

Pölynsidontajärjestelmän 3D-animaation suunnittelu ja toteutus

Jukka Timonen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2016
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), Mediatekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t) Timonen, Jukka	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Joulukuu 2016
	Sivumäärä 67	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Pölynsidontajärjestelmän 3D-animaation suunnittelu ja toteutus		
Tutkinto-ohjelma Mediatekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Kari Niemi		
Toimeksiantaja(t) Dynaset Oy		
Tiivistelmä <p>Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi maailman johtava hydrauligeneraattoreiden, -korkeapainepesureiden ja -kompressoreiden valmistaja Dynaset Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja tuottaa 3D-animaatio Dynaset HPW-DUST korkeapainepölynsidontajärjestelmästä markkinointikäyttöön. Animaatiossa esiteltiin korkeapainepölynsidontajärjestelmän toiminta sisältäen käyttövoiman saannin moottorilta, vesisumun muodostuksen sekä pölynsidonnan toiminta mikroskooppisella tasolla.</p> <p>Opinnäytetyössä käytiin läpi tyypillinen 3D-animaatioprojekti, johon sisältyi käsikirjoitus, mallintaminen, animointi, materiaalit ja valaiseminen, renderöinti sekä jälkikäsitteily. 3D-animaation toteutus eteni vaiheittain siten, että ensin tehtiin kuvakäsikirjoitus, jossa määriteltiin animaation kulku. Tämän jälkeen animaatioon mallinnettiin tarvittavat laitteet sekä komponentit ja ne animoitiin käyttäen tyypillisiä menetelmiä. Animoinnin valmistuttua taustalle luotiin ympäristö, laitteille luotiin materiaalit sekä animaatio renderöitiin. Renderöinnit koostettiin animaatiovideoksi jälkikäsitteilyohjelmassa, missä luotiin myös animaation kaksiulotteinen osio pölynsidonnan toiminnasta.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi suunnitelman mukainen 3D-animaatio, jota toimeksiantaja käyttää pölynsidontajärjestelmänsä markkinoinnissa. Toimeksiantaja hyödyntää myös mallinnettuja komponentteja, luotuja materiaaleja sekä osia animaatiosta tulevissa animaatioprojekteissa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) 3D-mallinnus, animaatio, visualisointi, video, markkinointi		
Muut tiedot		

Author(s) Timonen, Jukka	Type of publication Bachelor's thesis	Date December 2016 Language of publication: Finnish
	Number of pages 67	Permission for web publication: x
Title of publication Planning and execution of a dust suppression system 3D-animation		
Degree programme Media Engineering		
Supervisor(s) Niemi, Kari		
Assigned by Dynaset Oy		
Abstract <p>The bachelor's thesis was assigned by Dynaset Oy which is the global leading manufacturer of hydraulic generators, power washers and compressors. The assignment was to plan and create a 3D- animation of a Dynaset HPW-DUST high pressure dust suppression system for marketing purposes. The 3D- animation presents the working principle of this high pressure dust suppression system, that includes a hydraulic power from an engine, the creation of water mist and the main principles of the water mist dust suppression at microscopic level.</p> <p>The thesis followed through a typical 3D- animation project, which includes storyboard, modelling, animation, materials and lighting, rendering and post-production. The implementation of the animation proceeded in stages, the first being the creation of a story board to describe the story line of the animation. After the story board was created, all the equipment and necessary components was modelled and animated using typical 3D- methods. After the animation, environment was created and materials was assigned to all components and the animation was rendered. The rendered outputs were composed to an animation video with a post-production software, where a two-dimensional part of the dust suppression animation was created as well.</p> <p>The result of the thesis was a 3D- animation for Dynaset Oy to use for the marketing of the HPW-DUST high pressure dust suppression system. Parts of the animation, the modelled components and the materials created will be used in future animation projects by Dynaset Oy.</p>		
Keywords/tags (subjects) 3D- modelling, animation, visualization, video, marketing		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Työn lähtökohdat	5
1.1	Taustaa ja toimeksiantaja.....	5
1.2	Tehtävät ja tavoitteet	5
2	3D-grafiikka ja animointi	7
2.1	Yleistä	7
2.2	3D-ohjelmat.....	8
2.3	Cad-ohjelmat	10
2.4	Mallintaminen	11
2.4.1	Yleistä.....	11
2.4.2	Objektien luominen	12
2.4.3	Objektien muokkaaminen	14
2.5	Animointi	16
2.5.1	Yleistä.....	16
2.5.2	Keyframe-tekniikka.....	16
2.5.3	Polkuanimaatio	17
2.5.4	Apuobjektit (Helpers)	17
2.5.5	Luustot (Bones).....	18
2.5.6	Nahka (Skin).....	20
2.5.7	Partikkelit.....	20
2.5.8	Kameran käyttö	22
2.6	Materiaalien käyttö	22
2.6.1	Yleistä.....	22
2.6.2	Materiaalien ominaisuudet	22
2.6.3	Valokuvien käyttö materiaaleissa.....	26
2.6.4	Materiaalien asettaminen kappaleelle.....	27
2.7	Valaiseminen	27

	2
2.7.1 Yleistä.....	27
2.7.2 Valotyytit ja niiden ominaisuudet.....	28
2.7.3 Globaali valaistusmalli (Global Illumination).....	29
3 Renderöiminen.....	31
3.1 Yleistä	31
3.2 Renderöintimoottorit	32
3.3 Renderöintiasetukset	33
3.3.1 Yleiset renderöintiasetukset.....	33
3.3.2 Pyyhkäisykuvarenderöinti	34
3.3.3 Mental Ray.....	36
3.3.4 Iray	37
3.3.5 V-Ray.....	37
3.4 Renderöintifarmi	37
4 CASE: Pölynsidontajärjestelmän 3D-animaation suunnittelu ja toteutus	39
4.1 Suunnitteluprosessi	39
4.2 Animaatiovideon toteutus	40
5 Tulokset ja pohdinta.....	53
Lähteet.....	55
Liitteet	59
Liite 1. Kuvakäsikirjoitus	59

Kuviot

Kuvio 1. Koordinaattiakselisto.....	7
Kuvio 2. Materiaalin ja valaistuksen vaikutus kappaleen ulkonäköön	8
Kuvio 3. Sylinterin mallinnus staattiseen kuvaan ja animointiin	11
Kuvio 4. Mesh-verkko.....	12
Kuvio 5. Perusmuotoisia kappaleita	12
Kuvio 6. Laajennetut muodot.....	13
Kuvio 7. Käyrät ja niistä tehdyt muodot.....	13
Kuvio 8. NURBS-pinta luotuna kahden käyrän välillä.....	14
Kuvio 9. Boolean operaatiot.....	15
Kuvio 10. Extrude, bevel ja chamfer	15
Kuvio 11. Keyframe-animaatio.....	16
Kuvio 12. Polkuanimaatio.....	17
Kuvio 13. Dummy, Point ja Container apuobjektit	18
Kuvio 14. Luusto ja hierarkinen animointi	19
Kuvio 15. Luusto ja käännetty kinematiikka animointi	19
Kuvio 16. Nahka ja pinnan hallinta kuoren avulla.....	20
Kuvio 17. Partikkelipilvi, -suihku ja partikkelit objektissa.	21
Kuvio 18. Partikkelit, painovoima ja tuuli.....	21
Kuvio 19. Värin, kuvion tai bittikartan käyttö materiaalina	23
Kuvio 20. Yleisimmät pinnan heijastukset	23
Kuvio 21. Pinnan heijastukset ja Raytrace-heijastus.....	24
Kuvio 22. Kiiltävyys.....	24
Kuvio 23. Pinnan kuviot.....	25
Kuvio 24. Kappale eri Opacity-arvoilla	26
Kuvio 25. Bittikartan käyttö päävärinä ja heijastuskartta	26
Kuvio 26. Materiaalien kohdistus.....	27
Kuvio 27. Global illumination ja värien heijastuminen pintoihin.....	29
Kuivo 28. Fotonin liike	30
Kuvio 30. Liikkeen sumennus (Using Multi-Pass Rendering 2015)	35
Kuvio 31. Syvyysterävyys (Using Multi-Pass Rendering 2015).....	35
Kuvio 32. Renderöntifarmin rakenteet	38

Kuvio 33. Apuobjektien käyttö puomin nivelissä	40
Kuvio 34. Look-at -muokkain sylinterissä	41
Kuvio 35. Hose-objekti	41
Kuvio 36. Pulveroija, pikakiinnikkeet ja pyöritysmoottori	42
Kuvio 37. Pikakiinnikkeiden mallinnus	42
Kuvio 38. Valokuvien käyttö HPW200-pumpun materiaaleina	43
Kuvio 39. Hydraulipumput liitettynä kaivinkoneen moottoriin	44
Kuvio 40. Kaivinkoneen moottoritila	45
Kuvio 41. Purettava rakennus	46
Kuvio 42. Betonikasa rakennuksen vieressä	46
Kuvio 43. Putoavat betonipalat	48
Kuvio 44. Vesisumu	48
Kuvio 45. Hydrauliletkun materiaalit	49
Kuvio 46. Blend-materiaali	50
Kuvio 47. Ympäristö.....	51
Kuvio 48. Mikroskooppisen tason animointi.....	52

Taulukot

No table of figures entries found.

1 Työn lähtökohdat

1.1 Taustaa ja toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Dynaset Oy. Dynaset on vuonna 1986 perustettu ylöjärveläinen yritys, joka työllistää noin 70 henkilöä. Dynaset on maailman johtava hydrauligeneraattoreiden, -korkeapainepesureiden ja -kompessoreiden valmistaja. Dynaset-hydraulilaitteet ottavat käyttövoimansa liikkuvan työkoneen hydraulikkajärjestelmästä ja muuntavat sen sähköksi, korkeapainevedeksi, paineilmaksi, magneetiksi ja tärinäksi. Dynasetin tuotteita käytetään sadoissa tuotesovelluksissa useilla eri toimialoilla ympäri maailman (Dynaset yritys 2016.)

Opinnäytetyön aihe oli pölynsidontajärjestelmän 3D-animaation suunnittelu ja toteutus. Pölynsidontajärjestelmäksi valikoitui Dynaset HPW-DUST korkeapainepölynsidontajärjestelmä, sillä siitä oli ennestään hyvin vähän markkinointimateriaalia. Korkeapainepölynsidonta oli aiheena haastava, sillä sen toiminta perustuu mikroskooppisella tasolla tapahtuvaan ilmiöön.

Dynasetin korkeapainepölynsidontajärjestelmässä korkeapainepesipumpulla muodostetaan vesisumuverho pölyävän kohteen ympärille. Vesisumuverho sitoo leijailevat pölyhiukkaset ja estää niiden leviämisen ympäristöön.

3D-animaation avulla voidaan esittää työkoneen hydraulikkajärjestelmän sekä vesisumun toimintaperiaatteet tavalla, jolla ne olisi muuten hyvin hankala esittää. Reaalimaailman rajoitteet, kuten seinien ja putkien läpinäkymättömyys sekä kameran zoomaus mikroskooppiselle tasolle, eivät ole esteenä animaatioissa.

1.2 Tehtävät ja tavoitteet

Opinnäytetyön tehtävänä oli tuottaa 3D-animaatio Dynasetin pölynsidontajärjestelmän toiminnasta. Opinnäytetyössä käytiin läpi tyypillinen 3D-animaation prosessi, johon sisältyivät käsikirjoitukset, mallintaminen, animointi, materiaalit, valaiseminen, renderointi ja jälkikäsittely. 3D-animaatio toteutettiin Autodeskin 3DS max -ohjelmistolla ja jälkikäsittely tehtiin Adobe After Effects -ohjelmistolla. Lisäksi työssä käytettiin Adobe Photoshop sekä Adobe Illustrator -ohjelmistoja materiaalien luomiseen.

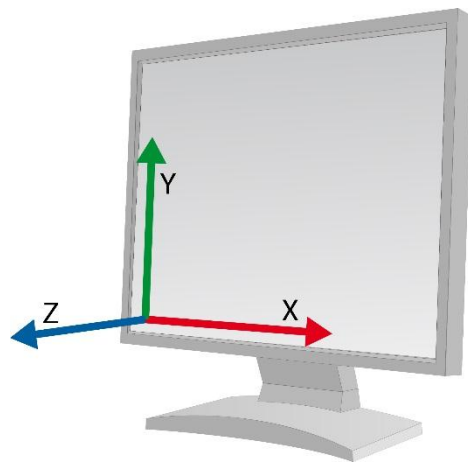
Tavoitteena oli luoda selkeä ja havainnollistava markkinointianimaatio pölynsidonta-järjestelmästä. Animaation eri osiot oli tarkoitus tehdä itsenäisesti toimiviksi, jolloin niitä pystytään hyödyntämään myös uusissa animaatioissa sekä muiden Dynaset-tuotteiden markkinoinnissa.

2 3D-grafiikka ja animointi

2.1 Yleistä

3D-grafiikalla tarkoitetaan tietokoneella tehtyjä kuvia, joille on kaksiulotteisista kuvista poiketen lisätty syvyys. Kappaleet saavat näin muodon, jolla on perspektiivi. 3D-kappaleet piirretään kolmen koordinaattiakselin avulla, jotka ovat x-, y- ja z-koordinaattiakseli. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 9; Tuhola & Viitanen 2008, 17.)

Tietokoneen näytöllä x-koordinaattiakseli on vaakasuunnassa, y-koordinaattiakseli pystysuunnassa ja z-koordinaattiakseli on näytöstä kohtisuoraan ulospäin (ks. kuvio 1). Kolmiulotteisessa avaruudessa liikuessa on tärkeää hahmottaa koordinaattiakselien suunnat: kun kappaleita käännetään myös kappaleiden koordinaattiakselien suunnat kääntyvät (Tuhola & Viitanen 2008, 17.)



Kuvio 1. Koordinaattiakselisto

Kolmiulotteisille kappaleille annetaan usein myös materiaali sekä kappale valaistaan. Materiaalien avulla kappaleesta saadaan luonnollisen näköinen, esimerkiksi maalaa-mattomassa laudassa näkyvät puun syyt, joten se ei näytä vain laudan muotoiselta ruskealta kappaleelta. Valaisemalla kappale siitä saadaan vielä luonnollisemman näköinen. Valaistuksella luoduilla varjoilla ja heijastuksilla voidaan korostaa tai peittää kappaleen ominaisuuksia (ks. kuvio 2). Esimerkiksi hiomattoman laudan epätasainen

pinta saadaan paremmin esiin, kun pienet kohoumat laudan pinnassa luovat varjot. (Lehtovirta & Nuutinen 2008 ,30,38; Puhakka 2001, 231.)



Kuvio 2. Materiaalin ja valaistuksen vaikutus kappaleen ulkonäköön

Animaatio antaa 3D-grafiikalle neljännen ulottuvuuden, ajan (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 9). Animaatio tarkoittaa elävöittämistä. Animaatiossa hahmo, kuva tai esine on saatu liikkumaan halutulla tavalla (Eskelinen 2008, 8). Ennen animaatiot piirrettiin käsin paperille, josta ne jäljennettiin kalvolle, maalattiin ja kuvattiin filmille. Nykyisin animaation tekeminen suoraan tietokoneella on yleistynyt ja se on karsinut edellä mainittuja työvaiheita (Eskelinen 2008, 49-50). 3D-animaatiolla tarkoitetaan 3D-ohjelmalla tehtyä animaatiota, johon tietokone laskee liikesarjat, valaistuksen, kameran liikkeitä ja tekstuureja (Eskelinen 2008, 55).

3D-grafiikkaa käytetään monissa sovelluksissa muun muassa elokuvissa ja mainoksissa, tietokonepeleissä, teollisuuden konesuunnittelussa ja lääketieteen magneettikuvauksessa (Puhakka 2001, 24-27).

2.2 3D-ohjelmat

3D-ohjelmia löytyy sadoittain, mutta niistä ammattilaiskäyttöön soveltuvia ei ole kuin muutamia. Osa 3D-ohjelmista keskittyy mallinnukseen, osa visualisointiin ja osalla ohjelmista voidaan tehdä molemmat. Jotkut 3D-ohjelmat keskittyvät vain kapeaan osa-alueeseen esimerkiksi maisemien luomiseen (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 82).

Yleisimpiä ammattikäyttöön tarkoitettuja ohjelmia peli-, elokuvateollisuudessa ovat Autodesk 3Ds max, Autodesk Maya, MAXON Cinema 4D, Avid Technology Softimage XSI sekä NewTek LightWave 3D (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 85-91; Tuhola & Viitanen 2008, 16-17).

Autodesk 3DS Max ja Maya -ohjelmat ovat 3D-mallinnukseen, animointiin sekä renderöintiin tarkoitettuja tehokkaita ohjelmia. Ohjelmat sisältävät useita eri työkaluja 3D-mallien luomiseen, määrittämiseen ja animointiin. Mayaa on käytetty paljon Hollywood-elokuvien erikoistehoistojen luomiseen. Autodesk 3D-ohjelmat toimivat suurimpien renderöintimoottoreiden kanssa, kuten V-Ray, Iray ja Mental ray, jotka mahdollistavat näyttävien ympäristöjen ja laadukkaiden yksityiskohtien tekemisen visualisointeihin. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 85; Autodesk Maya Overview 2016; Autodesk 3DS Max Overview 2016.)

Softimage XSI on kuulunut Autodeskille vuodesta 2008 asti. Softimagen vahvuuksia on ollut sen hahmoanimointityökalut. Autodesk on lopettanut Softimagen kehityksen vuonna 2015. (Softimage Overview 2016; Willsher 2008.)

MAXON Cinema 4D on 3D-mallinnus-, renderöinti- ja animaatio-ohjelmisto. Yleisimmät Cinema 4D:n käyttökohteet ovat 3D-animaatiot, arkkitehtuuri- ja tuotevisuaalisuudet, videopeligrafiikat ja elokuvat. Yksi Cinema 4D:n suurimmista eduista on sen yhdistettävyyden Adobe After Effects -jälkikäsittelyohjelmaan. Tämä nopeuttaa tuotantoprosessia, kun 3D-ohjelmalla ei tarvitse tehdä omaa renderöintiä, vaan lopullisen renderöinnin jälkikäsittelyineen voi tehdä suoraan jälkikäsittelyohjelmassa. (Maxon Cinema 4D 2016.)

Lightwave 3D yhdistää huippuhyvän renderöintimoottorin intuitiivisiin ja tehokkaisiin mallinnus- ja animointityökaluihin. Lightwavea on käytetty monien Hollywood-elokuvien, mainoksien, musiikkivideoiden sekä pelien tekemiseen ja sillä on voitettu useita Emmy-palkintoja. Lightwaven etuna on hyvä yhdistettävyyden muihin 3D-ohjelmiin. (Lightwave 3D Overview 2016.)

2.3 Cad-ohjelmat

Teknisen suunnittelun CAD-ohjelmat ovat selkeästi oma alueensa. Niiden vahvuus on suunnittelijan kannalta monikäyttöisyys. Suunnittelija voi esimerkiksi määrittää kappaleelle valmistusmateriaalin ja massan sekä laskea kappaleelle lujuuslaskennat (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 83). Mallinnuksen peruseriaatteet ovat kaikilla 3D-ohjelmilla samat, mutta mallinnusmenetelmät ja termistö eroavat eri aloilla (Tuhola & Viitanen 2008, 16). Yleisimpiä CAD-ohjelmia ovat muun muassa AutoCad, Autodesk Inventor, SolidWorks, Unigraphics sekä Catia.

