

3D-visualisoinnin työprosessin kehittäminen

Arto Harju

Opinnäytetyö

Lokakuu 2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), mediatekniikan koulutusohjelma

Tekijä(t) Harju, Arto	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Marraskuu 2016
	Sivumäärä 29	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi 3D-visualisoinnin työprosessin kehittäminen		
Tutkinto-ohjelma Mediatekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Niemi, Kari		
Toimeksiantaja(t)		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä kartoitettiin nykyistä 3D-visualisoinnin työtapaa, sekä tarjottiin parannusehdotuksia työtapojen kehittämiseksi. Opinnäytetyön aihe syntyi työn tekijän omasta liikeideasta, ja työn tarkoitus on 3D-visualisoinnin työtapojen kehittäminen erityisesti tehokkuuden ja ajansäästön kannalta.</p> <p>Työssä tutustuttiin 3D-visualisoinnin tekniseen perustaan työtapojen parannusehdotusten näkökulmasta.</p> <p>Työtapoja tutkittiin ensisijaisesti aikaisemmista projekteista, opiskelusta ja työskentelystä kertyneen osaamisen avulla. 3D-grafiikan käyttökohteet jaoteltiin työssä reaaliaikaiseen peligrafiikkaan sekä videomuotoon renderöityyn animaatiografiikkaan.</p> <p>Parannusehdotuksissa uuden työtavan konseptia tutkittiin laskennallisesti esimerkkien avulla, sekä case-tapauksen muodossa esimerkkiprojektin avulla.</p> <p>Työssä esitettiin suuntaa-antavia laskelmia uuden tekniikan kannattavuudesta verrattuna nykyisiin työtapoihin. Uuteen tekniikkaan tutustuttiin myös case-tapauksen avulla. Työssä esiteltyä tekniikkaa tukevien www-palveluiden tarjontaan tutustuttiin, ja niiden toimintaa esiteltiin.</p> <p>Työn tärkeimpänä sisältönä oli esitellä konseptia uudesta asset-kirjastoja hyödyntävästä modulaarisesta työtavasta 3D-visualisoinnissa, sekä suhteuttaa se nykyisiin työtapoihin yleisellä tasolla sekä käytännön esimerkin ja laskelmien avulla.</p>		
Avainsanat (asiasanat) 3D-grafiikka, visualisointi, liiketoiminnan kehittäminen		
Muut tiedot		

Author(s) Harju, Arto	Type of publication Bachelor's thesis	Date November 2016 Language of publication:
	Number of pages 29	Permission for web publication: X
Title of publication Improving content production methods in 3D-visualization		
Degree programme Media Engineering		
Supervisor(s) Niemi, Kari		
Assigned by		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to study existing 3D visualization workflows, and to offer suggestions and an alternative approach to 3D visualization. The motivation behind the study came from the author's own business idea, and the goal of this study was to improve efficiency of the workflow in 3D graphics.</p> <p>The thesis studied the technical basis of 3D graphics, from the viewpoint of proposed workflow improvements.</p> <p>The working methods were examined based on earlier experience from a variety of projects. Applications of 3D-graphics were divided into 2 categories, realtime game graphics and more traditionally rendered and composed animation. The improvement proposals were studied by means of constructing a practical example of the new workflow.</p> <p>The thesis presented simplified, indicative profitability calculations that compared the new workflow to the old one. Some of the already existing 3D asset webservices were explored, and their working methods were studied.</p> <p>The main content of the thesis was to present a new concept of a business model for working in 3D visualization, as well as relating it to current working practises, using practical examples and calculations.</p>		
Keywords/tags (subjects) 3D graphics, visualization, business		
Miscellaneous		

Sisältö

1 Työn lähtökohdat	4
1.1 Taustaa ja toimeksiantaja	4
1.2 Tehtävä ja tavoitteet	4
2 3D-visualisoinnin työprosessien kuvaus	6
2.1 Käsitteiden määrittely	6
2.2 3D-visualisoinnin yleinen työprosessi nykyään	8
2.3 Tyypilliset projektit markkinointialalla	9
2.4 Peligrafiikkaan liittyvät projektit	10
2.4.1 Mobiilipelit sekä www-pohjaiset pelit	10
2.4.2 Konsoli- ja PC-pelit	10
2.5 Nykyiset työtavat, välineet ja palvelut	11
2.5.1 3D-työasemaohjelmistot	11
2.5.2 Www-palvelut asset-kirjastojen jakamiseen	11
3 3D-visualisoinnin työprosessin kehitysideat	13
3.1 Yleistä	13
3.2 Modulaarinen ajattelumalli	13
3.3 Nykyisten välineiden hyödyntäminen	15
3.4 Sisällön tuottaminen	16

4 CASE: 3D-mainosgrafiikan työprosessi	17
4.1 3D-grafiikan sisällöntuottajan näkökulma	17
4.2 3D-kirjastojen rakentaminen yritystoiminnaksi	17
4.3 Hyödyt palvelua käyttävälle yritykselle	18
4.3.1 Samankaltaisten projektien toteutus	19
4.3.2 3D-kirjastot suunnittelun apuvälineenä	21
4.4 Esimerkkiprojekti: Kaktus-virvoitusjuoma	22
5 Tulokset ja pohdinta	26
Lähteet	28
Kuviot	
Kuvio 1. Geometrian muodostuminen	6
Kuvio 2. Materiaalikirjaston rakentamista	7
Kuvio 3. Hahmon rakentamisen työprosessi nykyään	9
Kuvio 4. Hahmon rakentamisen uusi työprosessi	13
Kuvio 5. Luontoassettien rakentamista	14
Kuvio 6. Esimerkki luontoasset-paketin sisällöstä	16
Kuvio 7. Uuden toimintamallin soveltaminen	19
Kuvio 8. Modulaarisia materiaalin komponentteja	21
Kuvio 9. Esimerkkiprojektin assetit	23
Kuvio 10. Esimerkkiprojekti vanhalla työtavalla	24

Taulukot

Taulukko 1. Mainosten taustojen yleiset teemat	20
Taulukko 2. Vanhan ja uuden työtavan vertaaminen	25

1 Työn lähtökohdat

1.1 Taustaa ja toimeksiantaja

Nykyinen 3D-visualisoinnin prosessi on rakentunut erilaisten työkalujen kehityksen ja projektien vaatimusten mukaan. Prosessi kuitenkin perustuu enimmäkseen perinteiseen animaatioon sekä tekniseen visualisointiin. Lisäksi eri yrityksillä, projekteilla ja jopa yksittäisillä tekijöillä on omat työtapansa.

Työtavat ovat sinänsä toimivia, mutta niiden pidemmälle kehittämisessä voisi hyödyntää myös hieman eri alalla käytettyjä menetelmiä. Erityisesti ohjelmoinnista tuttu modulaarisuus ja erilaisten kirjastojen hyödyntäminen tehostaisivat prosessia.

Opinnäytetyön idea perustuu omaan kokemukseen 3D-grafiikan tuotannosta peli- ja mainosgrafiikassa koostuen sekä työtehtävistä että opiskeluprojekteista. Kokemusta on karttunut erilaisten demoscene-grafiikkaprojektien kautta indie-pelinkehitystiimin animaattorina toimimiseen. Opiskelun kautta erityisesti ohjelmointiin tutustuminen on tuonut uusia näkökulmia hyödynnettäväksi myös 3D-visualisoinnissa.

Tarkoituksena on hyödyntää sekä opiskelusta että työtehtävistä kertynyttä osaamista tavalla, joka auttaa koko alan kehitystä. Suunnitelmana on myös oman yrityksen perustaminen, joka hyödyntää tässä opinnäytetyössä esiteltyjä konsepteja. Näistä työtavoista on toivottavasti hyötyä muillekin sisällöntuottajille.

1.2 Tehtävä ja tavoitteet

Tehtävänä oli tarkastella 3D-visualisoinnin prosessin nykyistä tilaa, yleisimpiä työmenetelmiä ja tekniikoita erityisesti sisällöntuottajan näkökulmasta. Tavoitteena oli kartoittaa tätä prosessia sekä tuoda parannusehdotuksia työtappoihin tavalla, joka hyödyttää niin sisällöntuottajaa kuin sisällön käyttäjää.

Työssä tutustuttiin myös sisällönjakelupalveluihin, jotka tukevat uudenlaisen prosessin integroimista nykyiseen. Tavoitteena ei ole koko prosessin korvaaminen uudella, vaan pyrkimyksenä on hyödyntää jo olemassa olevia rakenteita ja palveluita.

Opinnäytetyössä tutkittiin myös uuden prosessin kannattavuutta sisällöntuottajan sekä sisältöä käyttävän yrityksen näkökulmasta. Tarkoituksena oli luoda konsepti, joka mahdollistaa uuden tavan työllistyä 3D-visualisoinnin alalla.

