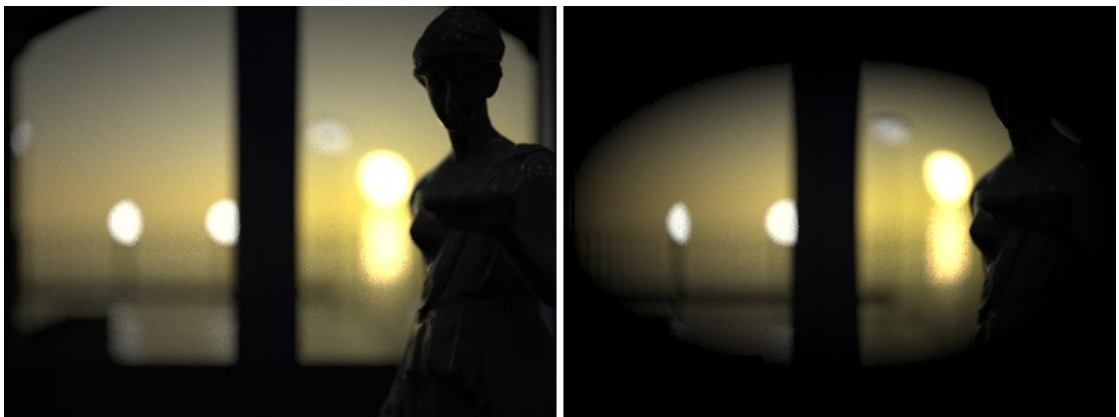
Fyysisen kameran virheet ovat osa realismia, johon olemme tottuneet valokuvien ja videon kautta. Eri kameroissa on erilaisia ominaisuuksia, kuten syväterävyyden syvyys, vignetting ja bokeh -efekti (The Photographic Look n.d.). Liikkeessä kuvaan tulee myös motion bluria valotuksesta riippuen. 3D-sovellusten kamerat pyrkivät simuloimaan näitä virheitä vääristämällä muuten täydellistä kuvaa.

Syväterävyys eli depth of field tarkoittaa aluetta kuvassa, joka on fokuksessa. Siihen vaikuttaa ennen kaikkea kameran aukon suuruus, etäisyys kohteesta ja linssin pituus. (Wunderlich n.d.) Syväterävyyttä voi käyttää tehokeinona visualisoinnissa, tuodakseen kohteen paremmin esiin taustasta (ks. kuvio 10).



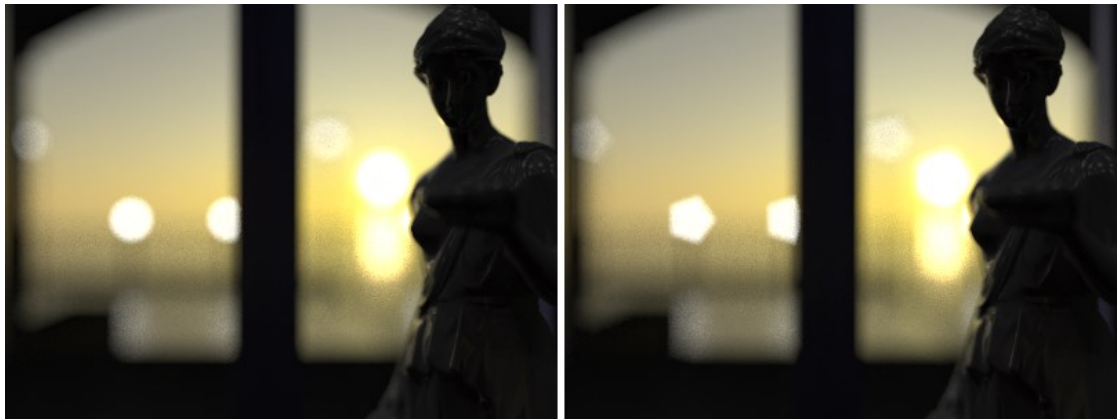
Kuvio 10. Matala syväterävyys tehokeinona 3D-visualisoinnissa (The Photographic Look n.d.)

Vignetting eli vinjetointi on termi, joka kuvaa kameran objektiivista johtuvaa kuvan reunojen tummenemista. Se johtuu vähemmästä valosta objektiivin reunoilla (ks. kuvio 11). Vinjetointia esiintyy etenkin laajakuva-linsseillä (Bokeh (Depth of Field) Rollout n.d).



Kuvio 11. Eri suuruisia vinjetointiefektejä 3ds Maxin fyysisessä kamerassa (Bokeh (Depth of Field) Rollout n.d).

Syväterävyyden fokuksessa olevan alueen ulkopuolista sumeaa aluetta kuvassa kutsutaan bokehiksi. Kameran aukon muoto vaikuttaa bokeh-alueen kontrastisten valonlähteiden ja kirkkaiden objektien muotoon. Tyypilliset aukon muodot ovat pyöreä ja terällinen (ks. kuvio 12) (Mt.). Terien määrä riippuu kameran objektiivista. Bokeh-efektiä voi käyttää tyylikeinona, etenkin yhdistettynä matalaan syväterävyyteen.



Kuvio 12. Pyöreä ja terällinen bokeh 3ds Maxin fyysisessä kamerassa (Bokeh (Depth of Field) Rollout n.d.)

5.3.3 3D Kamera-tracking

3D kamera-tracking tai matchmoving on tekniikka, jonka avulla saadaan upotettua videokuvattuun materiaaliin 3D-elementtejä. Sitä tarvitaan, kun videokuvattuun materiaaliin tarvitaan lisättyjä 3D-elementtejä. Trackingia voidaan tehdä erilaisilla siihen erikoistuneilla sovelluksilla, joilla luodaan virtuaalinen kamera, jonka liike vastaa yksi yhteen videon kuvannutta oikeaa kameraa. Algoritmeilla lasketaan videokuvasta koordinaatteja, joiden avulla virtuaalinen kamera luodaan. Luotua kameraa voidaan käyttää 3D-sovelluksissa renderöintiin, jolloin animaatio sopii videokuvaan perspektiivin ja liikkeen osalta. Tracking tai matchmoving on laajalti elokuvissa, TV:ssä ja 3D-

visualisoinnissa käytetty tekniikka, jolla voidaan uskottavasti lisätä 3D-grafiikkaa osaksi videokuvaa. (Understanding the Importance of Matchmoving 2014.)

Tracking voidaan jakaa 2D:hen ja 3D:hen. 2D-trackingilla ei tarvitse laskea syvyyttä, joten se on nopeampaa. Sen avulla kuvaan voidaan korvata kaksiulotteisia elementtejä. 3D-trackingilla lasketaan myös syvyys ja kameran liike, joten se on laskennallisesti vaativampaa. (Mt.)

5.4 Teksturointi ja materiaalit

Materiaaleilla ja teksturoinnilla luodaan 3D-mallin lopullinen ulkonäkö. Laadukkaat materiaalit ja tekstuurikartat ovat avainasemassa realistisen lopputuloksen saavuttamisessa. Oikeat arvot materiaaleissa ja hyvät tekstuurit mahdollistavat oikeanlaisen valon käyttäytymisen ja värien näkyvyyden materiaaleissa, joihin katsoja kiinnittää huomiota huomaamattaankin.

5.4.1 Physically based rendering

Physically based rendering, lyhyesti PBR, on termi, jolla kuvataan moderneita renderointitekniikoita etenkin reaaliaikaisissa sovelluksissa. PBR perustuu tarkempaan fysiikan lakien noudattamiseen materiaalien luomisessa ja renderöinnissä, etenkin erilaisten heijastusten jaon osalta. Perinteiset laskennalliset renderointiohjelmat ovat kuitenkin noudattaneet PBR-periaatteita jo pitkään ennen termin vakiintumista. (Russel 2015.)

Materiaalit voi jakaa karkeasti johtaviin, eli metalleihin, ja eristäviin. Siksi PBR-renderöijät käyttävät yleensä metallisuusarvoa, jolla määritellään, onko materiaali metallinen vai ei. Jako perustuu metallien käyttäytymiseen oikeassa elämässä, sillä metallien heijastuvuus ja diffuusivalo eroavat muista materiaaleista. Metallit heijastavat paljon enemmän valoa, jonka takia ne ovat peilimäisiä. Lisäksi niiden heijastus saattaa sisältää väriä, kuten kuparissa ja kullassa, mitä ei tapahdu eristävissä materiaaleissa. Metallit eivät myöskään yleensä näytä värillisiltä diffuusivalon takia, vaan pinnan läpäissyt valo imeytyy, eikä heijastu takaisin. (Mt.)

Muut PBR:n tyypilliset ominaisuudet ovat diffuse, reflection, specularity, ior, roughness ja normal. Jaottelu takaa materiaalin rakentumisen fysiikan lakien mukaisesti. Ominaisuuksien arvot on yleensä myös rajoitettu niin, ettei artisti voi luoda fyysisesti täysin mahdollisia materiaaleja. Materiaalien luonnin standardointi myös helpottaa eri renderöintisovellusten välillä liikkumista. Tämä helpottaa artistien työtä ja takaa realistisemmän lopputuloksen. (Mt.)