Autodesk Inventor on Autodeskin valmistama mekaniikkasuunnitteluohjelma, jossa on monipuoliset mallinnusominaisuudet sekä joukko automatisoituja ominaisuuksia nopeuttamaan suunnittelua. Inventor linkittyy muihin Autodeskin ohjelmiin, joten esimerkiksi Auto Cadilla suunniteltuja osia voi yhdistää Inventorilla ja viedä ne lopuksi 3DS Maxiin, jossa ne voidaan animoida tai renderöidä. (Autodesk Inventor Features 2016.)

Solidworks ohjelmisto koostuu useasta eri työkalusta, joita ovat muun muassa 3D suunnittelu, visualisaatio, simulaatio, tuotetiedon hallinta ja sähkösuunnittelu. Näin tuotteen koko valmistusprosessi saadaan linkitettyä saman ohjelmiston alle, mikä lyhentää suunnittelutyötä ja nopeuttaa tuotteiden valmistusta. (Solidworks products 2016.)

Unigraphics, nykyisin Siemens NX, on 3D-suunnitteluohjelma, jossa yhdistyvät 3D-mallinnus ja dokumentaatio, erilaiset simulaatiot kuten rakenne-, liike- ja lämpösimulaatio sekä osanvalmistusratkaisut aina koneistukseen asti (About NX Software 2016).

Catia on yksi maailman johtavimpia ratkaisuja tuotteen suunnitteluun. Catia on monipuolinen suunnitteluohjelma, ja sitä käytetään muun muassa ilmailun, autoteollisuuden, voimaloiden sekä kuluttajatuotteiden suunnittelussa. Catia tarjoaa työkalut normaalin suunnittelun lisäksi tuotteen elinkaaren hallintaan. (Discover Catia 2016.)

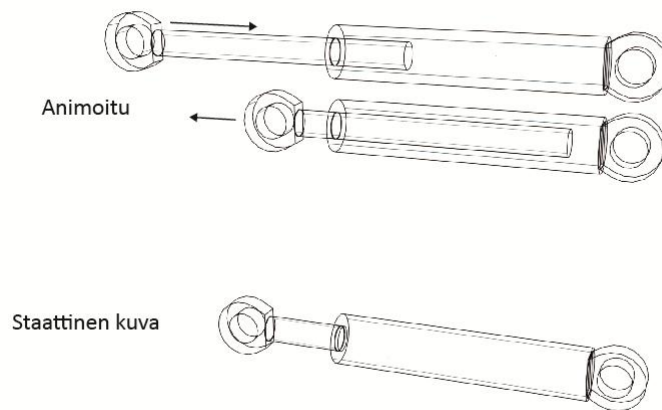
CAD-ohjelmilla luodut mallit voidaan tuoda yleisimpiin 3D-ohjelmiin, mutta tuonti ei ole aina ongelmaton. Eri ohjelmien tukemat tiedostomuodot vaihtelevat, eikä tie-

doston muuntaminen toiseen muotoon välttämättä tallenna kaikkia mallin ominaisuuksia (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 36). Mallia joudutaankin monesti muokkaamaan 3D-ohjelmalla ennen animointia ja renderöintiä.

2.4 Mallintaminen

2.4.1 Yleistä

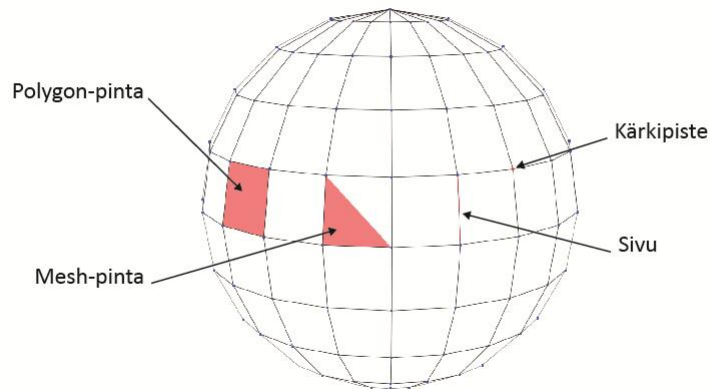
3D-mallintaminen vaatii hyvää kolmiulotteista hahmotuskykyä. Isot kokonaisuudet tulee pystyä jakamaan pienempiin osakokonaisuuksiin, joista mallintaminen on helpompaa aloittaa. Toistuvat muodot mallinnetaan vain kerran ja niitä kopioidaan tarvittava määrä. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 22.) Mallintaessa on otettava myös huomioon mallin lopullinen käyttö, eli animoidaanko se ja mitä mahdollisia materiaaleja mallissa käytetään. Esimerkiksi animointia varten sylinteri tarvitsee pitkän sylinteriputken, ja vastaavasti staattista kuvaa varten sylinteriputki voidaan jättää mallintamatta näkymättömältä osalta (ks. kuvio 3).



Kuvio 3. Sylinterin mallinnus staattiseen kuvaan ja animointiin

Yleisin 3D-mallin rakennustapa on mesh-verkko. Mesh-verkko koostuu pinnoista, sen kärkipisteistä ja sen sivuista (ks. kuvio 4). Pinta on kolmikulmainen kappale, jonka sivujen kärjissä on kärkipisteet. Mesh-verkkoa muokataan siirtelemällä pintoja, sivua

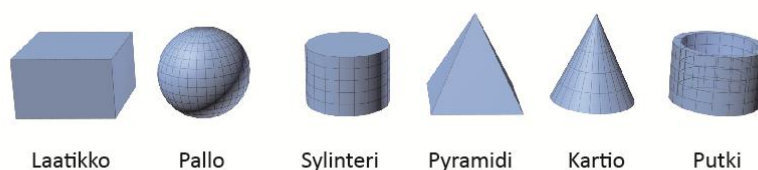
tai kärkipisteitä joko yksittäin tai ryhminä. 3D-ohjelmissa on erilaisia muokkaustoi-
mintoja, joilla mesh-verkkoa voidaan myös muokata. Mesh-verkon tiheys vaikuttaa
kappaleen ulkoasuun, mitä tiheämpi verkko, sen tarkempi kappale (Lehtovirta &
Nuutinen 2000, 21.)



Kuvio 4. Mesh-verkko

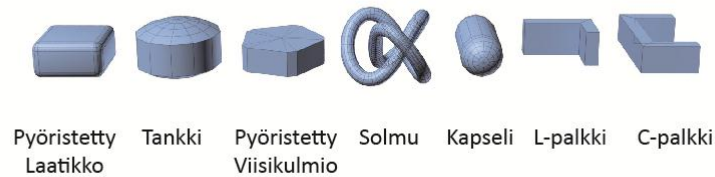
2.4.2 Objektien luominen

3D-objektien luomisessa käytetään yleensä perusmuotoja, joita ovat muun muassa
laatikko, pallo, sylinteri, kartio ja pyramidi (ks. kuvio5). Perusmuodot piirretään joko
käyttämällä hiirtä tai syöttämällä perusmuodolle näppäimistöllä numeeriset arvot.
(Standard Primitives 2016.)



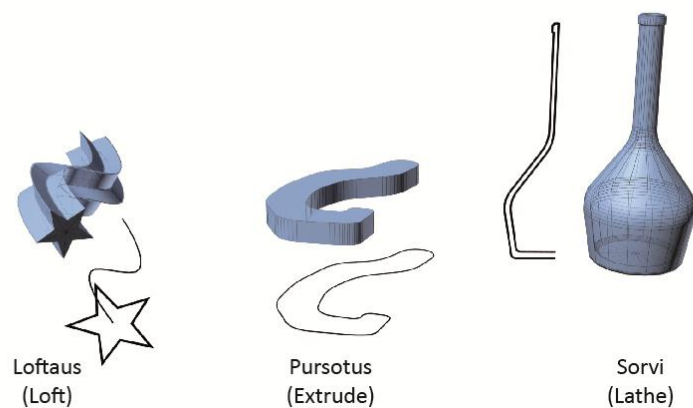
Kuvio 5. Perusmuotoisia kappaleita

Perusmuotojen lisäksi 3D-ohjelmissa on käytössä laajennettuja muotoja. Näitä muotoja ovat muun muassa kapseli, säiliö, jousi, prisma, L- ja U-palkit (ks. kuvio 6). (Extended Primitives 2016.)



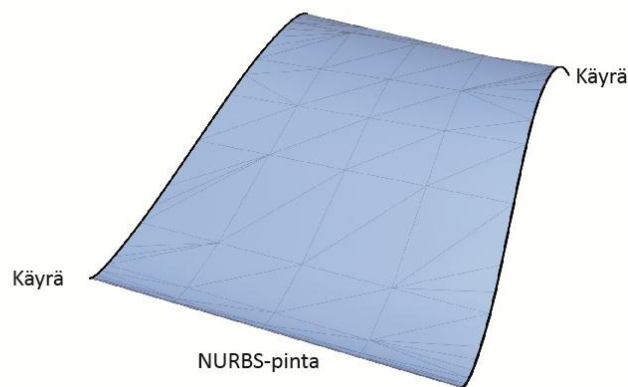
Kuvio 6. Laajennetut muodot

Valmiiden muotojen lisäksi kappaleita voidaan luoda käyrien avulla. Käyriä yhdistetään eri perustoimintoihin, joita ovat muun muassa loftaus, pursotus ja sorvi (ks. kuvio 7). (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 26-27). Loftauksessa luodaan suljettu profiilikäyrä, jota vedetään toista polkukäyrää pitkin. Pursotuksessa suljetulle käyrälle lisätään syvyys. Sorvissa profiilikäyrä pyöräytetään halutun askelin ympäri, luoden näin niin sanottu sorvattu muoto.



Kuvio 7. Käyrät ja niistä tehdyt muodot

NURBS-mallinnuksella kahden käyrän väliin luodaan pinta (ks. kuvio 8). Kolmiulotteisen käyrän muoto määritellään kärkipisteillä, jotka voivat olla kulmapisteitä, pisteiden kautta kulkevia kaaria tai bezier-kahvoilla säädettäviä kaaria. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 21.)



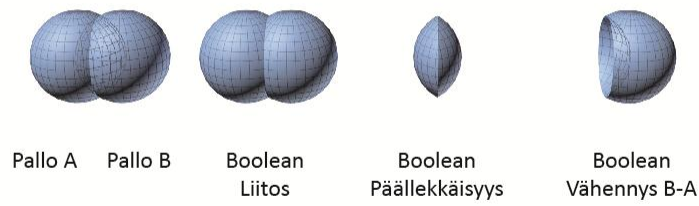
Kuvio 8. NURBS-pinta luotuna kahden käyrän välillä

2.4.3 Objektien muokkaaminen

Luotuja objekteja voidaan muotoilla käyttämällä 3D-sovelluksien tarjoamia muotoilu-työkaluja. Näitä työkaluja ovat muun muassa Boolean, Extrude, Bevel sekä Chamfer.

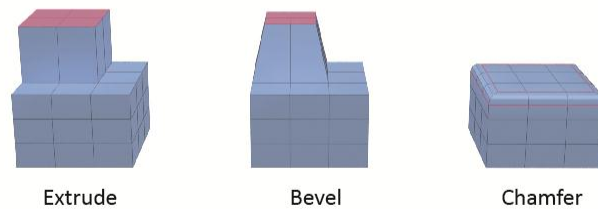
Boolean operaatiossa kaksi kappaletta yhdistetään tai vähennetään toisistaan. Boolean operaatioita ovat liitos (Union), päällekkäisyys (intersection) sekä vähennys (subtraction) (ks. kuvio 9). (Boolean Compound Object 2016.)

Liitoksessa kaksi kappaletta yhdistetään toisiinsa ja niiden päällekkäiset osiot poistetaan. Päällekkäisyydessä vain ne osiot, mitkä ovat päällekkäin, säilytetään. Vähennyksessä joko kappale A vähennetään kappale B:stä tai kappale B vähennetään kappale A:sta. (Boolean Compound Object 2016.)



Kuvio 9. Boolean operaatiot

Extrudella mesh-verkon pintoja tai sivuja voidaan pursottaa ulospäin ja bevelillä voidaan skaalata pursotettuja pintoja suuremmaksi tai pienemmäksi. Chamferilla voidaan pyöristää mesh-verkon sivuja tai kärkipisteitä (ks. kuvio 10). (Edit Geometry Rollout (Mesh) 2016.)



Kuvio 10. Extrude, bevel ja chamfer

2.5 Animointi

2.5.1 Yleistä

3D-animaatiot voidaan jakaa korkeamman ja matalamman tason tekniikoihin. Matalan tason tekniikoihin kuuluvat Keyframe-tekniikka sekä polkuanimointi. Matalan tason tekniikassa kaikki on animaattorin hallussa. Korkean tason tekniikassa mukana ovat luonnon lait ja sattumat kuten painovoima, tuuli, magnetismi ja kappaleiden keskinäiset törmäämiset. Korkean tason tekniikassa kappaleiden liike syntyy näiden voimien vaikutuksesta ja animaation kulkuun vaikuttavat myös kappaleiden väliset kitkat. Korkean tason tekniikassa animoija määrittelee lähtötilanteen luomalla kappaleet sekä niihin vaikuttavat voimat. 3D-ohjelma laskee näiden tietojen perusteella animaation kulun. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 51-53.)

2.5.2 Keyframe-tekniikka

Keyframe-animaatiossa kappaleita liikutetaan ajassa asettamalla niille animaatiopisteitä (keyframe). Pisteet ovat merkintöjä, jotka määrittävät objektin ominaisuudet kyseisellä ajan hetkellä. (Keyframe Animation 2016.)

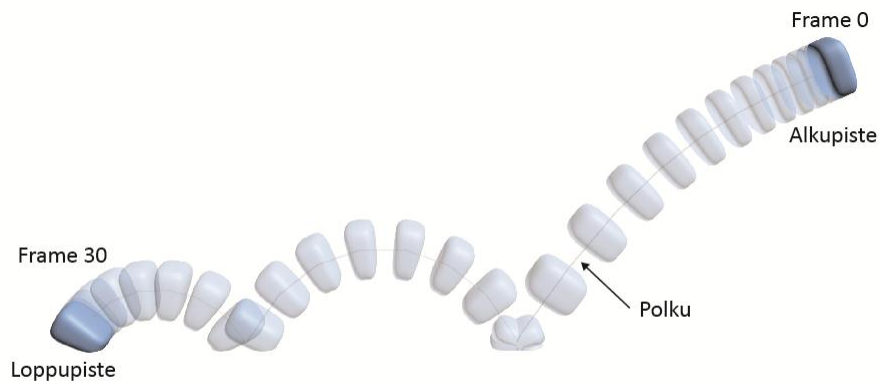
Kun kappale, jota halutaan animoida, on luotu, sille asetetaan animaatiopiste, jossa määritetään ne ominaisuudet, joita halutaan muuttaa animaation aikana. Näitä ovat ominaisuuksia ovat esimerkiksi sijainti tai koko. Tämän jälkeen siirrytään aikajanalla eteenpäin haluttuun kohtaan ja luodaan kappaleelle toinen animaatiopiste, jossa vastaavasti määritellään kappaleelle uusi sijainti ja koko. Tietokone laskee automaattisesti kappaleelle tarvittavat sijainnit ja koot näiden kahden animaatiopisteen välille (ks. kuvio 11).



Kuvio 11. Keyframe-animaatio

2.5.3 Polkuanimaatio

Polkuanimaatiossa animoitava kappale laitetaan kulkemaan 3D-ympäristöön ennalta määrättyä polkua pitkin. Kappale kulkee polun alusta loppuun määrättyjen alku- ja loppuanimaatiopisteiden välisessä ajassa (ks. kuvio 12). (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 53).

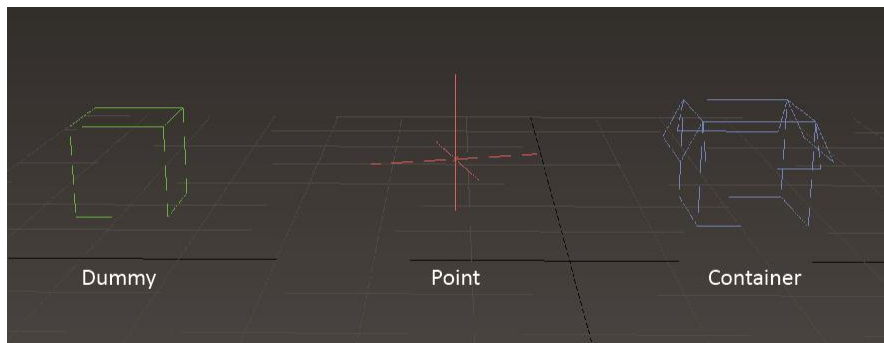


Kuvio 12. Polkuanimaatio

2.5.4 Apuobjektit (Helpers)

Apuobjektit toimivat tukiroolissa, kuten esimerkiksi näyttämöavustaja teatterissa tai rakennusapumies rakennustyömaalla (Helpers 2016).

Apuobjekteja on useanlaisia ja niistä yleisimpiä ovat Dummy, Point ja Container (ks. kuvio 13). Apuobjekteille yleistä on se, että ne eivät näy renderöinnissä (Standard Helper Objects 2016). Hyvä tapa animoida on sijoittaa kaikki animointi apuobjekteihin, jolloin animointeihin pääsee helposti käsiksi. Näin animoituja objekteja ei tarvitse etsiä kaikkien objektien joukosta.



Kuvio 13. Dummy, Point ja Container apuobjektit

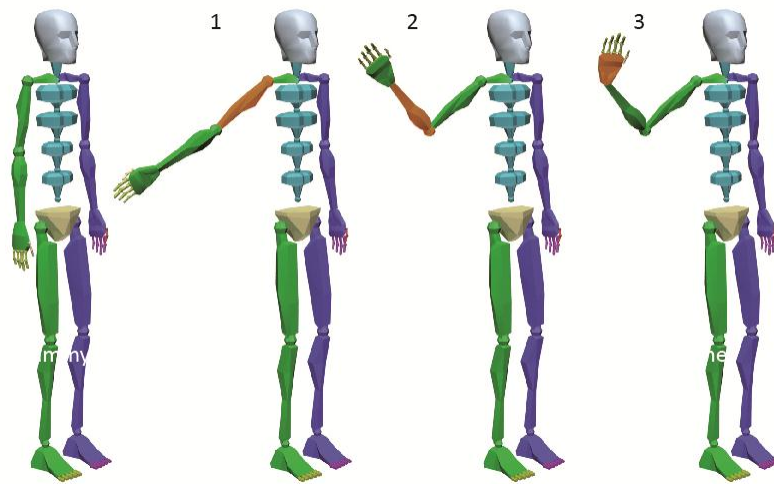
Dummy-apuobjekti on rautalankamallinen kuutio, jonka kääntymispisteenä on sen keskipiste. Dummyllä on nimi, mutta sillä ei ole ominaisuuksia. Dummyn ainoa tarkoitus on käyttää omaa keskipistettä muiden kappaleiden liikuttamiseen oman keskipisteen suhteen. (Standard Helper Objects 2016.)

Point-apuobjekti tarjoaa tarkan sijainnin 3D-avaruudessa, jota muut objektit tai 3D-ohjelman funktiot voivat käyttää. Point apuobjektilla on ominaisuutena erilaisia merkitsemistapoja, kuten risti, laatikko tai x-, y- ja z-akselien suuntaiset viivat. (Point Helper 2016.)

