

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Media-alan koulutusohjelma

Tomi Lötjönen

3D-PELIHAHMON TOTEUTUS JA ESILLEPANO PORTFOLIOON

Opinnäytetyö  
Syyskuu 2021



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Syyskuu 2021**  
**Media-alan koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
+358 13 260 600 (vaihde)

**Tekijä**  
Tomi Lötjönen

**Nimeke**  
3D-Pelihahmon toteutus ja esillepano portfolioon

**Tiivistelmä**

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa 3D-pelihahmo, joka sitten laitetaan virtuaalisen portfolioon. Työssä avataan eri seikkoja, joita tulee ottaa huomioon hahmosuunnittelussa, 3D-mallintamisessa, teksturoinnissa ja lopullisessa esillepanossa.

Opinnäytetyön tietoperusta koostuu kirjallisuudesta ja verkkolähteistä. Ohjelmistoihin liittyvät lähteet ovat niiden virallisilta nettisivuilta. Visuaalisen suunnittelun ja toteutuksen lähteet ovat pääasiassa perinteisen taiteen lähteitä. Työ on pyritty tekemään peliteollisuudessa käytetyillä ohjelmilla ja tekniikoilla. Lopussa pohditaan kohdattuja ongelmia ja kehitys kohteita

Tämä opinnäytetyö käy läpi jokaiseen työvaiheeseen liittyvän ajattelu- ja työprosessin. Lopullinen teos on esillä Artstation-sivustolla.

**Kieli**  
suomi

Sivuja 49  
Liitteet 1  
Liitesivumäärä 1

**Asiasanat**  
3D, 3D-mallintaminen, Hahmosuunnittelu, Teksturointi, Pelihahmo



**THESIS**  
**September 2021**  
**Degree Programme in media**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+ 358 13 260 600 (switchboard)

**Author**  
Tomi Lötjönen

**Title**  
Creation and Presentation of a 3D Game Character for Portfolio

**Abstract**

The aim of the thesis is to design and implement a 3D game character, which is then placed in a virtual portfolio. The work covers various aspects that need to be considered while creating character design, 3D modeling, texturing, and final presentation.

The theoretical framework of the thesis consists of literature and online sources. Sources related to the software are from their official websites. The sources on visual design and implementation are mainly from the field of traditional art. The project was executed with the programs and techniques commonly used in the gaming industry. Finally, the problems encountered and areas for improvement are discussed.

This thesis covers the thought process and practical steps associated with each stage of the process. The final result of the project is a 3D character, which is on display on the ArtStation website.

**Language**  
Finnish

Pages 49  
Appendices 1  
Pages of Appendices 1

**Keywords**  
3D, 3D modelling, character design, texturing, game character

## Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Hahmosuunnittelu .....	6
2.1	Suunnittelussa huomioitavia .....	6
2.2	Muotokieli.....	7
2.3	Väri: Sävyt, kirkkaus ja värikylläisyys.....	8
2.4	Vaikutteet luonnosta .....	9
3	3D-mallintamisen periaatteet .....	10
4	Ohjelmistot.....	12
4.1	Photoshop.....	12
4.2	Blender .....	13
4.3	ZBrush .....	14
4.4	Substance Painter .....	15
4.5	Marmoset Toolbag ja Viewer .....	16
5	Konseptointi .....	16
6	3D-toteutus .....	22
6.1	Mallin veistäminen .....	22
6.2	Retopologia.....	26
6.3	UV-Kartta ja unwrap .....	28
6.4	Baking ja tekstuurikartat .....	30
6.5	Riggaus ja animointi .....	32
7	Hahmon julkaisu .....	34
8	Pohdinta.....	38
	Lähteet.....	41

## **Sanasto**

### **2D**

Asia, jolla on korkeus ja leveys, mutta ei syvyyttä (Toppr 2021).

### **3D**

3D tarkoittaa kolmiulotteista asiaa, jolla on leveys, pituus ja syvyys. Lyhenne tulee sanasta three-dimensional (Media collage 2021).

### **Albedo / basecolor**

Tekstuurikartta, joka sisältää ainoastaan mallin värit (Denham 2021).

### **Ambien occlusion (AO)**

Tekstuurikartta, jolla siirretään high-poly -mallin tarkkuus varjojen avulla low-poly -malliin. Kartta on usein harmaansävyinen (Denham 2021).

### **Artstation**

2D- ja 3D-töihin erikoistunut portfoliosivusto (Artstation 2021).

### **Baking / Beikkaus**

Laskentaprosessi, jossa luodaan eri tekstuurikarttoja, joiden avulla siirretään high-poly -mallin yksityiskohdat low-poly malliin tekstuurikarttojen avulla (Denham 2021).

### **Blender**

Avoimeen lähdekoodiin perustuva 3D-mallinnusohjelma (Blender 2021a).

### **Bone**

Luuranko animoinnissa käytetty ankkuri, joka on kiinnitetty 3D-malliin (Blender 2021b).

### **Curvaturekartta**

Tekstuurikartta, jolla tallennetaan eri urien ja reunojen tietoja. Kartalla voidaan myös luoda eri maskeja (Adobe 2021a).

### **Dynamesh**

Zbrushissa oleva toiminto, joka uudelleen asettelee polygoniverkon hävittämättä siluetin muotoa (Pixologic 2021).

### **Gamut mask**

James Gurney'n luoma väripaletin suunnittelu tekniikka (Gurney 2010, 124–130).

### **High-poly model**

Suuren määrän polygoneja sisältävä 3D-malli (Denham 2021).

### **FBX**

3D-mallien tallennusformaatti, joka voi sisältää topologian lisäksi myös animaatiotiedoston (Schechter 2020).

**Fotorealismi**

Realistiseen ulkomuotoon tähtäävä taidemuoto (Art story 2021).

**Keyframe**

Eli avainkehys on animoinnissa käytetty sijainti, joka määrittelee liikkeen alku ja loppupisteen (Blender 2021c).

**Layer**

Photoshopissa käytettävä toiminto, jolla kuvia voidaan asetella päällekkäin ja siirrellä vapaasti (Adobe 2021b).

**Low-poly model**

Suhteessa high-poly -malliin vähän polygoneja sisältävä 3D-malli (Denham 2021).

**Marmoset Toolbag**

3D-mallien renderöintiohjelma, joka on erikoistunut niiden esittelyyn (Marmoset 2021).

**Modifier**

Blenderin sisäisiä automatisoituja toimintoja, jotka muuntavat mallin geometriaa (Blender 2021d).

**Normal map**

Tekstuurikartta, jolla määritellään 3D-mallin pinnalle suunta käyttämällä eri värejä apuna. Kartassa käytetään usein vihreää, punaista ja sinistä väriä kertomaan geometrisiä muutoksia (Denham 2021).

**OBJ**

3D-mallien tallennusformaatti, joka voi sisältää vain yhden objektin topologian ja väritiedot (Schechter 2020).

**PBR / physically based rendering**

Renderöintitapa, jolla simuloidaan pinnan ja valojen käyttäytyminen realistisesti (Denham 2021).

**PNG**

Kuvatiedostojen tallennusformaatti, joka ei kadota tietoa (McAnlis 2016).

**Polygoni**

Piste polygonimallissa, joka yhdistää reunoja (Blender 2021e).

**Renderöinti**

Automaattinen prosessi, jossa lasketaan valon fysiikat 3D-näkymään (Techterms 2021).

**Retopologia**

Työprosessi, jossa high-poly -mallin päälle luodaan low-poly -malli. Tarkoituksena on vähentää polygonien määrää ja muokata topologia helposti animoitavaksi (Petty 2021).

**Rig**

Hahmon luuranko, jota käytetään animoinnissa (Blender 2021b).

**Riggsaus**

Työprosessi, jossa luista tehdään luuranko ja se liitetään 3D-malliin (Blender 2021b).

**Skulptaus**

Skulptaus, on digitaalista kuvanveistämistä, jossa muokataan polygoniverkon pintaa siveltimillä, jotka simuloivat perinteisen kuvanveiston työkaluja (Gaget 2019).

**Shrinkwrap-modifier**

Automatisoitu toiminto, joka asettelee mallin polygonit toisen mallin pinnalle (Blender 2021d).

**Snapping**

Blenderissä oleva toiminto, joka automaattisesti kiinnittää polygonit toisiinsa (Blender 2021f).

**Substance Painter**

3D-mallien teksturointiin erikoistunut ohjelma (Substance 2021).

**Subtool**

Zbrushin sisäinen termi, jolla tarkoitetaan yhden työtiedoston sisäisiä erillisiä polygoni objekteja (Pixologic 2021).

**Tekstuurikartta**

Kuvatiedosto, jolle tallennetaan 3D-mallin väri tai geometrisiä tietoja (Adobe 2021a).

**Teksturointi**

Työprosessi, jossa 3D-mallille luodaan tekstuurikartat, joilla simuloidaan väreit, varjot ja geometriat (Mcreynolds, Blythe 2005).

**Topologia**

Polygonien järjestys mallissa (Johnson 2020).

**UV-unwrap**

Työprosessi, jossa tekstuurikartoille luodaan pohja, jotka voidaan levittää mallin päälle (Denham 2021).

**Verteksi**

Yhdistetyistä vertekseistä muodostettu vähintään kolmikulmainen kaksikulmainen kuvio (Autodesk 2015).

**ZBrush**

Elokuva- ja peliteollisuudessa eniten käytetty 3D-kuvanveistoon erikoistunut ohjelma (Pixologic 2021)

## 1 Johdanto

Opinnäytetyöni aiheena oli 3D-pelihahmon suunnittelu, toteutus ja esillepano virtuaaliseen portfolioon. Valitsin aiheen, koska halusin tutkia hahmosuunnittelun prosessia kokonaisuudessaan ja luoda työprosessin, jonka pystyn toistamaan luotettavasti. Vain koko prosessin tehdessäni pystyin selvittämään mitä seikkoja minun kannattaa ottaa huomioon aikaisemmissa työvaiheissa, jotta työskentely helpottuisi myöhemmin. Lopullista työtä saatetaan käyttää apuna työnhaussa (Artstation 2021a).

Koska päätin tehdä pelihahmon, minun piti myös ottaa huomioon tiettyjä rajoituksia, joita se toi. Käytin pääasiassa ammatillisesti käytettyjä ohjelmia kuten Zbrushia (julk. 1999) ja Substance Paintteria (julk. 2010) mutta myös ilmaista Blenderiä (julk. 1995). Kopioin tekniset rajoitukset Blizzardin pelistä Overwatch (julk. 2016), jotta pystyn simuloimaan oikeita rajoituksia kuten polygonien määrää ja tekstuurikarttojen kokoa. Myös lopullisen tiedoston koko ei saanut ylittää 15 megatavua sillä se oli rajoituksena Artstation-sivustolla, jonne valmis työ tuli esille (Artstation 2021b). Hoidin julkaisun niin että katsojan on mahdollista tarkastella myös hahmon teknistä toteutusta. Lopullista julkaisua voidaan siis käyttää apuna työnhaussa.

Päätin tehdä eläinhahmon, koska Karelia-ammattikorkeakoulusta on tullut jo muutama opinnäytetyö, jossa käsitellään ihmismäisten hahmojen toteutusta eri tyyleillä, kuten esimerkiksi Paakkunainen (2016): Pelihahmojen luominen pelimoottoriin ja Tapio (2019): Käsimaalattun 3D-hahmon suunnittelu ja luominen. Ihmismäiset hahmot olisivat vaatineet laajemman taustatarinan, joka ei ollut opinnäytetyöni aiheena. Eläinhahmon suunnittelu loi myös aivan uusia seikkoja mitä tuli ottaa huomioon.

Tyylillisesti en pyrkinyt täydelliseen fotorealismiin, vaikka käytinkin tekniikoita, joilla sen voisi saavuttaa. En kuitenkaan halunnut hahmostani liian tyylliteltyä, joten pyrin löytämään sopivan välimaaston, joka tukee hahmon fysiologiaa sekä estetiikkaa. Näin pystyin käyttämään suunnittelussa vapaammin muotokieliä mutta myös ottamaan vaikutteita luonnosta.



Käytän opinnäytetyössä myös englanninkielistä termistöä, sillä useilla 3D-mallintamiseen liittyvillä sanoilla ei ole järkevää suomenkielistä vastinetta. Suorat suomennokset saattaisivat myös muuttaa sanojen alkuperäistä merkitystä.

## 2 Hahmosuunnittelu

### 2.1 Suunnittelussa huomioitavia

Hahmosuunnittelua voi lähestyä monesta eri näkökulmasta, jonka määrittelee pääasiassa hahmon lopullinen käyttötarkoitus, tuleeko hahmo peliin, kirjaan vai elokuvaan. Koska tämän opinnäytetyön aiheena on pelihahmon suunnittelu, on suunnittelussa otettava huomioon tiettyjä seikkoja. Yksi olennainen on teema, johon suunniteltava hahmo istuu. Esimerkiksi robottihahmot eivät välttämättä sovi fantasiateemaan ja jo syntyneitä genretottumuksia on hyvä pitää mielessä. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että niitä pitäisi seurata orjallisesti sillä ne johtavat varsin normatiivisiin ratkaisuihin. Suunnittelua ohjaa myös hahmon tarkoitus tarinan sisällä ja tunneilmaisuus, jotka hahmon halutaan välittävän katsojalle.

Pelihahmon suunnittelussa on kuitenkin otettava myös huomioon jo alkuvaiheessa useampia seikkoja kuin esimerkiksi kirjaan tulevan hahmon kanssa. Pelihahmo on kyettävä 3D-mallintamaan, teksturoimaan, riggaamaan ja animoimaan järkevällä aikataululla. Myös pelimekaniikat pitää ottaa huomioon jo suunnittelussa.