PBR:n tärkeimpiä ominaisuuksia on tekstuurikarttojen hyödyntäminen mikrotason yksityiskohtien luontiin. Materiaalista riippuen objektien pinnat ovat täynnä pieniä rosoja, naarmuja ja kulumia. Nämä kaikki vaikuttavat heijastuvuuteen ja heijastuksen terävyyteen tosielämässä, mutta ne ovat niin pieniä, ettei niitä voi jäljitellä 3D:ssä mallintamalla tai normaalikartoilla. Käyttämällä mustavalkotekstuureja, joihin on lisätty pinnan epätasaisuuksia, voidaan mikrotason kulumia simuloida heijastuvuudessa ja sen terävyydessä. Kyseisiä karttoja käytetään roughness tai glossiness arvossa renderöijästä riippuen. Roughness -kartassa valkoinen väri edustaa täysin rosoista eli mattaista pintaa ja musta sileää ja kiiltävää. Glossiness on puolestaan vain käänteinen roughness arvo. (Mt.)

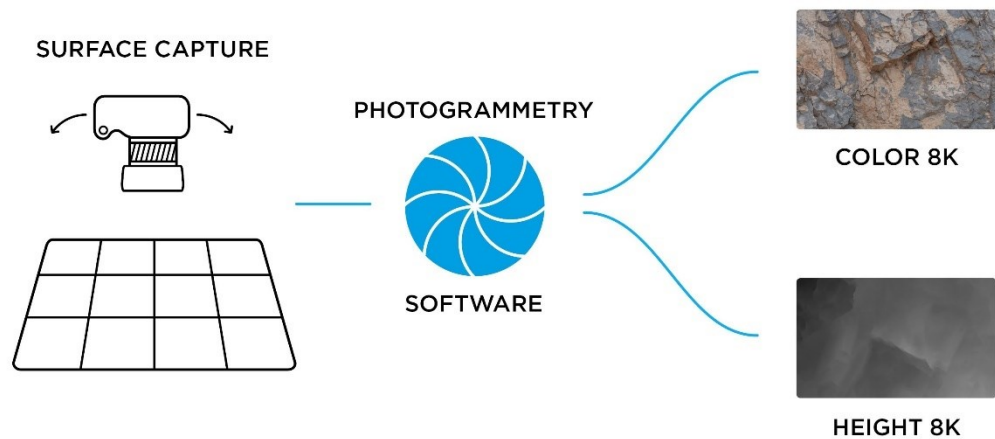
5.4.2 Materiaalien luonti

Tekstuuriin lisäys 3D-malliin vaatii shaderin eli materiaalin. Tyypillisesti eri renderointiohjelmat, kuten Vray tai Corona sisältävät oman materiaalikirjastonsa, joiden materiaalit on optimoitu kyseiselle sovellukselle. Materiaalit sisältävät parametreja eri arvoille, joihin voidaan syöttää myös tekstuureja, värejä tai niiden yhdistelmiä. Nämä arvot kertovat renderöijälle, miten valo käyttäytyy materialisoidun 3D-mallin pinnalla ja miltä lopullinen kuva näytöllä näyttää. (Petty n.d.)

Realismia tavoitellessa pyritään materiaalien luonnissa noudattamaan PBR-periaatteita, joka johtaa sääntönsä fysiikasta. Korkearesoluutioiset valokuvatekstuurit ja niistä johdetut heijastus- ja normaalikartat luovat yleensä parhaan lopputuloksen. Jotta tekstuurit näkyvät 3D-mallin pinnalla oikeassa koossa ja paikassa, tulee malli UV-mapata tai tekstuurit luoda proseduraalisesti. Vrayssa käytössä on Triplanar tekstuuri, jolla 2D-kuva heijastetaan 3D-mallin pinnalle sen normaalien mukaisesti.

Materiaalien pintoihin saa yksittäisten tekstuurien lisäksi vaihtelua ja realismia yhdistelemällä eri tekstureja kompositiokarttoihin. 3ds Maxissa on käytössä Composite Material, johon voi tuoda kerroksittain useita eri tekstureita. Nämä tekstuurit voi sekoittaa keskenään erilaisilla blending modeilla. Esimerkiksi virheettömän puutektuurin päälle voi tuoda kerroksena mustavalkoisen liketektuurin, joka multiply modessa tummentaa värejä kartan mukaan luoden kuluneemman ja vanhemman puun tunnun.

Nykyään käytetään myös photogrammetriaa, jonka avulla luodaan korkearesoluutioisia tekstureja skannaamalla fyysisten materiaalien pintoja (ks. kuvio 13). Näistä tekstureista koostetaan valmiita materiaaleja, joilla päästään hyvin lähelle tosielämän vastakohtiaan. (Meyer 2017.)



Kuvio 13. Skannatun materiaalin luonti (Meyer 2017)

5.4.3 3D-teksturointityökalut

3D-teksturointityökalut perustuvat 3D-mallien UV-karttoihin, joiden avulla mallin pintaan voidaan suoraan maalata tai generoida tekstuurikarttoja. Modernit 3D-teksturointityökalut noudattavat PBR-periaatetta. Heijastuvuus, pintojen normaalit ja värit luodaan kaikki omille kanavilleen PBR-periaatteen mukaisesti. Kun teksturointi on valmis, erilliset kartat tuodaan ulos teksturointisovelluksesta ja niiden avulla luodaan 3D-mallille materiaali lopullisessa renderöijässä, esimerkiksi Unreal Engine 4:ssä.

3D-teksturoinnin etu on visuaalisempi käyttöliittymä artistille. Työnjälki näkyy heti valaistussa ympäristössä 3D-mallin pinnalla, joten työtä on helpompi arvioida ja iteroida. Aiemmin teksturointi on tehty 2D-sovelluksissa kuten Photoshopissa maalamalla suoraan UV-karttojen päälle.

5.5 Animointi ja sommittelu

Realistisessa animoinnissa pyritään liikkeen jäljittelyyn. Kameroita ja mekaanisia laitteita animoitaessa riittävään lopputulokseen päästään yleensä käsin tehdyllä keyframe -animoinnilla. Keyframe -animoinnissa 3D-objektin arvoja, kuten paikkaa ja kiertoa muutetaan aikajänteellä, ja muutokset tallennetaan tiettyyn animaation frameen. Hyvä käytäntö on luoda animaation alku- ja loppupiste sekä tarvittaessa keski-kohta. Tarkemmat yksityiskohtaisemmat liikkeet voi animoida näiden pisteiden väleihin. Kameroiden animoinnissa kannattaa pitää liikkeet rauhallisina ja tasaisina, sillä äkkinäiset muutokset tekevät ajosta helposti luonnottoman ja sekavan tuntuisen. (Redman 2015.)

Monimutkaisemmat animaatiot, kuten veden virtaus tai hahmoanimaatio kannattaa simuloida tai luoda käyttäen liikkeenkaappausta. Ruutu kerrallaan tehtävällä keyframe -animaatiolla aikaa kuluisi moninkertaisesti, eikä lopputulos olisi silti niin vakuuttava kuin simuloitu tai liikekaapattu animaatio.

3D-visualisoinnin sommittelussa pätevät samat säännöt kuin valokuvauksessa. Kolmanneksen sääntö (ks. kuvio 5) on hyvä lähtökohta, joka auttaa ohjaamaan katsojaa

kuvan kohteeseen. Sommittelun päämääränä on kuitenkin luoda visuaalisesti kiinnostava kokonaisuus kuvan elementeistä, joten siihen ei ole olemassa universaalia oikeaa tapaa. (Simonds 2013, 22-25.)

5.6 Renderöinti

Viimeinen vaihe 3D-visualisoinnissa ennen jälkikäsittelyä on kuvan saaminen ulos 3D-ohjelmasta renderöimällä. Renderöintiasetukset ovat yleensä hyvin projektikohtaisia, mutta tärkeintä on varmistaa riittävä resoluutio, anti-aliasing ja sampling -määrä sekä tarvittavat render elementit.

Erilliset render -elementit tallentavat kuvan ja materiaalien eri elementtejä, kuten heijastuksia, läpinäkyvyyttä ja valaistusta omiin kuvatiedostoihinsa. Elementtien lisääminen ei vaikuta merkittävästi renderöintiin, mutta ne antavat enemmän säätövara jälkikäsittelyssä. Näitä elementtejä käyttämällä lopullisen renderöinnin voi koota halutessaan kokonaan uudestaan yhdistämällä tarvittavat elementit keskenään (ks. kuvio 14). Niitä voi käyttää myös lisäkeinona tietyn osa-alueen, kuten heijastusten lisäämiseen jälkikäsittelyssä. (Render Elements n.d.)