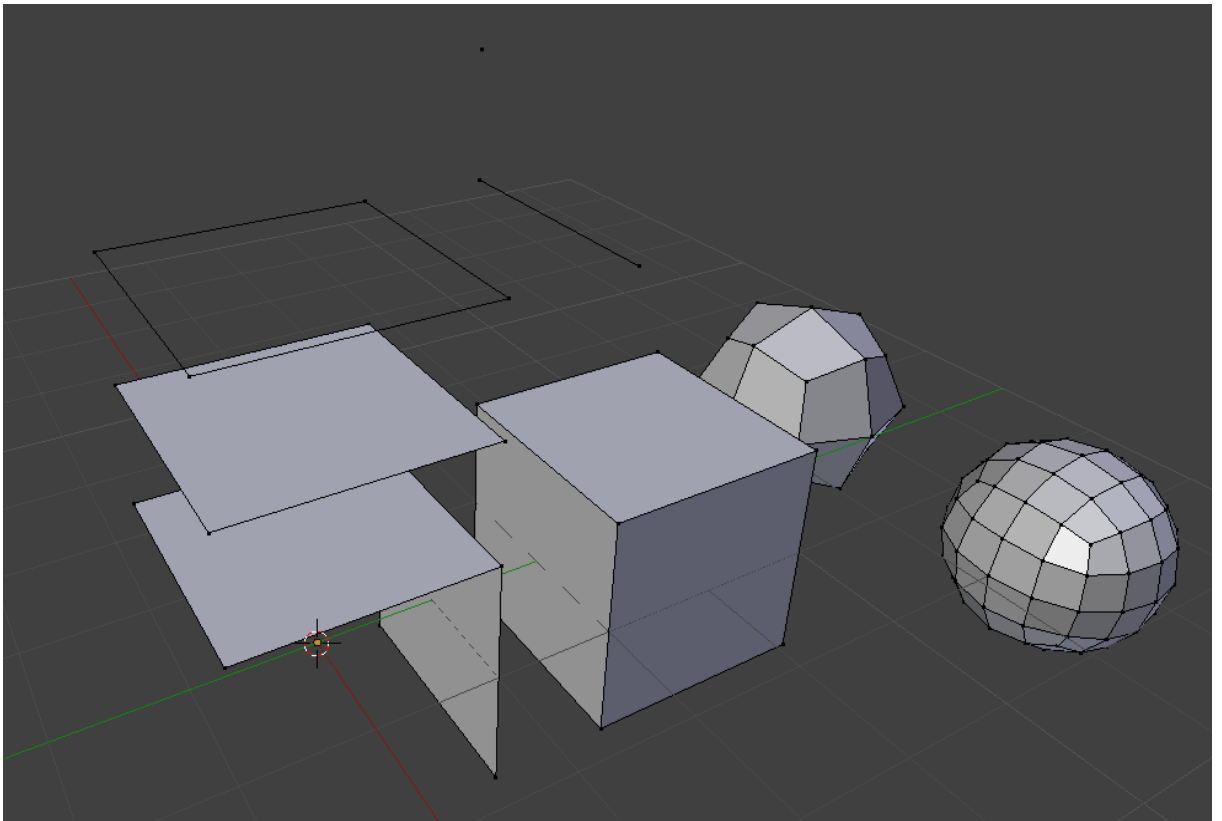
Tavoitteena oli hyödyntää ohjelmoinnista tuttua modulaarista ajattelumallia 3D-visualisoinnissa.

2 3D-visualisoinnin työprosessien kuvaus

2.1 Käsitteiden määrittely

Pääsääntöisesti itse 3D-työskentely alkaa geometrian rakentamisella. 3D-grafiikassa geometria koostuu 3-ulotteisessa avaruudessa sijaitsevista vertex-pisteistä. Kolmea tai useampaa vertex-pistettä käytetään määrittämään pinta, polygoni. Polygonien yhdistelystä taas muodostuu itse 3D-malli.

3D-geometrian muodostuminen on esitetty kuviossa 1. Esimerkiksi hahmo voi nykyään sisältää muutamasta tuhannesta muutamaan sataan tuhanteen polygonia riippuen siitä, onko hahmo rakennettu pelikäyttöön vai perinteiseen animaatioon.



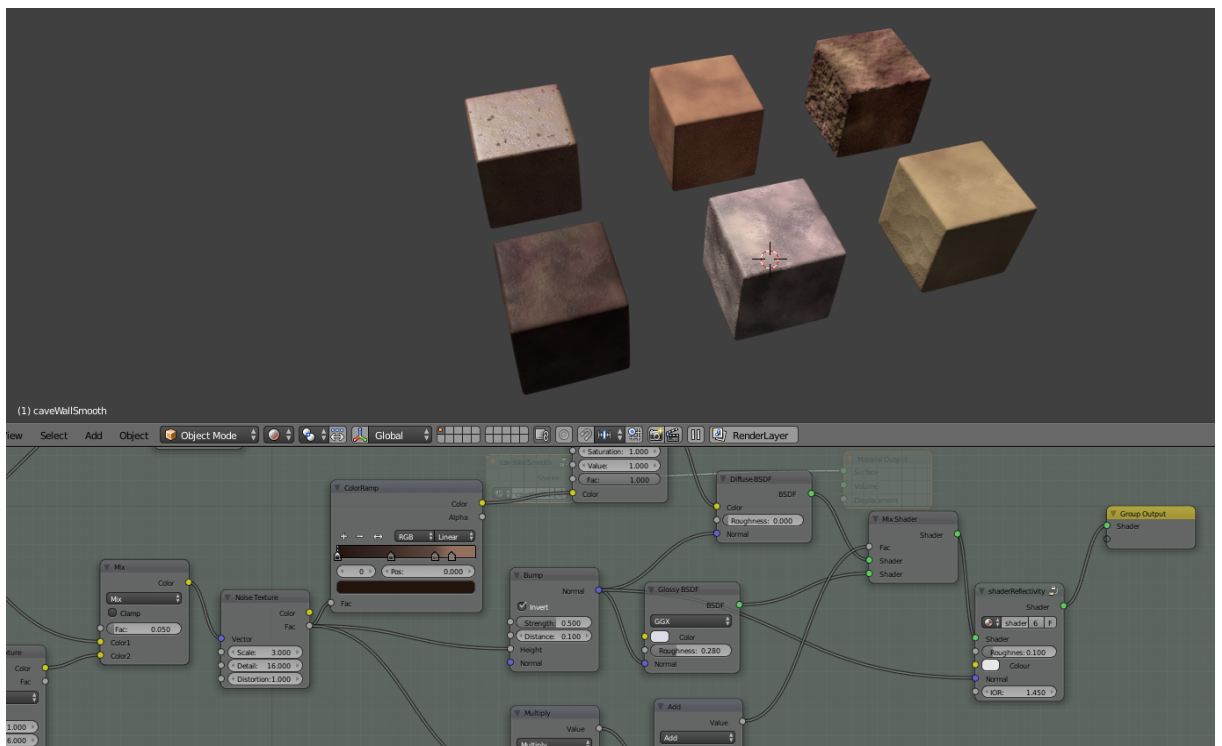
Kuvio 1. Geometria muodostuu vertex-pisteistä, jotka määrittävät polygoneja

Tähän työvaiheeseen sisältyy myös erityisten uv-koordinaattien määrittäminen, joiden avulla joko generoidut tai bittikarttamuotoiset tekstuurit voidaan sijoittaa 3D-mallin pintaan. Tämän jälkeen rakennetaan erilaiset animointimekanismit ja ohjaimet

sekä shaderit. Shaderit ja materiaalit voidaan koota kirjastoksi kuvion 2 esimerkin mukaisesti.

Lopulta rakennetuista 3D-malleista kootaan skene, joka voi olla esimerkiksi pelin kenttä, ympäristö tai renderöintivalmis animaatiopätkä. Prosessi on tältä osin sama käytännössä kaikkialla aiheesta tai käyttökohteesta riippumatta. (Simonds, 2013)

Shadereilla tarkoitetaan tapaa, jolla luotu geometria voidaan laskennallisesti esittää halutun kaltaisena materiaalina. Näillä kuvaillaan esimerkiksi pinnan heijastuvuutta, karkeutta, väriä, pieniä epätasaisuuksia tai muita materiaalin ominaisuuksia, jotka eivät välttämättä riipu itse kappaleen geometriasta. Näihin ominaisuuksiin voidaan tehdä paikallista vaihtelua ja yksityiskohtia esimerkiksi bittikarttapohjaisilla tekstuureilla. (Unity Manual)



Kuvio 2. Materiaalikirjaston rakentamista Blender 2.77:llä

3D-muotoisen grafiikan muutosta 2D-näyttöillä, www-sivuilla tai televisiossa esitettävään muotoon kutsutaan renderöinniksi. Tähän liittyy yksi suurimmista eroista peli- ja mainosgrafiikan välillä. Perinteisen animaation muotoon tuotetussa 3D-grafiikassa renderöintiprosessiin voidaan käyttää huomattavan pitkiä aikoja, sillä

lopputuotteena on 2D-muotoinen kuva joko yksittäisinä kuvina tai videomuodossa, eikä itse renderöintiprosessin hitaus vaikuta käyttökokemukseen millään tavalla. Peleissä sen sijaan laskenta tapahtuu reaaliajassa: sisältö on olemassa vain 3D-grafiikan muodossa siihen asti, kunnes pelaajan näkymä toistetaan tietokoneen ruudulla pelin tapahtumien edetessä. (Puhakka, 2008)

Assetilla tarkoitetaan käytännössä mitä hyvänsä 3D-skenessä käytettävää osaa tai elementtiä. Asset voi olla 3D-malli, tekstuuri, materiaali tai vaikkapa armature-animaatiomekanismi. Kokoelma asetteja muodostaa kirjaston. Näitä voidaan rakentaa paikallisesti, yksittäisen graafikon toimesta henkilökohtaiseen käyttöön, yrityksen käytettäväksi, vaikkapa versionhallinnan kautta jaettavaksi tai www-pohjaiseen palveluun ladattavaksi.