Suunnittelun visualisoinnin voisi tehdä myös 3D-mallintamisella, mutta kuitenkin perinteisemmät menetelmät, kuten piirtäminen ja maalaaminen ovat yleisemmin käytettyjä. Olennainen syy on piirtämisen nopeus, joka mahdollistaa useamman visuaalisen suunnitelman lyhyessä ajassa (Thacker 2017). Nykyajan kuvankäsittelyohjelmat mahdollistavat myös valokuvien yhdistelyn ja päälle maalaamisen suunnittelu prosesseissa. Tämä photobashing-tekniikka on suosittua varsinkin realismiin tähtäävien pelien ja elokuvien konseptitaiteessa (Heginbotham 2021). Tässä opinnäytetyössä en kuitenkaan käytä kyseistä tekniikkaa vaan tuotan visualisoinnit piirtämällä ja maalaamalla.

## 2.2 Muotokieli

Muotokielellä voidaan viestiä haluttuja tunteita visuaalisesti tuttujen ja yksinkertaisten muotojen avulla. Yksinkertaisina esimerkkeinä ovat perusmuodot kuten ympyrä, neliö ja kolmio (Walt Disney Family Museum 2020). Jokainen edellä mainittu muoto on jollain tavalla osallinen jokaisen ihmisen elämää ja siksi ne sisältävät tietyt tunne assosiaatiot, joita voimme käyttää avuksi hahmosuunnittelussa. Geometriset muodot eivät tietenkään esiinny suoraviivaisina, kun katsotaan esimerkkejä oikeista eläimistä vaan muotoja pitää tarkastella joustavammin ja laajemmalla silmällä (Walt Disney Family Museum 2020.) Kuitenkin jotkin taidetyylit tukeutuvat muotokielen periaatteisiin hyvin kirjaimellisesti.

Ympyrä mielletään pehmeäksi, vaarattomaksi ja helposti lähestyttäväksi. Hyvänä esimerkkinä ovat lapsen kasvot, jossa pyöreät muodot ovat vallitsevat (Walt Disney Family Museum 2020). Lapset herättävät useissa ihmisissä suoje-lusvietin, joka on evoluution tulosta. Siksi myös kesytetyt seuraeläimet ovat jalostuksen vuoksi alkaneet saamaan ihmislapsille ominaisia piirteitä, kuten isot silmät ja pulleat kasvot, tätä ilmiötä tieteelliseltä nimeltään neoteniaksi. (Brin 1996.)

Neliö viestii meille voimaa, vakautta, luottamusta ja joustamattomuutta (Walt Disney Family Museum 2020). Vaikka neliömäiset muodot ovatkin luonnossa harvinaisempia kuin pyöreät muodot, niitä kuitenkin esiintyy esimerkiksi eri mineraali muodostumissa (Cuemath 2021). Monet eläimet ovat siluutiltaan neliömäisiä, kuten esimerkiksi norsut ja sarvikuonot (Walt Disney Family Museum 2020).

Kolmioon yhdistettävät ajatukset ovat vaara, arvaamattomuus ja terävyys. Kolmiomaiset muodot ovat yleisiä petoeläimissä kuten sudessa. Suden pitkä kuono ja pystykorvat luovat heti kolmiota muistuttavan asetelman. Ihmiselle on luontaista varoa teräviä asioita, koska tiedämme että ne voivat satuttaa meitä, kuten esimerkiksi hampaita ja kynsiä. (Walt Disney Family Museum 2020.)

### 2.3 Väri: Sävyt, kirkkaus ja värikylläisyys

Kuvioiden lisäksi ihmiset yhdistävät tietyt värit eri tunteisiin. Kalifornian yliopistossa tehdyn tutkimuksen (Palmer ym. 2013) mukaan lämpimät värit, kuten punainen ja keltainen yhdistettiin iloon, kun taas viileät värit, kuten vihreä sekä sininen miellettiin suruun. Tutkimuksessa käsiteltiin myös värien värikylläisyyden vaikutusta ihmisten tunteisiin ja selvisi että kyläiset värit miellettiin kaikkein voimakkaimmin tunteita herättäviksi. Näitä seikkoja kannattaa soveltaa riippuen suunniteltavan hahmon tyylistä ja sen tarkoituksesta tarinan sisällä.

Historiallisesti taiteessa käytetyt värit rajoittuivat saatavilla oleviin pigmentteihin. Kaikkein vanhin tähän päivään kestänyt maalaus on Indonesiasta löytynyt villisian kuva, jonka ikä on 45 500 vuotta ja joka on maalattu punaisella pigmentillä (Brumm, Oktaviana, Burhan & Hakim, 2021). Myös musta, vihreä ja keltainen väri olivat yleisiä niiden helpon saatavuuden vuoksi. Harvinaisimmilla väreillä kuten purppuralla oli myös yhteys ihmisten sosiaalisiin statuksiin sillä niiden hankalan valmistuksen vuoksi vain, hyväosaiset pystyivät omistamaan niitä. Kuitenkin 1800-luvulla tieteen kehittyessä myös tarjolla olevat pigmentit lisääntyivät ja olemassa oleville tuli halvempia vaihtoehtoja. (Gurney 2010, 90–91.) Nykyään maalaaminen on siirtynyt digitaaliseen muotoon ja tarjolla loputon määrä eri värimahdollisuuksia.

Loputon määrä valintoja voi kuitenkin koitua ongelmaksi, ja siksi väriteemojen suunnitteluun on kehitetty erilaisia aputekniikoita. Kaikki näistä aputekniikoista luovat eri sääntöjä, joilla saavutetaan väriharmonia eli väriyhdistelmä, jossa värit sointuvat keskenään. Yksi olennaisin työkalu on väriympyrä, jossa kaikki valon spektrin värit laitetaan ympyrämuodostelmaan. Ympyrässä vastakkaiset värit ovat vastavärejä eli jos ne yhdistäessä kumoavat toisensa ja tuottavat harmaan, mustan tai valkoisen. Vastavärit toimivat myös hyvinä kontrasteina toisilleen. Väriympyröitä on monenlaisia, joista ensimmäiset saivat alkunsa Sir Isaac Newtonin toimesta (Budrick 2017). Erinomainen lisä väriympyrän kanssa toimimiseen on James Gurney'n kehittämä ”Gamut mask”, jolla rajataan kaikki maalaamisessa käytettävät värit kolmion avulla (Gurney 2010, 124). Ideana on rajoittaa käytettävät pigmentit kolmion sisällä oleviin väreihin, kuten kuvassa 1 näkyy.

Värisoinnutuksessa pyritään luomaan väriyhdistelmiä, jotka ovat väriharmoniassa kyseessä olevaan käyttökohteeseen. Tässä työssä olennaisin väri suunnittelun tavoite oli saada kohde soveltumaan ympäristöönsä. Siksi pääväriksi valikoitui viileät sinisen sävyt, joita täydensin lämpimällä oranssilla. Nämä värit luovat keskenään kylmä-lämmin värikontrastin. (Rihlama 1997, 83–84.)



Kuva 1. Itse tekemäni Gamut mask.

## 2.4 Vaikutteet luonnosta

Eri eläinhahmoja suunniteltaessa on tärkeää tarkastella myös oikeita eläimiä ja purkaa auki, kuinka niiden paikka ekosysteemissä on muokannut niiden fyysisiä ominaisuuksia. Näiden havaintojen avulla pystymme rakentamaan haluamme hahmon, joka on uskottava omassa ympäristössään. Ei pidä myöskään unohtaa sukupuuttoon kuolleiden eläinten apuna käyttämistä hahmosuunnittelussa, sillä ne tarjoavat meille lisää esimerkkejä.

Eläimen ravinto on yksi suurimmista eläimen ulkonäköön vaikuttavista asioista. Voimme välittömästi havaita onko jokin eläin lihansyöjä vai kasvisyöjä niiden hampaista ja ruumiinrakenteesta. Esimerkiksi laiduntavat eläimet kuten lehmät ja hevoset tarvitsevat paljon vatsatilaa kasvisravinnon fermentointiin, kun taas koira- sekä kissaeläimet ovat solakampia. (Bradford 2016.)

Myös ympäristön lämpötila vaikuttaa eläimen ulkomuotoon (Martinez del Rio & Karasov 2010). Esimerkiksi Veikseljäkauden aikaan maapallolla oli nykyistä huomattavasti enemmän aikakaudelle tyypillistä megafaunaa kuten mammutteja, villasarvikuonoja ja smilodoneja (Beringia 2021). Bergmannin säännön mukaan lämminveriset eläimet kasvavat isommiksi kylmässä ympäristössä kuin lämpimässä. Teoria perustuu siihen, että isojen lämminveristen eläinten on helpompi pitää yllä ruumiinlämpöä kuin pienempien, kehon massan ja ruumiin pinta-alan suhteen vuoksi. (Britannica 2021.) Myös Allenin sääntö liittyy samaan teoriaan mutta se käsittelee korvien ja jalkojen kokoa eläimissä (Shelomi & Zeuss 2017). Dinosaurukset eivät sovi täysin edellä mainittuihin teorioihin niiden ollessa kookkaita, vaikka maailman lämpötila oli huomattavasti lämpimämpi. Ei ole kuitenkaan selvää olivatko dinosaurukset kylmäverisiä kuten nykyiset liskot vai lämminverisiä kuten nisäkkäät. (Rincon 2015.)

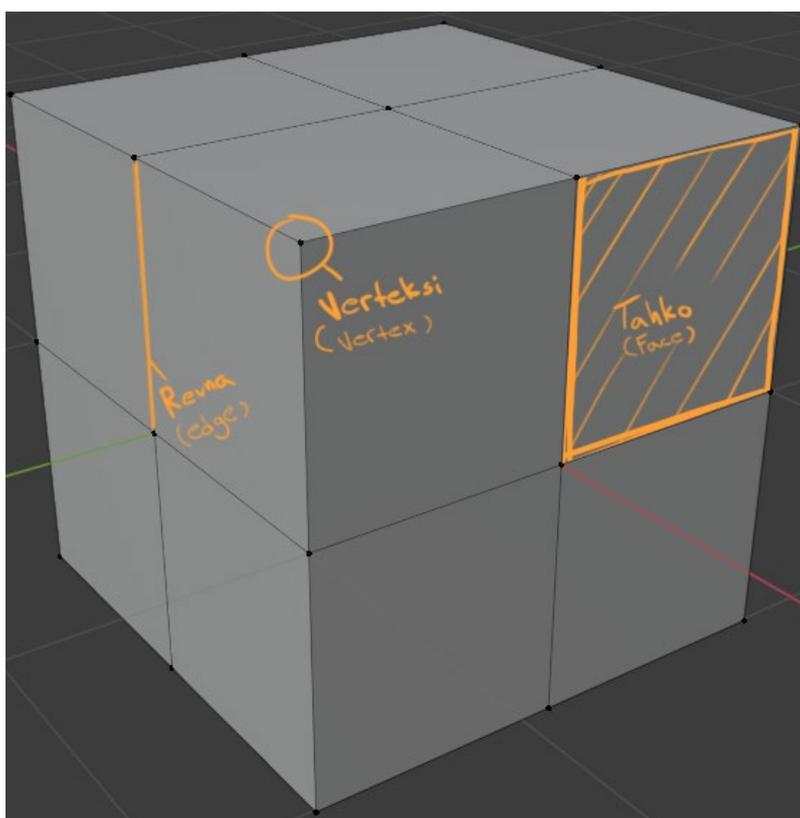
Tein omasta hahmostani liskon, joka on siirtynyt maalta takaisin mereen elämään. Nykypäivän esimerkki samankaltaisesta siirtymästä voisivat olla valaat. Kokonsa puolesta hahmo on miekkavalaan luokkaa, samankaltaisen elinympäristön vuoksi (NOAA Fisheries 2021). Jätin hahmolleni enemmän vihjeitä maanpäällisestä elämästä, kuten sormet ja kynnet, mutta tein niistä kuitenkin virtaviivaiset. Hahmon sieraimet ovat kuonon päällä kuten krokotiileillä, jotta se pystyisi hengittämään.

### **3 3D-mallintamisen periaatteet**

3D-mallinnus on prosessi, jossa kehitetään matemaattinen koordinaattipohjainen esitys kohteen pinnasta. 3D-mallinnus sai alkunsa pian tietokoneen yleistyessä, ja ensimmäiset mallinnusohjelmat tulivat myyntiin jo 1960-luvulla. Teknologia kuitenkin yleistyi vasta 1990-luvulla, jolloin markkinoille alkoi tulla lukuisia eri ohjelmia, jotka mahdollistivat 3D-teknologian monipuolisen käytön useilla eri aloilla. Nyt myös 2000-luvulla yleistynyt 3D-tulostaminen on avannut uusia mahdollisuuksia 3D-mallintamisen hyödyntämiselle. (Ufo3d 2021.)

Mallien rakenne muodostuu polygonien verkosta, jota voidaan muokata eri menetelmillä (kuva 2). Polygonit sen sijaan muodostuvat vertekseistä, tahkoista ja

reunoista ja niitä voidaan liikuttaa X- Y- sekä Z-akseleilla muodostaen erilaisia muotoja (Blender 2021e). Polygonien määrä vaihtelee eri tarkoitusten mukaan ja esimerkiksi skulptaus tekniikalla toteutetut mallit sisältävät miljoonia polygoneja. Vaikka eri pelimoottorit ovat kehittyneet ja pystyvätkin pyörittämään satoja miljoonia polygoneja, eivät kaikki työaskeleet ole mahdollisia valtavilla polygoni määrillä (Unreal Engine 2020). Siksi tarkempien yksityiskohtien lisääminen tehdään mieluummin erilaisilla tekstuurikartoilla.