Kiireellisellä aikataululla renderöintiä saa nopeutettua vähentämällä laskettavia sampleja, jolloin kuva jää rakeisemmaksi. Vraylla rakeisuutta voi poistaa kuitenkin jälkikäteen erillisellä denoiser -työkalulla, joka silottaa kuvaa algoritmin avulla. Liiallista denoiserin käyttöä tulee kuitenkin varoa, sillä kuvasta tulee helposti luonnottoman pehmeä ja pinnat kadottavat tekstuureilla luotuja yksityiskohtia, kuten heijastusten epätasaisuutta tai pinnan rosoisuutta.



Kuvio 14. Lopullisen kuvan muodostavat render -elementit (Render Elements n.d.)

Jälkikäsittelykeinosta riippuen on hyvä myös pysytellä lineaarisessa renderöinnissä 2,2 gamma-arvolla sekä käyttää 32-bittistä muotoa kuvan tallentamiseen mahdollisimman suuren säätövaran takaamiseksi. (The Photographic Look n.d.)

5.7 Jälkikäsittely

5.7.1 Yleistä jälkikäsittelystä 3D-visualisoinnissa

3D-visualisointi on harvoin valmis, kun se on renderöity. Jälkikäsittelyssä voidaan vielä tehdä viimeiset silaukset realismin lisäämiseksi siihen tarkoitetuissa ohjelmissa. Yleensä realismia tavoitellessa kuvan jälkikäsittely on melko kevyttä. Tyypillisesti kuvassa hienosäädetään vielä valotusta, kontrastia sekä väritystä. Jälkikäsittelyssä voidaan myös korostaa tiettyjä kameran virheitä, kuten erilaisia valonhoitoja ja valovoitoja realismin lisäämiseksi (ks. kuvio 15). (The Photographic Look n.d.)



Kuvio 15. Jälkikäsitellyssä 3D-renderöintiin lisättyä valovuotoa ikkunan peltiin (The Photographic Look n.d.)

5.7.2 Värimäärittely

Värimäärittely on jälkikäsitelyn prosessi, jolla tarkoitetaan digitaalisen kuvan lopullista värikäsittelyä. Tyypillisesti prosessi koostuu värikorjauksesta ja -määrittelystä. Värikorjauksessa kuvasta pyritään korjaamaan värivirheet sekä luomaan luonnollinen ja realistinen väritys. Värimäärittely puolestaan tehdään korjauksen jälkeen, jolla luodaan tietynlainen värimaailma ja -tyyli lopulliseen kuvaan. (Color Grading vs. Color Correction 2019.)

3D-visualisoinnissa tarkemmalle värimäärittelylle on yleensä tarvetta, kun 3D-elementtejä täytyy upottaa video -tai valokuvamateriaalin sekaan. Kun 3D-renderöinnit on värikorjattu samoille arvoille kuvamateriaalin kanssa, voidaan niiden päälle tehdä yhteinen värimäärittely, joka yhtenäistää värimaailman. Tämä auttaa sulauttamaan 3D-elementit osaksi kuvaa luonnollisesti ja huomaamattomasti.

6 Case: Lääkintätuotteiden mallinnus, materialisointi ja valaisu visualisointiin

Asiakasprojektin tavoitteena oli luoda 3D-visualisoinnit muutamista eri lääkintäalan tuotteista, joita voidaan sterilisoida pakkauksien läpi asiakkaan laitteilla. Tuotteiksi valikoitui lääkeruisku, sydämen tahdistin ja 3D-tulostettu lonkan tekonivel pakkaukseen sekä elektroninen lääkelaastari. 3D-tuotteet mallinnettiin ja visualisoitiin asiakkaan antamien referenssien pohjalta. Mallit oli määrä näyttää osana videokuvattua mainosfilmiä, jossa esitellään asiakkaan toimintaa, joten 3D-visualisoinnissa pyrittiin realismiin.

6.1 Referenssien tutkiminen

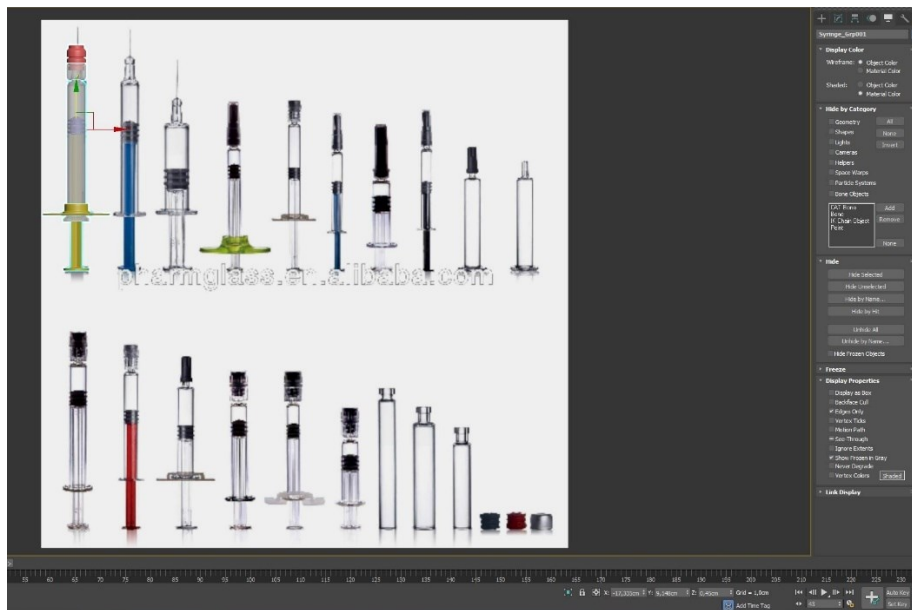
Ennen mallinnusta asiakas toimitti muutamia kuvia ja videomateriaalia tarvittavista tuotteista. Lisäreferenssejä etsittiin erilaisista kuvalähteistä internetistä. Koska tarkoitus ei ollut näyttää mitään tietyn valmistajan tuotetta, otettiin referenssejä useista eri tuotteista ja niitä yhdistelemällä luotiin geneerisiä mutta vakuuttavia 3D-malleja (ks. kuvio 16). Kuvissa pyrittiin löytää tuotteita mallinnusta helpottavista kuvakulmista sekä eri valaisuolosuhteista ja materiaaleista.



Kuvio 16. Referenssikuva erilaisista sydämen tahdistimista (Commonly implanted cardiac devices n.d.)

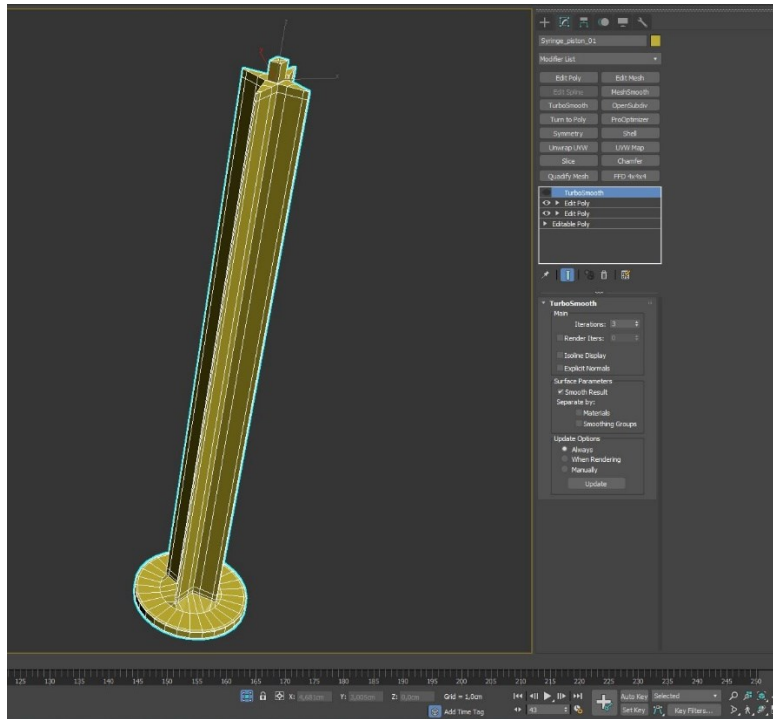
6.2 Mallinnus

Mallinnus tehtiin Autodeskin 3ds Max sovelluksella käyttäen polygonisia box modeling, edge ja spline mallinnuskeinoja. Mallinnus aloitettiin luomalla plane -objekteja, ja lisäämällä niihin referenssikuvia tuotteista. Asettelemalla planet 3D-ympäristöön eri kuvakulmiin, pystyy niitä käyttämään pohjana mallintamiseen (ks. kuvio 17).