Container on apuobjekti, jolla hallitaan joukkoa muita objekteja. Containeriin linkitetyt kappaleet voidaan tallentaa omaan tiedostoon, jolloin muut tiimin jäsenet voivat käyttää niitä. Containerit ovatkin hyödyllisiä isommissa tuotannoissa kuten pelien tekemisessä, joissa on useampi artisti tekemässä töitä samaan ympäristöön. Yksi artisti voi mallintaa esimerkiksi rakennuksia ja tallentaa ne containeriin. Samanaikaisesti toinen voi tuoda rakennukset containerissa ympäristöön ja aloittaa säätämään valaistusta niille. (Container 2016.)

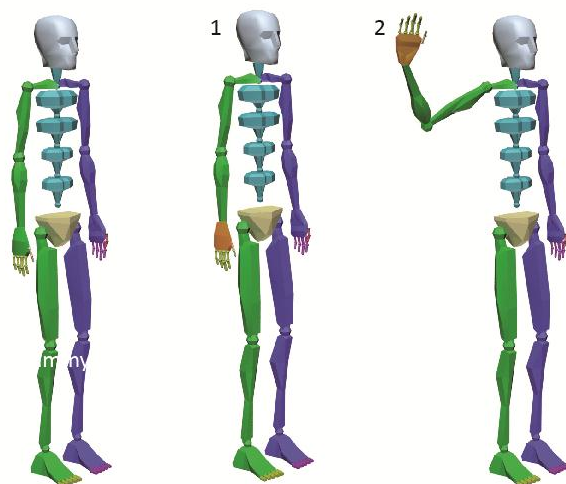
2.5.5 Luustot (Bones)

Useimmissa 3D-ohjelmissa on ominaisuutena luusto, jonka avulla luodaan kappaleelle luut, joiden välissä ovat liikkuvat nivelet (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 60). Kun luustoa animoidaan, animoidaan yleensä ylimmän tason luuta edeten aina alimmalle tasolle asti. Esimerkiksi käden asentoa animoidessa ensin käännetään olkavartta sitten käsivartta ja lopuksi rannetta (ks. kuvio 14).



Kuvio 14. Luusto ja hierarkinen animointi

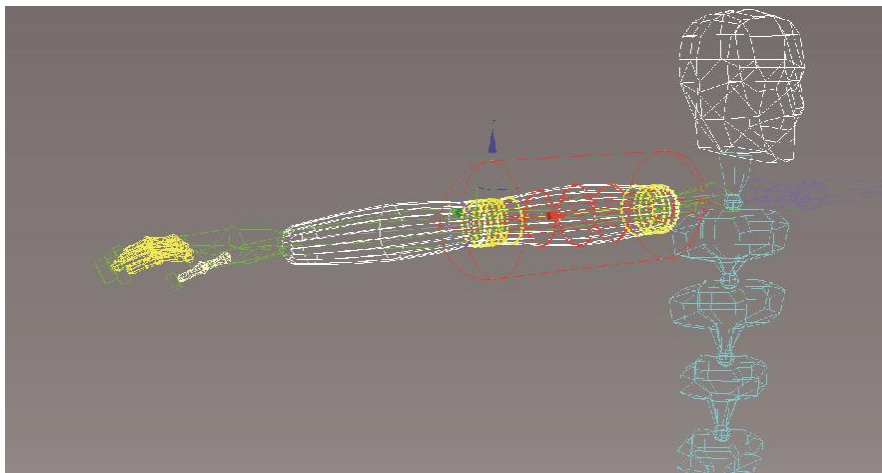
Luustossa voidaan käyttää myös käänteistä kinematiikkaa (inverse kinematics), jossa luut on määritelty hierarkisesti, joten ne seuraavat liikettä automaattisesti. Esimerkiksi kämmen liikutetaan haluttuun asentoon, jolloin ranne, käsivarsi ja olkavarsi liikkuvat automaattisesti sopivaan asentoon (ks. kuvio 15). (Inverse Kinematics (IK) 2016.)



Kuvio 15. Luusto ja käännetty kinematiikka animointi

2.5.6 Nahka (Skin)

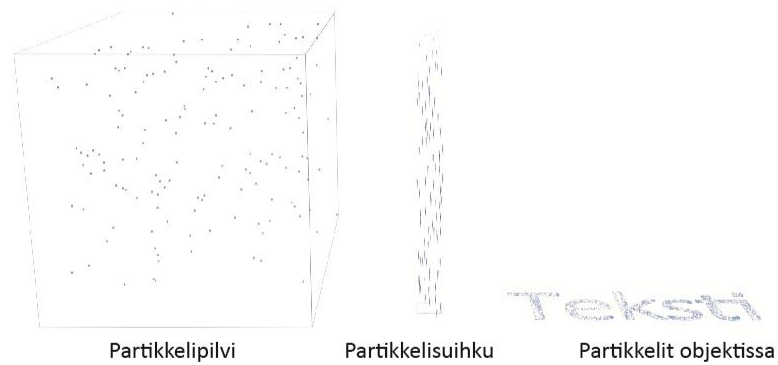
Nahka on luurankoon perustuva muodonmuutostyökalu, joka on lähtökohtaisesti suunniteltu hahmoanimointiin. Nahka voidaan luoda kappaleen pintaan käyttäen luurankoa, käyriä tai muita objekteja. Kun pintaan asetetaan nahka-määrittys, valitaan samalla siihen liittyvät luut. Jokainen luu saa kapselin muotoisen kuoren, jolla hallitaan pinnan pisteiden liikkumista suhteessa luuhun (ks. kuvio 16). (About the Skin Modifier 2016.)



Kuvio 16. Nahka ja pinnan hallinta kuoren avulla

2.5.7 Partikkelit

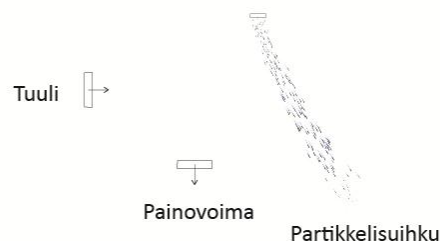
Partikkelien avulla voidaan luoda erityyppisiä ilmiöitä ja asioita, kuten lumi- tai vesisade. Partikkelit voidaan synnyttää yhdestä pisteestä suihkumaisesti, pilvimäisesti ilman alkunopeutta objektin määrittämään tilaan tai vaikka piirrettyyn kuvioon (ks. kuvio 17). Partikkelit synnyttävä objekti on yleensä renderöinnissä näkymätön. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 28.)



Kuvio 17. Partikkelipilvi, -suihku ja partikkelit objektissa.

Partikkelin renderöityvä perusmuoto on yleensä, piste, kolmio, pallo, kuutio tai jokin muu yksinkertainen perusmuoto. Partikkelina voidaan myös käyttää jotain valittua objektia. Partikkeleilla on useita ominaisuuksia, joita voidaan muokata. Näitä ovat muun muassa syntymäaika, elinikä, nopeus, koko ja pyöriminen. Partikkelien materiaalit voidaan myös määrittellä vapaasti. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 28.)

Partikkeleiden avuksi yleensä liitetään apuvoimia, joita ovat muun muassa painovoima, tuuli ja pommi. Painovoiman avulla partikkelit saadaan vajoamaan haluttuun suuntaan ja tuulella voidaan luoda putoamiseen kaaottista liikettä (ks. kuvio 18). (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 28.)



Kuvio 18. Partikkelit, painovoima ja tuuli

2.5.8 Kameran käyttö

Kameroita on yleensä kahta eri tyyppiä: kohdekamera (Target Camera) ja vapaa kamera (Free Camera). Kohdekamera osoittaa aina sen kohdepisteeseen. Kohdekamerassa kameraa ja sen kohdepistettä voidaan liikutella erikseen. Vapaa kamera on muuten kuten kohdekamera, mutta sillä ei ole kohdepistettä. Vapaata kameraa käytetään yleensä animaatioissa, joissa se on kytketty kulkemaan esimerkiksi ennalta määrättyä polkua pitkin. (Boardman 2013, 221-222.)

3D-ohjelmien kameroilla on normaalien kameroiden tapaan ominaisuutena polttovälin ja kuva-alan säätö sekä käytettävästä renderöintimoottorista riippuen aukon säätö ja sulkiminen ajan säätö. Kameroiden käytössä on huomioitava normaalissa valo- ja videokuvauksessa pätevät säännöt kuvakulmista, kohteiden asettelusta ja huomiopisteistä. (Boardman 2013, 222, 232-239.)

Animaatiota suunniteltaessa onkin hyvä tehdä kuvakäsikirjoitus, jossa on valmiiksi mietitty halutut kuvakulmat.

2.6 Materiaalien käyttö

2.6.1 Yleistä

Materiaalit ovat olennainen osa 3D-visualisointia. Materiaaleilla saadaan 3D-malleista luonnollisen näköisiä (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 30). Yhdessä valaistuksen kanssa materiaaleilla voidaan luoda tylsälle yksiväriselle objektille huomattavasti näyttävämpi esillepano. Materiaalit voivat olla hyvin monitahoisia sisältäen useita kerroksia ominaisuuksia yhdistettynä aitoihin kuviin ja pinnan olosuhteisiin. (Boardman 2013, 196.)

2.6.2 Materiaalien ominaisuudet

Materiaaleilla on useita ominaisuuksia, joita on esimerkiksi väri tai kuvio, heijastuvuus, kiiltävyys, pinnan kuvio ja läpinäkyvyys (Boardman 2013, 196).

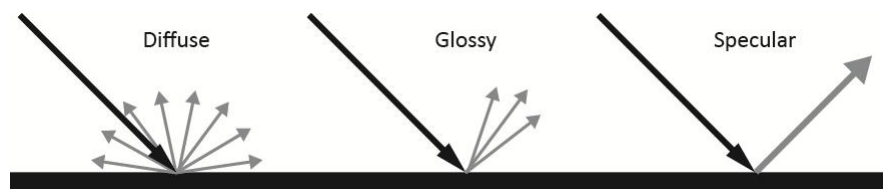
Materiaalille asetetaan yleensä ensin väri tai kuvio. 3D-ohjelmista löytyy useita valmiita kuviota, joita materiaalille voi asettaa. Kuvioita voi myös luoda itse kuvankäsittelyohjelmilla. Kun käytetään väriä, materiaalille valitaan haluttu väri RGB-

väriavaruudesta. Värin tai kuvion sijaan voidaan myös käyttää bittikarttakuvaa (ks. kuvio 19).



Kuvio 19. Värin, kuvion tai bittikartan käyttö materiaalina

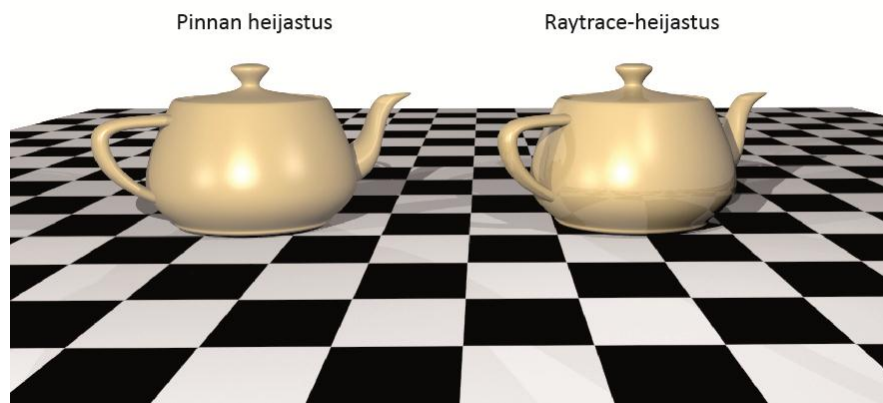
Reaalimaailmassa on useita erilaisia tapoja, miten valo heijastuu pinnoista. 3D-maailmassa yleisimmät pinnan heijastuksen tavat ovat Diffuse, Glossy ja Specular (ks. kuvio 20). Diffuse-heijastuksessa valo heijastuu pinnasta tasaisesti kaikkiin suuntiin. Glossy-heijastuksessa valo heijastuu tulosuunnasta nähden vastakkaiseen suuntaan heijastaen valoa myös hieman ympärille. Specular-heijastuksessa valo heijastuu terävänä vain tulosuunnasta nähden vastakkaiseen suuntaan. (Brin 2014, 286.)



Kuvio 20. Yleisimmät pinnan heijastukset

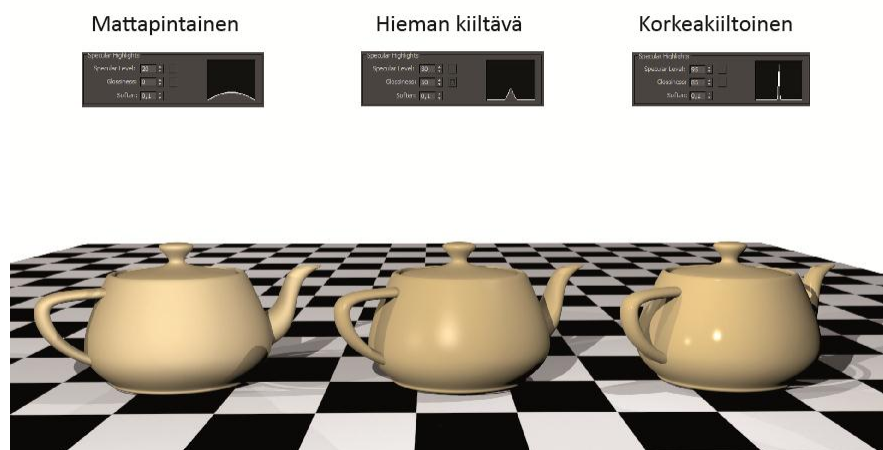
Materiaaleilla on myös Raytrace-heijastus ominaisuus, joka toimii hyvin samalla tavalla kuten pinnan heijastukset. Erona on kuitenkin, että Raytrace-heijastus perustuu

valon säteen seurantaan ja valon lisäksi pinnassa heijastuvat kappaleen ympärillä olevat toiset kappaleet. Raytrace-heijastuksilla saadaankin realistisemmat heijastukset kuin pinnan heijastuksilla (ks. kuvio 21). (Brin 2014, 303.)



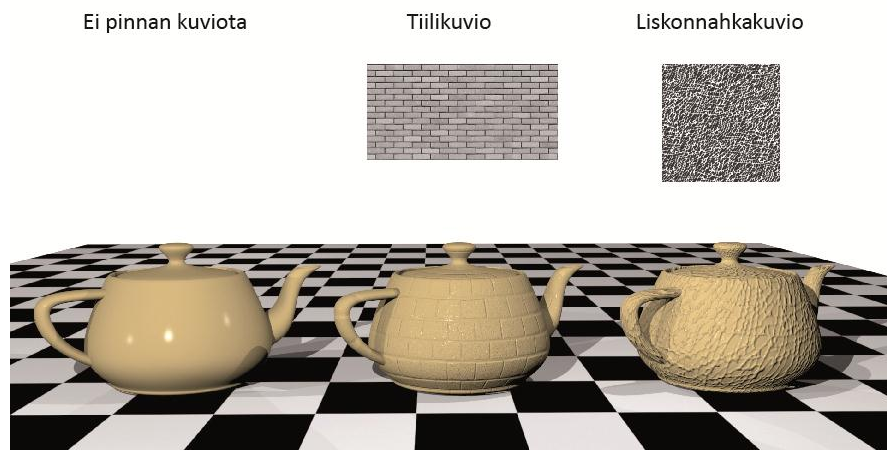
Kuvio 21. Pinnan heijastukset ja Raytrace-heijastus

Kiiltävyys muodostuu heijastuksesta ja sen voimakkuudesta. Kiiltävyyden säätämistä helpottaa graafinen kuvaaja: mitä matalampi ja laajempi kuvaaja on, sitä vähemmän materiaali kiiltää (ks. kuvio 22). Mitä korkeampi ja kapeampi kuvaaja on, sitä korkeakiiltoisempi materiaali on. (Illikainen 2002, 154.)



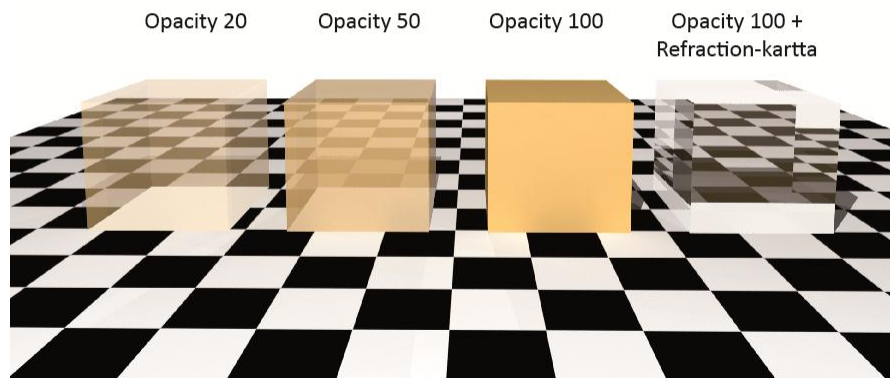
Kuvio 22. Kiiltävyys

Pinnan kuvio (Bump Map) luo kappaleen pintaan kolmiulotteisen vaikutelman ilman, että se muuttaa kappaleen geometriaa. Pinnan kuviota käytetään luomaan kappaleen pintaan pienikokoisia möykkyjä (Bump), jotka heijastavat valoa eri suuntiin. Kuviot määritellään harmaasävykuvalla, jossa valkoinen väri edustaa kohoumaa ja musta väri painauma. (Brin 2014, 336.)



Kuvio 23. Pinnan kuviot

Läpinäkyvyyttä voidaan säätää Opacity-arvolla, joka määrittää, kuinka paljon valoa kulkee kappaleen läpi. Kun Opacity-arvo on 100 %, kappale on läpinäkymätön, ja kun Opacity-arvo on 0 %, kappale on täysin läpinäkyvä (ks. kuvio 24). Läpinäkyvyyttä voidaan säätää myös Refraction-kartan kautta. Refraction taittaa valoa, kun se kulkee kappaleen läpi. Ilmiö toimii parhaiten lasimaisissa kappaleissa (Illikainen 2002, 154, 159.)



Kuvio 24. Kappale eri Opacity-arvoilla

2.6.3 Valokuvien käyttö materiaaleissa

Materiaalien eri ominaisuuksia voi määrittää myös bittikarttakuvina, jolloin luonnon jäljitteleminen on helpompaa. Esimerkiksi materiaalin päävärin voi korvata kuvalla, jolloin kappaleen pinta saadaan näyttämään miltä tahansa kuvalta, kunhan siitä on olemassa bittikarttakuva (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 30). Myös pinnan kuvio tai vaikkapa heijastus voidaan korvata bittikarttakuvana (ks. kuvio 25). Heijastuksessa voidaan käyttää bittikartta kuvaa, kun esimerkiksi halutaan säästää laskenta-aikaa. Näin tietokoneen ei tarvitse laskea 3D-maailmaan aiheuttamia Raytrace-heijastuksia.

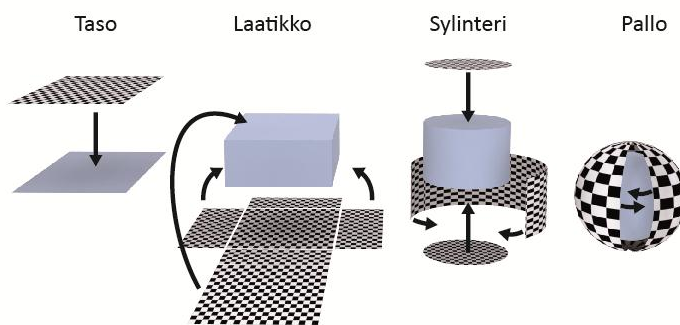


Kuvio 25. Bittikartan käyttö päävärinä ja heijastuskartta

2.6.4 Materiaalien asettaminen kappaleelle

Mikäli materiaaleissa on käytetty bittikarttakuvia, on ne kohdistettava oikein kappaleille. 3D-ohjelman tulee tietää, miten bittikarttakuva asetetaan suhteessa objektiin.