Kuva 2. Verteksi, reuna ja tahko.

Mallintamisen jälkeen 3D-näkymä voidaan renderöidä, eli siihen lasketaan valon käyttäytyminen. Polygonit voivat olla monikulmaisia mutta eri renderöintimoottorit, kuten esimerkiksi pelimoottorit, muuntavat kaikki kuviot kolmioiksi. Tämä johtuu siitä, että kaikki muut kuviot voidaan jakaa kolmioiksi, mutta kolmioita ei voida jakaa toisiksi kuvioiksi. Myös useamman kulman tasoerot X- Y- ja Z-akselilla tuottaisivat ongelmia renderöintimoottoreille. (Viramgama 2019.)

## 4 Ohjelmistot

### 4.1 Photoshop

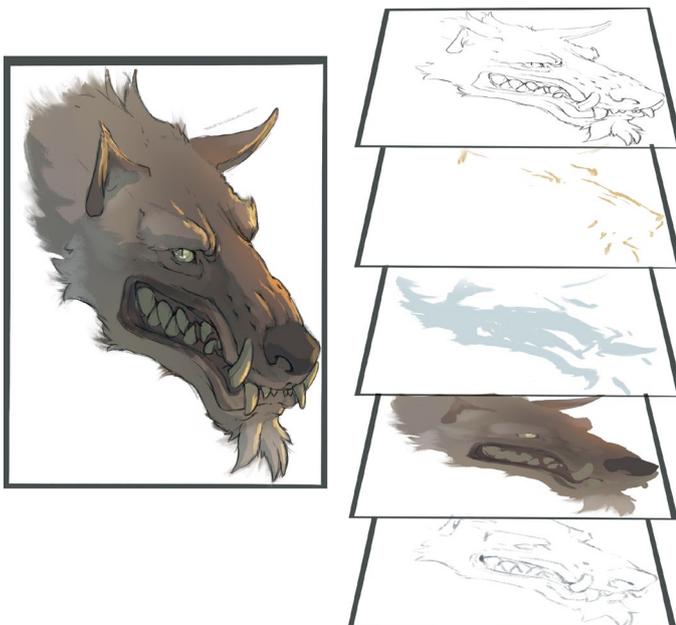
Adoben Photoshop -ohjelma (1990) on alun perin tarkoitettu valokuvien muokkaukseen, mutta eri piirtopöytien tullessa markkinoille sitä on alettu käyttämään myös digitaalisessa maalaamisessa. Ohjelma on peliteollisuuden käytetyin piirtämiseen käytetty ohjelma, ja sillä tehdään myös 2D-grafiikan lisäksi konseptisuunnittelua (Crump 2018).

Photoshop mahdollistaa monipuoliset siveltimien muokkaukset ja asetukset, joilla voidaan saada nopeasti erilaisia tekstuureja. Näitä ovat muun muassa viivan paksuuden ja läpinäkyvyyden hallinta, joita voidaan muuntaa myös painamisen kautta. Laajemmat asetukset mahdollistavat myös siveltimen tekemisen jostain kuvasta ja erilaisten satunnaisasetusten liittämisen, kuten esimerkiksi sävyjen muutokset. (Adobe 2021c.) Kuvassa 3 esittelen muutaman käyttämäni siveltimen.



Kuva 3. Esimerkkejä eri siveltimistä.

Siveltimien lisäksi hyödyllinen toiminto konseptoinnissa ovat tasot (layers). Niiden avulla eri piirtämisen ja maalaamisen vaiheet voidaan pitää erillään, jotta niitä voidaan muokata yksitellen tasoittain (kuva 4). Tasoille voidaan tehdä monia eri säätöjä, mutta konseptoinnissa olennaisimmat ovat niiden läpinäkyvyysasetukset (opacity), masking toiminnot ja väriasetukset (Adobe 2021b).



Kuva 4. Tasojen käyttöesimerkki.

## 4.2 Blender

Blender on monipuolinen ohjelma, joka perustuu avoimelle lähdekoodille ja on siksi täysin ilmainen. Blenderillä on mahdollista tehdä 3D-mallien lisäksi riggaus, animointi, UV-unwrap, tekstuurikartoitus ja lopullinen renderöinti. Blenderissä on myös sculpting ja tekstuurien maalaustoiminnot, mutta ne ovat vielä melko rajalliset. Vaikka Blender on kehittynyt paljon viime vuosina, se ei kuitenkaan ole ammatillisesti yhtä käytetty kuin tiettyihin työskelmiin erikoistuneet ohjelmistot. (Blender 2021a.)

Blenderissä useita erilaisia automaattisia toimintoja (modifier), joilla voidaan tehdä muuten paljon aikaa vievät tehtävät automaattisesti. Näitä ovat esimerkiksi Shrinkwrap joka asettelee verteksit automaattisesti toisen objektin pinnalle tai Mirror, joka peilaa polygonit valitun akselin kääntöpuolelle (Blender 2021d). Blenderiin on mahdollista ladata monia eri lisäosia, joilla voidaan muokata työskentelyä joutuisammaksi. Lisäosat (addons) ovat yksityisten ihmisten luomia ja jotkin niistä sisällytetään työkaluihin lopullisesti. Käytin itse kolmea eri lisäosaa, jotka ovat Node Wrangler (julk. 2015), F2 (julk. 2013) ja Rigify (julk. 2017). Node Wrangler mahdollistaa tekstuurikarttojen nopean asetuksen, eikä eri karttoja tarvitse asettaa yksitellen (Blender 2021g). F2 on pieni lisäosa, joka mah-



dollistaa tahkon luomisen suoraan verteksistä, tämä nopeuttaa myöhemmin esiteltävää retopologiatyövaihetta paljon (Blender 2021h). Rify tarjoaa muutamia eri valmis rigejä ja luita, joita muokkaamalla saan omaan tarkoitukseen sopivan rigin (Blender 2021i).

### 4.3 ZBrush

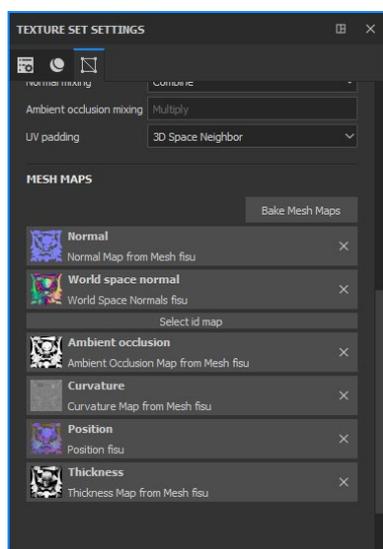
ZBrush on digitaaliseen kuvanveistoon eli skulptaamiseen erikoistunut ohjelma. ZBrush pystyy hallitsemaan 20 miljoonaa polygonia normaaleilla tietokoneilla ja tehokkaammilla koneilla 100 miljoonaa polygonia. ZBrushin käyttämiseen tarvitaan kuitenkin piirtopöytä, vaikka hiirellä työskentely olisikin teoriassa mahdollista. (Pixologic 2021a.)

Skulptaus suoritetaan eri siveltimien avulla, joita on ohjelmassa jo valmiiksi ja joita pystyy tekemään myös itse. Internetistä löytyy myös valmiita siveltimiä ilmaiseksi, joten omien tekeminen ei ainakaan alussa ole olennaista. (Pixologic 2021b.) Omassa työskentelyssäni tärkeimpiä siveltimiä ovat move, standard ja smooth joilla pystyn periaatteessa tekemään kaiken tarvittavan. Move ottaa kiinni polygoneista, jonka jälkeen niitä voidaan liikuttaa. Standard on perinteinen sivellin, joka nostaa tai laskee polygoneja. Smooth tasoittaa polygonit tasaiseksi ja sen voi ajatella pyyhekumina.

ZBrushissa on lukuisia eri toimintoja, jotka mahdollistavat usean erilaisen työskentelytavan. Dynamesh toiminto asettelee polygonit uudestaan olemassa olevan geometrian päälle, jolloin malliin ei tarvitse lisätä polygoneja skulptaamisen jatkamiseksi (Pixologic 2021c.). Samankaltainen toiminto on sculptris pro, joka automaattisesti lisää ja poistaa polygoneja paikoista, joissa niille on tarvetta. Näin skulptaaminen voi pysyä yhtäjaksoisena eikä polygoni määrä paisu mahdolliseksi. Olisi myös mahdollista tuplata polygonien määrä lisä resoluution saavuttamiseksi, mutta käytännössä se ei ole vaihtoehto, koska se lisäisi tarpeettomasti prosessorikuormaa. Zbrush-projekti koostuu eräänlaisista lisätyökaluista tai subtooleista (subtool) joiden avulla voidaan pitää eri objektit erillään. Subtoolien käyttötapaa voidaan verrata Photoshopin tasoihin (Pixologic 2021d).

## 4.4 Substance Painter

Substance Painter on teksturointiin erikoistunut ohjelma. Ohjelmassa voi beikata (bake) monia eri tekstuurikarttoja automaattisesti, kunhan mallilla on UV-kartta ja jokin tekstuuripohja (kuva 5). Beikkaaminen tarkoittaa automaattista laskuprosessia, jossa high-poly -mallista siirretään eri tietoa kuvatiedostoksi. Tähän opinnäytetyöhön olennaiset beikatut kartat ovat normal ja ambient occlusion kartat (Adobe 2021a). Beikkaamisen jälkeen malli voidaan maalata kolmiulotteisessa näkymässä tavalla, joka muistuttaa fyysisen figuuriin maalaamista. Maalausosuus tallentuu erilliselle värikartalle, joka voidaan lähettää muiden karttojen kanssa muihin ohjelmistoihin PNG tiedostona. (Substance 2021b.)



Kuva 5. Tekstuurikartat beikkaamisen jälkeen.

Normal-kartan tarkoitus on siirtää yksityiskohdat yksinkertaisempaan polygonimalliin RGB-kuvan avulla. Periaatteena on, että eri X- Y- ja Z-akseleilla tapahtuvat muutokset viestitään renderöintimoottorille joko punaisella, vihreällä tai sinisellä värillä. (Learn OpenGL 2021.) Ambient occlusion eli AO-karttaan simuloidaan ahtaisiin kohtiin syntyvät varjot eri harmaan sävyillä. Karttaa ei käytetä valon renderöintiin, vaan se yleensä yhdistetään suoraan värikarttaan (Substance 2021b). Curvature-kartalla tallennetaan tietoa mallin urista ja reunoista. Sillä voidaan tehdä nopeasti esimerkiksi kulumajälkiä kaikkialle mallin reunoihin tai sävyeroja kapeisiin koloihin maski toiminnon avulla. Thickness-karttaa käytetään Sub Surface Scattering-efektien luomiseen ja se sopii hyvin esimerkiksi pehmeän ihon valottamiseen. (Substance 2021b.)

Sivellinasetukset ovat lähes identtiset Photoshop -ohjelman kanssa. Molemmissa on myös samankaltainen taso toiminto, jolla voidaan pitää eri värit helpposti erillään. Eroina Photoshopin sivellinasetuksiin on korkeustaso, jolla voidaan simuloida pieniä korkeuseroja maalipinnassa sekä pinnan heijastavuus, jolla voidaan tehdä malliin esimerkiksi karkea pinta. (Substance 2021c.)

#### **4.5 Marmoset Toolbag ja Viewer**

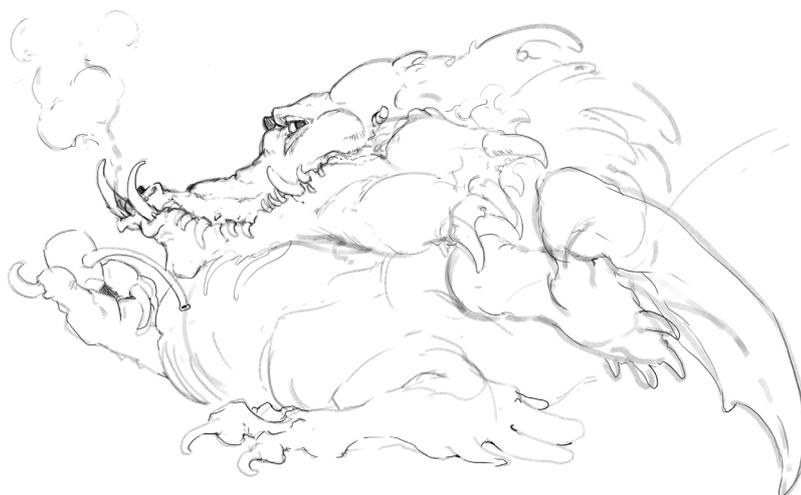
Marmoset Toolbag (2013) on 3D-mallien esittelyyn erikoistunut ohjelma. Ohjelmassa voidaan hienosäätää tekstuureja, lisätä valoja ja pieniä efektejä. Malleista voidaan ottaa ohjelman sisällä kuvia ja videoita, mutta ne voidaan myös tallentaa Marmoset Viewer muotoon, joka mahdollistaa niiden lataamisen interaktiivisessa 360-asteen näkymässä suoraan selaimen.

Ohjelmassa voidaan tehdä myös pieniä animointeja esimerkiksi valoihin, mutta sillä ei kuitenkaan voida muokata tai animoida 3D-malleja. Uusimmissa versioissa voidaan tehdä automatisoituja tekstuurien muokkauksia, mutta tässä opinäytetyössä käytetty versio 3, ei sisältänyt kyseisiä ominaisuuksia. (Marmoset 2021.)