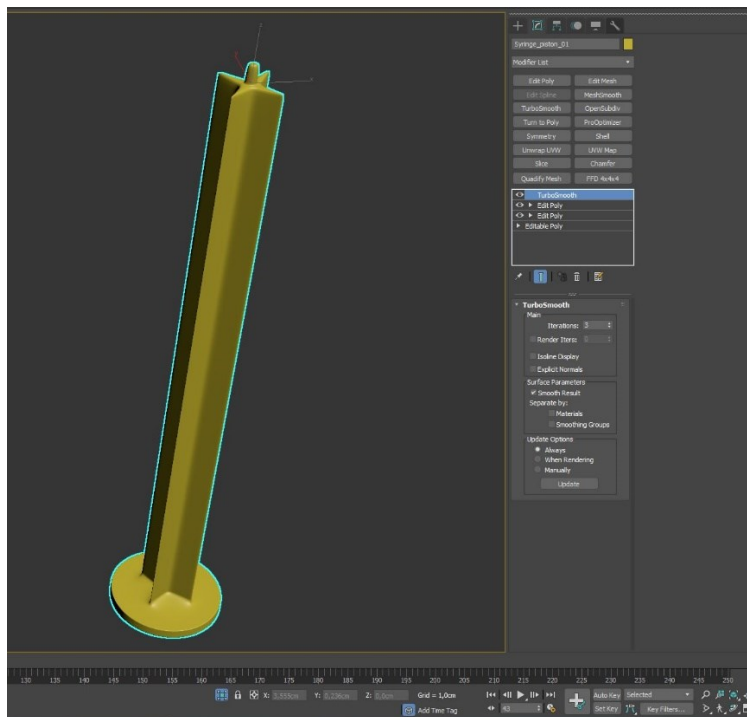


Kuvio 17. Referenssikuva 3ds Maxissa mallinnuksen pohjana

Mallinnus toteutettiin edellä mainittuja tekniikoita käyttäen rakentamalla mallin tai sen osan perusmuoto, josta turbosmooth ja open subdiv modifiereita käyttäen lisättiin polygonien määrää muotojen pyöristämiseksi (ks. kuvat 18 ja 19).



Kuvio 18. Ruiskun männän malli ennen turbosmooth modifertia



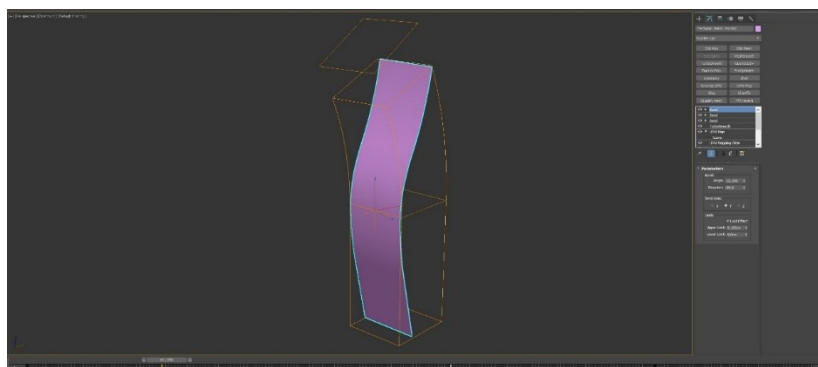
Kuvio 19. Ruiskun männän malli turbosmooth modifierin jälkeen

Mallintaessa keskityttiin realismin lisäämiseksi etenkin kulmien oikeanlaiseen pyöritykseen sekä pintojen muotoihin valon heijastusten saamiseksi kohdalleen. Läpinäkyvissä muoviosissa luotiin paksuutta myös mallin sisäosiin, jotta valo taittuu realistisesti läpäistessään muovimateriaalin.

6.3 Animointi

Projektin animaatio koostui kamera-animaatiosta sekä elektronisen lääkelaastarin muodonmuutoksesta. Kameran animointiin keyframe -animaatiolla, tehden rauhallisia kamera-ajoja videon leikkausta silmällä pitäen. Kameran liikkeessä pyrittiin luonnollisuuteen. Ajoja tehtiin eri kuvakulmista leikkauksen rytmittämiseksi videota varten, jottei perättäiset otokset alkaisi samasta kuvakulmasta. Kameroiden ajoissa pyrittiin myös tuomaan esiin mielenkiintoisia valojen heijastuksia materiaalien tuomiseksi esiin.

Elektroninen lääkelaastari muotoutuu potilaan iholle, joten sen joustavuus haluttiin tuoda animaatioissa esiin. Animointi toteutettiin useilla bend modifiereilla, joiden arvoja keyframe -animointiin (ks. kuvio 20). Modifierit luotiin vasta turbosmooth modifierin päälle, jotta mallissa olisi riittävästi polygoneja luonnolliseen taipumiseen.

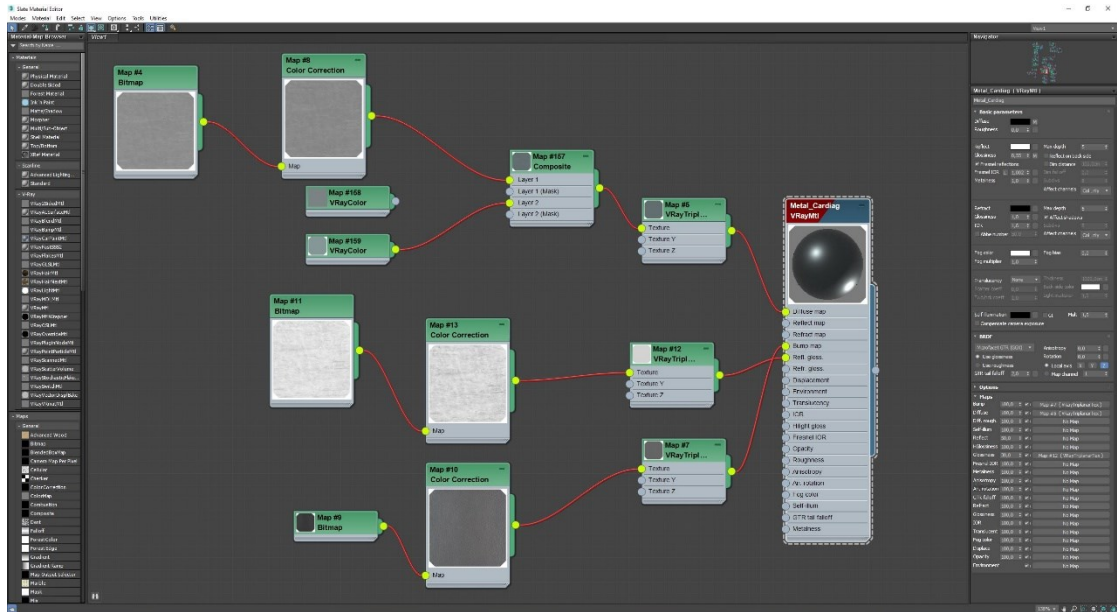


Kuvio 20. Bend modifiereiden animointi elektronisen lääkelaastarin malliin

6.4 Materialisointi

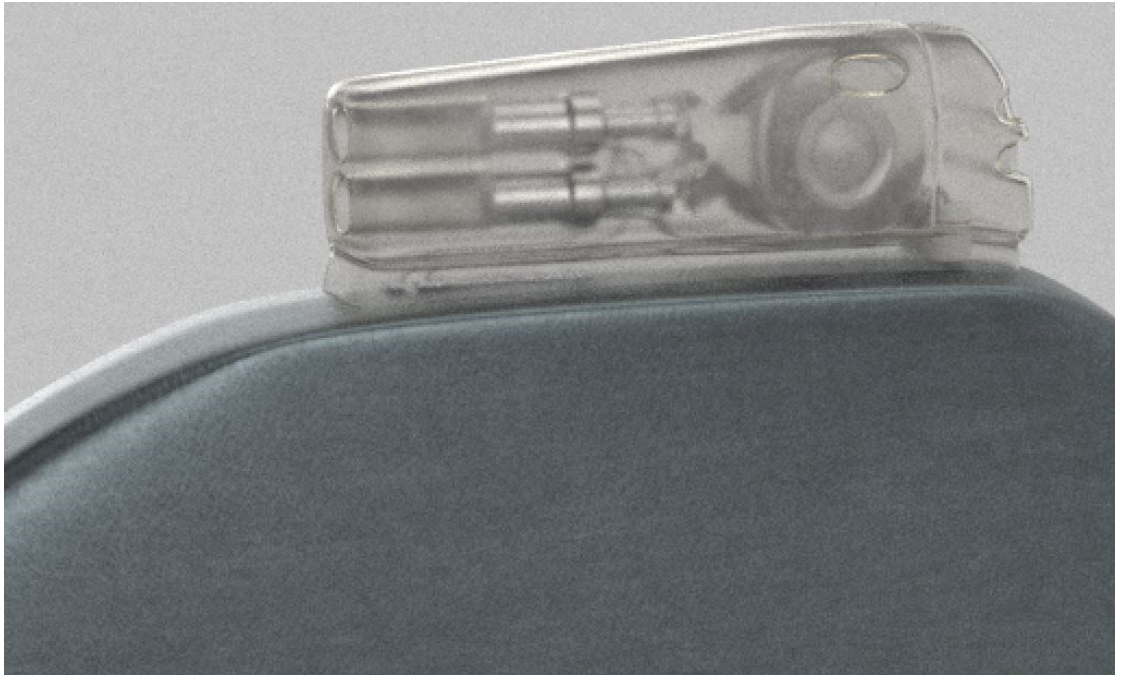
Materiaalit rakennettiin Chaosgroupin Vray-sovelluksen materiaaleilla, jonka saa erillisenä lisäosana osaksi 3ds Maxia. Mallina toimi eri referenssikuvat tuotteista, joiden avulla materiaalit luotiin. Pääasiassa materiaalit luotiin Vrayn VrayMtl-materiaalilla, jolla luotiin pohjamateriaali esimerkiksi alumiinille tai muoville, johon myöhemmin lisättiin realismia eri tekstuurikarttojen avulla. Vrayn materiaalien luonti ja renderöinti pohjautuu fysiikkaan, joten oikeiden arvojen säätö on tärkeää realismin kannalta.