Materiaalin kohdistustapoja on useita erilaisia kuten esimerkiksi taso, laatikko, sylinteri ja pallo (ks. kuvio 26). Tasopinnoituksessa bittikartta asetetaan yhdelle tasolle määrätyn akselin suuntaan. Laatikossa materiaali asetetaan kuuteen eri suuntaan, sylinterissä materiaali pyöräytetään kappaleen yhden askelin ympäri ja pallossa materiaali pyöräytetään koko kappaleen ympärille. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 34.)



Kuvio 26. Materiaalien kohdistus

2.7 Valaiseminen

2.7.1 Yleistä

Valaiseminen on yksi tärkeimmistä kuvan laatuun vaikuttavista osa-alueista 3D-kuvien tuotannossa. Valaistuksen saaminen juuri halutun laiseksi on yksi vaikeimmista ja aikaa vievimmistä tehtävistä. Valaistuksessa on useita eri muuttujia ja asetuksia, jotka vaikuttavat valon fyysisiin ominaisuuksiin. (Boardman 2013, 169; Lehtovirta & Nuutinen 2000, 38.)

2.7.2 Valotyypit ja niiden ominaisuudet

3D-ohjelmissa on valittavana useita erilaisia valotyyppejä. Niistä yleisimmät on Ambient-valo, pistevalo, kohdevalo, suora kohdevalo, tasovallo ja auringonvalo (Birn 2013, 27-42).

Ambient-valo on yleisvalo, joka ei synnytä varjoja eikä heijastuksia (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 41). Tätä valoa käytetään tuomaan 3D-ympäristön aivan pimeimpiä kohtia esille.

Pistevalo (Omni light) säteilee valoa ympärilleen yhdestä erittäin pienestä pisteestä, eikä sillä ole erikseen määriteltävää kohdetta. Pistevaloa voidaan verrata huoneen keskellä leijuvaan hehkulamppuun (Birn 2013, 28). Pistevalo onkin helppo luoda, ja sitä käytetään monesti ensimmäisenä valona, kun luodaan 3D-ympäristöä.

Kohdevalolle (Spot light) määritellään valon lähtöpiste sekä kohdepiste. Kuten pistevalo, kohdevalo säteilee erittäin pienestä pisteestä, mutta kohdepisteen suuntaan. Kohdevalon valokeilan leveyttä ja reunojen terävyyttä voidaan säätää. (Birn 2013, 30-31.) Kohdevaloa käytetään usein simuloimaan hehku- tai halogeenilamppuja.

Suora kohdevalo (Directional light) on kuten kohdevalo, mutta se lähettää vain yhdensuuntaisia valonsäteitä, kuten maahan tuleva auringon valo (Birn 2013, 33-34). Suoraa kohdevaloa käytetäänkin usein simuloimaan auringon valoa.

Tasovallo (Area light) simuloi valopaneelia, jolla on muoto ja koko. Tasovallo on kuten pistevalo, mutta valon lähtöpiste eli taso voidaan määritellä halutun muotoiseksi ja kokoiseksi pisteen sijaan. Yleensä mitä suurempi taso, sitä enemmän valoa säteilee 3D-ympäristöön (Birn 2013, 36-37). Tasovaloja käytetään yleensä jäljittelemään loisteputkia, studiovaloja ja jopa ikkunasta sisään tulevaa auringon valoa.

Auringonvalossa valon lähde on kuten suorassa kohdevalossa. Auringonvalolle voidaan säätää oikea maantieteellinen sijainti sekä kellonaika, ja tietokone laskee auringonvalolle oikean kulman sekä liikkeen valittuun paikkaan. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 43.) Auringonvaloa käytetään simuloimaan auringonvaloa ulkoilma ympäristöissä.

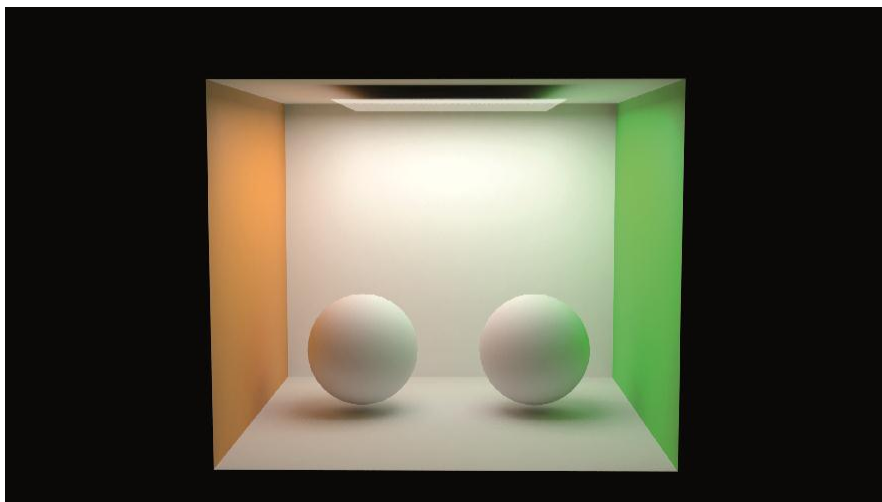
Kaikilla valoilla on ominaisuutena kirkkauden sekä värin säätö, joilla voidaan säätää 3D-ympäristölle haluttu valomäärä (Boardman 2013, 181).

Kaikki oikean maailman valot synnyttävät varjoja, joten 3D-valaistuksessa varjojen säätäminen on isossa roolissa valojen luomisessa. Varjoilla synnytetään oikeanlainen syvyyden ja painon tunne kappaleille. Varjot istuttavat kappaleet visuaalisesti niille pinnoille, joiden päälle ne on asetettu. (Boardman 2013, 181.)

2.7.3 Globaali valaistusmalli (Global Illumination)

Globaali valaistusmalli jäljittelee epäsuoraa valaistusta kuten valojen ja värien heijastumista pinnoista (Understanding Global Illumination 2013).

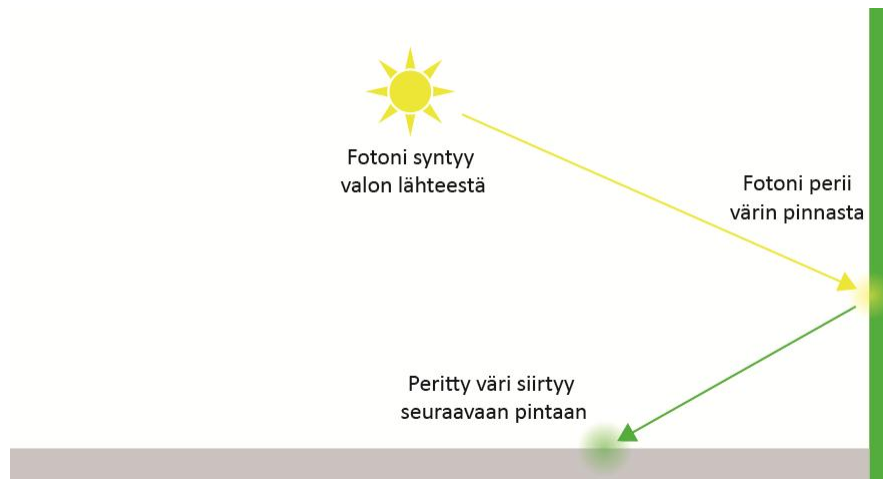
Esimerkiksi kuviossa 27, oikeassa seinässä oleva vihreä väri heijastuu pallojen oikeanpuoleisiin pintoihin, ja vasemman seinän oranssi väri heijastuu vasemmanpuoleisiin pintoihin, vaikka valaistus on tehty vain yhdellä valkoisella valolla. Tätä ilmiötä kutsutaan epäsuoraksi valaistukseksi. (Understanding Global Illumination 2013.)



Kuvio 27. Global illumination ja värien heijastuminen pintoihin

Globaalissa valaistusmallissa käytetään fotoneja. Fotonit ovat pieniä hiukkasia, jotka sisältävät tietyn määrän valon energiaa. Fotonit syntyvät valon lähteestä ja liikkuvat valotyyppin määrittelemään suuntaan. Kun fotoni osuu johonkin pintaan, se luovuttaa osan energiamäärästään pintaan ja perii pinnalta sille määritellyn värin. Kun fotoni

kimpoaa ensimmäisestä pinnasta toiseen suuntaan, se kuljettaa mukanaan jäljellä olevaa energiamäärää ja pinnalta perittyä väriä, kunnes osuu seuraavaan pintaan. Fotoni etenee, kunnes sen energiamäärä loppuu ja luo näin epäsuoran valaistuksen (ks. kuvio 28). (Understanding Global Illumination 2013.)



Kuivo 28. Fotonin liike

Gloaalia valaistusmallia kannattaa käyttää silloin, kun valon tarvitsee heijastua pinnoista useita kertoja isolla alalla 3D-ympäristössä. Gloaalin valaistusmallin käyttö mahdollistaa epäsuoran valaistuksen, mikä lisää huomattavasti renderöinnin realismia. (Understanding Global Illumination 2013.)

3 Renderöiminen

3.1 Yleistä

3D-maailmassa renderöinnillä tarkoitetaan 3D-ohjelmien suorittamaa laskemista. Ohjelmat muuttavat näkymän 3D-ympäristöstä 2D-kuvaksi. Laskentaprosessi ottaa huomioon 3D-ympäristön mallit, materiaalit ja valaistuksen, ja laskee niistä väriarvon 2D-kuvan jokaiselle pikselille. (Slick 2016.)

Renderöintitekniikoita on useita. Kolme yleisintä renderöintitekniikkaa on Scanline-, Raytracing- ja Radiosity-renderöinti. Kaikissa kolmessa renderöintitekniikassa on hyvät ja huonot puolensa, mikä tekee niistä kaikista hyviä vaihtoehtoja tiettyihin tilanteisiin. (Slick 2016.)

Scanline-renderöintiä käytetään silloin kun nopeus on tärkein kriteeri. Scanline-renderöintiä käytetäänkin usein interaktiivisissa sovelluksissa kuten peleissä. Sen sijaan, että kuva lasketaan pikseli kerrallaan, Scanline-renderöinnissä lasketaan kappaleiden pinta kerrallaan. Scanline-tekniikalla voidaan saavuttaa 60 ruutua sekunnissa tai korkeampi kuvanopeus, kun se yhdistetään esilaskettuun valaistukseen. (Slick 2016.)

Raytracing-renderöinnissä jokaista kuvapikseliä varten lasketaan yksi tai useampi valonsäde. Sädeä seurataan käytetystä kamerasta lähimpään pintaan, josta se kimpoaa määrätyn määrän muihin pintoihin. Pintojen materiaalit vaikuttavat valon kimpoiluun. Lopullisen kuvan jokaisen pikselin väri määritellään algoritmilla, joka perustuu säteiden kulkuun ja niiden vaikutuksiin eri pinnoilla. Raytrace-tekniikalla lopputuloksesta saadaan huomattavasti realistisempi, kun Scanline-tekniikalla, mutta se on erittäin paljon hitaampaa. (Slick 2016.)

Radiosity-renderöinnissä, toisin kuin Raytrace-renderöinnissä, valonsäteet lasketaan kamerasta riippumatta, ja se perustuu enemmän pintojen, kuin yksittäisten pikselien laskemiselle. Radiosity-renderöinti simuloi tarkemmin pintojen värejä, sillä siinä hyväksikäytetään epäsuoraa valaistusta. Radiosity-tekniikalla saadaan tyypillisesti aikaan pehmeämmät varjot sekä värien heijastumiset pinnoilta toisille. (Slick, 2016.)

Käytännössä Raytrace- ja Radiosity-tekniikoita käytetään usein yhdistettynä, jolloin voidaan hyödyntää molempien edut ja saavutetaan todella realistinen lopputulos (Slick 2016).

3.2 Renderöintimoottorit

Renderöintimoottoreita on tarjolla useita ja kaikki nykypäivän 3D-ohjelmat sisältävätkin ainakin yhden renderöintimoottorin. Renderöintimoottoreiden mukana tulee usein materiaali- ja valaistuspaketteja, joita hyödyntämällä saadaan aikaiseksi näyttäviä fotorealistic kuvia. Tyypillisimpiä renderöintimoottoreita ovat Mental Ray ja V-Ray. (Slick 2016.)

Mental Ray on NVIDIAN valmistama renderöintimoottori, joka perustuu Raytrace-tekniikkaan. Mental Ray on yksi vanhimmista renderöintimoottoreista ja on sen takia hyvin suosittu (NVIDIA mental ray 2016). Mental Ray toimii hyvin Phonometrisien valojen kanssa. Phonometrisien valojen renderöimiseen Mental Raylla, käytetään reaali maailman mittoja ja fysiikkaa. Näin saadaan pintoihin tarkat heijastukset ja varjot. Mental Ray laskee aina suoran valon (Raytrace), mutta sitä voidaan käyttää myös epäsuoran valon laskemiseen. Varsinkin kun käytetään useampaa valonlähdettä, voidaan Mental Raylla simuloida reaali maailman valaistusta. (Boardman 2013, 242.)

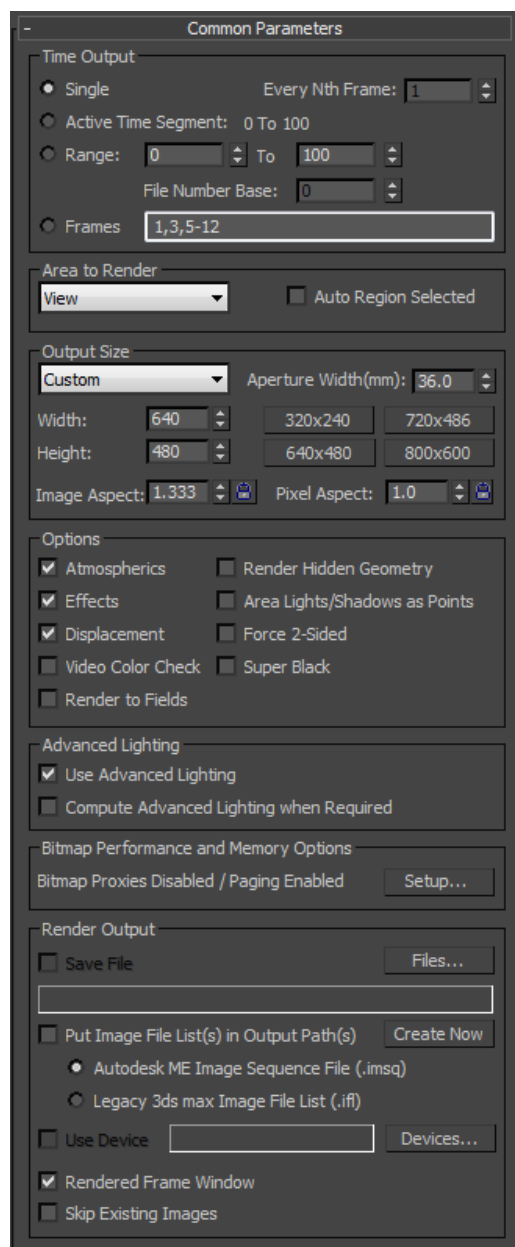
V-Ray on Chaos Groupin valmistama maksullinen renderöintimoottori. Sen pystyy asentamaan lisäosana lähes kaikkiin 3D-ohjelmiin. V-Rayn mukana tulee tarvittavat valot, materiaalikirjastot ja renderöintityökalut. V-Ray käyttää Raytrace ja Radiosity-menetelmiä kuvan laskemisessa, ja V-Rayn optimoidut algoritmit tekevätkin siitä yhden markkinoiden nopeimmista renderöintimoottoreista. (V-Ray 2016; V-Ray render optimization 2014.)

Iray on yksi uusimpia renderöintimoottoreita, sen on valmistanut myös NVIDIA. Iray renderöintimoottorin toiminta perustuu reaali maailman valojen ja materiaalien fysiikkaalisiin ominaisuuksiin. Iray laskee kuvia progressiivisesti, jolloin kuvan laatu ja tarkkuus paranee laskenta-ajan kasvaessa. Progressiivisuus on hyödyllinen varsinkin interaktiivisissa renderöinneissä. (NVIDIA Iray 2016.)

3.3 Renderöintiasetukset

3.3.1 Yleiset renderöintiasetukset

Renderöintimoottoreissa on useita eri asetuksia ja ne vaihtelevat eri renderöintimoottoreiden välillä. Kaikille renderöintimootteille tyypillisiä asetuksia on muun muassa yksittäisen kuvan tai animaation renderöinti, animaation kuvien määrä, kuvan tai videon resoluutio, tallennus kansio, tiedostontyyppi ja käytettävän kameran tai kuvakulman valinta (ks. kuvio 30). (Render Setup Dialog 2016.)



Kuvio 29. Yleiset renderöintiasetukset

Jokaisella rendeöntimoottorilla on myös omat asetukset, joilla määritellään renderöinnin laatu.

3.3.2 Pyyhkäisykuvarenderöinti

Pyyhkäisykuvarenderöinti (scanline) on yleisimmistä renderöintimoottoreista asetuksiltaan yksinkertaisin. Pyyhkäisykuvan renderöintiasetuksia ovat: yleiset asetukset, tarkemmat valaistusasetukset, säteenseuranta-asetukset ja Multi-Pass renderöinti-asetukset. (Default Scanline Renderer 2015.)

Yleisissä asetuksissa määritellään muun muassa materiaalien kuvien käyttö, varjojen käyttö, heijastusten käyttö, kuvan reunanpehmennys ja liikkeen sumennus (Default Scanline Renderer 2015).

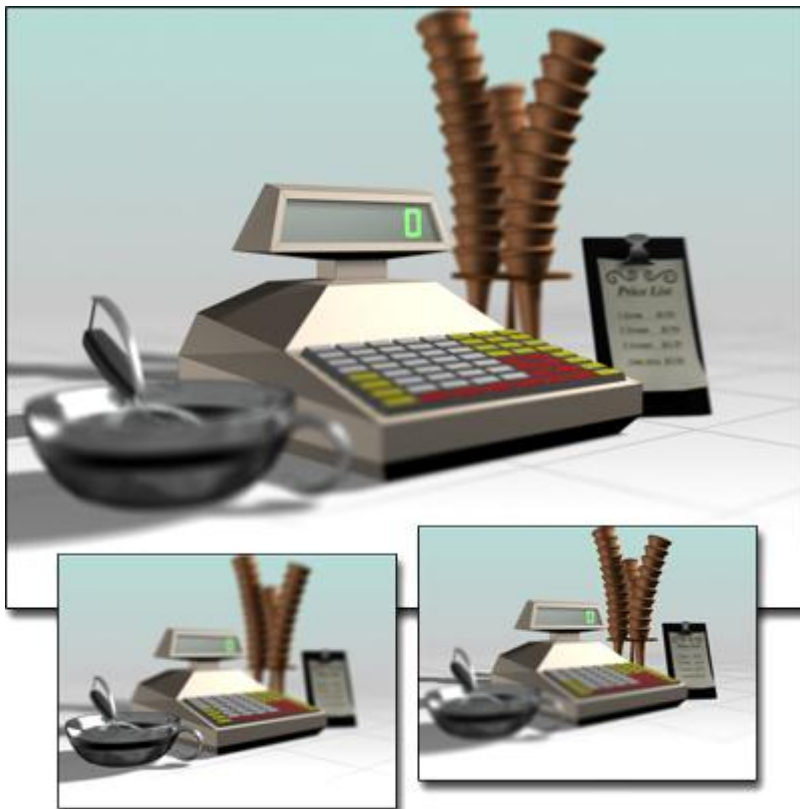
Tarkemmissa valaistusasetuksissa valitaan joko Light Tracer tai Radiosity valaistus. Light Tracer tarjoaa pehmenneyt varjot ja värin heijastumisen pinnoista. Radiosity renderöinti tarjoaa fyysisesti tarkan valojen mallinnukset 3d-maalilmassa. (Advanced Lighting Panel 2015.)