Prefab merkitsee hieman eri asioita eri yhteyksissä, mutta esimerkiksi Unity-pelienginessä se määritellään objektiksi, jota kierrätetään ja käytetään uudelleen skenessä eri paikoissa ja josta voi rakentaa vaikkapa suurempia kokonaisuuksia. Animaatiopuolella prefab on usein aihio, lähtökohta, josta voi nopeasti mukauttaa ja muokata tarvittavan kaltaisen, yksilöidyn lopputuloksen. (Unity Manual)

2.2 3D-visualisoinnin yleinen työprosessi nykyään

Vaikka 3D-visualisoinnissa käytetyt tekniikat eivät ole millään tapaa yrityssalaisuuksia, itse työprosessin tutkimisessa projektikohtaisesti törmää ongelmiin tiedon saatavuuden suhteen. Vaikka salassapitovelvollisuutta ei olisi, yritykset eivät silti usein halua kertoa projekteihin käytetyistä resursseista ja työtavoista.

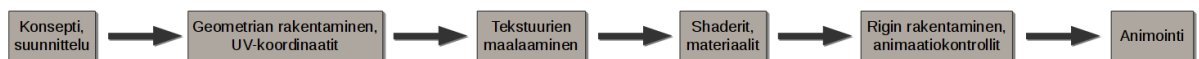
Tämän opinnäytetyön tiedot ovat peräisin erilaisista tutoriaaleista sekä www-sivujen että videoiden muodossa, amk-kursseista sekä erikoistöistä sekä tietysti myös harrastuksesta ja työkokemuksesta peligraafikkona. Työssä hyödynnetään myös 3D-visualisoinnin oppimateriaaleja työprosessin ymmärtämiseksi.

Tässä työssä tehty 3D-visualisoinnin jaottelu markkinointi- ja peligrafiikkaan on apuväline työprosessien tutkimiseksi ja kehittämiseksi sekä resurssien käytön seuraamiseksi. Todellisuudessa 3D-grafiikan käyttökohteisiin kuuluvat myös mm.

teollisuuden visualisointi sekä konseptien suunnittelu ja visualisointi, perinteistä elokuva-animaatiota ja virtuaalilavastusta unohtamatta.

3D-grafiikan työprosessi on kehittynyt tietynlaiseen standardimalliin erilaisten työasemaohjelmistojen työtapojen ohjailemana, mutta erilaisia projekti- ja yrityskohtaisia eroja löytyy silti.

Alla olevassa kuviossa 3 kuvataan hahmon rakentamisen prosessia siten kuin se esitellään Blender Master Class-kirjassa. (Simonds, 2013)



Kuvio 3. Hahmon rakentamisen työprosessi nykyään

2.3 Tyypilliset projektit markkinointialalla

Mainosgraafiikassa projektit ovat tyypillisesti lyhyempiä ja suppeampia kuin pelialalla. Erilaisina asiakastöinä tehtyjen projektien prosessimalli etenee tavallisesti myös perinteisemmällä tavalla peligrafiikan jaksottaisiin ja iteroiviin työskentelymalleihin verrattuna: määrittely, suunnittelu ja toteutus.

Markkinointipuolella 3D-visualisointi tapahtuu tavallisesti asiakastyönä erillisen digimediayrityksen tilaustyönä toteuttamana. Digimediatoimiston sisällä saattaa vielä tapahtua itse 3D-sisällöntuotannon ulkoistamista erilliselle yritykselle tai freelance-toimijalle.

Tekninen kehitys on muuttanut markkinointialan 3D-grafiikan käyttötapoja. Aikaisemmin markkinointialan grafiikka keskittyi lähes yksinomaan perinteisen animaation tuotantotekniikalla renderöityyn animaatioon, mutta nykyään paino on siirtynyt reaaliaikaisen grafiikan toistamiseen ja interaktiivisuuteen. (Parisi, 2015)

Mobiililaitteiden suorituskyky vielä rajoittaa peligrafiikasta tuttuja tekniikoiden hyödyntämistä markkinoinnissa, mutta kehitys on selvästi kulkemassa kohti 3D-sisältöä mobiilipuolellakin. (McDermott, 2011)

Mainosgraafiikassa myös käyttökohteet ovat muuttuneet. Televisio- ja printtimediamarkkinoinnin sijaan suuri osa mainosgraafiikasta päättyy Internettiin.

2.4 Peligrafiikkaan liittyvät projektit

Peligrafiikkaprojektit ovat usein huomattavasti laajempia kokonaisuuksia. Näille on tyypillistä ryhmätyöskentely ja tehtävien jakaminen ryhmän jäsenten välillä.

Peligrafiikka voidaan karkeasti sijoittaa asteikolle, jonka toisessa päässä on perinteisille desktop-tietokoneille tuotetut pelit ja toisessa taas mobiililaitteet erittäin rajallisine resursseineen. Konsolipelit sijoittuvat tällä skaalalla ääripäiden väliin, samoin kuin erilaiset indie-peliprojektit yleensä julkaisualustasta riippumatta.

Peligrafiikassa projektit ovat usein pidempiä kuin markkinointialalla. Yksi syy tähän on 3D-sisällön erilainen käyttötapa: Perinteisessä markkinointipuolen animaatiossa näkymä on tarkkaan ohjattu ja itse sisällön määrä on usein pienempi, kun taas peligrafiikassa pelaajalla on usein vapaus katsella näkymää eri kuvakulmista sekä liikkua paikasta toiseen.

Ajankäyttöongelmaa lähestytäänkin pelialalla tavallisesti toisesta suunnasta: Kuinka paljon sisältöä saadaan tuotettua käytettävissä olevassa ajassa?

2.4.1 Mobiilipelit sekä www-pohjaiset pelit

Mobiilipelien kohdalla projektit ovat tällä hetkellä usein työmäärältään ja tuotettavan sisällön määrältään pienempiä kuin perinteiset 3D-pelit. Tämä johtuu ensisijaisesti mobiililaitteiden rajoitteista sisällön toistamisen suhteen. (McDermott, 2011)

2.4.2 Konsoli- ja PC-pelit

Peligrafiikan tuottamisessa itse työmenetelmät ovat lähes samat kuin mainosgrafiikassa. Jonkin verran teknisiä eroja muodostuu peligrafiikan reaaliaikaisen toiston asettamista vaatimuksista. Prosessinhallinnassa sen sijaan on jonkin verran eroja: Siinä missä mainosgrafiikassa digimediatoimiston tiimi toimii yleensä rakenteellisesti samanlaisena projektista toiseen, pelipuolella tiimi voi rakentua projektikohtaisesti yksittäisen projektin ympärille.

2.5 Nykyiset työtavat, välineet ja palvelut

2.5.1 3D-työasemaohjelmistot

3D-visualisoinnissa tällä hetkellä yleisimmät työasemaohjelmistot ovat 3D Studio Max, Maya ja Blender. Näiden tueksi työprosessiin usein sisällytetään kuvanveistotyökaluja kuten ZBrush, tai teksturointityökaluja kuten 3D Coat. Lisäksi työprosessiin lähes aina kuuluu erillinen 2D-kuvankäsittelyohjelma, esimerkiksi Photoshop. Työasemaohjelmistoissa on eroja lisensoinnissa, hinnassa ja erilaisten ulkoisten työkalujen integroitumisella itse prosessiin, mutta niiden perustoiminnallisuus ja teoreettinen pohja ovat täysin samoja.

Osa aseteista on siirrettävissä työasemaohjelmistosta toiseen, esimerkiksi geometria, uv-koordinaatit ja tekstuurit siirtyvät täysin ongelmitta. Erilaiset animaatiomekanismit, shaderit ja esimerkiksi virtuaalilavasteen valaistus eivät usein siirry sellaisenaan, vaikka niissäkin onkin taustalla hyvin samankaltainen toiminnallisuus.