## **5 Konseptointi**

Toteutin hahmon konseptitaiteen täysin visuaaliselta pohjalta, eli en käyttänyt kirjallista käsikirjoitusta tai kaavioita. Rakensin lopullisen teoksen usean eri piirroksen pohjalta, joista yhdistin itselleni mielenkiintoisimmat piirteet. Hahmon suunnittelu oli melko pitkälinen prosessi, sillä aloin rajaamaan aihe aluetta mielessäni jo kuukausia ennen konkreettisen työn aloittamista. Aluksi minulla ei ollut muita rajoituksia kuin se, että halusin hahmon olevan fantasiamaailmaan soveltuva. Tein aluksi myös piirroskonsepteja hahmoista, jotka pohjautuvat ihmisen anatomiaan, mutta koin että ne olisivat vaatineet enemmän taustatarinaa, että ne olisivat olleet mielenkiintoisia.

Aloitin konseptin visuaalisen työstämisen tekemällä piirroksia sekä oikeista että fiktiivisistä eläimistä, jotta voin tutkia erilaisia muotoja ja siluetteja, joista pidän. Jotkin alkupuolen piirroksistani olivat hyvinkin nopeita ja sekavia, sillä niiden tarkoitus oli vain luoda ajatuksia, joiden pohjalta pystyn hiomaan lopullisen kuvan. Pidin myös tärkeänä, etten vielä tässä vaiheessa miettinyt liikaa anatomisia seikkoja tai esillepanoa (kuva 6). Käytin suunnittelussa pelkästään Adoben Photoshop -ohjelmaa. Tässä vaiheessa en myöskään käyttänyt kuin kahta sivelintä. Ensimmäisessä siveltimessä oli tekstuuria ja käytin sitä päämuotojen piirtämiseen. Toinen sivellin oli huomattavasti pienempi ja terävämpi ja toin sillä esille haluttuja kohtia kuten kasvoja.



Kuva 6. Eri muotojen etsimistä.

Alustavan ideoinnin jälkeen aloin miettiä enemmän myös eläinten anatomista rakennetta. Käytin lähteenä teosta *Science of Creature designia*, koska Whitlatch yhdistää oikeiden eläinten anatomiaa fiktiivisiin eläimiin (Whitlatch 2015, 74–77). Whitlatch painottaa kuvissaan luuston ja lihaksiston suunnittelun tärkeyttä, sillä ne ovat oleellinen osa eläimen uskottavuutta. Anatomian lisäksi minun piti alkaa miettimään perspektiiviä ja elekieltä. Käytin lähteenä perspektiiviin teosta *Creative Illustration*, jossa Loomis selittää perspektiiviin liittyvät teoriat useiden eri kuvien kautta (Loomis 2012, 40–46). Elekieleen hyvä lähde oli teos *Drawing from life*, jonka kirjoitti Bridgman. Vaikka kirja keskittyikin ihmisen anatomiaan, pystyin käyttämään sitä myös apuna eläimiin, koska molemmissa on hyvin paljon samankaltaisuuksia (Bridgman 2017, 16–20).

Kuvassa 7 on pidemmälle viety konsepti, joka ei loppujen lopuksi valikoitunut toteuttavaksi hahmoksi. Pääsyyinä oli animoinnin vaikeus, koska mielestäni se olisi jäänyt latteaksi ilman hyvin toteutettua animaatiota. Halusin lopullisesta työstäni myös omalaatuisemman, sillä tämän kaltaisia dinosauruksia esiintyy paljon nykyviihteessä ja se muistuttaa siluutiltaan liikaa varhaisliitukaudella elänyttä Utahraptoria (Levitt 2012).



Kuva 7. Yksi ensimmäisistä konsepteista.

Aloin harkita tarkemmin hahmon elinympäristöä ja kuinka se saattaisi vaikuttaa hahmon ulkomuotoon. Suurimmat hahmon anatomiaan vaikuttavat tekijät ovat tietenkin ravinto ja sen elinympäristön lämpötila. Jos olisin päättänyt tehdä ihmishahmon, niin ympäristö olisi vaikuttanut vähemmän fyysisiin ominaisuuksiin ja enemmän vaatetukseen, kulttuuriin sekä uskontoon. Päätin tehdä myös fiktiivisiä vedessä elävien eläinten konsepteja, mutta myös harjoitteita elävistä eläimistä.

Kuvassa 8 esiintyvä merikäärme oli ensimmäinen vedessä elävän hahmon konsepti. Vaikka mielestäni onnistuin luomaan hahmoon vahvoja muotoja ja vahvan liikekielen, koin hahmon tyyllillisesti vääränlaiseksi tähän opinnäytetyöhön, sillä en pystynyt perustelemaan sen anatomiaa oikeiden eläinten pohjalta. En voinut

myöskään perustella sen anatomiallisia ominaisuuksia sen ympäristöön, vaikka käytinkin suunnittelussa mallina korallin muotoja ja merihevosia.



Kuva 8. Ensimmäisen merenelävän konsepti.

Päätin kuitenkin pysytellä vedessä elävissä eläimissä, sillä minua kiinnosti ajatus hahmon animoimisesta vesiympäristöön. Aikaisemman konseptin pohjalta aloin viemään suunnitteluani hieman realistisempaan suuntaan, ja tutkin erityisesti dinosaurusten anatomiaa. Pelkkään kalaan tai alligaattoriin liikaa pohjautuva suunnitelma olisi ollut yksinkertainen ideana, joten aloin yhdistellä eri piirteitä näistä molemmista. Ajatuksenani oli suunnitella dinosauruksen tapainen lisko, joka oli siirtynyt maalta mereen ja alkanut elää miekkavalaan kaltaista elämää, eli saalistajana. Siksi luonnolliset mallit olivat miekkavalas, ahven, krokotiili sekä mosasaurit (National park service 2021). Kuvan 9 hahmo oli ensimmäinen tähän lopulliseen ideaan pohjautuva konsepti. Sen pää oli liian mosasaurimainen ja siksi mielikuvitukseton. Pidin kuitenkin kehon muodosta ja päätin pitää sen lähes samankaltaisena myös viimeisessä konseptissa. Mosasaurin kehosta halusin muuttaa sen hännän, koska se muistutti hain pyrstöä ja toiseksi, halusin muuntaa joitakin elementtejä vähemmän liskomaisemmiksi.



Kuva 9. Fiktiivinen mosasauri.

Pyrin päitä suunnitellessani luomaan mahdollisimman paljon variaatioita, koska näin pystyn löytämään uusia piirteitä, joista pidän. Edellisessä konseptissa pään pituus toi mieleeni liikaa mosasaurit joten aloin käyttämään enemmän lyhyt päisempiä kaloja inspiraationa päänsiluettelle. Kuvassa 10 alimmaisena oleva pää oli mielestäni vielä liian liskomainen, kun taas vasemmalla oleva ei olisi sopinut ruumiiseen. Oikeanpuolisessa ei ollut mielestäni tarpeeksi kehon kanssa toistuvia muotoja, joten päätin valita ylimmäisenä olevan pään lopulliseen työhöni.



Kuva 10. Päiden konseptit.

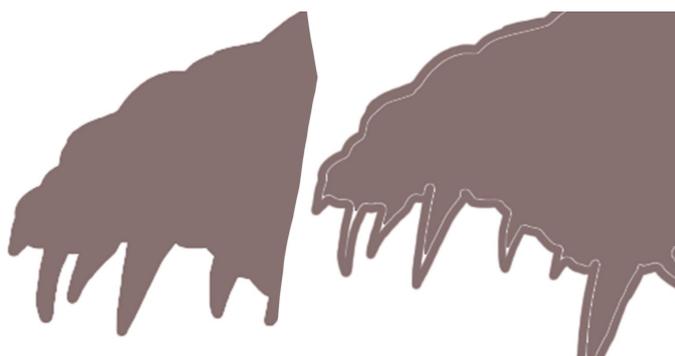
Kehon suunnittelu oli nopeaa, koska olin oivaltanut suuren osan siluetista jo aikaisemmassa konseptissa. Kuvan 11 konseptissa näkyvät tekemäni muutokset

ja päätin myös tämän olevan toteutettava hahmo. Lisäsin kylkeen hieman variaatiota, koska muuten kehon keskiosasta oli tullut liian lattea. Hännässä käytin apuna mosasaurien fossiileja ja yhdistin niistä poimimani piirteet kalan eviin. Aloin suunnittelemaan hahmoni värejä ja kuvassa 11 näkyvä ruskea ulkoviiva on jo siihen liittyvää pohjustusta.



Kuva 11. Lopullisen konseptin piirros.

Aloitan väritysprosessini aina piirtämällä ulkoreunan, koska sen jälkeen voin valita viivan sisäisen alueen taikasauvalintatyökalulla ja maalata hahmon siluetin. Valitsen aina ensin viivan ulkoisen alueen, jonka jälkeen käänän valinnan. Tällä tavalla saan valinnan täysin viivan ulkoreunasta eikä pohjaväriin jää läpinäkyvyyttä (kuva 12). Kun siluetti on maalattu omalle tasolleen, siihen on helppo yhdistää toisia tasoja clipping mask-toiminnon avulla. Näin ei tarvitse huolehtia siluetin rajojen yli piirtämisestä ja työskentely nopeutuu huomattavasti.



Kuva 12. Vasemmanpuolinen kuva on tehty käänteisellä valinnalla.

Ensimmäinen väriteema, jota kokeilin, oli lähes kopio ahvenen väreistä. Tajusin kuitenkin jo alussa, että minun tulee suunnitella väriteema kunnolla. Käytin



apuna gamut maskia, jonka avulla sain nopeasti käytettävän paletin (Gurney 2010, 124). Keskityin hahmossani enemmän viileisiin sävyihin, koska ne sopivat hahmon elinympäristöön eli mereen. Pelkät viileät sävyt olisivat jättäneet hahmoni latteaksi, joten lisäsin vastavärikontrastiksi lämpimän oranssin kohtiin, joihin haluan katsojan kiinnittävän huomion (kuva 13).



Kuva 13. Lopullinen konsepti.

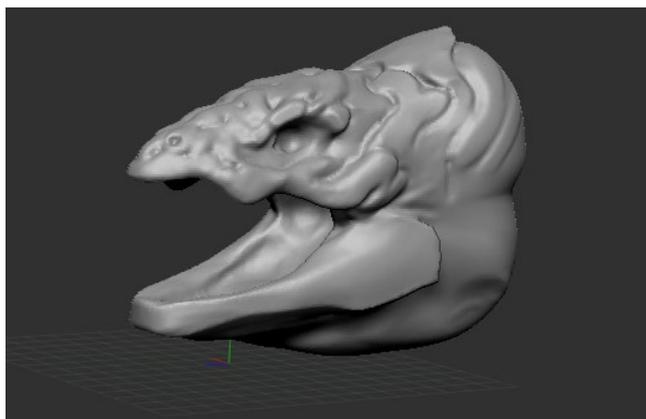
Muotokielellisesti tein hahmon painopisteet, kuten pään ja raajat kolmiomaisilla muodoilla, jotka viestivät saalistajille ominaisia piirteitä. Rikoin kolmion muotoja hahmon vatsapuolella lisäämällä pyöreitä muotoja, sillä niitä esiintyy esimerkiksi valkoilla. Korostin myös saalistaja piirteitä lisäämällä värikontrasti alueet kohtiin, joihin haluan huomion kiinnittyvän. En lisännyt lopulliseen kuvaan vahvoja varjoja, sillä kuvan tarkoituksena on toimia visuaalisena ohjeena muihin työvaiheisiin ja varjot olisivat piilottaneet tietoa. Käytin niitä vain ilmaisemaan kehon eri muotoja.

## 6 3D-toteutus

### 6.1 Mallin veistäminen

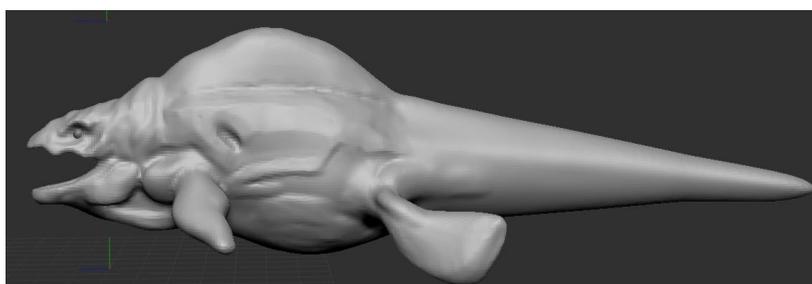
Tein 3D-mallinnuksen Pixologicin Zbrush -ohjelmalla, joka on digitaaliseen skulptaamiseen erikoistunut ohjelma. Mielestäni skulptauksen ja piirtämisen työprosessit ovat melko samankaltaisia: ensin täytyy tehdä suuret muodot ja sen jälkeen siirtyään tarkempiin yksityiskohtiin. Pidän tekemääni konseptia näkyvillä toisella näytöllä skulptaus- ja teksturointiprosessien aikana. Zbrushissa olisi

mahdollista luoda läpinäkyvä kuva muotoiltavan kappaleen päälle, mutta halusin harjoitella mittasuhteiden arviointia silmä tuntumalla. Aloitin skulptauksen päästä aivan kuten piirtämisessäkin, koska olen tottunut mitoittamaan muun ruumiin pään avulla (kuva 14). Alussa on tärkeää pitää mallin polygoni määrä matalalla, koska korkea määrä polygoneja hankaloittaa suurien muutosten tekemistä. Isoja muotoja tehdessä käytin vain move- ja standardsiveltimiä. En myöskään lisännyt polygonien määrää, vaan käytin dynamesh-toimintoa, joka jakaa polygonit uudelleen mallin geometrialle (Pixologic 2020c).