Tahdistimien runkoon luotiin värillinen alumiinipinta (ks. kuvio 21). Koska alumiini on metallia, valittiin materiaalista metalness -arvoksi 1. Alumiinin IOR, eli index of refraction on lähellä yhtä. Vray ei kuitenkaan toista todellisia IOR-arvoja täydellisesti, joten IOR:ksi valittiin 1.002 Chaosgroupin IOR -oppaan mukaan (Nichols 2018). IOR-arvo määrittelee pinnan heijastuvuuden eri kulmista katsottuna. Heijastuvuudeksi valittiin puhdas valkoinen, sillä metallit ovat täysin heijastavia. Kun pohjamateriaali on luotu, sen virheettömyyttä lähdetään rikkomaan tekstuureilla vaihtelun ja realismin luomiseksi.



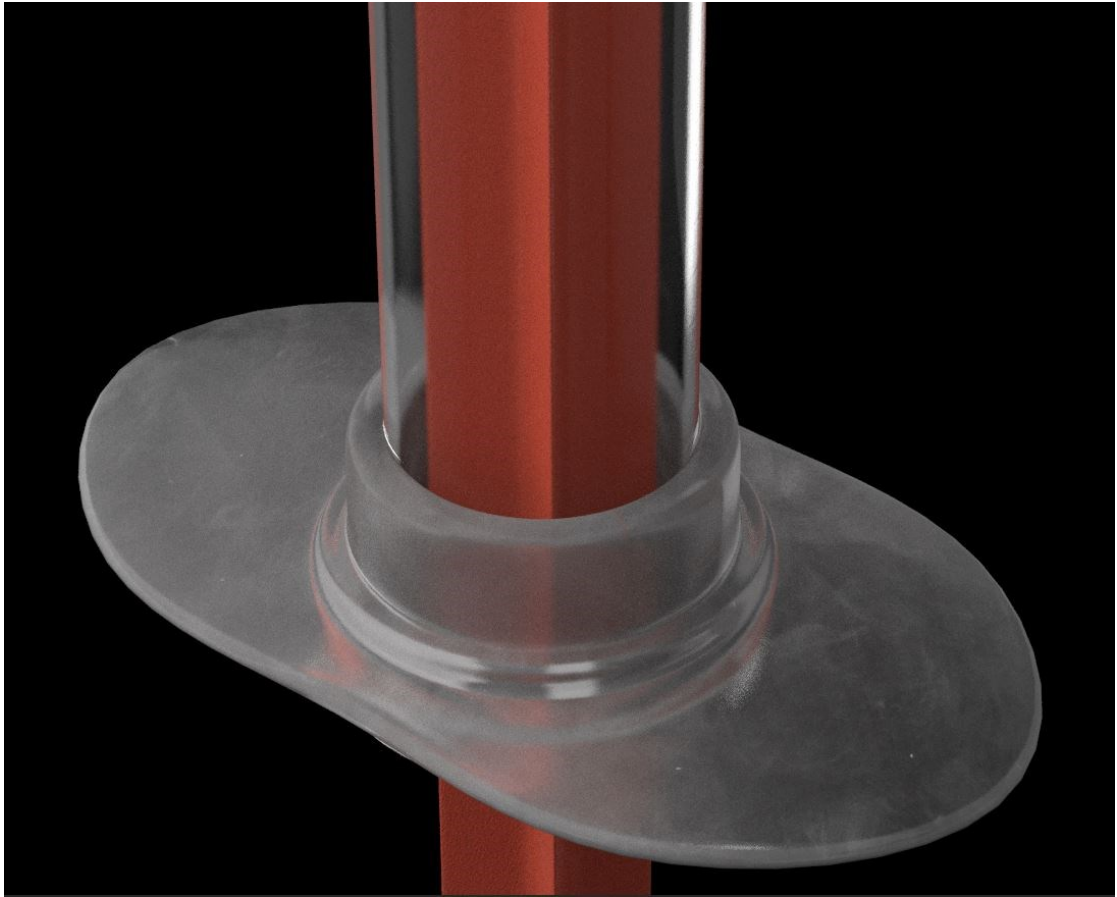
Kuvio 21. Tahdistimen alumiinimateriaali 3ds Maxin editorissa

Väriin lisättiin composite layerin avulla kuluneen metallipinnan tekstuuria, jotta tasaiseen väriin saatiin vaihtelua ja pientä kulumaa. Reflection glossinessiin, eli heijastuksen terävyyteen lisättiin värissä käytetyn saman naarmuuntuneen ja likaantuneen metallin mustavalkokartta luomaan himmeämpiä ja terävämpiä kohtia heijastuksiin. Siten värityksen kulumat saatiin näkyviin myös heijastuksiin. Materiaaliin tuotiin myös bump-kartta tuomaan pientä rosoisuutta pinnalle referenssikuvien mukaisesti (ks. kuvio 22).



Kuvio 22. Testirenderöinti tahdistimen materiaaleista

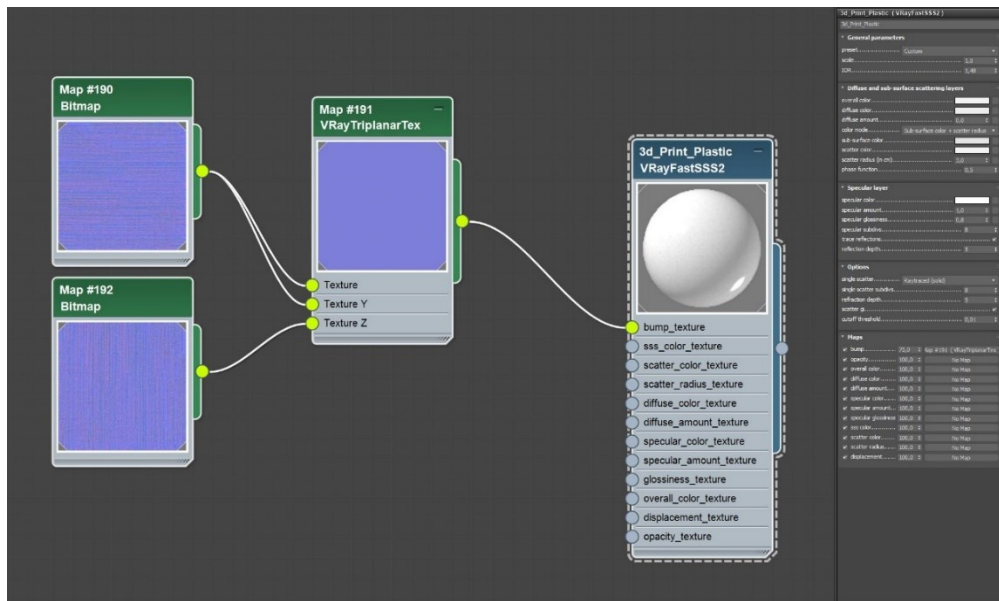
Muut metallit, muovit, tyvek -pakkaukset ja lasit rakennettiin samoja menetelmiä käyttäen. Materiaaleissa otettiin mallia referenssikuvista sekä huomioitiin niiden fyysiset ominaisuudet. Realismia luotiin tuomalla virheitä ja likaa heijastuksiin ja materiaalien pinnoille tekstuurikartoilla (ks kuvio 23) sekä pintoihin lisättiin muotoja bump- ja normaalikartoilla.