Työasemaohjelmistoilla on tyypillisesti oma tiedostoformaattinsa, jossa 3D-sisältö ja assetit tallennetaan. Tämän lisäksi on olemassa muutamia sisällöltään rajoittuneempia mutta laajemmin tuettuja formaatteja (esimerkiksi Wavefont .obj), joiden avulla ainakin geometria ja UV-koordinaatit voidaan siirtää ohjelmasta toiseen.

Itse työasemaohjelmistot ovat jo valmiiksi suunniteltuja toimimaan erillisten, ulkoisten työkalujen kanssa. Näin niistä löytyy tuki erilaisten asettien tuontiin ja vientiin itse 3D-skenestä.

2.5.2 Www-palvelut asset-kirjastojen jakamiseen

Tällä hetkellä on olemassa palveluita, jotka myyvät valmista 3d-sisältöä erilaisiin projekteihin, mutta niissä sisältö on hyvin sekalaista. Tällä hetkellä todella harvat tekijät tuottavat oikeasti tarpeellista sisältöä ja keskittyvät lähinnä teknisesti hienojen "portfoliotöiden" jakamiseen. Tällä hetkellä mainittavia ovat mm. Turbosquid sekä 3D Squirrel. Lisäksi vain Blender-työasemaohjelmistoa varten perustettiin vuonna 2014 CGCookie-koulutuspalvelun toimesta uusi asset-verkkokauppa.

Esimerkiksi Turbosquidilla on tällä hetkellä noin 42 000 sisällöntuottajaa. Asiakkaista on mainittuna muutamia suurempia studioita, ja sivustolla on yli 3.5 miljoonaa rekisteröitynyttä käyttäjää. Ladattavia assetteja sivustolla on yli puoli miljoonaa. (Turbosquid)

Vastaavasti pelkästään Blenderin käyttäjille tarkoitettussa asset-kaupassa on vähän yli 450 sisällöntuottajaa ja hieman yli 8100 käyttäjää. (CGCookie Markets)

Oman palvelun perustaminen on myös toimiva vaihtoehto, tästä löytyy esimerkkinä Blender Guru. (Blender Guru)

3 3D-visualisoinnin työprosessin kehitysideat

3.1 Yleistä

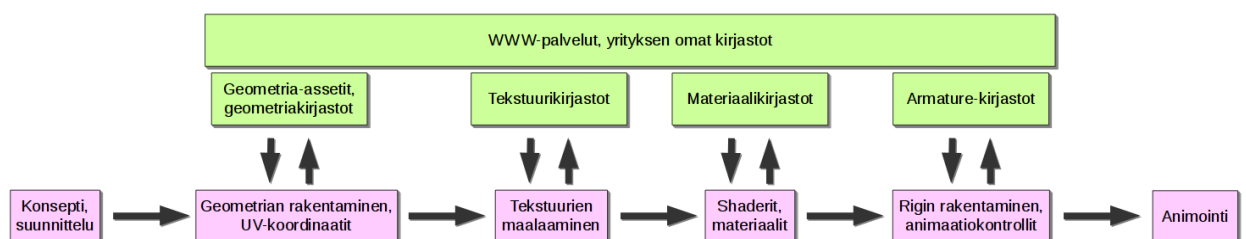
Tässä luvussa käydään läpi kehitysideoita 3D-visualisoinnin työprosessin parantamiseksi ja tehostamiseksi.

On hyvä huomata, että kaikki nämä ideat eivät ole ainutlaatuisia tai uusia, ja osa niistä on jollain tasolla käytössäkin. Silti niiden hyödyntämisessä olisi parannettavaa.

Erilaisten prefabien ja kierrätettävien asset-kirjastojen hyödyntäminen auttaa paitsi työajan tehokkaamman hyödyntämisen kanssa, niin myös parantaa projektien hallittavuutta. Tehtävien jakaminen ja ulkoistaminen on suoraviivaisempaa, mikäli 3D-työskentely voidaan jakaa pienempiin, modulaarisiin osiin.

3.2 Modulaarinen ajattelumalli

Modulaarisessa ajattelumallissa pyritään hyödyntämään projektista toiseen uudelleenkäytettäviä mutta myös projektin sisällä kierrätettäviä asetteja. Tässä on kyse samasta asiasta kuin erilaisten kirjastojen hyödyntämisestä ohjelmoinnissa: aivan kaikkea ei ole tarve rakentaa alusta asti uudestaan joka projektia varten. Esimerkiksi hahmon rakentamisessa työprosessia voidaan kehittää kuvion 4 mukaisesti.



Kuvio 4. Hahmon rakentamisen uusi työprosessi

Suurin osa sekä peleissä että markkinointigrafiikassa käytetyistä aseteista ovat käytännössä samanlaisia. Varsinkin luonto ja lavasteet ovat lähes samoja. Näiden

rakentaminen yhä uudelleen ei ole erityisen järkevää toimintaa, ja järkevällä asset-kirjastojen rakentamisella voi säästää työaikaa merkittävästi.

Modulaarisella ajattelumallilla ei tarkoiteta pelkästään kirjastoja 3D-aseteista, joita voidaan kopioida skeneen tarpeen mukaan, vaan tavasta suunnitella kaikki käytetyt assetit siten, että niiden kierrättäminen on mahdollisimman helppoa. Tähän kuuluvat erilaisten osien geneerisyyden ja kierrätettävyyden lisäksi hyvät nimeämiskäytännöt.

Erityisesti luontotaustojen rakentamisessa modulaarinen työskentely pääsee oikeuksiinsa. Luontotaustojen rakentamisessa työtapa on käytännössä sama kuin kaikkialla muuallakin. Vaikeus muodostuu lähinnä luontotaustan monimutkaisuudesta sekä orgaanisen kohteen esittämistä rajallisella määrällä vaihtelua.

Kuvio 5 esittää tyypillistä tilannetta luontoassettien rakentamisesta, jossa vaadittava monimutkaisuus ja geometrian määrä luovat haasteita 3D-geometrian käsittelylle työasemaohjelmiston välineillä.

Luontoassetit ovat monimutkaisuudestaan ja monimuotoisuudestaan johtuen äärimmäisen vaikea aihe 3D-visualisoinnissa.

Toisaalta jo luontoassettien ja orgaanisten objektien sisällä havaitaan elementtien toistumista, jolloin modulaarinen työskentely nopeuttaa jo kirjastojen rakentamista.



Kuvio 5. Luontoassettien rakentamista Blenderillä

Paremmen ajankäytön ja projektien ryhmätyöskentelyn hallittavuuden lisäksi modulaarinen ajattelumalli antaa työkalut tehokkaampaan 3D-sisällön kehittämiseen ja työmäärän arviointiin.

3.3 Nykyisten välineiden hyödyntäminen

3D-työasemaohjelmistot tukevat erilaisten assettien tuontia työstettävään 3D-skeneen, jolloin workflow'ssa voidaan hyödyntää erilaisia, tiettyihin tehtäviin erikoistuneita työkaluja. Sama mekanismi mahdollistaa kuitenkin myös prefabien ja asset-kirjastojen käyttämisen, joten välineet modulaariseen työskentelyyn on jo olemassa.

Asiakastyönä perinteisesti tuotettujen projektien asetteja ei usein voida kierrättää sopimussyistä. Yksi vaihtoehto kirjastojen rakentamiselle on täysin erillisten resurssien varaaminen tätä varten. Erillisten resurssien varaamisen kannattavuudesta on kerrottu lisää luvun 4 esimerkeissä.

Asset-kirjastoja voi kuitenkin rakentaa myös muiden käyttöön, ja myydä projektikohtaisesti niitä tarvitseville. Tätä varten on olemassa muutama palvelu, mm. Turbosquid. Lisäksi esimerkiksi Blender-työasemaohjelmistoon on saatavilla parikin erilaista palvelua.

Tällä hetkellä tarjolla on muutamia palveluita modulaarisen 3D-sisällön jakelua varten. Näistä suurimpaan, Turbosquidiin, sisältöä tuottaa noin 42 000 graafikkoa. Toinen vastaavanlainen palvelu on eurooppalainen 3D Squirrel. Lisäksi on olemassa erilaisia ohjelmistokohtaisia palveluita, joiden assetit ovat rakennettu toimimaan tietyillä työasemaohjelmistoilla.