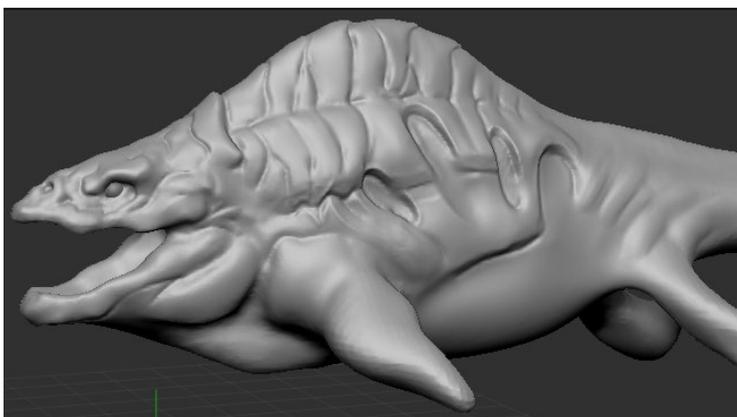
Kuva 14. 3D-mallin pää.

Loin vartalon polygonit suoraan pään geometriasta move- siveltimellä (Pixologic 2020b). Aluksi yritin saada vartalon isot muodot siluetin puolesta oikeisiin mittoihin (kuva 15). Mallin lopullinen asento kannattaa miettiä tulevia työvaiheita mielessä pitäen, sillä esimerkiksi symmetria puolittaa retopologiaan ja maalaamiseen kuluvan ajan. Myös raajat kannattaa asetella levälleen, jotta retopologian tekeminen niiden ympärille olisi vaivatonta. Asetin silmät erilliselle subtoolille eli erilliseksi objektiksi. Näin pystyin muokkaamaan silmäluomet niiden ympärille muuttamatta niiden polygoneja (Pixologic 2020d).



Kuva 15. 3D-mallin suuret muodot.

Kun olin asetellut siluetin oikeaksi, aloin tekemään siluetin sisäisiä muotoja, kuten kylkien uria, lihaksia ja luita. Lisäsin polygonien määrää maltillisesti, sillä yksityiskohdat antavat lisää työkaluja mittasuhteiden määrittelyyn ja jouduin vielä tekemään suuria muutoksia malliin (kuva 16). Kun olin lisännyt yksityiskohtia pysähdyin välillä arvioimaan hahmon kokonaismittasuhteita, jotta hahmosta tulisi mahdollisimman täsmällinen konseptiin verrattuna.



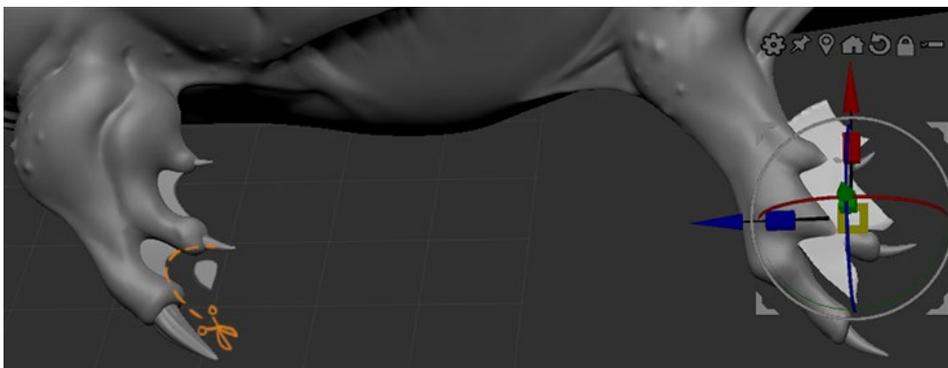
Kuva 16. 3D-mallin pienemmät yksityiskohdat.

Kun olin saanut lisää anatomiaa paikoilleen pystyin luomaan viimeiset isot anatomiset osat oikeille paikoilleen (kuva 17). Tämän jälkeen loppuprosessi oli vain yksityiskohtien hiomista ja joidenkin pienten asioiden viimeistelyä. Seuraavaksi jouduin miettimään hahmon ihon tekstuuria, koska en ollut ajatellut kaikkea loppuun konseptointi vaiheessa. Lisäsin kynnet ja hampaat erillisenä subtoolina, koska halusin lopussa rikkoa hahmon symmetrian niiden avulla (Pixologic 2020d).



Kuva 17. Siluetti ja yksityiskohdat paikoillaan.

Selkäevän, häntäevän ja raajojen evät tein uudella ohuella levyllä, joka oli erillisenä subtoolina. Levy oli helppo asetella oikealle kohdalleen erillisenä subtoolina, jonka jälkeen käytin leikkaustyökalua evien kaarien tekemiseen (kuva 18). Tämän jälkeen pystyin kopioimaan ja peilaamaan raajojen evät hahmon toiselle puolelle sekä liittämään ne kehon malliin lopullisesti.



Kuva 18. Evien luomistekniikka.

Lopuksi lisäsin konseptista poiketen lisää ihon tekstuuria hahmon vatsapuolelle ja evien juureen. Loppuviimeistelyssä käytin apuna uurteisvalaille ominaisia kaulan uria ja ryhävalailla esiintyviä patteja (Bradford 2017). Viimeistelyn jälkeen high-poly mallini oli valmis (kuva 19). Tallensin mallin FBX-formaatissa, sillä se säilyttää myös subtoolit. Toinen vaihtoehto olisi ollut OBJ-formaatti, mutta olisin joutunut tallentamaan silmät ja ruumiin erillisinä tiedostoina.



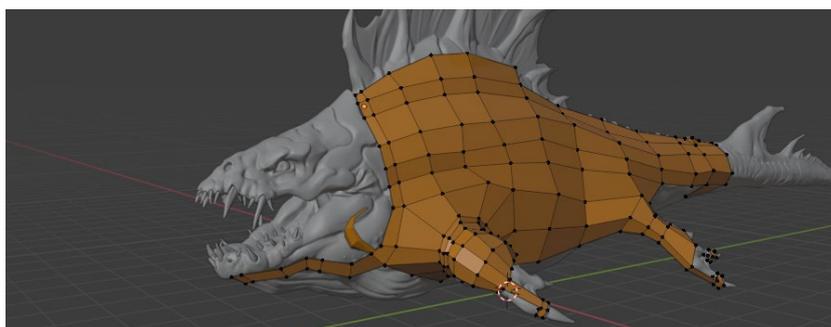
Kuva 19. Valmis high-poly -malli ja konsepti.

## 6.2 Retopologia

Retopologialla tarkoitetaan työvaihetta, jossa polygonit uudelleen järjestellään vanhan 3D-mallin päälle. Tarkoituksena on vähentää mallissa olevien polygonien määrää huomattavasti, sillä high-poly -mallit voivat muodostua miljoonista polygoneista. Näin suurta polygonien määrä olisi lähes mahdoton animoida ja myös pelien kilotavukoot paisuisivat todella suuriksi. Omassa high-poly -mallisani oli yli 2 miljoonaa polygonia ja retopologian jälkeen mallin koostui 7 308 neliliöstä, jotka pelimoottorissa jakautuisivat noin 14 000 kolmioon. Käytin teknisissä rajoituksissa mallina Blizzard Entertainmentin Overwatch -peliä, jossa hahmot koostuvat 30 tuhannesta kolmiosta (Gosu 2016). Pelissä hahmot ovat pääasiassa ihmishahmoja, ja siksi niiden kasvot sekä vaatteet tarvitsevat huomattavasti enemmän polygoneja, kun taas oma hahmoni ei vaadi yhtä suurta tarkkuutta.

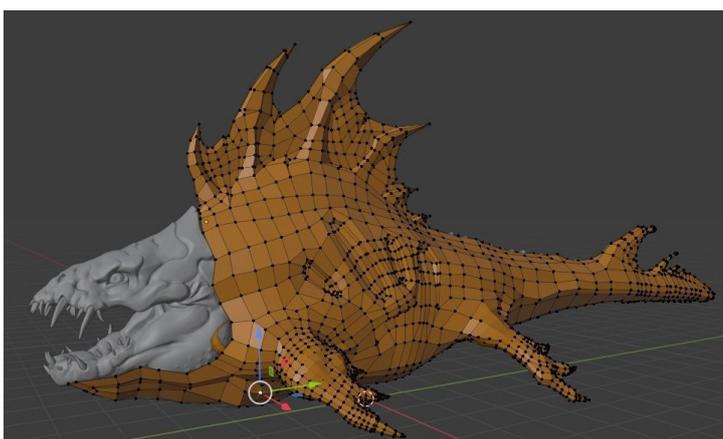
Retopologia olisi mahdollista tehdä ZBrushissa, mutta valitsin Blenderin tähän tehtävään, koska minulla oli sen käytöstä enemmän kokemusta. Aloitin työskentelyn siirtämällä high-poly -mallin Blenderiin ja loin yhden tahkon erillisenä objektina. Laitoin tahkoon shrinkwrap ja mirror modifierit sekä erillisen snapping toiminnon, joka on toiminnaltaan samankaltainen kuin shrinkwrap eli sen avulla on helppo siirtää verteksi toisen objektin pintaan. (Blender 2021d.)

Aloitin topologian jatkamalla tahkoja lenkeiksi eri puolille kehoa ja pidin polygonimäärät mahdollisimman pieninä (kuva 20). Siistejä lyhyitä lenkkejä on helppo jakaa alueilla, jossa tarvitaan enemmän tarkkuutta ja ne pitävät myös polygonien määrän kurissa.



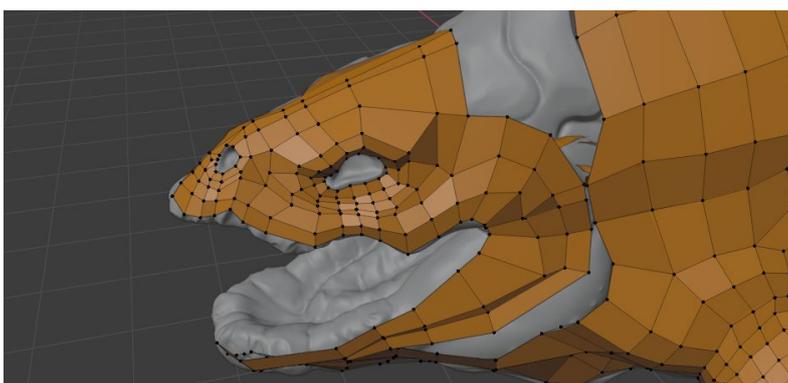
Kuva 20. Retopologian alku.

Seurasin siluetin muotoja mahdollisimman tarkasti ja vasta sitten siirryin kehon pienempiin muotoihin. Jokaista uurretta ja nyppylää ei kannata ottaa huomioon, mutta suuremmat muodot, kuten kyljen reiät kannattaa reünstaa omilla lenkeillä, jotta mallin ulkomuoto säilyy samanlaisena. Aloin myös lisäämään polygoneja alueille, jotka tulevat liikkumaan animoinnissa, kuten esimerkiksi raajoihin (kuva 21). Vältin myös kolmioiden käyttämistä liikutettavissa kohdissa, sillä ne aiheuttavat topologiassa epätasaisen sahalaitapinnan. Käytin kolmioita vain, jos pystyin vähentämään polygonien määrää niiden avulla ja tein sen vain tietyissä kohdissa.



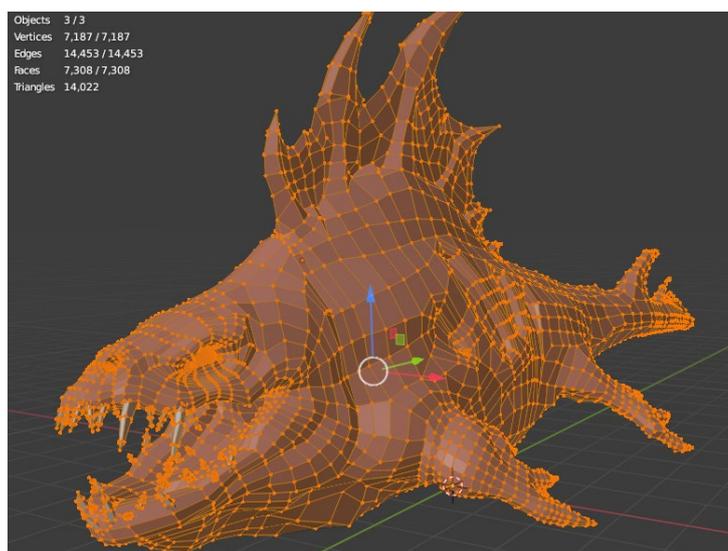
Kuva 21. Kehon retopologia.

Kasvojen osalta keskeiset lenkit tulevat silmien, suun ja sierainten ympärille, rakensin pään loppuosat niiden perusteella. Kasvojen alue tarvitsee kehoa enemmän polygoneja, koska ihmiset luonnollisesti kiinnittävät eniten huomiota varsinkin silmien alueelle (Cañigüeral ym. 2019). Tiesin myös, että tulen animoimaan liikettä leukoihin ja siksi keskitin tarpeeksi reunoja suupieliin (kuva 22).



Kuva 22. Kasvojen lenkit.

Lopuksi yhdistin pään ja vartalon topologian keskenään. Lisäsin myös polygoneja silmien ja huulien alueelle, koska muuten siluetti ei olisi säilynyt oikeanlaisena. Hampaille ja silmille tein retopologian erillisinä objekteina, sillä olisi ollut lähes mahdotonta yrittää jatkaa kasvojen topologiaa hampaisiin (kuva 23). Yhdistin kuitenkin hampaat ja kehon keskenään vaikka en yhdistänytkään niiden polygoniverkkoja. Kaksi erillistä objektia, jotka osuvat toisiinsa, aiheuttavat ongelmia baking-työvaiheessa.