Säteenseuranta-asetukset vaikuttavat 3D-ympäristön kaikkiin Raytrace-materiaaleihin ja karttoihin. Säteenseuranta-asetukset vaikuttavat myös Raytrace ja Area -varjoihin. Asetuksissa määritellään muun muassa, kuinka monta kertaa säteet heijastuvat pinnoista ennen kuin häviävät, heijastuksen pehmennyksen ja erilaisten efektien näkyminen heijastuksissa. (Raytracer Global Parameters 2015.)

Multi-Pass-renderöintiasetuksissa voidaan säätää kuvan sumennusta liikkeissä sekä kuvan syvyysterävyyttä. Kuvan sumennusta varten yhdestä ruudusta varten lasketaan useampi kuva, kameran tai kappaleen hieman liikkuessa (ks. kuvio 30). Syvyysterävyyttä varten lasketaan myös useampi kuva yhtä ruutua varten. Esimerkiksi toisessa kuvassa lähialue on epätarkka ja kauempana oleva alue tarkka, ja toisessa kuvassa päinvastoin. Yhdistämällä kuvat saadaan ruutu, jossa tarkennettu alue on kuvan keskietäisyydellä (ks. kuvio 31). (Using Multi-Pass Rendering 2015.)



Kuvio 30. Liikkeen sumennus (Using Multi-Pass Rendering 2015)



Kuvio 31. Syvyysterävyys (Using Multi-Pass Rendering 2015)

3.3.3 Mental Ray

Mental Rayn asetuksia ovat muun muassa näytteenoton laatu (Sampling Quality), renderöintialgoritmit, kameraefektit, varjot ja siirtymä sekä yleiset säädöt (Global Tuning Parameters) (Renderer Panel 2015).

Näytteenoton laatu määrittelee, millä tarkkuudella ja laadulla Mental Ray suorittaa näytteenoton laskennan kuvissa, joissa käytetään reunanpehmennystä (Sampling Quality 2015).

Renderöintialgoritmit asetuksissa voidaan valita, käytetäänkö säteenseurantaa, pyyhkäisykuvaa, vai molempia renderöintialgoritmia. Asetuksissa voidaan myös valita säteenseurannan kiihdytysasetukset, jotka ovat optimoitu erikokoisille 3D-ympäristöille, sekä säteiden heijastuksien ja läpinäkyvyyksien maksimimäärät. (Rendering Algorithms 2015.)

Kameraefektit asetuksissa voidaan säätää kuvan syvyyserävyys, liikkeiden sumennus, kuvan renderöinti viivakuvana sekä eri linssiasetuksia kameralle (Camera Effects 2015).

Varjot ja siirtymä asetuksista säädetään Raytrace-varjojen synty tapa, varjokarttojen ja varjojen liikkeen sumennuksen käyttö, sekä viivojen siirtymä, kun materiaaleissa käytetään kohokarttoja (Shadows & Displacement 2015).

Yleiset säädöt asetuksissa voidaan säätää Mental Ray materiaalien varjojen, heijastusten ja läpinäkyvyyden laatua. Näillä säädöillä voidaan säätää renderöinnin laatua, ilman, että tarvitsee muuttaa valojen ja materiaalien asetuksia. Yleisesti, pienentämällä säätöjen arvoja, renderöinti on nopeampaa ja laatu heikompi, ja suurentamalla arvoja renderöinti on hitaampaa ja laatu on parempi. (Global Tuning Parameters 2015.)

Mental Ray asetuksissa voidaan säätää myös yleisen valaistusmallin asetuksia kuten valojen heijastuminen pinnoista, lasin ja veden aiheuttamia heijastuksia (caustics), fotoneita sekä Final Gathering -pisteiden käyttöä. Final Gather pisteillä lasketaan yleisen valaistusmallin mukaisia heijastuksia. Heijastukset lasketaan joko käyttämällä puoliympyrän mallista näytteenottoa jokaisen heijastuspiteen ympärillä, tai laske-
malla keskiarvoja vireisistä heijastuspisteistä. Asetuksista voidaan myös määritellä,

käytetäänkö taivasvalon lähteenä ulkoista korkeadynamiikan valokuvaa. (Global Illumination 2015.)

3.3.4 Iray

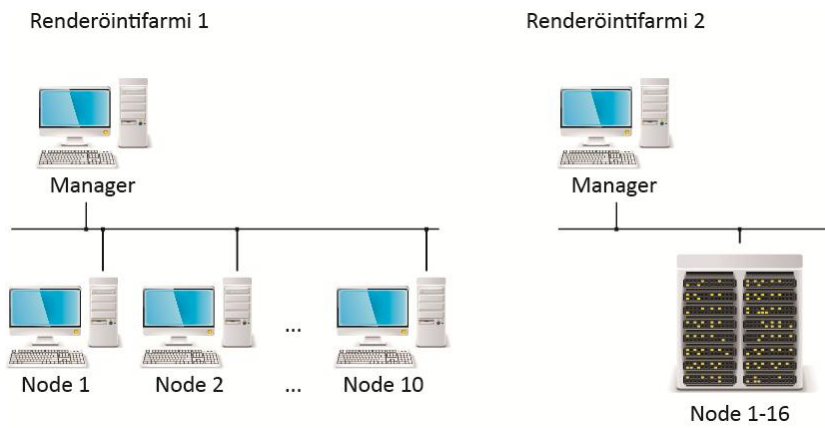
Iray:n perusasetuksissa säädetään joko aika, jonka renderöintimoottori käyttää kuvan laskemiseen, tai renderöinnin iteraatiokerrat. Lisäasetuksissa voidaan muun muassa määritellä, käytetäänkö arkkitehtuurisia materiaaleja tai caustics-heijastuksia, rajoittaa valon heijastusmääriä ja kuinka monta kertaa näytteitä verrataan yhtä pikseliä varten. Kuten Mental Ray:ssa, myös Iray:ssa voidaan säätää liikkeen sumenusta sekä viivojen siirtymää, kun käytetään kokokartta materiaaleja. (Iray Renderer 2016.)

3.3.5 V-Ray

V-Ray:n asetuksia on muun muassa kuvanpehmenystyyppin säätö, myös kameralle ja ympäristölle on omat kuvanpehmenyssäädöt, yleisen valaistusmallin säädöt ensi- ja toissijaisille valaistusmallimoottorille sekä caustics-heijastuksille. V-Ray renderöinti-asetuksissa voidaan myös säätää materiaalien karttoja ja kohokarttojen viivojen siirtymiä, sekä luoda ja säätää eri elementtejä Multi-Pass-renderöintiä sekä jälkikäsitteilyä varten. (Render Settings 2016.)

3.4 Renderöintifarmi

Renderöintifarmilla tarkoitetaan joukkoa linkitettyjä tietokoneita, jotka on valjastettu laskemaan yhdessä ennalta sovittuja kuvia tai animaatiota. Jakamalla kuvat useamman tietokoneen laskettavaksi, laskenta-aika lyhenee merkittävästi. Isot tuotantoyhtiöt käyttävät tuhansia tietokoneita animaatioiden laskemiseen, mutta jo muutamalla tietokoneella pääsee alkuun. Renderöintifarmi voi olla esimerkiksi laskentayksiköistä rakennettu serverikeskus, tai vaikka joukko käyttämättömiä tietokoneita kytkettynä verkkoon (ks. kuvio 32). (Trammell, 2016.)



Kuvio 32. Renderöintifarmin rakenteet

Renderöintifarmissa yksi tietokone toimii työn jakajana (manager), jonka tehtävänä on antaa renderöintifarmissa oleville muille tietokoneille (nodes) laskentatöitä tehtäväksi. Jokainen laskentakone toimii itsenäisesti ja suorittaa sille määrätyn laskentatyön. Kun yksittäinen laskentatyö on suoritettu, laskentakone vastaanottaa uuden työn, kunnes kaikki laskentatyöt on suoritettu. (What is a Render Farm? 2016.)

4 CASE: Pölynsidontajärjestelmän 3D-animaation suunnittelu ja toteutus

4.1 Suunnitteluprosessi

Pölynsidontajärjestelmän 3D-animaation suunnittelu aloitettiin miettimällä yhdessä toimeksiantajan kanssa, mitä eri ominaisuuksia pölynsidontajärjestelmästä halutaan kuvata, ja mitkä seikat auttavat laitteen markkinoinnissa. Yhtenä tärkeimmistä asioista pidettiin pölynsidonnan toimintaperiaatetta, eli kuinka vesisumu sitoo pölyhiukaset. Muita tärkeitä seikkoja, mitä animaatiosta tuli ilmetä, oli pölynsidontajärjestelmän käyttövoiman saanti työkoneneen hydraulikkajärjestelmästä, pölynsidontajärjestelmän kompakti koko, vesisumun kohdennettavuus, pieni vesimäärä sekä säästöt työvoimassa, kun erillistä henkilöä ei tarvita kastelemaan pölyä vesiletkulla.

Tämän jälkeen mietittiin mitä olemassa olevia 3D-malleja löytyy valmiina, ja kuinka niitä voidaan hyödyntää animaatiossa. Koska toimeksiantajalla oli kaivinkoneesta valmiina hyvälaatuinen 3D-malli, päätimme hyödyntää sitä, ja tehdä pölynsidonta-animaation purkutyömaaympäristöstä. Kaivinkoneen kauhan tilalle vaihdettaisiin pulveroija, ja kaivinkoneen ympärille luotaisiin kaupunkiympäristö, jossa on purettava rakennus. Kaupunkiympäristö valikoitui siksi, koska siellä pölyn leviäminen on yleensä haitallista, joten pölynsidonnan käyttö kaupunkiympäristössä on tärkeää.

Pölynsidonnan toiminnan vaiheet järjestettiin kronologiseen järjestykseen, ja niiden perusteella tehtiin animaatiolle ensimmäinen kuvakäsikirjoitus. Kuvakäsikirjoituksessa (ks. liite 1) hahmoteltiin karkeasti animaation kulku ja se katselmoitiin toimeksiantajan kanssa. Katselmoinnin perusteella animaation kulkuun päätettiin tehdä pieniä muutoksia. Muutoksia olivat esimerkiksi järjestelmän komponenttien esittämisen poistaminen ennen tarkempaa toiminnan esittämistä sekä ohjaamosta ohjattavan lisäsuuttimen lisääminen puomin puoliväliin. Muutoksien perusteella päivitettiin kuvakäsikirjoitusta ja aloitettiin ympäristön ja puuttuvien komponenttien mallinnus sekä animointityö.

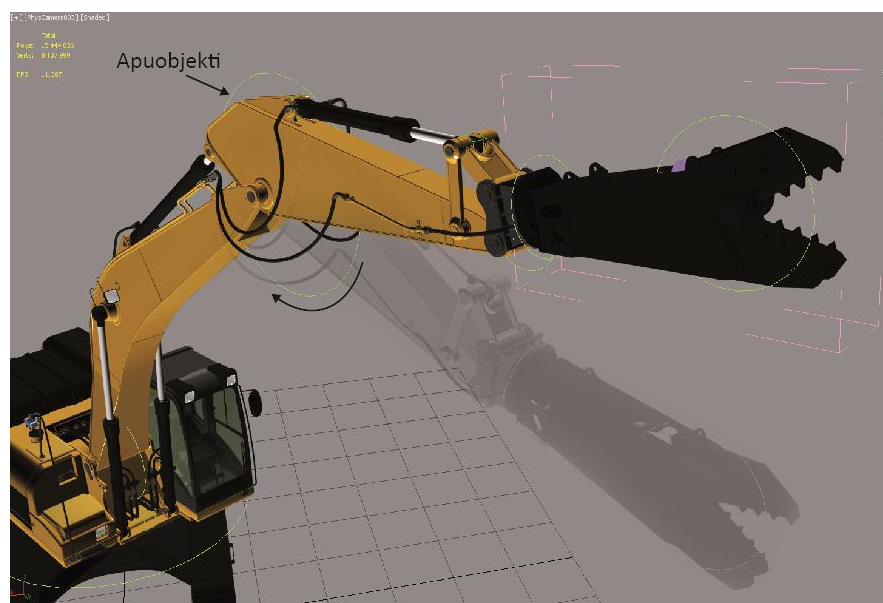
Animaatiolle määriteltiin myös muutama katselmointipiste, joissa tarkastettiin animaation kulku ja oikeellisuus. Katselmointipisteiden tarkoitus oli minimoida virheet ja

niiden aiheuttama turha työ. Koska muutokset voitiin tehdä hyvissä ajoin, välttyttiin myöhemmässä vaiheessa animaation suuritöisemmältä muuttamiselta. Ensimmäinen katselmointi sovittiin pidettäväksi, kun animaation kulku saatiin kuvakäsikirjoituksen mukaiseksi. Toinen katselmointi sovittiin pidettäväksi, kun ensimmäisen katselmointin muutokset oli hyväksytyt ja animaatio sai lopulliset materiaalit sekä valaistuksen. Viimeinen katselmointi sovittiin pidettäväksi, kun animaatioon oli tehty jälkikäsitteily ja lisätty tekstit sekä äänet.

Valmis animaatiovideo suunniteltiin jaettavaksi toimeksiantajan youtube-tilillä, ja se oli tarkoitus linkittää muihin sosiaalisen median kanaviin. Animaatio oli myös tarkoitus toimia itsenäisenä videona, jota voidaan katsella paikallisesti esimerkiksi messustandin videonäytöltä.

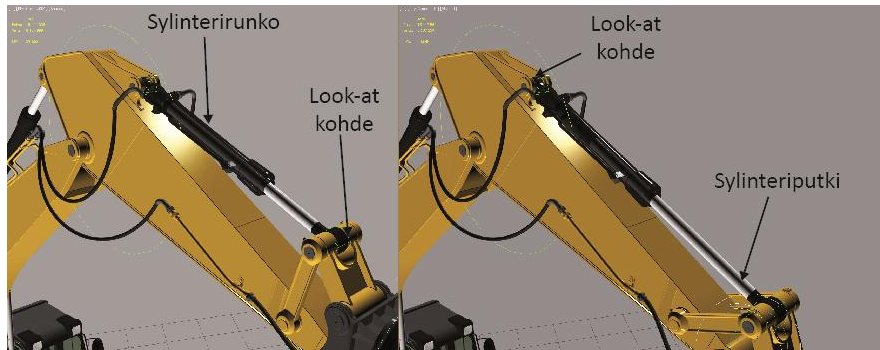
4.2 Animaatiovideon toteutus

Animaatiovideon toteutus aloitettiin valmistelemalla kaivinkoneen 3D-malli animoitavaan kuntoon. Kaivinkoneen 3D-mallin puomin nivelet linkitettiin toisiinsa, ja niihin lisättiin apuobjektit helpottamaan animointia (ks. kuvio 33). Apuobjekteina käytettiin ympyrämuotoja, jotka aseteltiin niin, että niistä näkee heti, minkä akselin suuntaan nivel liikkuu.



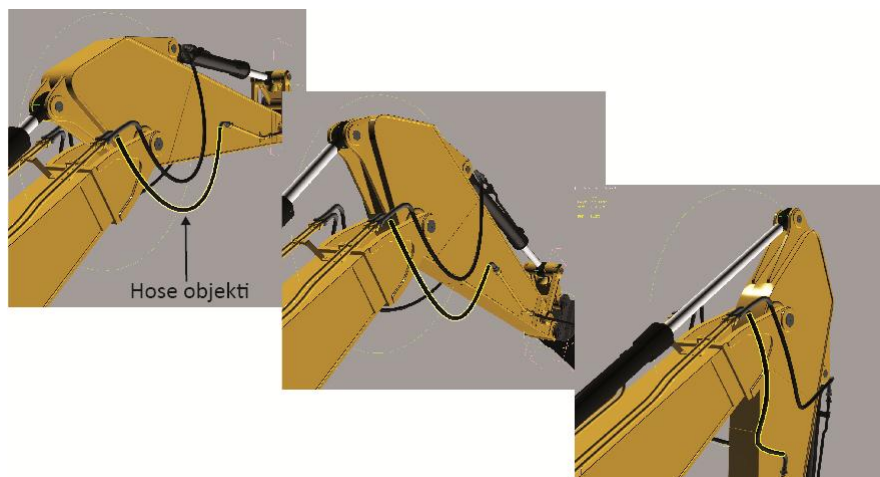
Kuvio 33. Apuobjektien käyttö puomin nivelissä

Puomin sylinterien runkoihin ja sylinteriputkiin lisättiin Look-at -muokkain, jolla saatiin sylinterit pysymään linjassa toisiinsa nähden niitä liikuteltaessa (ks. kuvio 34). Sylinterirunko ja sylinteriputki suuntautuvat aina niille määrättyyn kohteeseen.



Kuvio 34. Look-at -muokkain sylinterissä

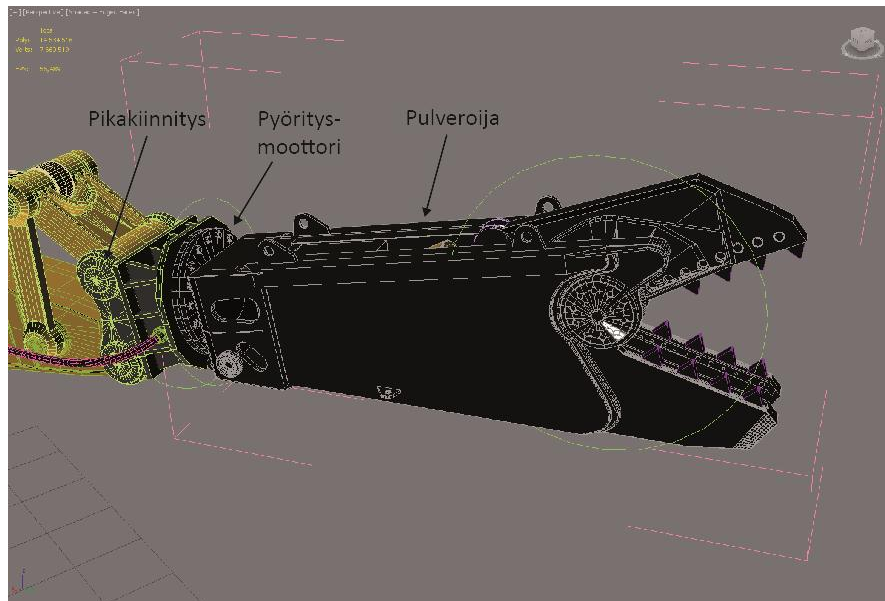
Kaivinkoneen hydrauliletkut korvattiin hose-objekteilla, jotta letkut saatiin taipumaan oikeasta kohdasta, kun kaivinkoneen osia liikuteltiin (ks. kuvio 35). Hose-objektiin määriteltiin molemmat kiinnityspisteet, sekä letkun jäykkyyssarvo molempiin päihin, jolla saatiin letku taipumaan halutunlaisesti.