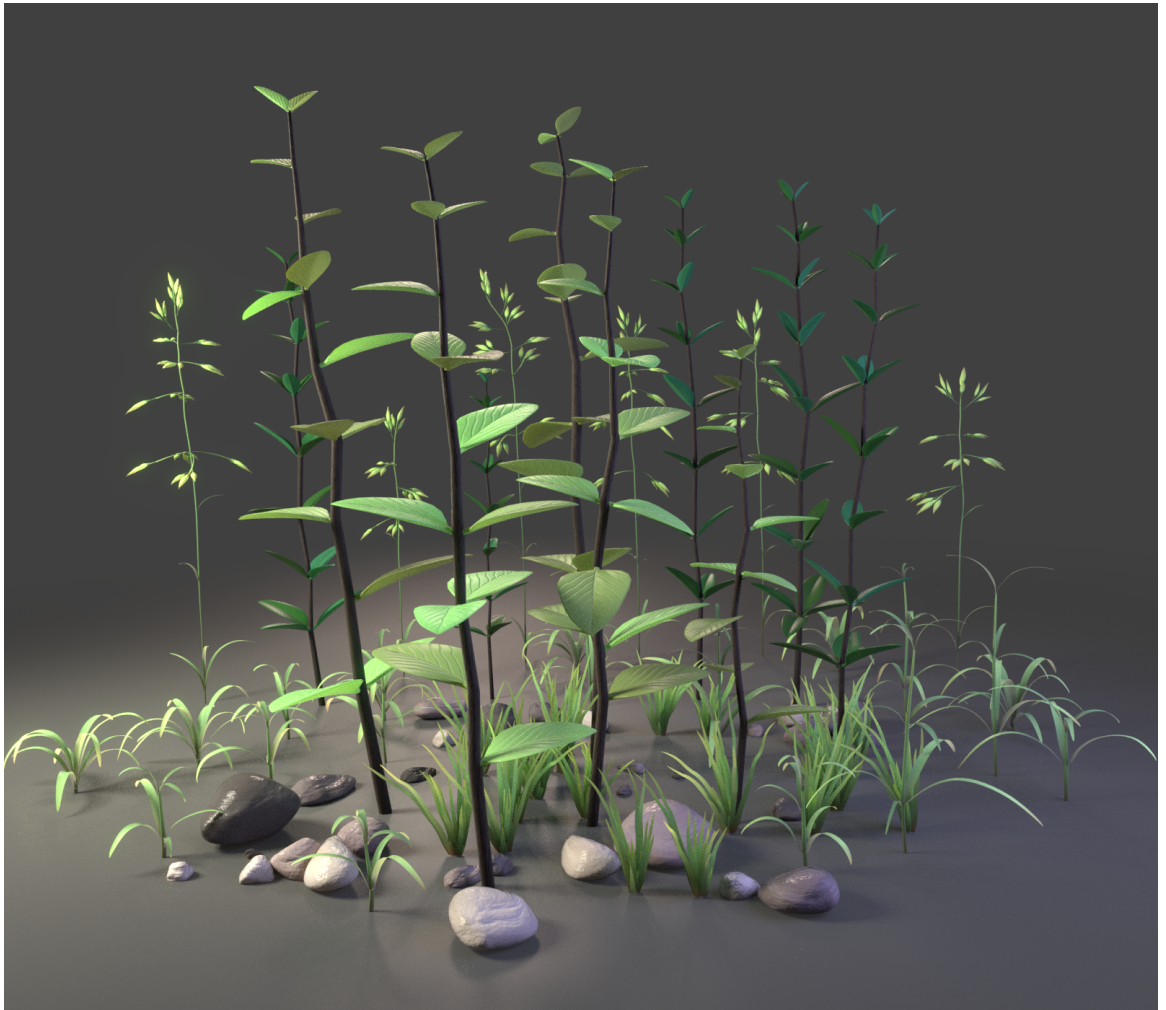
Myös joitakin käyttötarkoituksia varten on oma palvelunsa, esimerkiksi 3D-tulostusta varten rakennetut mallit, tai peligrafiikaksi tarkoitetut tassetit. Tarjolla on myös palveluita, jotka eivät sinänsä mahdollista 3D-asettien myyntiä, vaan pelkästään ilmaista jakamista. (Turbosquid)

Mainituista palveluista Turbosquid antaa karkean arvion käyttäjien määrästä. Yksittäisten käyttäjien ja graafikoiden kohdalla tiedot eivät ole julkisia. CGCookie antaa tarkemmat tiedot ja listaa jopa asset-verkkokauppansa liikevaihdon.

3.4 Sisällön tuottaminen

Sisällönjakopalveluiden kehityksen on käytännössä tapahduttava sisällöntuottajien toimesta, sillä valmiin sisällön hyödyntäminen on mahdollista tietysti vain jos sitä on olemassa. Toisaalta sisällön käyttäminen ja hyödyntäminen luo ympäristön sisällön tuottamiselle.

Sisällön tuottaminen täysin kirjastomuodossa käytettäväksi toimii jopa uudenlaisena liiketoimintamallina 3D-visualisoinnin ympärillä. Tämä kuitenkin edellyttää tutkimuspohjaista lähestymistapaa sekä tarvepohjaista analyysiä. Kuvio 6:ssa on esitetty tyypillisen asset-paketin sisältö, joka on koottu tietynlaisen ympäristön nopeaa kokoamista varten.



Kuvio 6. Esimerkki luonto-assetpaketin sisällöstä

4 CASE: 3D-mainosgrafiikan työprosessi

4.1 3D-grafiikan sisällöntuottajan näkökulma

Tässä luvussa keskitytään 3d-visualisoinnin modulaarisen ajattelumallin tutkimiseen käytännön esimerkin avulla. Luvussa tutkitaan myös kannattavuutta sekä tuottajan että palvelua käyttävän yrityksen näkökulmasta. Tämän pohjalta voidaan rakentaa myös kannattavuuslaskelma yritystoimintaa varten. Yrityksen kannattavuuslaskelmat ovat itseasiassa paras tapa tutkia tämän tekniikan toimivuutta käytännön tasolla, koska siinä täytyy ottaa huomioon käytännön asioita, jotka pelkässä workflown kehityksessä jäisivät huomioimatta.

Esimerkkitapauksena tutkitaan uuden tekniikan soveltamista sekä pienyrittäjä-graafikon että tilaajayrityksen näkökulmasta. Esimerkissä käytetty työtulo perustuu mm. Payscalen antamaan graafikon palkka-arvioon. Asset-paketin hinnaksi valitaan tyyppillinen Turbosquidissa käytetty hinta. Todellista liiketoiminnan suunnittelua varten luvut on valittava tapauskohtaisesti, mutta esimerkissä käytetyt arviot antavat kuvan mittakaavasta sekä konseptin toimivuudesta.

4.2 3D-kirjastojen rakentaminen yritystoiminnaksi

Kirjastojen rakentamisen ei tarvitse rajoittua pelkästään projektien oheistoiminnaksi. Yhtenä vaihtoehtona on www-palveluiden kautta asettien myynti erilaisiin projekteihin.

Tämän lähtökohdan järkevyyden arviointi käy parhaiten esimerkin kautta: Jos 3D-graafikon työtuloksi arvioidaan 24 000 euroa vuodessa (Payscale), tämä tarkoittaisi tässä esimerkissä elo.fi:n arvioimana 4 419 euron vuotuista yel-maksua. Tätä kirjoittaessa yleinen arvonlisävero on 24% (Verohallinto). Näin alv-0%-myyntitulojen täytyisi olla 28419 euroa vuodessa, ja alv-24%-myyntitulot 35 239.56 euroa. (YEL-laskuri)

Mikäli asset-paketin hinnaksi määritellään 149 euroa, näitä tulisi myydä vuodessa noin 236 kappaletta tai noin 20 kappaletta kuukaudessa.

On tärkeä havaita että tässä ei oteta huomioon muita yrityksen kuluja, www-palvelun perustamiseen ja ylläpitoon liittyviä kuluja eikä laitteiden hankintaa tai ylläpitoa. Niinpä tämä ei voi korvata liiketoiminnan yksityiskohtaisempaa suunnittelua, mutta toimii suuntaa antavana esimerkkinä, ja osoittaa missä mittakaavassa myynnin on tapahduttava. Kaikissa tapauksissa tällä hetkellä olemassa olevat www-palvelut lisäksi ottavat myyntituloista tietyn osan välistä, tarkka prosenttiosuus riippuu palvelun kanssa tehdystä sopimuksesta.