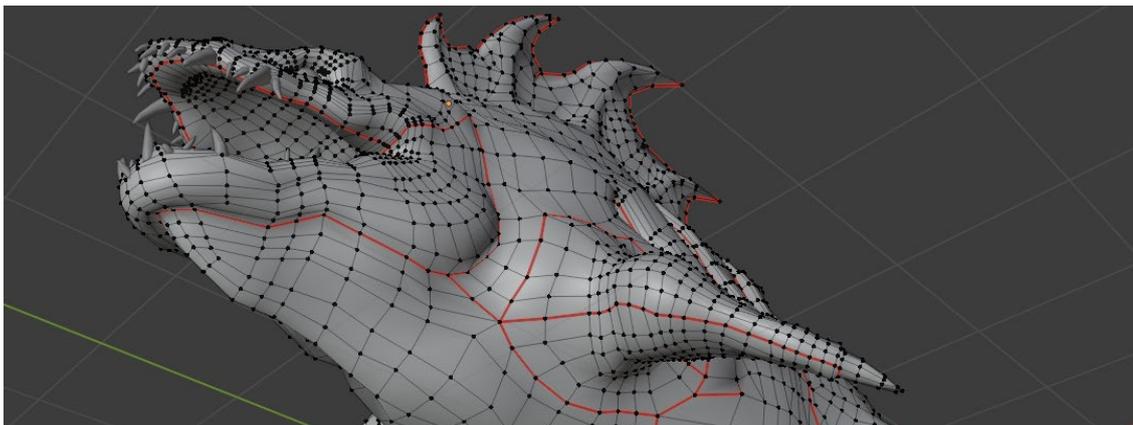


Kuva 23. Lopullinen topologia.

### 6.3 UV-Kartta ja unwrap

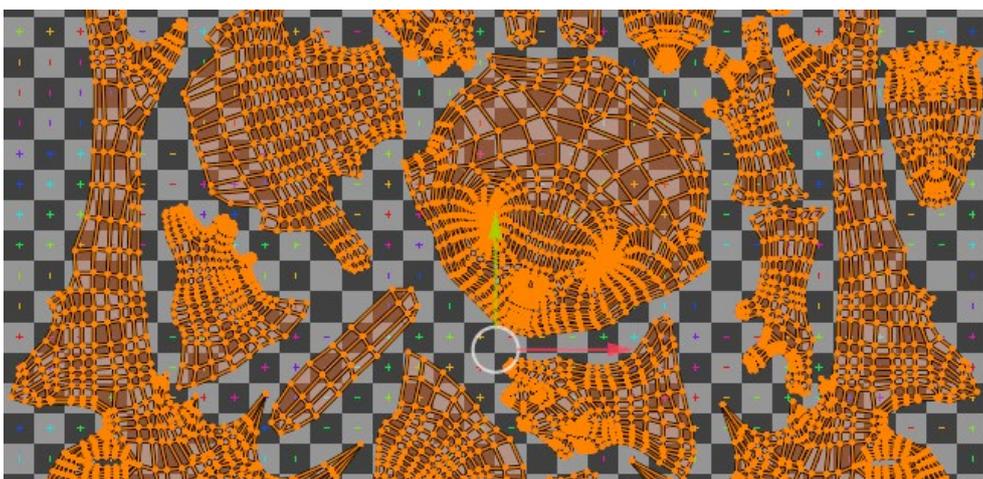
UV-unwrapilla tarkoitetaan prosessia, jossa 3D-mallin topologia pilkotaan polygonisaariksi ja asetetaan 2D-kuvatiedoston päälle. Tällä tavalla voidaan heijastaa kuvatiedostossa tehdyt muutokset 3D-malliin. Hahmon tekstuurien tarkkuus tulee kuvatiedoston resoluution perusteella ja siksi pilkotut polygonisaaret asetellaan mahdollisimman tiiviisti. Näin mahdollisimman suuri osa kuvatiedoston pikseleistä saadaan käyttöön. Samaa UV-karttaa käytetään kaikkiin tarvittaviin tekstuurikarttoihin pohjana.

Aloitin kartoituksen merkkamalla saumoja eri ruumiinosien ympärille, joiden kohdilta malli pilkotaan osiin. Pyrin tekemään saumat mahdollisimman piiloon, koska ne saattavat näkyä erilaisina virheinä lopullisessa renderöinnissä. Monet osat vaativat myös leikkauksen pituus suunnassa, jotta polygoniverkko olisi mahdollista levittää oikein (kuva 24).



Kuva 24. Punaiset viivat kuvaavat saumoja.

Kun olin saanut kaikki saumat paikoilleen pystyin unwrappaamaan UV-kartan, eli asettamaan osat 2D-kuvan päälle. Blender tekee tämän automaattisesti, mutta osien asettelu vaatii hienosäätöä (kuva 25). Suurensin erityistä tarkkuutta vaativat osat, jotta saan niihin suuremman resoluution ja pienensin osia, jotka eivät herätä suurta huomiota kuten vatsan alueen.



Kuva 25. Valmis UV-kartta.

Tein kehon UV-kartat 2048 x 2048 pikselin resoluutiolla ja silmät 1024 x 1024 pikselin resoluutiolla. Olisin voinut myös peilata tekstuurit, koska keho on täysin symmetrinen. Peilaamalla olisin voinut puolittaa tekstuurikarttojen koon, mutta pitää yhtä tarkan resoluution. Valitettavasti minulla ei ollut aikaa tutkia asiaa, eikä myöskään tarvetta, sillä tiedoston koko ei noussut ongelmaksi yhden mallin kanssa.



## 6.4 Baking ja tekstuurikartat

UV-unwrapin jälkeen pystyin tekemään baking prosessin, jossa eri varjostus ja korkeustiedot kopioidaan high-poly -mallista erillisille tekstuurikartoille, jotka sitten low-poly -mallin päälle UV-karttojen avulla. Suoritin beikkaamisen ja teksturoinnin Substance Painterillä, joka on näihin työaskeleisiin erikoistunut ohjelma. (Substance 2021a)

Baking oli Substance Painterillä nopeaa. Ilmoitin ohjelmalle, mikä on high-poly -malli ja mitkä kartat haluan. Sain valmiit normal- ja AO-kartat automaattisesti ja pystyin aloittamaan mallin maalaamisen (kuva 26). Jouduin kuitenkin tekemään pieniä korjauksia normal karttaan sillä selkävässä oli baking vaiheessa tullut virhe, joka näkyi lopullisessa renderöinnissä mustana. (Substance 2021b)



Kuva 26. Low-poly -malli, jossa on normal ja AO kartat.

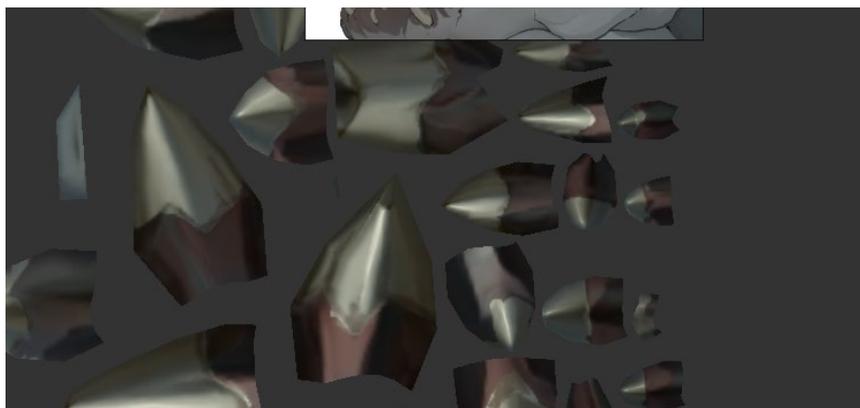
Substance Painterin maalaustoiminnot ovat lähes täysin samat kuin Photoshopissa. Siveltimien värien lisäksi voi säätää myös niiden kokoa, läpinäkyvyyttä, tekstuuria ja maalipinnan valon heijastavuutta. Ohjelmassa on myös tasotointo, jolla eri maaleja voi pitää erillään ja muuttaa niiden järjestystä (kuva 27). Hahmo voidaan värittää 360-näkymässä, mutta myös suoraan UV-kartalta.



Kuva 27. Mallin maalaus ja tasot.

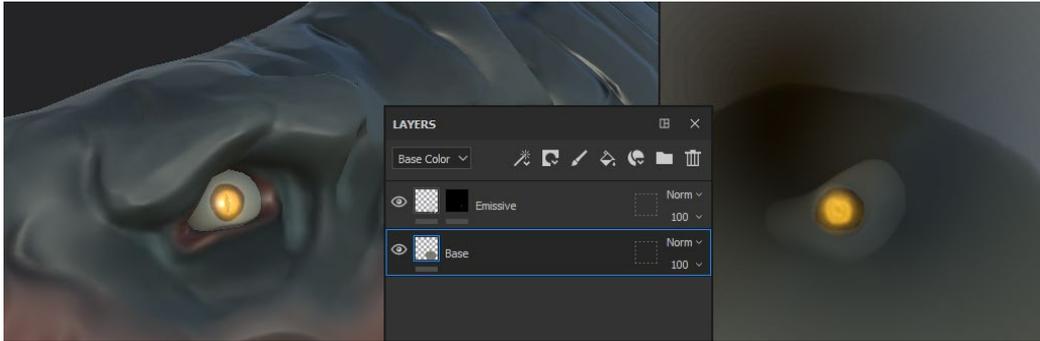
Tein pohjaväriksi vaaleansinisen, jonka jälkeen maalasin selän tumman alueen erilliselle tasolle. Pidin kaikki eri sävyt ja värit erillisinä tasoina, koska niiden muokkaaminen jälkeinpäin oli näin helpompaa. Kun olin aloin lisäämään malliin hienompia sävyeroja maalaamilleni alueille, aloin myös miettimään, kuinka kiiltäväksi haluan kunkin alueen. Päätin antaa hahmon vatsapuolelle vähemmän heijastavan tekstuurin ja selän tummille alueille enemmän heijastavan tekstuurin, sillä muistelin että kalojen vatsapuoli oli niiden selkää karheampi. Päällimmäiseksi maalasin evien oranssit värit ja lisäsin niille pieniä sävymuunnoksia, jotta tekstuurista tulisi mielenkiintoisempi. Kun olin saanut kehon suurimmat värit maalattua siirryin viimeistelemään hahmon kasvojen alueen.

Aloitin maalaamalla suupieliä verestävän punaisen ja vasta kun olin saanut sen mieleisekseni, aloin maalaamaan hampaita. Hampaat oli helpompi maalata suoraan UV-kartalta, sillä muuten olisin joutunut pyörittämään kameraa jokaisen hampaan ympärillä (kuva 28). Hampaaita maalatessa en voinut käyttää peilittömyyttä, koska ne eivät ole symmetriset ja siksi jokainen piti maalata erikseen.



Kuva 28. Hampaiden maalaaminen UV-kartalta.

Lopuksi siirryin silmien teksturointiin. Maalasin ensin kellertävän silmämunan, jonka päälle maalasin oranssin iiriksen ja pupillin. Olin miettinyt hahmoni lopullista esitystä ympäristöä ja halusin taustaksi lähes mustan meren, koska halusin tuoda jotain hehkovaa hahmoonni. Silmät olivat oiva kohde, sillä kellertävä silmien hehku muistutti minua monien petoeläinten valoa heijastavia silmiä. Hehku myös peittää pupillien yksityiskohtia luoden hahmosta arvaamattoman. Hehkun pystyin toteuttamaan erillisellä emissive-kartalla, joka antoi koko silmälle oranssin hehkun. Siksi loin tasolle mustan maskin, johon värjäsin valkoisella värillä alueet, joista haluan valon tulevan läpi (kuva 29).



Kuva 29. Silmien tasot.

Kun kaikki tekstuurikartat ovat valmiina ne tallennetaan PNG-formaatissa myöhempää käyttöä varten (kuva 30). Erillisiä karttoja kehoon tuli yhteensä neljä: basecolor, normal, metallic ja roughness. Silmille tuli näiden samojen lisäksi emissive. Jotkin baking vaiheessa luodut kartat liitetään automaattisesti toisiin karttoihin, kuten esimerkiksi AO, joka yhdistyy BaseColor-karttaan.