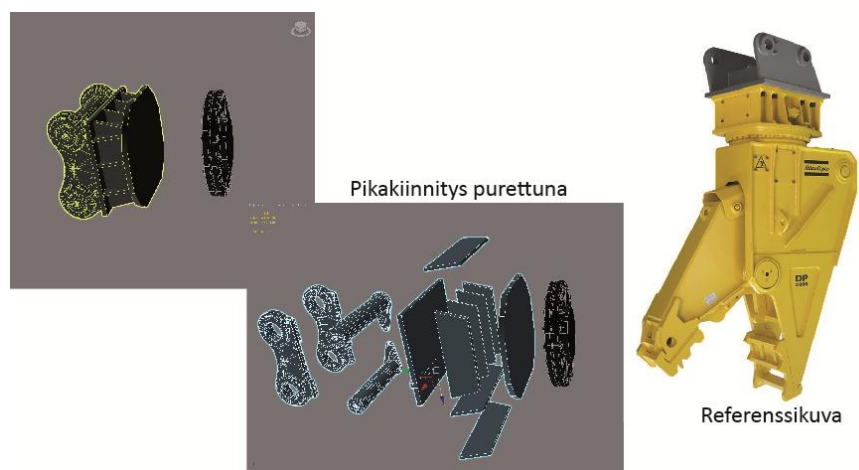
Kuvio 35. Hose-objekti

Kaivinkoneen kauhan tilalle vaihdettiin pulveroija. Pulveroijaksi ladattiin vapaan lähdekoodin 3D-malli internetistä, sillä sen mallintamiseen ei haluttu käyttää resursseja.

Pulveroijaa varten mallinnettiin pikakiinnikkeet sekä pyöritysmoottori (ks. Kuvio 36). Mallinnusta varten käytettiin internetistä löytyviä referenssivalokuvia. Pikakiinnikkeiden mallinnus aloitettiin laatikon mallintamisella. Laatikon mesh-pintoja muokattiin, jotta laatikosta saatiin pikakiinnikkeiden näköiset (ks. kuvio 37). Samalla tekniikalla mallinnettiin pyöritysmoottori pulveroijalle.



Kuvio 36. Pulveroija, pikakiinnikkeet ja pyöritysmoottori



Kuvio 37. Pikakiinnikkeiden mallinnus

Kaivinkoneen päälle lisättiin avoimen lähdekoodin 3D-malli vesisäiliöstä ja vesisäiliölle mallinnettiin kannattimet. Vesisäiliöön lisättiin vesihana ja vesijohto vedettiin korkeapainevesipumpulle.

Korkeapainevesipumppuna käytettiin toimeksiantajan pölynsidontajärjestelmään kuuluvaa pumppua, jonka 3D-malli saatiin toimeksiantajan suunnittelulta. Suunnittelun 3D-malli tuotiin 3DS Max -ohjelmaan, ja siitä poistettiin sellaiset osat, jotka eivät näy päällepäin, jotta renderöintiäikaa saatiin lyhyemmäksi ja samalla tiedoston kokoa pienennettiin muistin säästämiseksi. Korkeapainevesipumpun materiaaleja varten otettiin valokuvia oikeasta pumpusta, ja niitä käytettiin materiaalien kuvakarttana (ks. kuvio 38).

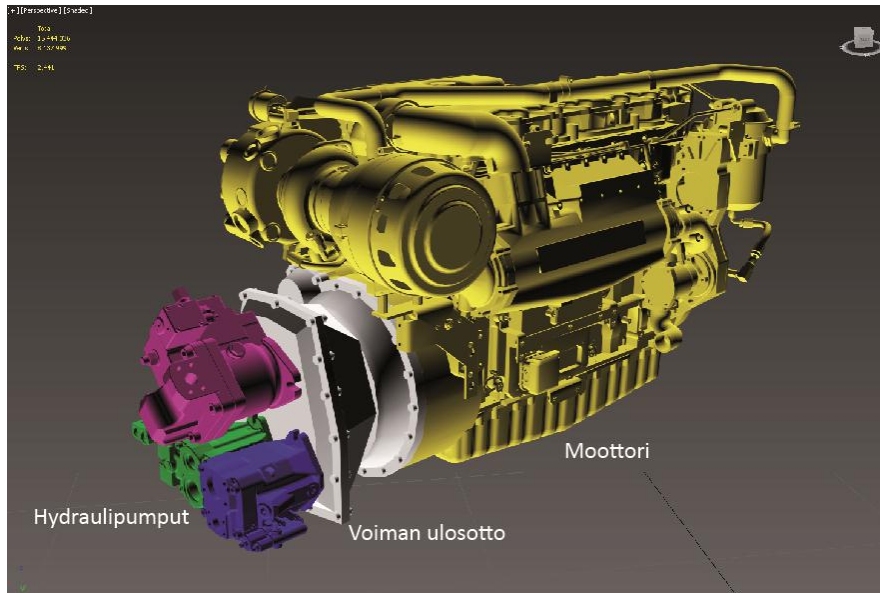


Kuvio 38. Valokuvien käyttö HPW200-pumpun materiaaleina

Korkeapainevesipumpulle mallinnettiin hydraulijohdot liittimiseen. Johdot mallinnettiin kulkemaan läpiviennin kautta kaivinkoneen konehuoneeseen, jossa johdot kulki-
vat ohjausventtiililohkolle. Ohjausventtiililohkona käytettiin toimeksiantajan suunnitelun 3D-mallia.

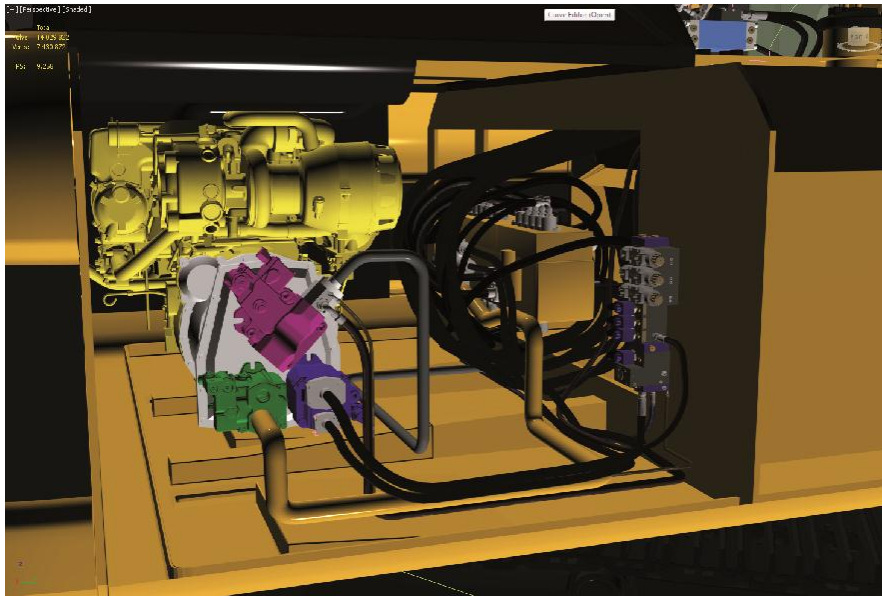
Koska valmiiseen kaivinkoneen 3D-malliin ei ollut mallinnettu moottoria, eikä muitakaan kaivinkoneen sisäisiä komponentteja, nämä jouduttiin lisäämään itse. Kaivinkoneen moottorina käytettiin avoimen lähdekoodin 3D-mallia. Moottoriin mallinnettiin

voiman ulosoton kytkinkotelo sekä siihen liitettiin hydraulipumput (ks. kuvio 39). Hydraulipumppuina käytettiin myös avoimen lähdekoodin 3D-malleja.



Kuvio 39. Hydraulipumput liitettynä kaivinkoneen moottoriin

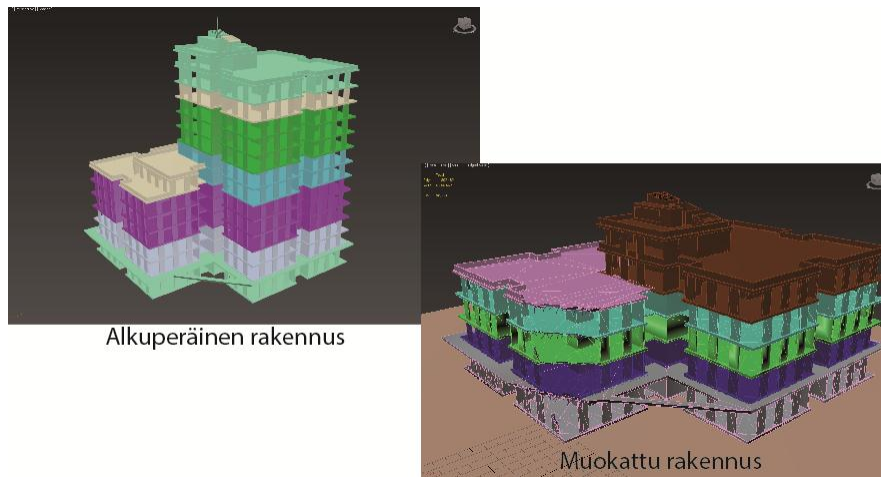
Jotta kaivinkoneen moottoritila ei näyttäisi niin tyhjältä, mallinnettiin sinne vielä öljynjäähdyttimet, bensatankki sekä kaivinkoneen oma venttiililohko hydrauliletkuineen (ks. kuvio 40). Nämä komponentit mallinnettiin karkealla tasolla, sillä ne eivät ole tärkeässä osassa animaatioissa, ja huomio ei kiinnity animaation kulussa niihin. Mallinnus tehtiin pääosin laatikoilla, joidenkin komponenttien mesh-pintoja muokattiin, jotta komponenteista saatiin oikean muotoisia. Moottoritilaan mallinnettiin vielä letkut hydraulipumpuilta venttiililohkoille sekä väliseinät.



Kuvio 40. Kaivinkoneen moottoritila

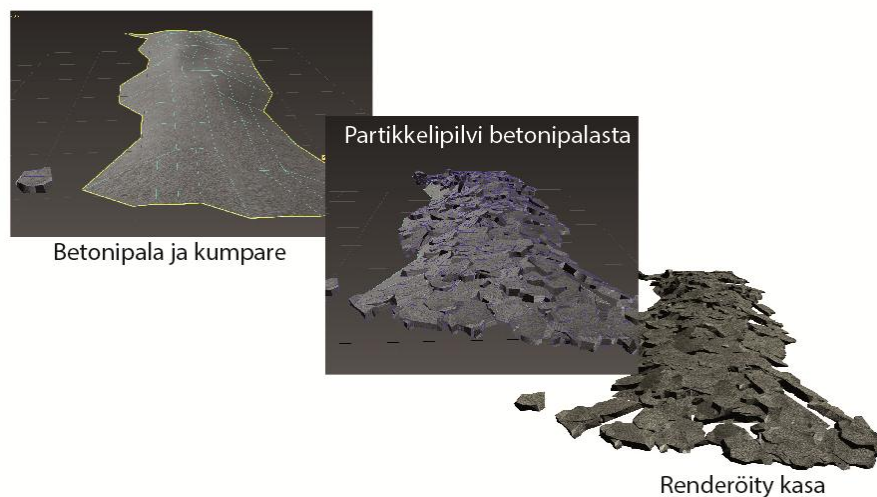
Kun kaivinkoneen moottoritilan komponentit olivat valmiit, mallinnettiin pölynsidon-tajärjestelmän suuttimet sekä letkut suuttimille. Suuttimet mallinnettiin valokuvien perusteella ja niille mallinnettiin myös kiinnitysraudat. Suuttimet mallinnettiin luomalla erikokoisia sylintereitä päällekkäin, ja kiinnitysraudat mallinnettiin laatikosta, jonka yhtä reunaa pursotettiin niin, että siitä saatiin L-kirjaimen muotoinen. Kiinnitysrautaan mallinnettiin vielä pultit ja prikät, jotta kiinnityksestä saatiin aidomman näköinen.

Mallinnusta jatkettiin lataamalla avoimen lähdekoodin 3D-malli kerrostalosta, jota muokattiin poistamalla siitä kerroksia. Näin kerrostalosta saatiin sopivan kokoinen, jotta sitä voitaisiin purkaa kaivinkoneella. Ladattu 3D-malli oli sopivasti keskeneräinen, koska siinä ei ollut ylimääräisiä pintoja, sitä oli helppo muokata. Rakennuksen yhtä kulmaa muokattiin, poistamalla siitä mesh-pintoja sekä siirtelemällä kulmapisteitä niin, että näyttäisi kuin siitä olisi jo purettu osa (ks. kuvio 41).



Kuvio 41. Purettava rakennus

Rakennuksen viereen mallinnettiin kasa purkujätettä. Mallinnus tehtiin mallintamalla yksi pala betonia, joka monistettiin käyttämällä partikkelipilveä (ks. kuvio 42). Partikkelipilven partikkeliobjektiksi valittiin mallinnettu betonipala, asetuksista lisättiin palojen määräksi 100 sekä palojen asento laitettiin satunnaiseksi. Maahan mallinnettiin pieni kumpare ja partikkelit laitettiin syntymään kumpareen pinnalle. Näin saatiin näyttämään siltä, että rakennuksen viereen olisi tippunut betonipaljoja.



Kuvio 42. Betonikasa rakennuksen vieressä

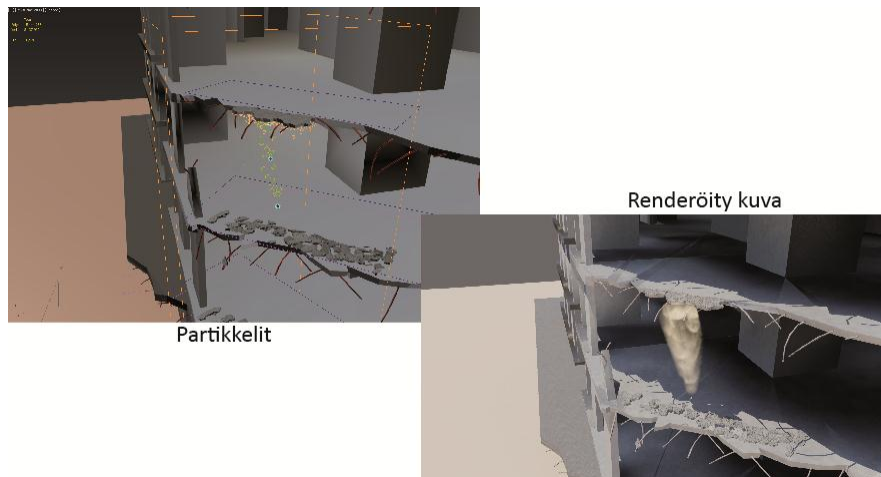
Kun purettava rakennus oli mallinnettu, aloitettiin animaatiotyö. Animaatio aloitettiin luomalla kohdekamera, jonka kohde oli kaivinkone. Animaation kamera-ajo tehtiin käyttämällä animaatiopisteitä ja liikuttamalla kameraa sekä kameran kohdepistettä. Kamera-ajo aloitettiin kuvakäsikirjoituksen mukaisesti yleiskuvalla purkutyömaalta, josta se jatkui kiertämällä kaivinkoneen ja kohdistumalla pölynsidontaan. Yleiskuvien jälkeen esiteltiin hydraulilinja. Kamera tarkennettiin kaivinkoneen moottoriin, josta hydrauliletkuja seuraamalla koneen päällä olevaan vesipumppuun. Kun hydraulilinja oli esitelty, esiteltiin vastaavalla kamera-ajolla pölynsidontan vesilinja. Vesilinja esiteltiin näyttämällä ensin vesisäiliö, josta letkua pitkin vesipumpulle, josta kamera-ajo jatkui letkuja pitkin vesisuuttimille. Kamera animoitiin näyttämään tarkemmin pölynsidontaa, ja lopuksi palaamaan yleiskuvaan näyttämään purkutyötä.

Kaivinkoneen moottoritilan seinä animoitiin muuttumaan läpinäkyväksi, kun kamera-ajo kohdistuu sinne. Läpinäkyvyys toteutettiin animoimalla seinän visibility-arvo yhdestä noltaan, ja takaisin yhdeksi, kun kamera-ajo oli ohittanut moottoritilan.

Kaivinkoneen liikkeet animoitiin käyttämällä aiemmin luotuja apuobjekteja. Kaivinkoneen puomi käännettiin ensin ylös niin, että pulveroija osui purettavan rakennuksen ylimmän kerroksen lattiaan. Animointi tehtiin käyttämällä animaatiopisteitä. Apuobjekteilla käännettiin puomin sekä pulveroijan asentoja ja animaatiopisteillä ne muutettiin jatkuvaksi liikkeeksi.

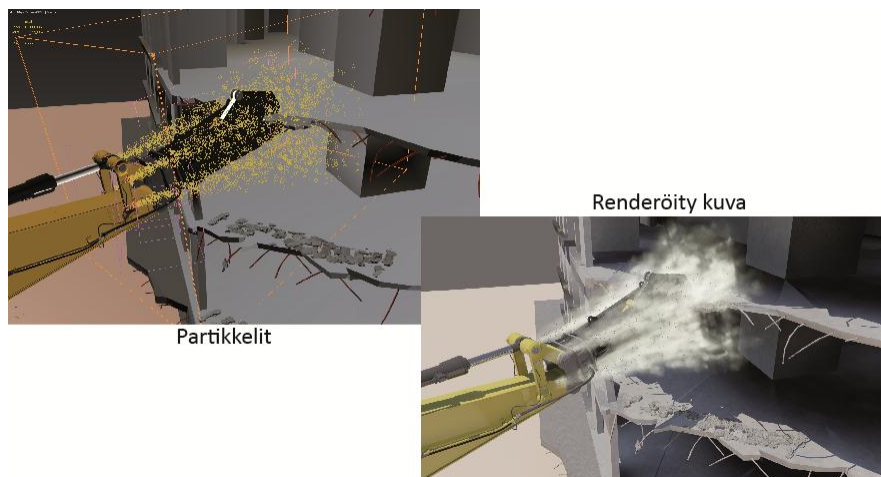
Pulveroijan leukojen väliin mallinnettiin betonipaloja, jotka animoitiin häviämään näkyvistä, kun leuat puristuivat kiinni. Betonipalojen häviäminen animoitiin käyttämällä kappaleen visibility-ominaisuutta, joka vastaa materiaalin opacity-ominaisuutta. Koska useassa kappaleessa oli sama materiaali, ei materiaalin opacity-ominaisuutta voitu käyttää.

Betonipalojen kohdalle luotiin partikkelisuihkut, joista synnytetttiin putoavia kappaleita. Putoavat kappaleet olivat pienennettyjä kopioita aiemmin mallinnetusta betonipalasta. Partikkelisuihkuun linkitettiin painovoima- sekä tuuliapuvoimat, jotta betonipalat saatiin tippumaan aidon näköisesti. Tippuvista kappaleista luotiin vielä syntymään partikkeleita, jotka simuloivat pölyä (ks. kuvio 43).



Kuvio 43. Putoavat betonipalat

Vesisumua varten kaivinkoneen puomissa oleviin suuttimiin luotiin myös partikkeli-suihkut. Partikkelisuihkujen ominaisuuksista säädettiin muun muassa nopeutta, partikkeleiden määrää ja elinikää niin, että partikkelit lentävät vesisuihkumaisesti (ks. kuvio 44).



Kuvio 44. Vesisumu

Pölyssä ja vesisumussa päädyttiin käyttämään myös kolmannen osapuolen valmistaa pluginia, jonka avulla luoduista partikkeleista saatiin syntymään aidomman näköinen pöly sekä sumu.

Kun animointi oli valmis, renderöitiin animaatiosta ensimmäinen versio katselmointia varten. Ensimmäisessä versiossa ei käytetty vielä lopullisia materiaaleja, jotta renderointiaika saatiin lyhyemmäksi. Katselmoinnin tarkoituksena oli keskittyä ainoastaan animaation kulkuun.