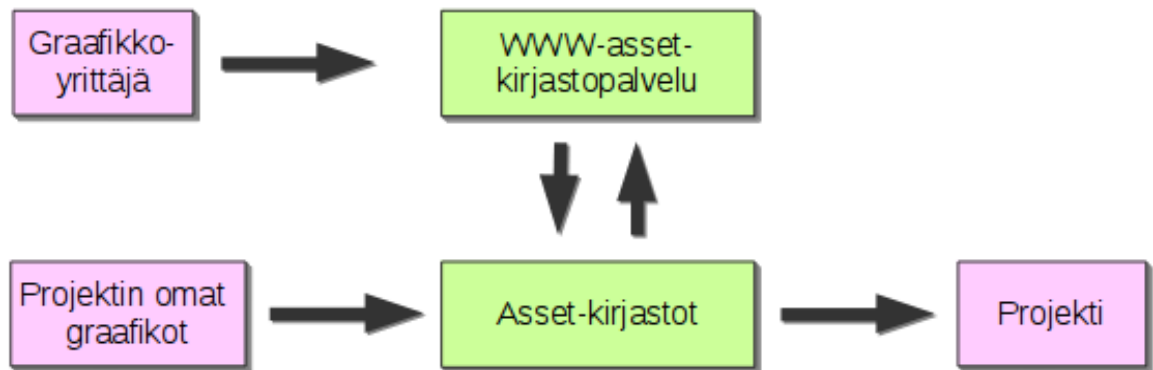
4.3 Hyödyt palvelua käyttävälle yritykselle

Esimerkitapauksena käytetty Turbosquid mainitsee asiakkaihin mm. Activisionin, Sony picturesin sekä Blur-studion. Turbosquidilla on yli 3.5 miljoonaa käyttäjää, joten aivan pienestä toiminnasta ei ole kyse. (Turbosquid)

Mikäli olemassaolevista aseteista löytyy tarkoitukseen sopivaa materiaalia, näiden käyttö on useimmiten järkevää. Www-pohjaisten asset-kirjastopalveluiden kohdalla yksittäisen assetin tuotto perustuu siihen että sama asset voidaan myydä useaan paikkaan, ja jokaisen yksittäisen käyttötapauksen kohdalla valmis asset tulee täten halvemmaksi kuin saman sisällön tuottaminen itse.

Hyödynnetään jälleen aikaisempaa esimerkkiä mittakaavan arviointiin: Yrittäjät.fi:n palkkalaskurin avulla 24 000 euron työtulon kohdalla työntekijän palkkaaminen kustannuksineen tulee maksamaan yritykselle noin 32 000 euroa (Yrittäjät.fi). Tilastokeskuksen mukaan yksityisellä sektorilla työtuntien määrä vuodessa oli keskimäärin 1599 tuntia vuonna 2014 (Tilastokeskus). 1600 tunnin kohdalla työtunnin hinnaksi työnantajan kannalta tulee 20.0 euroa. Näin ollen mikäli vastaavan 149 euroa maksavan asset-paketin rakentamiseen kuluu yli 7.5 työtuntia, kannattaa valmista pakettia käyttää, mikäli sellainen on tarjolla. Näin pienellä tuntimäärällä ei kovin monimutkaista ja toimivaa asset-pakettia saada aikaiseksi.

Jälleen kerran esimerkki toimii vain mittakaavan arviointiin, eikä ota huomioon yritys- ja projektitoimintaan liittyviä sivukuluja. Todellinen kannattavuus on arvioitava ja laskettava tapauskohtaisesti.



Kuvio 7. Uuden toimintatavan soveltaminen erillisiä asset-kirjastoja hyödyntävän yrityksen näkökulmasta

Sisällöntuottaja voi myydä saman asset-paketin useille käyttäjille, ja saa sillä tavalla toiminnan kannattavaksi. Prosessia on havainnollistettu kuviossa 7.

4.3.1 Samankaltaisten projektien toteutus

Perinteisissä asiakasprojekteissa eräs ongelma on se, ettei yhdelle asiakkaalle rakennettua materiaalia voida sopimussyistä käyttää toisen asiakkaan projektissa. Näin hyvin samankaltaisetkin projektit usein sisältävät kaikkialla toistuvien assettien uudelleenrakentamista projektikohtaisesti.

Työskentelyssä voidaan käyttää tietty osa ajasta nimenomaan kierrätettävän asset-kirjaston rakentamiseen, jolloin ongelmasta päästään eroon. Vastaavasti olemassa olevien asset-kirjastojen käyttö ajaa saman asian.

Sisällön suunnittelua ja asset-kirjastojen käyttötarpeen kartoittamista varten tutkittiin 40 tv-mainosta, joiden taustoissa ilmentyvät erilaiset teemat luokiteltiin asset-pakettien rakentamisen kannalta valittuihin kategorioihin taulukon 1 mukaisesti. Taulukossa esitetään, kuinka suuri prosenttiosuus mainoksista sisältää pääosin tiettyyn kategoriaan kuuluvaa teemaa. Mainokset valittiin satunnaisesti

katsotuimpien tv-ohjelmien mainoskatkojen esitymisjärjestyksen mukaan ruutu.fi-palvelusta. Tutkittavien mainosten joukkoon valittiin vain yksilölliset mainokset, eikä toistuvia mainoksia huomioitu uudelleen.

Taulukko 1. Mainosten taustojen yleisimmät teemat omassa tutkimuksessa

Teema	Prosenttiosuus
Metsä	22.5%
Pelkkä tuotokuva tai logo abstraktilla tai yksivärisellä taustalla	17.5%
Puisto, hoidetut julkiset ulkotilat	12.5%
Keittiö	12.5%
Yleisiä koti-sisätiloja ja sisätyötiloja (toimisto ym.)	12.5%
Kaupunkiympäristöjä ja isoja julkisia tiloja	10%
Piha, hoidetut asumuksen ulkotilat	7.5%
Meri	7.5%

Itse näytettävien mainosten valinnassa saattaa olla käyttäjäkohtaista yksilöintiä, eikä yksilöidyt markkinointimekanismit ole tältä osin tutkimusta varten läpinäkyviä käyttäjälle. Tutkimus kuitenkin osoittaa että sisältö on jaoteltavissa kategorioihin sen mukaan minkälaisista elementeistä tausta rakentuu.

Asset-kirjastojen rakentamista varten onkin syytä tehdä samankaltaista tutkimusta kirjastojen rakentamista varten. Yrityksen oman asset-kirjaston kohdalla tutkimusta voi tehdä vaikkapa aikaisemmin tehtyjen projektien pohjalta. Pelkästään asset-paketteja muille rakentavan yrittäjä voi tehdä asset-pakettien tarvekartoitusta itse käyttökohteita tutkimalla, esimerkiksi jakamalla mainoksia yleisimpiin kategorioihin.

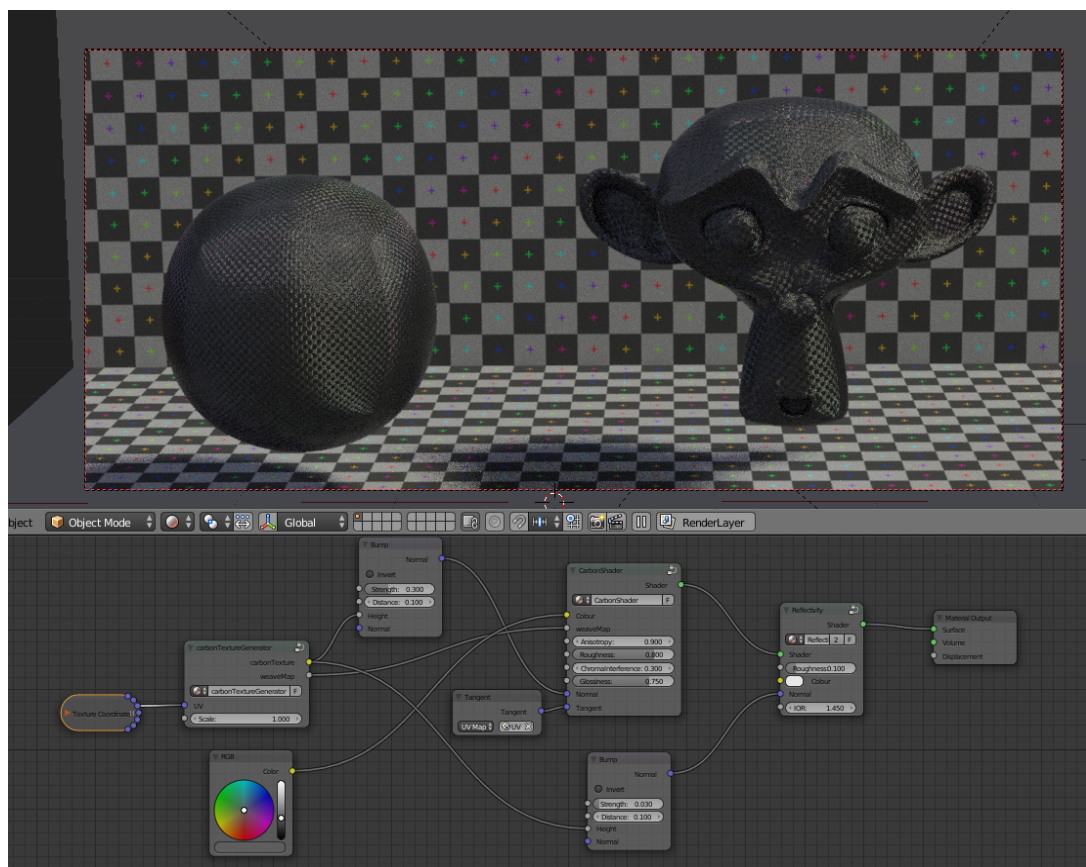
Erilaisissa valmiissa tuotoksissa voi olla loputtomiin vaihtelua, mutta esimerkiksi luontotaustoissa elementteinä voidaan silti käyttää valmiita, samankaltaisia asetteja joko sellaisenaan tai käyttökohteeseen muokattuna.