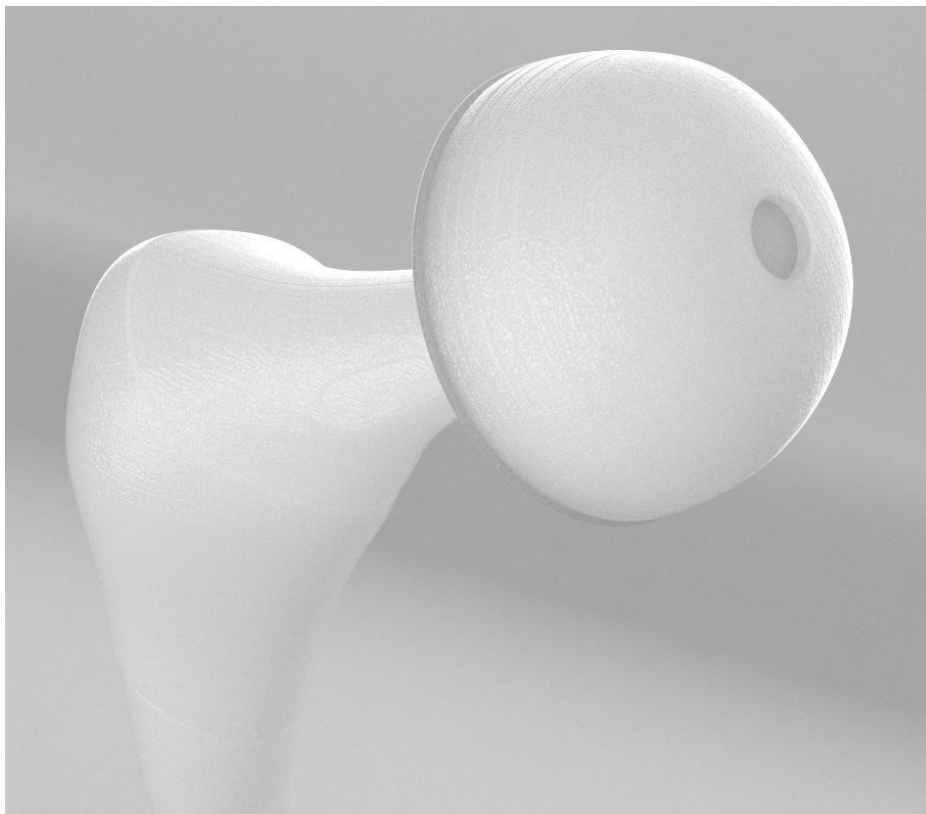
Kuvio 23. Testirenderöinti lääkeruiskun lasi- ja muovimateriaaleista

Pienenä poikkeuksena oli 3D-tulostetun tekolonkan materiaali. Referenssikuvissa näkyi pientä läpinäkyvyyttä yleisesti tulostuksessa käytetyissä muoveissa, joten materiaalin pohjana päätettiin käyttää Vrayn FastSSS2-materiaalia. SSS on lyhenne subsurface scatteringista, joka tarkoittaa valon hajoamista ja läpäisyä läpikuultavissa pinnoissa, kuten ihmisen ihossa.

FastSSS mahdollistaa monimutkaisen läpinäkyvyyden luomisen automatisoinnin materiaalissa. Materiaalia muokattiin luomalla kustomoitu asetus käyttämällä muovin IOR-arvoa sekä muovimaista heijastusta (ks. kuvio 24). Materiaaliin tuotiin myös normaalikartta luomaan 3D-tulosteille tyypillinen kuviointi ja rosoisuus (ks. kuvio 25).



Kuvio 24. 3D-tulostetun muovin VrayFastSSS2-materiaali 3ds Maxin editorissa



Kuvio 25. Testirenderöinti tekolonkan materiaalista

6.5 Kamera-asetukset

Kamerat luotiin 3ds Maxin fyysisinä kameroina. Linssiksi valittiin 90 millimetrinen pitkä linssi tuotteiden perspektiivin vääristymisen välttämiseksi. Syväterävyys ei ollut käytössä, sillä koko tuote tuli pitää fokuksessa ja mallit renderöitiin ilman taustaa. Valotusasetuksina oli ISO 100, sulkijanopeus 1/125s ja f/8. Kyseiset arvot ovat melko neutraalit ja toimivat hyvin käytetyn valaistuksen kanssa.

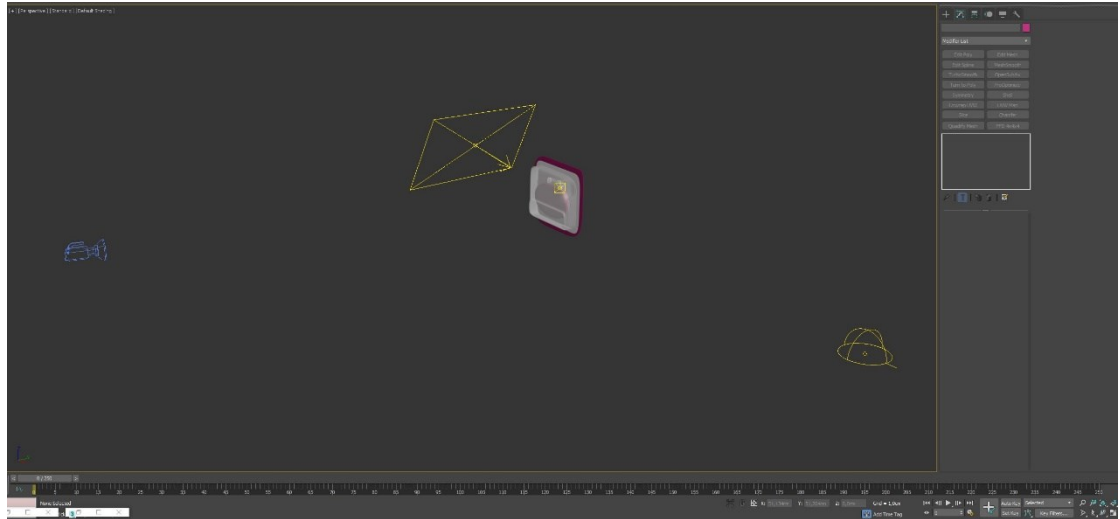
6.6 Valaisu

Valaisun pohjana käytettiin 360-asteista HDRI-kuvaa studiovalaistuksesta. Valon voimakkuutta ja kulmaa säädettiin mallista riippuen sopivaksi. HDRI-kuva tuotiin 3ds Maxiin Vrayn HDRI-karttaan, joka asetettiin 360-asteiseksi ympäristöksi skenelle (ks. kuvio 26). Näin heijastuksiin saatiin sisältöä HDRI-kuvasta ilman mallinnettua ympäristöä. Lopullisiin renderöinteihin HDRI-tausta jätettiin kuitenkin näkymättömäksi, jotta mallien renderöinnit saatiin ulos ilman taustaa jälkikäsitteilyä varten.



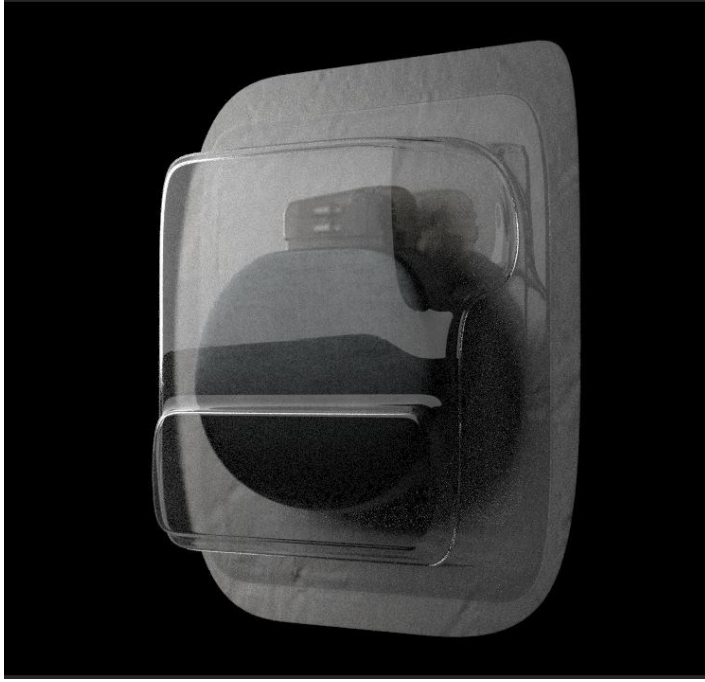
Kuvio 26. HDRI-kuva ympäristönä ja valaisemassa tahdistinta

Koska pelkkä yksittäinen HDRI-valo jätti mallit hieman latteiksi, käytettiin sen lisänä Vrayn plane -valoja, joilla tuotiin lisää muotoja ja heijastusten korostusta esiin malleista (ks kuvio 27). Koska malleja esiteltiin erilaisilla kamera-ajoilla mallista riippuen, haluttiin lisävaloilla luoda mielenkiintoisia heijastuksia ajoihin.