Katselmoinnin tuloksena päätettiin lisätä yksi kääntyvä vesisuutin puomin puoleen väliin. Suuttimeen mallinnettiin kääntölaite, jonka avulla suutinta pystyy ohjaaman. Kääntölaitteeseen lisättiin apuobjektit, joilla suuttimen kääntyminen animointiin kahden akselin avulla. Suutin animoitiin kääntymään ja ampumaan vesisumu pudonneen betonikappaleen synnyttämään pölypilveen animaation loppuvaiheessa.

Ennen toista katselmointia malleihin lisättiin materiaalit sekä mallinnettiin ympäristö. Kaivinkoneessa oli aiempaa käyttöä varten tehty materiaalit, jotka katsottiin olevan sopivat tätä animaatiota varten. Mallinnettuihin kappaleisiin lisättiin materiaalit käyttämällä pääosin samoja kaivinkoneessa käytettyjä materiaaleja.

Hydraulilietkuja varten materiaaleista tehtiin animoidut versiot. Käytetystä letkun bittikarttakuvasta tehtiin toinen versio, jossa on nuolet näyttämään hydraulivirtauksen suunnan. Nuoli-materiaalin bittikarttakuvan siirtymä (W-offset) animoitiin kasvamaan arvosta 0 arvoon 100, 15 ruudun ajalla, jolloin saatiin näyttämään siltä, että nuolet liikkuisivat yhtäjaksoisesti eteenpäin letkussa (ks. kuvio 45).



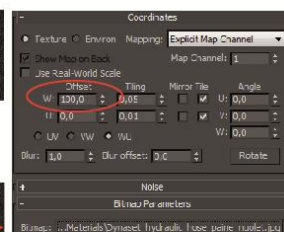
Normaali materiaali



Animoitu nuoli-materiaali (W-offset 0)

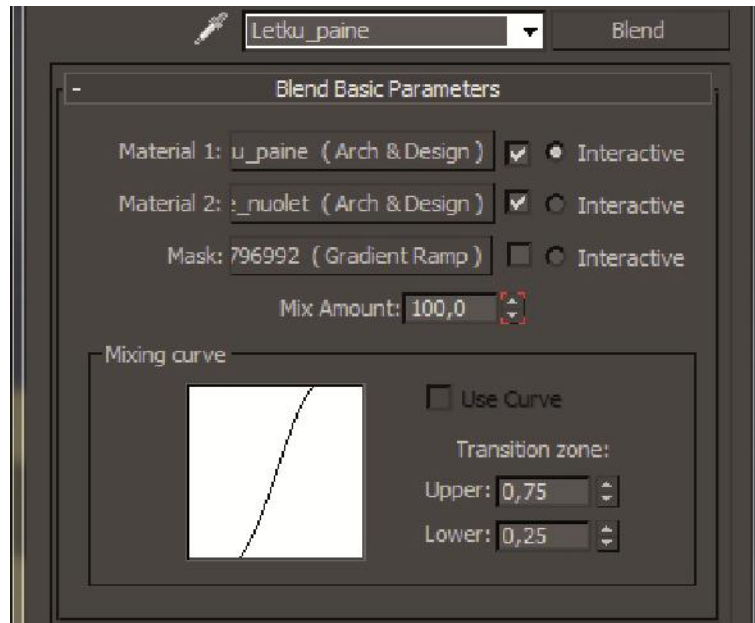


Animoitu nuoli-materiaali (W-offset 100)



Kuvio 45. Hydraulilietkun materiaalit

Letkussa käytetty materiaali muutettiin Blend-materiaaliksi, jossa ensimmäinen materiaali oli normaali letkumateriaali ja toinen materiaalit animoitu nuolimateriaali. Blend-materiaalin Mix Amount -arvo animoitiin muuttumaan arvosta 0, jolloin vain ensimmäinen materiaali näkyy, arvoon 100, jolloin vain animoitu materiaali näkyy (ks. kuvio 46). Samalla tekniikalla animoitiin muutkin hydraulii- ja vesiletkut.



Kuvio 46. Blend-materiaali

Ympäristöön lisättiin aita työmaa-alueen reunoille, aitana käytettiin vapaan lähdekoodin 3D-mallia työmaa-aidasta. Ympäriin lisättiin rakennuksia, jotta ympäristö saatiin näyttämään kaupunkiympäristöltä. Rakennuksien materiaaleista tehtiin tummia, jotta niihin ei kiinnitetä huomiota animaation aikana. Rakennuksina käytettiin useita avoimen lähdekoodin 3D-malleja (ks. kuvio 47).



Kuvio 47. Ympäristö

Animaatio renderöintiin kolmelle eri layerille: vesisumu, pöly sekä muu animaatio omalle layerille. Näin jälkikäsitellyssä voidaan muuttaa veden sekä pölyn värisävyjä. Vesi ja pöly renderöintiin Scanline-renderöintimoottorilla, sillä se oli nopeampi ja se toimi paremmin käytetyn pluginin kanssa. Muu animaatio renderöitiin Mental Ray -renderöintimoottorilla, jolla saatiin kaivinkoneen materiaalit, ympäristö sekä valaistus riittävän aidon näköiseksi.

Animaation vesisumu ja pöly renderöitiin yhdellä koneella, johon oli asennettu plugin. Muu animaation renderöinnissä oli tarkoitus käyttää renderöintifarmia, mutta tuntemattomasta syystä toisen tietokoneen renderöimät kuvat olivat eri zoomaustasoisia ja animaatioon tuli häiritsevää tärinää. Lopulta päädyimme renderöimään koko animaation vain yhdellä koneella. Animaation framet renderöitiin yksittäisiksi kuviksi, jotka lopulta koostettiin videoksi. Pöly ja vesisumu renderöitiin EXR-tiedostomuotoon, jotta niitä pystyy säätämään helpommin jälkikäsitelyohjelmassa. Muu animaatio renderöitiin JPG-muotoon.

Renderöidyt layerit laitettiin päällekkäin siten, että varsinainen animaatio jäi alimmalle layerille ja sen päälle pöly- sekä vesisumu-layerit. Vesi-layerin värisävy säädettiin siniseksi ja pöly-layerin värisävy keltaiseksi, jotta ne erottuvat paremmin.

Animaation osuus, jossa näytetään pölynsidonnin toimintaperiaate mikroskooppisella tasolla, tehtiin suoraan jälkikäsitelyohjelmalla. Vesi- ja pölypartikkelit animoitiin

2D-menetelmällä omalla layerillä, joka tuli varsinaisen animaation päälle. Tausta suunnitettiin käyttämällä Camera Lens Blur -effectiä, jotta siihen ei kiinnitetä liikaa huomiota (ks. Kuvio 48).



Kuvio 48. Mikroskooppisen tason animointi

Toinen katselmoihti pidettiin, kun osia animaatiosta oli renderöity lopullisine materiaaleineen. Katselmoihtin tuloksena haluttiin korjata Dynasetin logon värisävyä ja korostaa hieman hydraulivirtauksia lisäämällä materiaaleihin hehkua. Mikroskooppisen tason kohdassa korkeapainevesisumuun haluttiin lisätä enemmän vesipartikkeleita. Vesi- ja pölypartikkelin osuessa toisiinsa vesipartikkelit haluttiin muuttavan pölyn väriä tummemmaksi ja häviävän tämän jälkeen näkyvistä.

Näiden korjauksien jälkeen animaatio laitettiin lopulliseen renderöintiin. Lopullista renderöintiä varten resoluutio säädettiin full-HD-tasolle sekä lisättiin Global Illumination asetuksista Final Gather pisteiden tarkkuus korkealle tasolle.

5 Tulokset ja pohdinta

Tavoitteena oli toteuttaa 3D-animaatio markkinointia varten. Lopullista 3D-animaatiota ei ehditty renderöimään valmiiksi opinnäytetyön aikarajoissa, mutta toista katselmointia varten tehtyjen renderöintien pohjalta voidaan todeta, että animaatio vastaa suunnitelmaa ja sitä tullaan käyttämään Dynaset HPW-DUST pölynsidontajärjestelmän markkinoinnissa.

Lopullisesta animaatiovideosta tuli noin 2 minuuttia pitkä ja se esittelee Dynaset HPW-DUST pölynsidontajärjestelmän toiminnan selkeästi. Animaation eri osioista oli tarkoitus tehdä itsenäisesti toimivia. Mikroskooppisen tason osio on selkeästi itsenäisesti toimiva ja sitä voidaan hyödyntää muiden pölynsidonta-tuotteiden markkinoinnissa. Hydraulivirtauksen esittäminen moottorilta hydraulilaitteelle oli hyvä lisä toimeksiantajan markkinointimateriaaliin, sillä siitä oli ennestään hyvin vähän materiaalia. Toimeksiantaja oli tyytyväinen animaatioon ja aikoo jatkossa toteuttaa animaatiovideoita muistakin tuotteista.

Projektin eri vaiheet etenivät alkuperäisen suunnitelman mukaan, mutta projektin aikataulu venyi renderöinnin takia. Vesisumussa ja pölyssä käytetyt partikkelit lisäsivät renderöintiäikaa oletettua enemmän, ja sitä ei osattu ottaa huomioon aikataulua laatiessa. Käytetyn plugin-ohjelman opetteluun kului hieman aikaa, mutta sillä saatu lopputulos vastasi odotuksia. Myös renderöintifarmin kanssa oli ongelmia, mutta niitä ei pystytty ratkaisemaan projektin aikana.

3D-animaation eri osa-alueet, kuten materiaalit, valaistus ja renderöinti ovat niin laajoja, että niiden kaikkien hallitseminen hyvin on haastavaa. Jokaisesta osa-alueesta löytyy kehitettävää, ja niillä kaikilla on vaikutus lopulliseen renderöintiin. Tarjolla on myös valtavasti erilaisia plugin-ohjelmia, joiden käytöllä voidaan helpottaa sekä nopeuttaa mallinnusta ja renderöintiä. Tarjolla on myös kaupallisia renderöintipalveluita, joissa on jopa tuhansia laskentayksiköitä, joilla voitaisiin nopeuttaa renderöintiä huomattavasti. Renderöintipalveluiden käyttäminen olisi selkeästi hyvä aihe jatkotutkimukselle.

Animaatioprojektissa tehdyt materiaalit tallennettiin omaan materiaalikirjastoon, ja niitä tullaan hyödyntämään tulevissa animaatioissa, mikä tulee nopeuttamaan seuraavia projekteja. Myös valaistus- ja renderöintiasetukset tallennettiin template-tiedostoihin, jotta niitä voidaan hyödyntää tulevaisuudessa.

Projektin aikana erityisesti partikkelien ja pluginin käyttämiseen tuli paljon uutta oppia. Projekti oli kauttaaltaan opettavainen ja antoi hyvän pohjan tulevia animaatioprojekteja varten.

Lähteet

About NX Software. 2016. Siemens PLM systems. Viitattu 5.10.2016.

https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/about-nx-software.shtml

About the Skin Modifier. 2016. Autodesk 3Ds Max Learn & Explore. Viitattu

14.9.2016. <https://knowledge.autodesk.com/support/3Ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3DSMax/files/GUID-5C7FB2B6-5CD6-461D-8E56-03D153E80145-htm.html>

Advanced Lighting Parameters. 2015. Autodesk 3DS MAX 2015 Help. Viitattu

24.10.2016. <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2015/ENU/?guid=GUID-8D21416E-DF57-4D1F-B141-29C1D30612BF>

Autodesk 3DS Max Overview. 2016. Viitattu 10.9.2016. <http://www.autodesk.com/products/3Ds-max/overview>

Autodesk Inventor Features. 2016. Viitattu 5.10.2016. <http://www.autodesk.com/products/inventor/features/all>

Autodesk Maya Overview. 2016. Viitattu 10.9.2016. <http://www.autodesk.com/products/maya/overview>

Birn, J. 2014. Digital Lighting & Rendering. 3. painos. USA: New Riders Press. 2014.

Boardman, T. 2013. Getting started in 3D with 3Ds max. UK:Focal Press.

Boolean Compound Object. 2016. Autodesk 3Ds Max Learn & Explore. Viitattu

14.9.2016. <https://knowledge.autodesk.com/support/3Ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3DSMax/files/GUID-3DBEB7C2-43CC-4B78-9463-5DD448FD921C-htm.html>

Camera Effects. 2015. Autodesk 3DS MAX 2015 Help. Viitattu 27.10.2016.

<http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2015/ENU/?guid=GUID-695E00FA-3F98-4197-AF7A-FFE8262194E6>

Container. 2016. Autodesk knowledge network. Viitattu 28.9.2016. <https://knowledge.autodesk.com/support/3Ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3DSMax/files/GUID-50762DFA-E412-4377-AFBA-F62C82A22F39-htm.html>

Default Scanline Renderer. 2015. Autodesk 3DS MAX 2015 Help. Viitattu 24.10.2016.

<http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2015/ENU/?guid=GUID-0ABE24E1-E11C-475D-A403-19A5E4119F09>

Discover Catia. 2016. Dassault systems. Viitattu 5.10.2016. <http://www.3Ds.com/products-services/catia/>

Dynaset yritys. 2016. Viitattu 27.10.2016. <http://dynaset.com/index.php/fi/yritysesittely>

Edit Geometry Rollout (Mesh). 2016. Autodesk 3Ds Max Learn & Explore. Viitattu 14.9.2016. <https://knowledge.autodesk.com/support/3Ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3DSMax/files/GUID-89D446C3-87F6-4A26-B168-2398E715F87A-htm.html>

Eskelinen, H. 2008. Animaatioaapinen. Joensuu: Ilias.

Extended Primitive. 2016. Autodesk 3Ds Max Learn & Explore. Viitattu 10.9.2016. <https://knowledge.autodesk.com/support/3Ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/3DSMax/files/GUID-BF868DCF-12E3-431C-A73B-C16C0FD67C98-htm.html>.

Global Illumination. 2015. Autodesk 3DS MAX 2015 Help. Viitattu 27.10.2016. <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2015/ENU/?guid=GUID-3CB38EEC-6127-4D42-883B-A5D5E24B5E3E>

Global Tuning Parameters. 2015. Autodesk 3DS MAX 2015 Help. Viitattu 27.10.2016. <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2015/ENU/?guid=GUID-239AC5FB-78EA-4095-AD07-F3B7ADAC09C6>

Helpers. 2016. Autodesk knowledge network. Viitattu 24.9.2016. <https://knowledge.autodesk.com/support/3Ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/3DSMax/files/GUID-E52D2286-F778-4D9B-BB38-6CDF7853DEB0-htm.html>

Illikainen, K. 2002. 3D Studio Max 4.0. Jyväskylä : Docendo.

Inverse Kinematics (IK). 2016. Autodesk 3Ds Max Learn & Explore. Viitattu 10.9.2016. <https://knowledge.autodesk.com/support/3Ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3DSMax/files/GUID-516E301F-E911-429F-9337-9FA7FAD49BB6-htm.html>

Iray Renderer. 2016. Autodesk knowledge network. Viitattu 25.10.2016. <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/3DSMax/files/GUID-7A77F5E1-5F70-484E-8F27-C8535459D0A3-htm.html>

Keyframe Animation. 2016. Autodesk knowledge network. Viitattu 24.9.2016. <https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/Maya/files/GUID-66ED4510-CC1B-4E11-918B-B7DC447E38A7-htm.html>

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

Lightwave 3D Overview. 2016. Viitattu 5.10.2016. <https://www.lightwave3D.com/overview/>

Maxon Cinema 4D. 2016. Viitattu 5.10.2016. <https://www.maxon.net/en/?L=>.

NVIDIA Mental Ray, 2016. Viitattu 13.10.2016. <http://www.nvidia.co.uk/object/nvidia-mental-ray-uk.html>

Point Helper. Autodesk knowledge network. 2016. Viitattu 28.9.2016. <https://knowledge.autodesk.com/support/3Ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3DSMax/files/GUID-95468EA8-A4FF-4687-BC99-75A563DF094C-htm.html>

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

Raytracer Global Parameters. 2015. Autodesk 3DS MAX 2015 Help. Viitattu 24.10.2016. <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2015/ENU/?guid=GUID-F0A61E06-1A1F-4A7A-9633-8975189CC0F0>

Renderer Panel. 2016. Autodesk knowledge network. Viitattu 24.10.2016. <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/3DSMax/files/GUID-03EC7335-BF03-459D-B697-B75DB224E847-htm.html>

Rendering Algorithms. 2015. Autodesk 3DS MAX 2015 Help. Viitattu 27.10.2016. <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2015/ENU/?guid=GUID-3C86B3A9-D670-4152-832E-3E1B37B89AC2>

Render Settings. 2016. Chaos Group. Viitattu 25.10.2016. <https://docs.chaosgroup.com/display/VRAY3MAX/Render+Settings>

Render Setup Dialog. 2016. Autodesk knowledge network. Viitattu 24.10.2016. <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/3DSMax/files/GUID-AD92977A-A377-4222-8827-0AE04C4D6A43-htm.html>

Sampling Quality. 2015. Autodesk 3DS MAX 2015 Help. Viitattu 27.10.2016. <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2015/ENU/?guid=GUID-DBFFF24F-5419-492B-8889-24E546029279>

Shadows & Displacement. 2015. Autodesk 3DS MAX 2015 Help. Viitattu 27.10.2016. <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2015/ENU/?guid=GUID-4FDD65C6-2071-4C46-BC12-4A46154CA056>

Slick, J. 2016. What is Rendering? Finalizing the 3D Image. Viitattu 10.10.2016. <http://3d.about.com/od/3d-101-The-Basics/a/Rendering-Finalizing-The-3d-Image.htm>

Softimage Overview. 2016. Viitattu 5.10.2016. <http://www.autodesk.com/products/softimage/overview>

Solidworks products. 2016. Viitattu 5.10.2016 <http://www.solidworks.com/sw/3D-cad-design-software.htm>

Standard Helper Objects. 2016. Autodesk knowledge network. Viitattu 24.9.2016. <https://knowledge.autodesk.com/support/3Ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/3DSMax/files/GUID-76FE92BC-E157-4E28-881D-EF09A35E8549-htm.html>

Standard Primitives. 2016. Autodesk 3Ds Max Learn & Explore. Viitattu 14.9.2016 <https://knowledge.autodesk.com/support/3Ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/3DSMax/files/GUID-66152BDE-BA64-423F-8472-C1F0EB409E16-htm.html>.

Tuhola, E. & Viitanen, K. 2008. 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tampere: Tammertekniikka.