4.3.2 3D-kirjastot suunnittelun apuvälineenä

Tärkein hyöty modulaaristen asset-kirjastojen hyödyntämisessä on ajansäästö. Valmiiden asettien käyttö vapauttaa käytettävissä olevaa työaikaa designin tekemiseen sekä suunnitteluun.

Markkinoinnissa taustoilla ja lavasteilla luodaan ympäristö markkinoitavalle tuotteelle. Näissä toistuvien, tuttujen elementtien käyttö voi olla jopa tarkoituksenmukaista. (Taylor, 2010)

Modulaarisilla aseteilla ei ole tarkoitus korvata markkinoitavan tuotteen designiä, eikä tuotteen tai brändin visuaalista kieltä, vaan nopeuttaa niiden elementtien rakentamista mitkä koostuvat kaikkialla toistuvista, samankaltaisista osista. (Taylor, 2010)



Kuvio 8. Modulaarisia materiaalin komponentteja

Toisaalta modulaarisuutta voi hyödyntää suunnittelussa, jos asset-kirjaston avulla onnistuu määrittelemään visuaalisen kielen. (What is visual language?)

Asset-kirjaston hyödyntäminen onnistuu myös käytännönläheisellä tasolla. Kuviossa 8 esitetään modulaarinen materiaali, jota hyödyntämällä lopputuotteen visuaalista ilmettä voidaan tarkastella jo suunnittelun alkuvaiheessa.

4.4 Esimerkkiprojekti: Kaktus-irvoitusjuoma

Tässä luvussa tutkitaan esitettyjä työtapoja case-tapauksen avulla. Opinnäytetyötä varten rakennettiin perinteinen markkinointigrafiikkatausta kuvitteelliselle esimerkkituotteelle Kaktus-irvoitusjuomalle, käyttäen sekä vanhaa että uutta menetelmää.

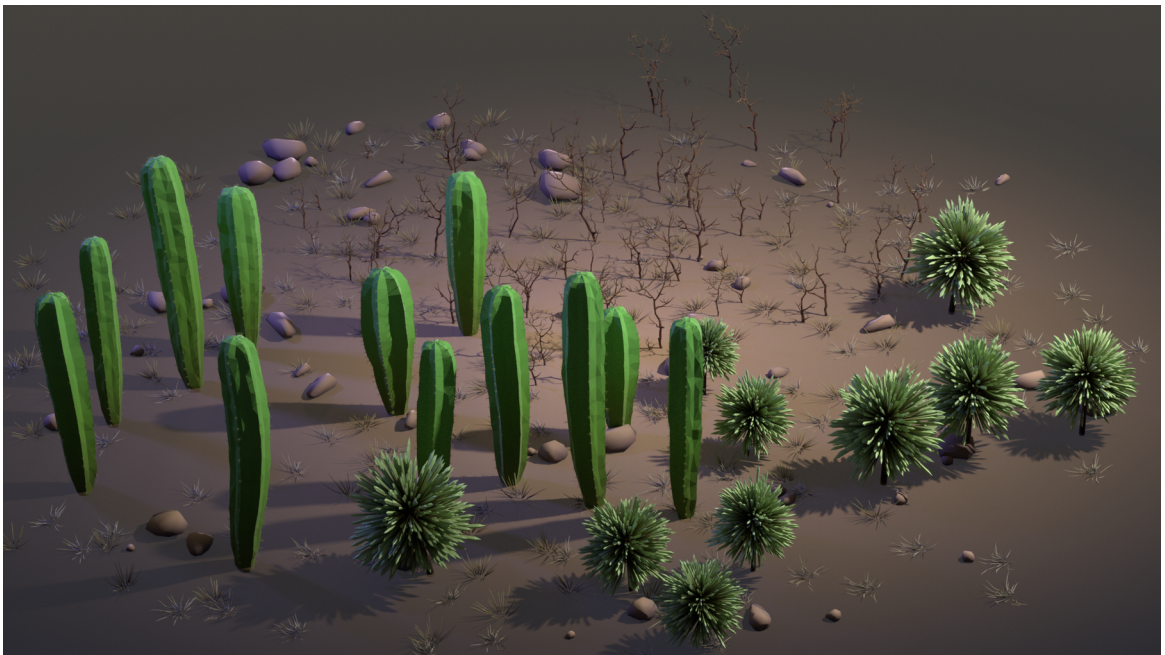
Esimerkin kuvitteellisena tehtävänantona oli rakentaa animointia varten valmis TV-mainostausta, asetelma ja valaistus.

Mainosta varten tarvittiin helposti muokattavissa ja animoitavissa oleva luontoympäristö sekä kaikki tähän tarvittavat luontoassetit. Mainostettavan tuotteen logo ja värit vastasivat tuotteen lopullista ulkoasua, joten mainoksen ympäristö, värit ja valaistus tuli suunnitella näiden mukaisesti.

Tuotteen markkinoinnissa tuli erityisesti korostaa luontoa ja luonnon tarjoamia aineksia terveystietoiselle kohderyhmälle. Kohderyhmänä oli nuoret aikuiset, joten visuaalisesti tietokonepelityylinen ilme oli eräs toivottu vaihtoehto tehdä ympäristöä tutummaksi kohderyhmälle.

Esimerkkitapauksessa kuvitteellisen asiakasyrityksen markkinointiosasto piti huolen animointiin, renderöintiin ja videon editointiin liittyvistä teknisistä asioista, joten nämä työvaiheet rajattiin tehtävänannon ulkopuolelle. Mainoksen ympäristössä etuala oli varattu tuotteen sijoittelua varten. Muiden osien rakentamisessa ja sommittelussa pääpaino oli mielikuvien rakentamisella.

Esimerkkitapauksessa valittiin toteutettavaksi taustaksi teemaan sopiva luontoympäristö, jonka rakentamiseen tarvittavat assetit rakennettiin ensin perinteisellä tavalla. Tätä verrattiin valmiiden assettien etsimiseen Turbosquid-palvelusta sekä työajan että kustannuksien osalta. Kuviossa 9 on esitetty mainoksessa tarvittavat luontoassetit. Tässä esimerkissä käytetään samaa laskutapaa ja työtuloa kuin aikaisemmissa tämän luvun esimerkeissä, jotta tilanne pysyy vertailukelpoisena.



Kuvio 9. Esimerkkiprojektin taustan rakentamiseen tarvittavat assetit

Esimerkissä rakennettiin taustan ja tuotekuvan osalta kaikki tarvittava tv-mainosta varten, mutta itse animointia tai animaation renderöintiä ei tässä tapauksessa ollut tarpeellista tehdä. Myöskään kaupallisia asetteja ei tässä tapauksessa hankittu, vaan esimerkkitapauksen rakentamiseen hyödynnettiin pelkästään projektissa rakennettuja asetteja. Itse mainoksen rakentamisessa työtapa olisi sama riippumatta siitä käytetäänkö valmiita asetteja vai tehdäänkö ne projektikohtaisesti, joten niihin käytettävä työaika ei muuttuisi. Valmiiden assettien etsintä Turbosquid-palvelusta alkoi vasta itse aiheen ja sisällön valinnan jälkeen, eikä projektin suunnittelussa otettu huomioon valmiiden assettien yleisyyttä tai helppoa löydettävyyttä. Työtuntien jakautuminen eri työvaiheisiin sekä vanhalla että uudella työtavalla esitellään taulukossa 2. Kuvio 10 esittää mainoksen ympäristön lopullisessa muodossaan, käyttäen perinteisellä tavalla rakennettuja luontoasetteja.

Taustan rakentamiseen tarvittavien asettien rakentamiseen tässä esimerkkiprojektissa kului yhteensä 16 tuntia. Tähän sisältyi geometrian rakentaminen, uv-koordinaatit, tekstuurit sekä materiaalit. Mainostettavan tuotteen suunnittelu sekä itse mainoksen rakentaminen aseteista vaativat yhteensä 6 tuntia.



Kuvio 10. Esimerkkiprojekti vanhalla työtavalla toteutettuna

Nykyisellä tarjonnalla lisenssiehtoihin tutustumiseen ja asettien etsimiseen työaikaan tarvittiin noin puoli tuntia. Valmiiden asset-pakettien hinnaksi muodostuisi yhteensä 179 euroa. (Turbosquid)

Edellisten esimerkkien lukuja soveltamalla valmiiden asettien arvo sekä etsimiseen käytetty aika työtunneiksi muutettuna vastaavat 9.5 tunnin työpanosta. Itse mainoksen rakentamisen kohdalla valmiiden asettien järjestely voi viedä hieman enemmän aikaa, mutta toisaalta asset-paketeissa usein tulee myös valmiita esimerkkiympäristöjä, joita hyödyntämällä aikaa voi säästää.