Kuvio 27. Tahdistimen mallin valaisimet

Tahdistimen kohdalla HDRI-valon lisäksi käytettiin isompaa key-valaisinta luomaan muotoa (ks. kuvio 28) sekä pienempää valoa vastakkaisella puolella tuomaan pakkauksen heijastuksia paremmin esiin (ks. kuvio 29).



Kuvio 28. Tahdistin valaistuna pelkästään key-valolla



Kuvio 29. Tahdistin valaistuna pienellä korostusvalolla



Kuvio 30. Yhdistetty valaistus tahdistimelle

6.7 Jälkikäsittely

Renderöinnin jälkeen kuvat tuotiin Adobeen After Effectsiin kuvasekvesseinä omina render -elementteinään. Käytetyt elementit koostuivat RGB-kuvasta, spekulaarisesta ja tavallisesta heijastuksesta (ks. kuvio 31), refractionista, ambient occlusionista ja alpha-kanavasta. Erillisten elementtien käyttö mahdollistaa suuremman vapauden jälkikäsittelyssä, kun esimerkiksi heijastuksia tai varjoja voi säätää ja lisätä erillään toisistaan.



Kuvio 31. Esimerkki spekulaaarisesta heijastuksesta omana elementtinään

Raaka renderöinti 3D-mallista on yleensä hiukan latteaa, joten elementtejä lisäämällä saadaan kuvaan lisää realismia ja eloa. Ambient occlusion luo varjostuksia mallin eri saumakohtiin ja nurkkiin. Lisäämällä se multiply moodissa raa-an renderöinnin päälle, voidaan lisätä kuvaan syvyyttä ja varjoja. Tahdistimessa etenkin pakettin muovin reunit näyttivät liian kirkkailta ja irtonaisilta (ks. kuvio 32), joten ambient occlusionilla se saatiin sulautumaan paremmin tyvek -taustaan (ks. kuvio 33).

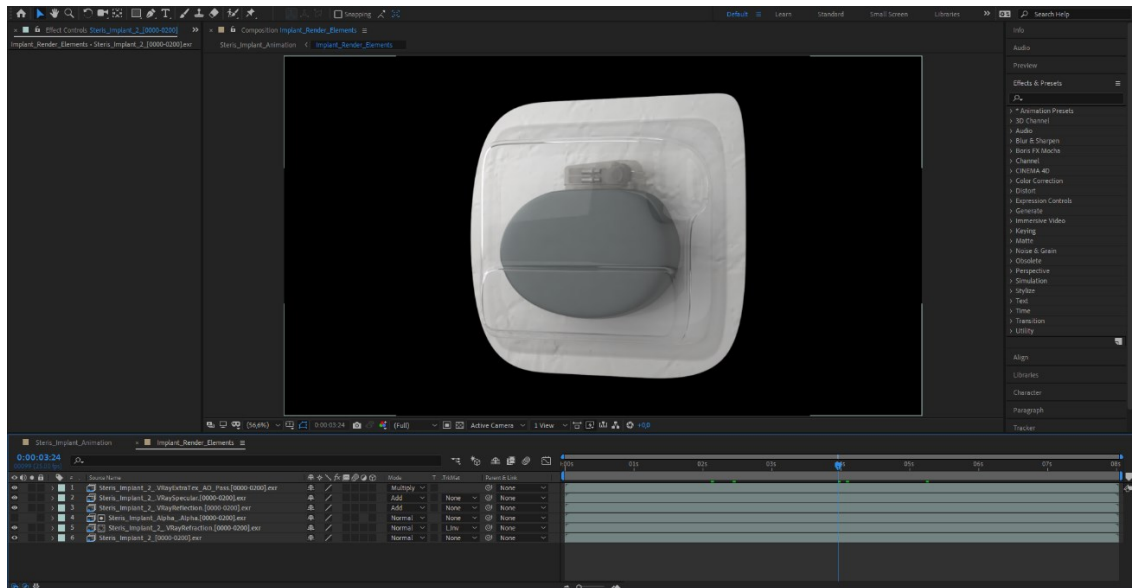


Kuvio 32. Tahdistin ennen ambient occlusionin lisäystä



Kuvio 33. Tahdistin ambient occlusionin lisäyksen jälkeen

Samaan tapaan eri blending modeja käyttäen kuviin lisättiin paketin muovin heijastuksia reflection ja specular elementtien avulla sekä säädettiin taustan läpinäkyvyyttä refraction elementin ja alphan avulla (ks. kuvio 34).



Kuvio 34. Render -elementit tuotuna After Effectsiin omaan kompositioon ja koostetuna päällekkäin

Kun render -elementtien avulla on luotu tyydyttävä peruskuva, sen päälle tehtiin värikorjausta ja säädettiin kontrastia (ks. kuvio 35). Kun kaikki elementit on komposoitu samaan kompositioon, vaikuttaa sen päälle tehdyt lisäykset kaikkiin osaluokiin komposition sisällä. Mallien visuaalinen ilme oli vielä komposoinnin jälkeen hieman tumma ja lattea (ks. kuvio 36), joten lisäämällä exposurea sekä kontrastia ja saturaatiota saatiin mallit paremmin esiin taustasta ja varjoihin syvyyttä (ks. kuvio 37).



Kuvio 35. Lumetri värikorjaus sekä curves efekti After Effectsissä



Kuvio 36. Tahdistin ennen värikorjausta



Kuvio 37. Tahdistin värikorjauksen jälkeen

Kun riittävät jälkikäsittelyt kaikille 3D-renderöinneille oli tehty, animaatiot renderöitiin ulos After Effectistä Applen Prores444 formaattissa ilman taustaa. Siten 3D-videot voi upottaa mihin taustaan tahansa lopullisessa videossa.

7 Tulokset ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia realismia ja sen lisäystä 3D-tuotevisualisoinnissa. Tutkimusta tehtiin tosielämän referenssien pohjalta, joiden soveltamista tutkittiin 3D-tuotevisualisoinnissa. Tavoitteena oli myös syventää teoreettista tietopohjaa Movya Oy:ssä käytetyille menetelmille realististen 3D-tuotevisuaalisointien luonnissa. Lisäksi tavoitteena oli luoda 3D-tuotevisualisointi osana Movya Oy:n asiakasprojektia.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi 3D-tuoteanimaatio, joka tuli käyttöön osana Movya Oy:n asiakasprojektia. Tuote vastasi asiakkaan tarpeeseen, ja täytti halutun realistisen 3D-tuotevisualisoinnin määritelmän. Lisäksi luotiin uutta tietopohjaa sekä vankistettiin olemassa olevaa tietoa realismin lisäämisestä 3D-tuotevisualisoinnissa.

Opinnäytetyön alkaessa minulla oli hyvin pintapuolinen käsitys realismista 3D-visualisoinnissa. Tietopohjani oli lähinnä käytännön kokeilun, tutoriaalien ja kollegoiden vinkkien varassa. 3D-visualisoinnin realismin tavoittelussa haastavaa oli etenkin se, että realistinen visualisointi on lähes kenen vain helppo tunnistaa, mutta syyt sen takana ovat paljon monimutkaisemman prosessin takana.

Tutkimustyön aikana opin paljon lisää realismista 3D-tuotevisualisoinnissa. Eniten oppia syntyi referenssien tärkeydestä ja jatkuvasta peilaamisesta tosielämään. 3D-visualisoinnissa on välillä vaikea muistaa rajoittaa tekemistä realismin kannalta, kun fyysisiä rajoituksia ei ole. Ne mielessä pitämällä lopputuloksesta saadaan kuitenkin paljon uskottavampi ja vakuuttavampi.

Asiakastyö onnistui hyvin ja asiakas oli tyytyväinen, vaikka pientä parannettavaa olisikin löytynyt realismin lisäämisen osalta. Mallit ja materiaalien luonti onnistuivat hyvin ja valaisusta tuli mielenkiintoinen. Tutkimustietoa sovellettiin myös pääasiassa laajasti työn teknisessä toteutuksessa.

Kamera-asetukset olisivat tietopohjan karttuessa voineet olla kuitenkin paremmat valotuksen osalta sekä renderöinnin olisi voinut tehdä 32-bittisenä. Nyt osa otoksista tulivat hieman ylivalottuneina ja säätövara loppui jälkikäsitelyssä hieman kesken 16-bittisenä. Teoriataustaan olisi voinut myös peilata hieman syvemmin työn tuloksia. Vaikka tietopohjaa kerättiin laajasti ja erilaisia menetelmiä sovellettiin teoriatasolla ja käytännössä 3D-visualisointiin, toteutetussa työssä tutkimustulosten vertailun ja tarkastelun raportointi jäi vähemmälle.