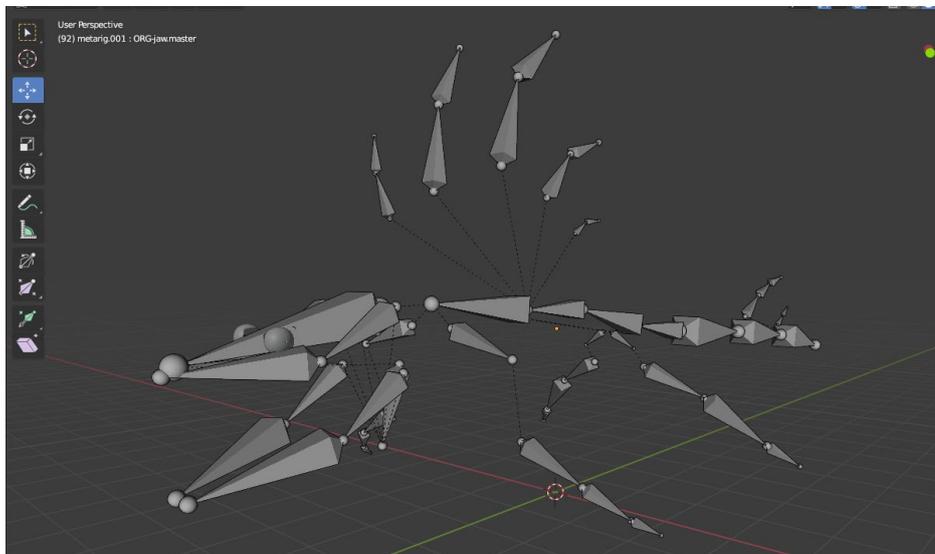


Kuva 30. Valmis hahmo

## 6.5 Riggaus ja animointi

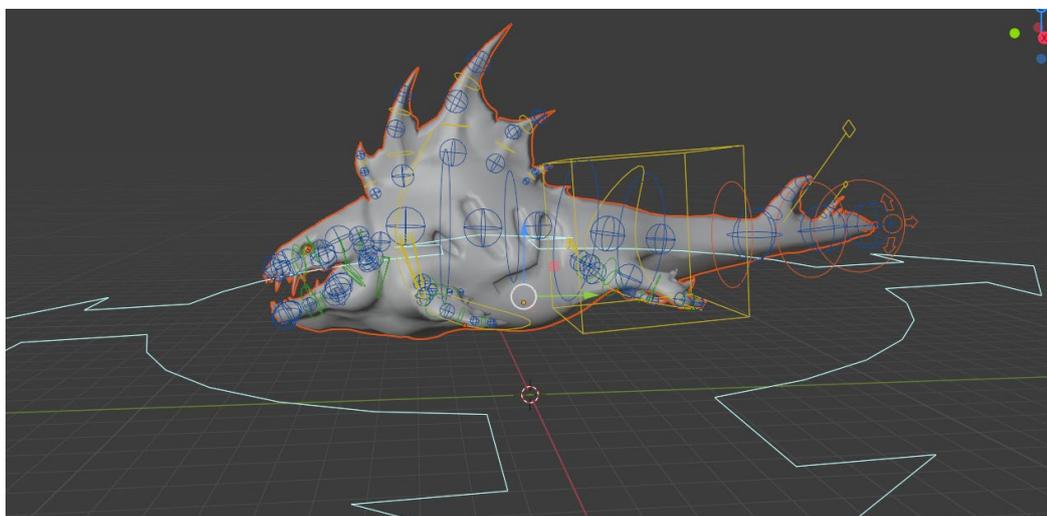
Riggauksen ja animoinnin tein Blenderissä. Muita mahdollisuuksia olisivat olleet Maya ja 3DMax mutta valitsin ilmaisen vaihtoehdon. Aluksi minun piti tehdä rig jonka yhdistän 3D-malliin. Rig muodostuu luista (bones), joiden avulla hahmoa liikutetaan. En halunnut tehdä kaikkea alusta, koska se olisi vaatinut todella paljon aikaa ja tutkimusta. Siksi käytin apuna ilmaista rigify lisäosaa, josta sain valmiin haille tarkoitetun rigin (Blender 2021i). Minun piti kopioida muutama selkävälle tarkoitettu luu ja asetella luut hahmoni kehoon sopiviksi (kuva 31).

Jokaiselle luulle on asetettu erilaiset toiminnallisuudet, kuten esimerkiksi nivelten kääntymisen säde ja liikkumatapa. Jokainen luu pitää olla myös liitettynä johonkin toiseen luuhun tai muuten riggiä ei voida yhdistää 3D-hahmoon.



Kuva 31. Hahmon paikoilleen asetellut luut.

Kun kaikki luut olivat paikoillaan, pystyin liittämään rigin hahmoon, jolloin sain työkalut hahmoni liikutteluun (kuva 32). Aluksi ohjaimet näyttivät haastavilta, mutta hetken tutkiessani huomasin niiden olevan melko yksinkertaisia. Piilotin suuren osan ohjaimista työskennellessäni, jotta ne eivät hankaloittaisi näkemistä.



Kuva 32. Animointiohjaimet.

Kuvassa 32 näkyvät lenkit toimivat nivelten kaltaisina ohjaimina, kun taas ristikkopalloilla ohjataan hahmon massaa. Jos luut oli aseteltu oikeisiin kohtiin, osien

liikuttelu kävi luonnollisesti. Keltaiset neliöt kuvastavat hartioita ja lantiota. Hänällä oli oma yleisohjain, jolla pystyin liikuttamaan häntää kätevästi ja hahmon ympärillä näkyvä nuoli ympyrä liikuttu koko hahmoa. Animointi tehdään liikuttamalla luita ohjaimien avulla ja tallentamalla niiden sijainti aikajanalle keyframeina (kuva 33).

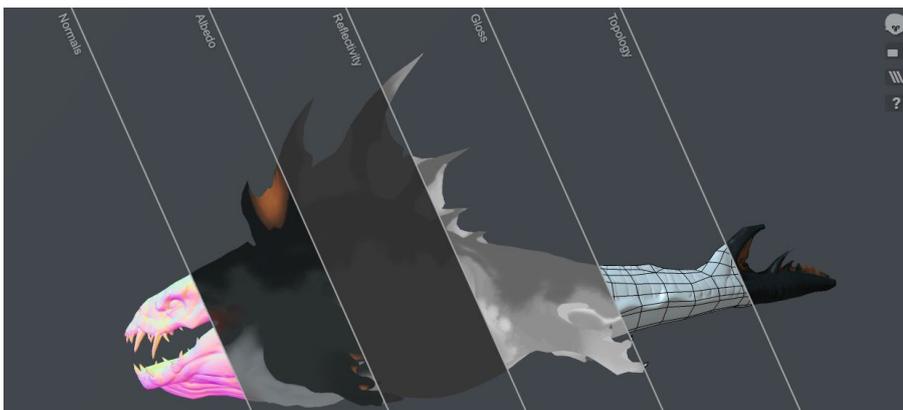


Kuva 33. Animoinnin aikajana.

Halusin animoida hahmon uimaan rauhallisesti eteenpäin ja aloin tutkimaan kalojen sekä krokotiilien tapaa liikkua vedessä (APSPHysics 2016). Aloitin isoista liikkeistä kuten pään, kehon ja hännän sivuttaisliikkeestä, jonka jälkeen siirryin raajojen hienovaraiseen liikkeeseen. Pyrin luomaan uintivoiman lähes kokonaan hännästä kuten krokotiileillä, mutta lisäsin päähän samankaltaista heiluntaa kuten kaloilla. Näin liike tukee hahmoni visuaalista suunnittelua. Kun olin saanut liikkeen uskottavaksi, lisäsin pientä liikettä kehon muihin osiin, jotta hahmo näyttäisi elävämmältä. Lopuksi tallensin koko projektin FBX- formaatissa, mutta en vielä liittänyt tekstuureita hahmoon.

## 7 Hahmon julkaisu

Hahmon lopullinen sijainti on Artstation -nimisellä portfoliosivustolla, joka on erikoistunut digitaalisen 3D- ja 2D-taiteen esittelyyn (Artstation 2021). Sivulla on digitaalista taidetta peleistä, elokuvista ja ihmisten henkilökohtaisista töistä. Valitsin lopullisen renderöintiohjelman juuri tätä tarkoitusta varten, sillä Marmoset -ohjelmalla voin liittää 3D-hahmoni 360-selainnäkömään, jossa on mahdollista tarkastella hahmon polygoniverkkoa ja eri tekstuurikarttoja (kuva 34).



Kuva 34. Näkymä Marmosetistä.

Valitettavasti Marmosetin uusimmassa versiossa (4.03) olevan virheen vuoksi en saanut animaatiota 360-näkymään, koska jouduin käyttämään ohjelman vanhempaa versiota, joka ei tukenut toimintoa. Myöskään kaikki renderöintimoottorin valotoiminnot eivät toimineet 360-näkymässä, joten päätin tallentaa kaksi erillistä videota, joissa pystyin asettelemaan valaistuksen haluamallani tavalla ja jotka liitin myös portfoliojulkaisuuni.

Kun olin siirtänyt hahmoni FBX-tiedoston Marmosetiin, minun piti vain liittää tekstuurikartat oikeisiin kohtiin. Ohjelma tarjosi työpöydällään eri tekstuuri karttojen lisäämiset, joten niiden lisääminen oli nopeaa ja vaivatonta. Jätin kuitenkin metallic-kartan kokonaan pois, koska en ollut käyttänyt metallisia tekstuureja, joten se vei vain tilaa (kuva 35). Joillakin kartoilla oli eri nimet Marmosetin ja Substance Painterin välillä, joten minun piti kokeilla muutaman kerran, ennen kun sain yhdistettyä kartat oikein.

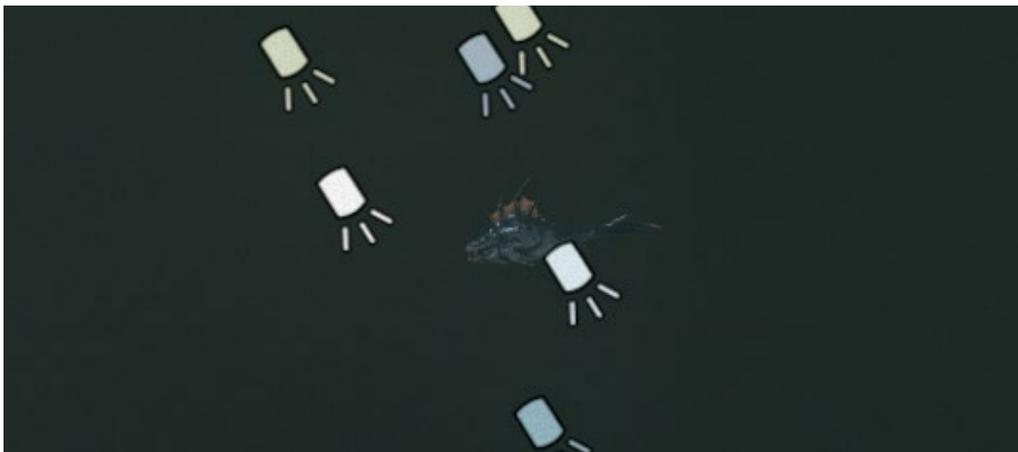


Kuva 35. Tekstuurikarttojen liittämisenäkymä.

Hahmon asettelun jälkeen aloin luomaan merenalaista näkymää, jonka loin kuu-  
della eri valolla ja sumutoiminnolla. Sumu oli valmiina toimintona ja annoin sille  
tumman sinisen väyn, laitoin sen esittämään veden sakeutta. Annoin näkymäl-  
leni tumman vihertävän taustan, koska pyrin mahdollisimman kylmän ja pimeän  
veden kuvitelmaan.

Valoilla halusin vahvistaa vedenalaisuuden vaikutelmaa ja luoda liikettä. Asetel-  
man piti myös tuoda hahmoni eri piirteet ja värit hyvin esille. Rakensin täyteva-  
lojen suunnittelun kolmen ylhäältä tulevan valon ympärille. Halusin nostaa var-  
sinkin pään ja selkäevän eniten esille.

Seuraavaksi loin päävalon, joka kuvastaa auringonvaloa ja loistaa suoraan yl-  
häältä. Annoin sille sinertävän värin, sillä sen tarkoitus on esittää veden läpi  
suodattuvaa auringon valoa. Seuraavaksi loin yhden heikomman valkoisen va-  
lon kasvojen alueelle, jotta se herättäisi enemmän huomiota kasvojen alueelle  
ja toisi enemmän yksityiskohtia esille. Kolmannen valon laitoin suoraan alaspäin  
ja annoin sille turkoosin värin, koska muuten vatsan alue olisi jäänyt liian varjon  
peittoon. Vedellä on myös ominaisuus heijastaa valoa tasaisemmin laajalta alu-  
eelta ja siksi valoja piti asentaa hahmon jokaiselle puolelle (Gurney 2010, 204–  
205). Neljäs valkoinen valo osoittaa toiseen kylkeen, koska halusin että hahmon  
toinen puoli olisi valoisampi ja toinen pimeämpi, jotta voin esitellä sitä kahdessa  
eri valossa samaan aikaan. Kaksi viimeistä kellertävää valoa luovat aaltojen  
heijastuksen hahmon selkään valoille antaman muotokartan avulla. Valot on  
animoitu niin että perässä seuraavan valon viimeinen sijainti on sama kuin  
edellä kulkevan valon aloitus sijainti. Koska valot ovat muodoiltaan täysin ident-  
tisiä, muodostuu yhtenäisen liikkeen vaikutelma. Aaltojen heijastamat valot an-  
tavat myös vihjeitä hahmon koosta, sillä asetelmassa ei ole mitään minkä pe-  
rusteella katsoja voi arvioida hahmon koon. Valojen sijainnit hahmon ympärillä  
näkyvät kuvassa 36.



Kuva 36. Valojen sijainnit hahmon ympärillä.

Kun asetelma oli valmis, tallensin siitä kaksi videota, toinen hahmon valoisalta puolelta ja toinen pimeältä (kuva 37). Asettelin valojen liikkeen niin että videon voi toistaa saumattomasti. 360-näkymän pystyin siirtämään Marmosetistä suoraan Artstationiin eikä se vaatinut lisäaskelia.



Kuva 37. Valmis työ.

Esitettävän tiedoston lopulliseksi kooksi tuli 3,16 megatavua ja ilmaisen Artstation-latauksen koko rajoitus on alle 15 megatavua, joten onnistuin pysymään tavoitekoossa. Lopulliseen julkaisuun liitin myös videon animaatiosta ja lyhyen tekovaihetta avaavan kuvan. Lopulliseksi nimeksi hahmolleni annoin Fisusaur.



## 8 Pohdinta

Ennen tehtävän alkua olin ottanut selvää eri työvaiheista ja ohjelmista, joten pystyin tekemään työn suhteellisen hyvässä aikataulussa. Pisin kokemus minulla on piirtämisestä, mutta maalaamista ja 3D-mallintamista olen tehnyt vasta pari vuotta. Aikaisemmat 3D-mallit ovat olleet huomattavasti yksinkertaisempia, ja ne ovat jääneet usein kesken. Ainoa mainittava aikaisempi työ on kuulokojen mallinnus ja animointi, jonka tein Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (XAMK) opiskelijoille. En kuitenkaan ollut koskaan tehnyt tekstuurikarttoja, animoinut rigillä tai viimeistellyt esillepanoa. Työn tavoitteena oli tehdä pelihahmo alusta asti ja luoda luotettava työskentely prosessi, jotka mielestäni onnistuin toteuttamaan. Opin työskentelyn aikana paljon asioita, joilla pystyn nopeuttamaan työskentelyä.