Itse projektin toteutuksen kannalta kuitenkin on hyvä huomata että uudella työtavalla valmiita asset-kirjastoja hyödyntämällä itse sisältö oli jo olemassa ja käytettävissä välittömästi pelkästään etsimiseen käytetyn työajan jälkeen. Tässä todellinen

projektiin käytetty aika olikin asettien hankkimiseen tai rakentamiseen käytetty aika + mainoksen skenen kokoamiseen käytetty aika.

Taulukko 2. Vanhan ja uuden työtavan vertaaminen esimerkkiprojektissa

Vanha työtapa	Aika	Uusi työtapa	Aika
Asettien rakentaminen	16 h	Asettien etsiminen	0,5 h
Tuotedesign	4 h	Tuotedesign	4 h
Mainoksen kokoaminen	2 h	Mainoksen kokoaminen	2 h
Yhteensä	22 h	Yhteensä	6,5 h

Tässä tapauksessa ajallinen säästö projektin toteutuksessa oli 15,5 tuntia. Rahallisessa säästössä on kuitenkin huomioitava asettien hinta, jolloin edellisten esimerkkien luvuilla vanhalla työtavalla mainoksen tuottamiskustannukset ovat 22 tuntia * 20,0 euroa / tunti eli 440,0 euroa. Uudella työtavalla tässä esimerkkitapauksessa tuotantokustannuksiksi muodostuisi 6,5 tuntia * 20,0 euroa / tunti + asettien hankintahinta 179 euroa, eli 309,0 euroa.

Tässäkin tapauksessa mainosgrafiikan lopputuotteen toteutukseen käytettävä työaika kasvaisi animoinnin ja animaation renderöinnin myötä. Nämä kuitenkin ovat työvaiheina samanlaiset sekä vanhalla että uudella työtavalla. Ajallista säästöä voi lisäksi tavoitella itse renderöintivaiheessa erilaisten renderöintipalveluiden hyödyntämisellä, mutta niidenkin kohdalla prosessi on sekä työtavoiltaan että tehokkuudeltaan sama sekä uudella että vanhalla työtavalla.

5 Tulokset ja pohdinta

Opinnäytetyössä käytiin läpi 3D-visualisoinnin nykyistä tilaa, kehitysnäkymiä sekä ehdotuksia työtapojen kehittämiseksi. Nykyinen työskentely jaoteltiin kahteen selkeästi erilaiseen kategoriaan: peligrafiikkaan sekä animaatiografiikkaan.

Työssä tutustuttiin tapoihin hyödyntää sekä olemassa olevia että vielä kehitysvaiheessa olevia tekniikoita. Opinnäytetyön tehtävä on erityisesti tuoda esille asset-kirjastopohjaista työskentelytapaa sekä modulaarista ajattelumallia. Työssä tutustuttiin myös muutamaa nykyiseen www-pohjaiseen asset-kirjastopalveluun, sekä erilaisiin tapoihin hyödyntää ja jakaa asset-kirjastoja.

Lopuksi tutkittiin esitellyn asset-kirjastoihin perustuvaan työskentelyn kannattavuutta sekä uuden liiketoimintamallin soveltamista käytännön esimerkein. Uuden toimintatavan kannattavuutta vertailtiin laskennallisesti vanhoihin tapoihin sekä sisällöntuottajan että sisältöä hyödyntävän yrityksen näkökulmasta. Tekniikoiden tehokkuuden vertailemiseksi rakennettiin myös esimerkkiprojekti kuvitteellisesta tuotteesta, jonka mainosgrafiikan toteutuksessa seurattiin työajan vaatimuksia projektin eri osien ympärillä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli esitellä uutta, modulaarista työtapaa sekä asset-kirjastoja hyödyntävää liiketoimintamallia 3D-visualisoinnin alalla. Nopeasti kehittyvät työasemaohjelmistot, muuttuvat työtavat sekä uudet tavat hyödyntää 3D-grafiikkaa eri käyttökohteissa loivat haasteita tietoperustan kokoamiselle. Lisäksi yrityskohtaiset työtavat eivät yleensä ole julkisesti saatavilla olevaa tietoa. Erityisenä ongelmana oli tiedon löytäminen nykyisistä työtavoista markkinoinnin alalla.

Nykyisen kaltainen 3D-grafiikka on suhteellisen uusi konsepti, ja työtavat perustuvat usein työskentelyn kautta opittuun tietoon. Lisäksi itse käyttötavat ja 3D-grafiikkaa toistavat tekniset laitteet kehittyvät edelleen nopeasti, joten esimerkiksi tekniset rajoitteet geometrian määrän, tekstuurien koon ja muiden teknisten ominaisuuksien osalta muuttuvat jatkuvasti. Tiedon keräämisen lisäksi tämä osaltaan luo vaikeuksia asset-kirjastojen suunnitteluun ja käyttämiseen.

Työssä kuitenkin onnistuttiin esimerkkitapausten avulla antamaan kuva uusien työtapojen toimivuudesta sekä laskennallisesti että käytännön esimerkkiprojektin kautta.

Opinnäytetyö ei suoraan ota kantaa minkään yksittäisen palvelun tai yrityksen toimintaedellytyksiin tai kannattavuuteen. Esimerkkinä käytetyt laskelmat ovat yksinkertaistettuja eivätkä vielä riitä liiketoimintasuunnitelmaksi, mutta toimivat suuntaa antavina, ja esittelevät toimintaa konseptin tasolla. Laskelmat työtapojen kannattavuudesta on kuitenkin tehtävä tapauskohtaisesti osana liiketoiminnan suunnittelua.

Lähteet

Blender.org - Mesh Structure – Blender Reference Manual, verkkodokumentti. Viitattu 12.9.2016.

https://www.blender.org/manual/modeling/meshes/mesh_structures.html

Blender Guru, www-palvelu, verkkodokumentti. Viitattu 19.9.2016.

<http://www.blenderguru.com/products/>

CGCookie Markets, www-palvelu, verkkodokumentti. Viitattu 19.9.2016.

<https://cgcookiemarkets.com/stats/>

Höfele, Claus, 2007, Mobile 3D Graphics, Course Technology Inc

McDermott, Wes, 2011, 3D Game Art for the iPhone with Unity, Focal Press

Parisi, Tony, 2015, Programming 3D Applications with HTML5 and WebGL, O'Reilly Media

Payscale, keskimääräinen palkka eri aloilla, verkkodokumentti. Viitattu 12.9.2016.

http://www.payscale.com/research/FI/Job=Graphic_Designer/Salary

Puhakka, Antti, 2008, 3D-grafiikka, Talentum

Simonds, Ben, 2013, Blender Master Class, No Starch Press

Taylor, Angie, 2010, Design essentials, Focal Press

Tilastokeskus - Liitetaulukko 21. Tehdyt työtunnit vuodessa palkansaajaa kohti työnantajasektorin ja toimialan (TOL 2008) mukaan vuosina 2010 - 2014, 15-74-vuotiaat, verkkodokumentti. Viitattu 12.9.2016.

http://www.tilastokeskus.fi/til/tyti/2014/13/tyti_2014_13_2015-04-28_tau_021_fi.html

Turbosquid - Company Statistics, verkkodokumentti. Viitattu 12.9.2016.

<http://www.turbosquid.com/Statistics>

Turbosquid – Desert Terrain Elements, esimerkkiprojektin asset-paketti. Viitattu 23.10.2016. <http://www.turbosquid.com/3d-models/max-tree-plants-desert-terrain/845299>

Turbosquid – Round Cactus, esimerkkiprojektin asset-paketti. Viitattu 23.10.2016
<http://www.turbosquid.com/3d-models/3ds-max-cactus/418956>

Unity - Unity – A gentle introduction to shaders, verkkodokumentti. Viitattu 14.9.2016.

<https://unity3d.com/learn/tutorials/topics/graphics/gentle-introduction-shaders>

Unity – Manual: Prefabs, verkkodokumentti. Viitattu 12.9.2016.

<https://docs.unity3d.com/Manual/Prefabs.html>

Verohallinto – Arvonlisäverotus, verkkodokumentti. Viitattu 12.9.2016.

<https://www.vero.fi/fi->

[FI/Yritys_ja_yhteisoasiakkaat/Osakeyhtio_ja_osuuskunta/Arvonlisaverotus](https://www.vero.fi/fi-FI/Yritys_ja_yhteisoasiakkaat/Osakeyhtio_ja_osuuskunta/Arvonlisaverotus)

What is Visual Language? - verkkodokumentti. Viitattu 19.9.2016.

<http://www.visuallanguagelab.com/vislang.html>

YEL-laskuri, verkkodokumentti, työkalu yrittäjän eläkemaksun arviointiin. Viitattu 12.9.2016. <http://www.elo.fi/yel-laskuri>

Yrittäjät.fi palkkalaskuri, verkkodokumentti, työkalu palkkauksen kulujen arviointiin. Viitattu 12.9.2016. <https://www.yrittajat.fi/palkkalaskuri>