Opinnäytetyön kirjoittamisprosessi oli kaikkiaan melko haastava. Työskentely Movablella ennen prosessia ja sen aikana toi valtavasti arvokasta kokemusta ja asiantuntijuutta 3D-visualisoinnin parissa. Asiakasprojektin käyttö opinnäytteen työtuloksena antoi myös hyvän aiheen ja kehyksen työlle. Kirjoitus- ja tutkimustyön ohessa tehty päivätyö toi kuitenkin haasteita aikataulullisesti. Haasteita opinnäytetyössä tuotti lisäksi tarpeeksi laajan ja kattavan sekä myös uutta tietoa tuovan teoriapohjan kasaa-

minen valittuun aiheeseen liittyen.

Kaiken kaikkiaan opinnäytetyö loi paljon uutta tietopohjaa realismiin 3D-tuotevisuaalisoinnissa. Saatua oppia voi varmasti hyödyntää myös tulevaisuudessa uusien asiakasprojektien sekä omien projektien parissa. Työ antoi myös eväitä tiedonkeruuseen ja sen hyödyntämiseen jatkossakin 3D-visualisoinnin parissa.

Lähteet

3-Dimensional Smoothing: Catmull-Clark Subdivision. N.d. Artikkelel Algosomen sivustolla. Viitattu 2.6.2019. <https://www.algosome.com/articles/catmull-clark-subdivision-algorithm.html>

7 main steps to succeed in 3d visualization project. 2015. Artikkelel 3dvisdesign sivustolla. Viitattu 2.8.2019. <https://3dvisdesign.com/7-main-steps-to-succeed-in-3d-visualization-project/>

A Brief History of 3D Visualisation: The Ins and Outs. N.d. Artikkelel Easy Renderin sivustolla. Viitattu 5.6.2019. <https://www.easyrender.com/3d-visualization/a-brief-history-of-3d-visualizations-the-ins-and-outs>

Baird, D. 2016. Is this image big enough? Image resolution and DPI explained. Artikkelel Danielle Bairdin sivustolla. Viitattu 16.6.2019. <https://daniellebaird.com/image-resolution-and-dpi-explained/>

Bokeh (Depth of Field) Rollout. N.d. Tutoriaali Autodeskin 3ds-Max sivustolla. Viitattu 27.8.2019. <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/3DSMax-Rendering/files/GUID-AEED2A50-F8E2-40CD-ADC3-ED2515EA360A-htm.html>

Color Grading vs. Color Correction Process for Video: A Complete Guide. 2019. Artikkelel Studiobinder sivustolla. Viitattu 27.10.2019. <https://www.studiobinder.com/blog/color-grading-vs-color-correction-process/>

Commonly implanted cardiac devices. N.d. Artikkelel EPdoc sivustolla. Viitattu 12.10.2019. <http://www.epdoc.net/professional/patientpages/Equipment-and-Device-Images.aspx>

Dravid, A. N.d. Understanding IES Lights. Artikkelel CGArena sivustolla. Viitattu 23.8.2018. <http://www.cgarena.com/freestuff/tutorials/max/ieslights/>

Dunlop, J. N.d.a. Photography for Beginners: A Complete Guide. Artikkelel Expert Photography sivustolla. Viitattu 18.7.2019. <https://expertphotography.com/a-beginners-guide-to-photography/>

Dunlop, J. N.d.b. Understand Focal Length in 4 Easy Steps. Artikkelel Expert Photography sivustolla. Viitattu 18.7.2019. <https://expertphotography.com/understand-focal-length-4-easy-steps/>

- Failes, I. 2017. The CG Actors in 'Logan' You Never Knew Were There. Artikkele Cartoon Brew sivustolla. Viitattu 13.10.2019. <https://www.cartoonbrew.com/vfx/cg-actors-logan-never-knew-149013.html>
- John. N.d. Achieving Photo Realism in 3D. Artikkele Blueprintin sivustolla. Viitattu 2.6.2019. <https://blueprintdigital.com/achieving-photo-realism-3d/>
- Lucarelli, F. 2011. 40 Year Old 3D Computer Graphics (Pixar, 1972). Artikkele Socksin sivustolla. Viitattu 23.5.2019. <http://socks-studio.com/2011/09/04/40-year-old-3d-computer-graphics-pixar-1972/>
- Materialism (1). N.d. Artikkele BBB3viz sivustolla. Viitattu 28.7.2019. <http://bertrand-benoit.com/blog/materialism-1/>
- Meyer, G. 2017. Behind the Scenes of Substance Source's Scanned Materials. Artikkele Substance 3d:n sivustolla. Viitattu 28.10.2019. <https://www.substance3d.com/blog/behind-scenes-substance-source-s-scanned-materials>
- Mitä teemme. N.d. Movya Oy:n verkkosivut. Viitattu 18.2.2019. <http://www.movya.fi/fi/services>
- Nichols, C. 2018. Understanding Metalness. Artikkele Chaosgroupin sivustolla. Viitattu 27.10.2019. <https://www.chaosgroup.com/blog/understanding-metalness>
- Olemme globaalisti toimiva digitaalisen median yritys. N.d. Movya Oy:n verkkosivut. Viitattu 18.2.2019. <http://www.movya.fi/fi/about>
- Petty, J. N.d. Textures vs Materials in 3D Graphics (A Complete Guide For Beginners). Artikkele Concept Art Empiren sivustolla. Viitattu 27.10.2019. <https://conceptartempire.com/3d-textures-vs-materials/>
- Physical Camera. 2018. Tutorkaali Autodeskin 3ds Max sivustolla. Viitattu 26.8.2019. <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/3DSMax-Rendering/files/GUID-74ECAC41-574C-491F-B98A-E6D7812A78B0-htm.html>
- Realismi (taide). N.d. Wikipedian artikkele. Viitattu 1.11.2019. [https://fi.wikipedia.org/wiki/Realismi_\(taide\)](https://fi.wikipedia.org/wiki/Realismi_(taide))
- Real-World Scale. N.d. Artikkele Turbosquid sivustolla. Viitattu 4.8.2019. <https://www.turbosquid.com/3d-modeling/training/modeling/real-world-scale/>
- Redman, R. 2015. Animation basics: 5 pro tips for using keyframes. Artikkele Creati Bloq sivustolla. Viitattu 28.10.2019. <https://www.creativebloq.com/animation/basics-keyframes-tips-61515485>
- Render Elements. N.d. Artikkele Chaosgroupin sivustolla. Viitattu 28.10.2019. <https://docs.chaosgroup.com/display/VRAY4MAX/Render+Elements>
- Rule of Thirds. N.d. Photography Mad verkkosivut. Viitattu 28.7.2019. <https://www.photographymad.com/pages/view/rule-of-thirds>

Russel, J. 2015. Basic Theory of Physically-Based Rendering. Viitattu 26.10.2019. <https://marmoset.co/posts/basic-theory-of-physically-based-rendering/>

Simonds, B. 2013. Blender Master Class. Yhdysvallat: No Starch Press Inc.

Slick, J. 2018. Pioneers in 3D Computer Graphics. Artikkelin Lifewiren sivustolla. Viitattu 2.6.2019. <https://www.lifewire.com/pioneers-in-3d-computer-graphics-1958>

Slick, J. 2019. 7 Common Modeling Techniques for Film and Games. Artikkelin Lifewiren sivustolla. Viitattu 7.10.2019. <https://www.lifewire.com/common-modeling-techniques-for-film-1953>

Solid modeling. N.d. Artikkelin PC-magazinen sivustolla. Viitattu 17.8.2019. <https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/51724/solid-modeling>

The History of Pixar : Ed Catmull First Animation. N.d. Artikkelin Iamagin sivustolla. Viitattu 23.5.2019. <https://www.iamag.co/the-history-of-pixar-ed-catmull-first-animation/>

The Photographic Look. N.d. Artikkelin BBB3viz sivustolla. Viitattu 15.7.2019. <http://bertrand-benoit.com/blog/the-photographic-look/>

Turner Whitted, J. 2018. A Ray-Tracing Pioneer Explains How He Stumbled into Global Illumination. Artikkelin Nvidian sivustolla. Viitattu 2.6.2019. <https://blogs.nvidia.com/blog/2018/08/01/ray-tracing-global-illumination-turner-whitted/>

Understanding the 12 Principles of Animation. 2014. Artikkelin Pluralsightin sivustolla. Viitattu 28.10.2019. <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/understanding-12-principles-animation>

Understanding the Importance of Matchmoving for Integrating CG Elements into Live-Action Footage. 2014. Artikkelin Pluralsightin sivustolla. Viitattu 25.10.2019. <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/understanding-importance-matchmoving-integrating-cg-elements-live-action-footage>

What is a digital image? N.d. Artikkelin Per Berntsenin sivustolla. Viitattu 16.6.2019. <http://perberntsen.com/misc/technical/digitalimage.php>

What is HDRI? N.d. Artikkelin Flamingo nXt sivustolla. Viitattu 25.8.2019. <http://nxt.flamingo3d.com/page/what-is-hdri>

Wunderlich, B. N.d. Artikkelin Digital Photography School sivustolla. Viitattu 27.8.2019. <https://digital-photography-school.com/understanding-depth-field-beginners/>