Trammell, K. 2016. Setting up rendering farm. Viitattu 30.10.2016. <https://cgcookie.com/tutorial/setting-up-a-renderfarm/>

Understanding Global Illumination. 2013. Digital-Tutors Team. Viitattu 12.10.2016 <http://blog.digitaltutors.com/understanding-global-illumination/>

Using Multi-Pass Rendering. 2015. Autodesk 3DS MAX help. Viitattu 24.10.2016. <http://help.autodesk.com/view/3DSMAX/2015/ENU/?guid=GUID-1B06B407-B60D-4B15-9FDD-E4B1686C8E6F>

V-Ray. 2016. Chaos Group. Viitattu 13.10.2014. <https://www.chaosgroup.com/vray/3ds-max>

V-Ray render optimization. 2014. Viitattu 13.10.2016. http://www.cggallery.com/tutorials/vray_optimization/

What is a Render Farm?. 2016. Viitattu 31.10.2016. <http://wolfcrow.com/blog/what-is-a-render-farm/>

Willsher, K. 2008. Animation software acquired by 3Ds Max maker Autodesk. Viitattu 5.10.2016. <http://www.gamesindustry.biz/articles/softimage-xsi-animation-software-acquired-by-3Ds-max-maker-autodesk>

Liitteet

Liite 1. Kuvakäsikirjoitus

HPW-DUST 3D-animaatio

Kuvakäsikirjoitus

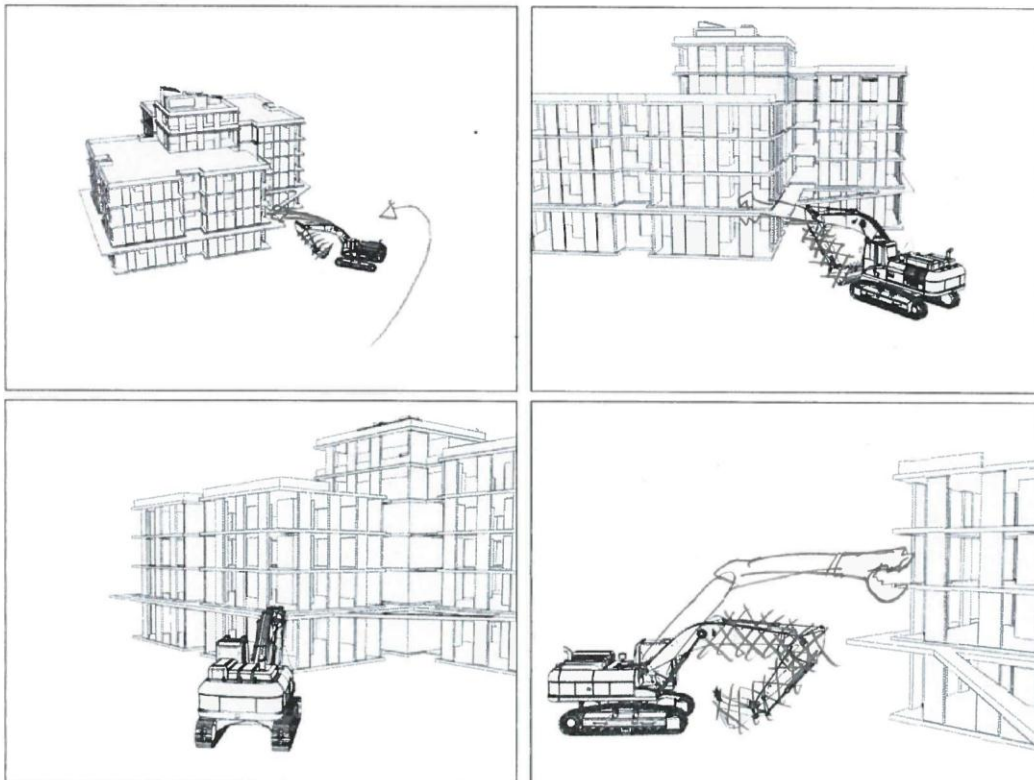
DRAFT

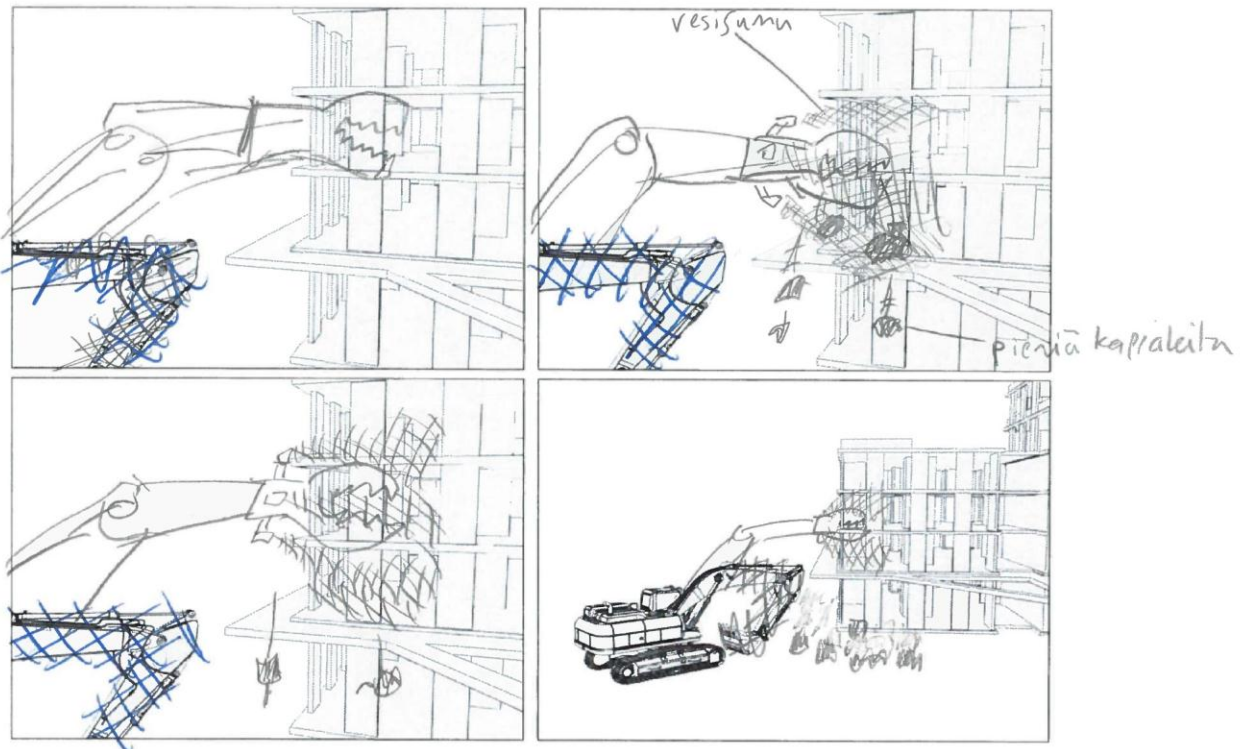
1. Logo



2. Lähestyminen

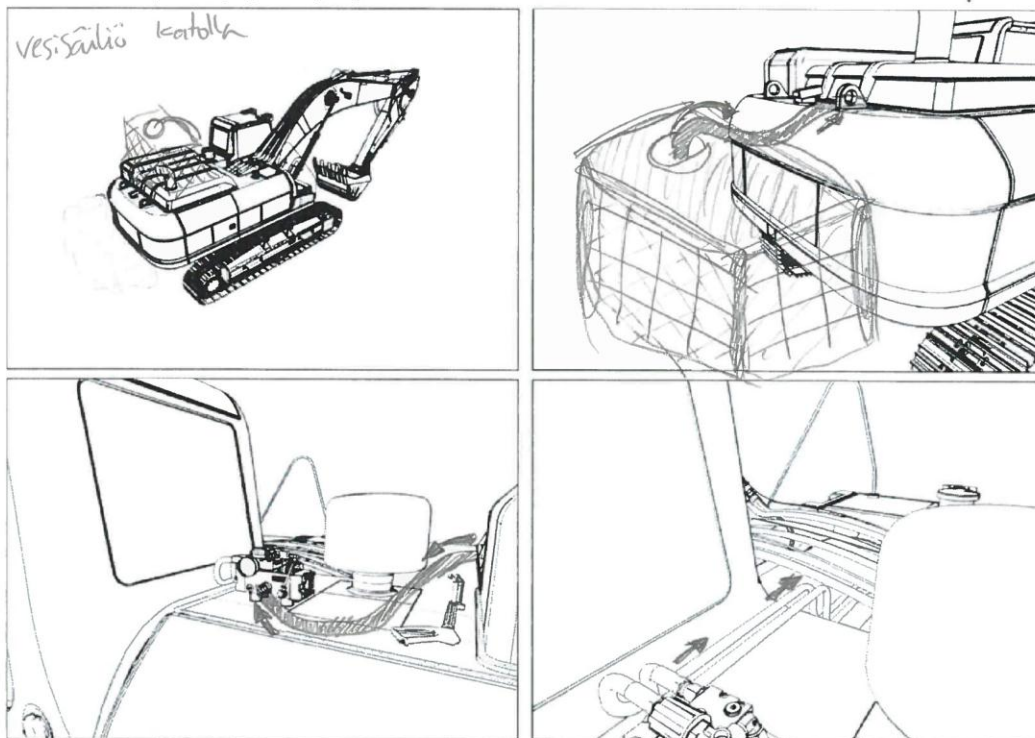
- Kamera-ajo koneen takaa
- Kone purkaa taloa
- Pölynsidonta käynnissä

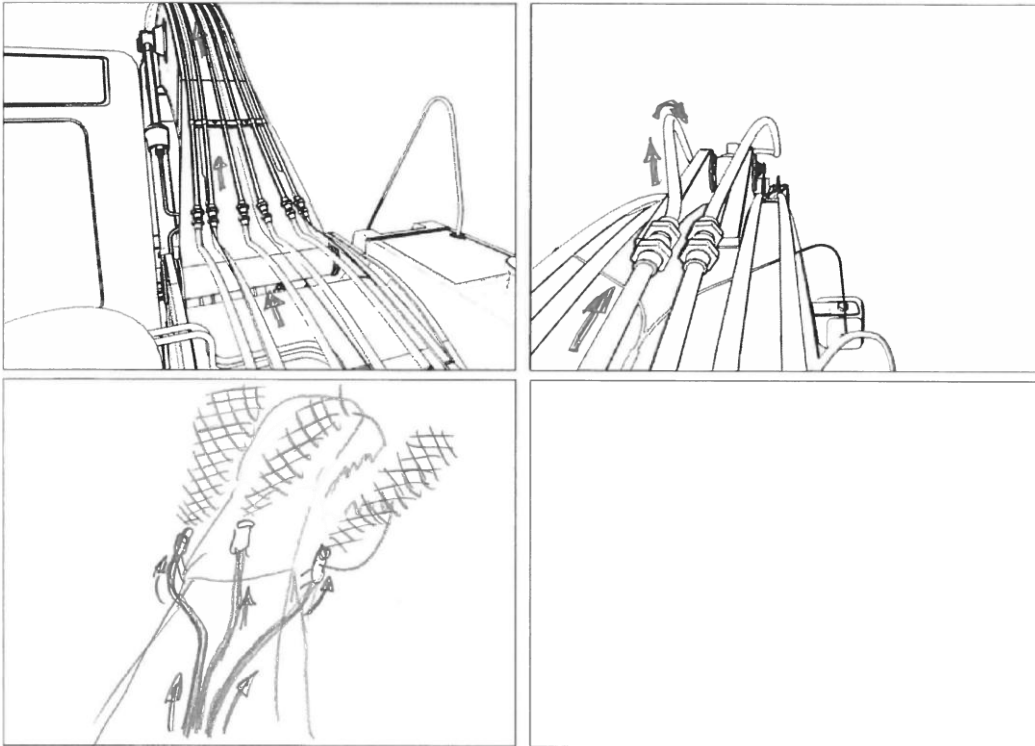




3. Laite-esittely

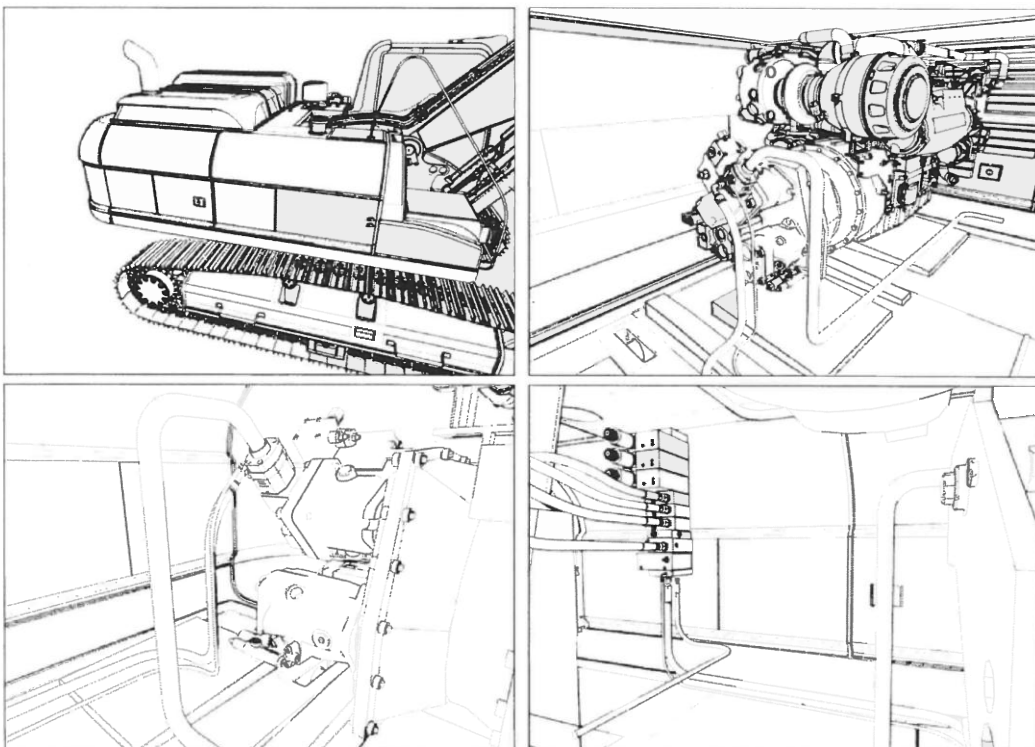
- Vesisäiliö koneen takana
- Imulinjaapitkin pumpulle
- Pumpulta painelinjaapitkin suuttimille





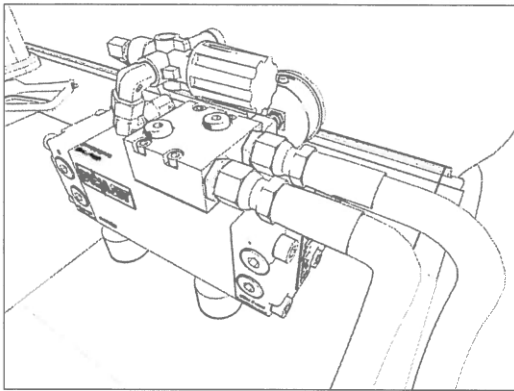
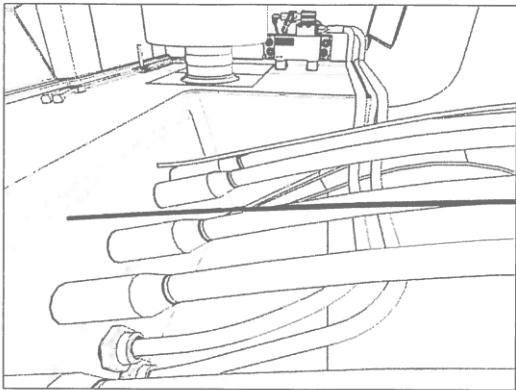
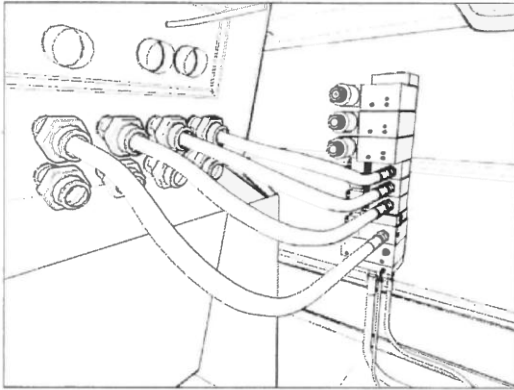
4. Käyttövoima

- Pumppu
- Seurataan painelinjoja venttiileille
- Venttiilit
- Seurataan painelinjoja pumpulle
- Pumpun toiminta?



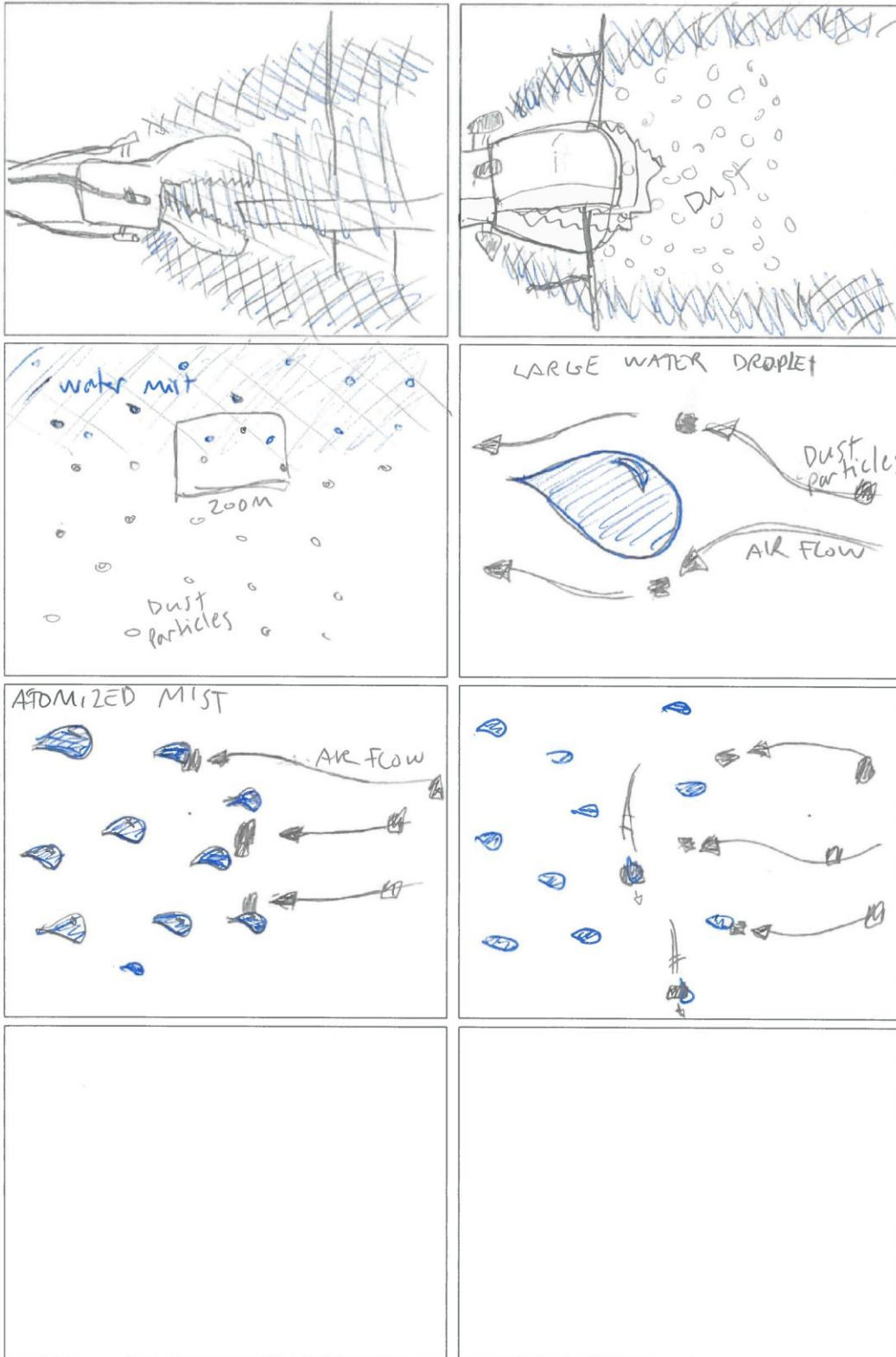
yhteen, kaikille laitteille sama.

gleichen



HPW-pumpe/4

5. Pölynsidonta



6. yhteen veto

~~5. Polysidentia~~