Konseptoinnissa värien valinta oli itselle kaikkein tuntemattomin osuus. Siksi väriympyrän käyttö ja eri vastaväriteoriat olivat olennaisia apuvälineitä värien suunnitteluun. Varsinkin Gamut mask auttoi minua rajaamaan paletin nopeasti ja aion ottaa sen vakituiseen käyttöön tulevissa töissäni (Gurney 2010, 126–129). Minun tulee myös tehostaa piirtämisen prosessia, sillä se vie liikaa aikaa. Tulevaisuudessa tulen tekemään tätä opinnäytetyötä vastaavan työprosessin purkamisen myös kuvitukselle, sillä tavoin pystyn tarkastelemaan omaa prosessiani selkeämmin. Teknisellä puolella tasojen nimeäminen ja käyttö vaatii paremman järjestyksen. Yksin työskennellessä näillä ei ole niin suurta merkitystä, mutta ammatillisessa ympäristössä minun pitäisi pystyä järjestelemään työtiedosto ymmärrettäväksi.

Skulptauksessa en käyttänyt vielä kaikkia työkaluja, jotka olisi helpottanut työskentelyä. Minun täytyy syventyä vielä tarkemmin Zbrushin eri työskentelytapoihin. Opin kuitenkin työskentelyn aikana varsinkin eri ohjelmistojen välisestä työskentelystä paljon. Esimerkiksi oikeanlainen tiedostojen nimeämisen merkitys nousi esille varsinkin teksturointi vaiheessa (Substance 2021d).

Retopologian tekemiseen etsin jonkin toisen ohjelman tai lisäosan. Blenderin kautta työskentely vaati aivan liikaa hiirellä klikkailua. Jotkin ohjelmat mahdollis-

tavat retopologian piirtämisen suoraan mallin päälle, joten aion kokeilla jotain tämän kaltaista tulevaisuudessa (3DCoat 2021). Minun pitää myös kokeilla tehdä suurempi- ja pienempipolygonisia malleja, jotta hahmotan tarkemmin eri koko vaatimusten vaikutukset topologian järjestelyyn. Valmiin hahmon topologiaan jäi muuta virhe, joten tulevaisuudessa aion tarkistaa hahmon topologian nopealla renderöinnillä.

Teksturointi oli minulle aivan uusi asia, joten kaikki mitä tein, oli opittua asiaa. Substance Painter on todella tehokas ohjelma, jota on todella helppo käyttää. Työskentelytapani oli hyvin yksinkertainen, enkä käyttänyt maalaamisessa mitään automaattisia toimintoja, joita ohjelmassa olisi ollut. Substance Painteriin on myös mahdollista luoda uusia tekstuureja Substance Designerilla, joiden avulla voitaisiin poistaa usean maalipinnan tarve. Substance Designerin käytöstä voisi saada toisen opinnäytetyön, koska lukemani perusteella, ohjelma on todella tehokas. Se on myös laajasti käytetty peli- ja elokuvateollisuudessa. Myös ympäristön teksturointi pelimoottorissa olisi mielenkiintoinen aihe, jota tulen tutkimaan lähitulevaisuudessa, varsinkin pian julkaistavalla Unreal Engine 5:llä. (Substance 2021e.)

Riggaus ja animointi oli toinen lähes uusi asia. Yhden huonon animaation tekeminen oli todella aikaa vievää, joten olisi järkevää tehdä useampi 3D-malli samalle rigille. Tällä tavalla samoja animaatioita voitaisiin käyttää usealle eri hahmolle. Myös itse 3D-malleille voisi tehdä pohjamallin, johon on asetettu rigin mukaiset mittasuhteet, joten siihen tarvitsisi mallintaa vain pienemmät yksityiskohdat. Animointi aiheena on todella laaja, enkä aio syventyä siihen tulevaisuudessa yhtä paljon kuin muihin käsiteltyihin aiheisiin. Tässä voisi kuitenkin olla tulevaisuuden aihe jonkun opinnäytetyöhön. Olisi kiintoisaa nähdä animaatioiden asetus pelimoottoriin.

Ajallisesti pisimpään kestänyt työvaihe oli hahmon skulptaus, joka kesti 25–30 tuntia. Retopologia ja teksturointi molemmat kestivät 8–12 tuntia. Riggaus kesti noin 6 tuntia, kun taas animointi lähemmäs 8 tuntia. Tunteja lisäsi kuitenkin kokemattomuus useassa työvaiheessa. Esimerkiksi teksturoinnin ja animoinnin jouduin tekemään kahdesti uudestaan. Konseptointi oli noin 12 tuntia kestävä prosessi, joka jakautui monelle päivälle. Kokonaisuudessaan projekti kesti noin 80–90 tuntia, joka ilman virheitä voisi laskea 70 tuntiin.

Pääasiassa olen saanut vain hyvää palautetta työstäni. Olen työhöni melko tyytyväinen ja koen että kaikki opinnäytetyön tavoitteet täyttyivät. Työhön sisältyy kaikki hahmosuunnitteluun ja toteutukseen liittyvät työvaiheet. Portfolio-julkaisusta näkee myös hahmon teknisen toteutuksen ja sillä on arvoa mahdollisessa työllistymisessä.

## Lähteet

- 3DCoat. 2021. Retopology. <https://3dcoat.com/articles/retopology-software/>. 14.6.2021.
- Adobe. 2021a. Baking mesh maps. Adobe. <https://helpx.adobe.com/substance-painter/using/baking.html>. 6.4.2021.
- Adobe. 2021b. Tietoja Photoshopin tasoista. Adobe. <https://helpx.adobe.com/ai/photoshop/using/layer-basics.html>. 6.5.2021.
- Adobe. 2021c. Photoshop brushes. Adobe. <https://www.adobe.com/ai/products/photoshop/photoshop-brushes.html>. 26.4.2021.
- APS Physics. 2016. Swimming upstream: Computational hydrodynamics of trout locomotion. YouTube-video. <https://www.youtube.com/watch?v=I5Phg4q5EBU>. 7.5.2021.
- Art story. 2021. Photorealism. The art story. <https://www.theartstory.org/movement/photorealism/>. 7.5.2021.
- Artstation. 2021a. Explore. Artstation. [https://www.artstation.com/?sort\\_by=trending&dimension=3d](https://www.artstation.com/?sort_by=trending&dimension=3d). 7.5.2021.
- Artstation. 2021b. Tomi Lötjönen. Artstation. <https://www.artstation.com/artwork/Ga0I4N>. 22.8.2021.
- Autodesk. 2015. Introductions to polygons. Autodesk. <https://knowledge.autodesk.com/support/maya-lt/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2015/ENU/MayaLT/files/Polygons-overview-Introduction-to-polygons-htm.html>. 6.5.2021.
- Beringia. 2021. Ice age animals. Beringia. <https://www.beringia.com/exhibits/ice-age-animals>. 13.4.2021.
- Blender. 2021a. About. Blender. <https://www.blender.org/about/>. 20.4.2021.
- Blender. 2021b. Animation and rigging. Blender. <https://www.blender.org/features/animation/>. 6.5.2021.
- Blender. 2021c. Keyframes. Blender. <https://docs.blender.org/manual/en/latest/animation/keyframes/introduction.html>. 13.5.2021.
- Blender. 2021d. Modifiers. Blender. <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/introduction.html>. 29.4.2021.
- Blender. 2021e. Structure. Blender. <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/structure.html#vertices>. 20.4.2021.
- Blender. 2021f. Snapping. Blender. <https://docs.blender.org/manual/en/2.79/editors/3dview/object/editing/transform/control/snap.html>. 13.5.2021.
- Blender. 2021g. Node wrangler. Blender. [https://docs.blender.org/manual/en/2.81/addons/node/node\\_wrangler.html](https://docs.blender.org/manual/en/2.81/addons/node/node_wrangler.html). 20.4.2021.
- Blender. 2021h. F2. Blender. <https://docs.blender.org/manual/en/latest/addons/mesh/f2.html>. 20.4.2021.
- Blender. 2021i. Rigify. Blender. <https://docs.blender.org/manual/en/2.81/addons/rigging/rigify.html>. 20.4.2021.
- Bradford, A. 2016. Herbivores: Facts about plant eaters. Live science. <https://www.livescience.com/53452-herbivores.html>. 13.4.2021.
- Bradford, A. 2017. Facts about humpback whales. Live Science. <https://www.livescience.com/58464-humpback-whale-facts.html>. 13.4.2021.
- Bridgman, G. 2017. Drawing from life. New York: Sterling.
- Brin, D. 1996. Neoteny and two-way sexual selection in human evolution. David Brin. <https://www.davidbrin.com/nonfiction/neoteny1.html>. 13.4.2021.

- Britannica. 2021. Bergmann's Rule. Britannica. <https://www.britannica.com/science/Bergmanns-Rule>. 13.4.2021.
- Brumm, A. Oktaviana, A, Burhan, B & Hakim, B. Oldest cave art found in Sulawesi. <https://advances.sciencemag.org/content/7/3/eabd4648>. 13.5.2021.
- Budrick, C. 2017. A brief history of the color wheel. Print. <https://www.printmag.com/post/brief-history-color-wheel/>. 11.4.2021.
- Cañigueral, R & Hamilton, A. 2019. The role of eye gaze during natural social interactions in typical and autistic people. National Center for biotechnology information. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. 13.5.2021.
- Crump, T. 2018. Top 10 Graphic design software for game devs. Buildbox. <https://www.buildbox.com/top-10-graphic-design-software/>. 26.4.2021.
- Cuemath. 2021. Shapes in nature. Cuemath. <https://www.cuemath.com/learn/shapes-in-nature/>. 9.4.2021.
- Denham, T. 2021a. Texture maps: The ultimate guide for 3D artists. Concept art empire. <https://conceptartempire.com/texture-maps/>. 6.5.2021.
- Denham, T. 2021b. What is high & low poly in 3D modeling. Concept art empire. <https://conceptartempire.com/high-vs-low-poly-modeling/>. 6.5.2021.
- Gaget, L. 2019. All you need to know about digital sculpting. <https://www.sculpteo.com/blog/2019/06/12/what-is-digital-sculpting/>. 6.5.2021.
- Gosu. 2016. Interesting insight into Overwatch tech art. Gosu gamers. <https://www.gosugamers.net/overwatch/news/35188-interesting-insight-into-overwatch-tech-art>. 28.4.2021.
- Gurney, J. 2010. Color and Light. Kansas City: Andrews McMeel publishing. 11.4.2021.
- Heginbotham, C. 2021. What is photobashing. Concept art empire. <https://conceptartempire.com/photobashing/>. 5.4.2021.
- Johnson, M. 2020. Modeling a human hand. Topology guides. <https://topologyguides.com/>. 6.5.2021.
- Learn OpenGL. 2021. OpenGL. Learn OpenGL. <https://learnopengl.com/Advanced-Lighting/Normal-Mapping>. 22.4.2021.
- Levitt, C. 2012. Utahraptor ostrommaysorum. Natural history museum of Utah. <https://nhmu.utah.edu/utahraptor-ostrommaysorum>. 13.5.2021.
- Loomis, A. 2012. Creative illustration. London: Titan Books.
- Marmoset. 2021. Marmoset Toolbag 4. Marmoset. <https://marmoset.co/toolbag/rendering/>. 5.5.2021.
- Martinez del Rio, C & Karasov, W. 2010. Body size and temperature: Why they matter. Nature. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/body-size-and-temperature-why-they-matter-15157011/>. 15.3.2021.
- McAnlis, C. 2016. How PNG works. Medium. <https://medium.com/@duhroach/how-png-works-f1174e3cc7b7>. 13.5.2021.
- Mcreynolds, T. Blythe, D. 2005. Texture mapping. Sciencedirect. <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/texture-mapping>. 7.5.2021.
- Media collage. 2021. What is 3D. media collage. <https://www.media-college.com/3d/intro.html>. 6.5.2021.
- National park service. 2021. Mosasaur: Apex predator of the western interior seaway. <https://www.nps.gov/articles/000/mosasaur.htm>. 13.5.2021.

- NOAA Fisheries. 2021. Killer whale. NOAA Fisheries. <https://www.fisheries.noaa.gov/species/killer-whale>. 13.5.2021.
- Overwatch. 2016. Blizzard Entertainment.
- Paakkunainen, J. 2016. Pelihahmojen luominen pelimoottoriin. Karelia-ammattikorkeakoulu. Media-alan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016111616289>. 13.5.2021.
- Palmer, S. Schloss, Z. Xu, Z & Prado- León, L. 2013. Music–color associations are mediated by emotion. PNAS. <https://www.pnas.org/content/110/22/8836.short>. 11.4.2021.
- Passy. 2013. Geometry in the animal kingdom. Passy's world of mathematics. <http://passyworldofmathematics.com/geometry-in-the-animal-kingdom/>. 9.4.2021.
- Petty, J. 2021. What is retopology? (a complete intro guide for beginners). Concept art empire. <https://conceptartempire.com/retopology/>. 6.5.2021.
- Pixologic. 2021a. System specs. Pixologic. <https://pixologic.com/zbrush/system/>. 21.4.2021.
- Pixologic. 2021b. Brushes. Pixologic. <http://docs.pixologic.com/reference-guide/brush/brush-types/>. 21.4.2021.
- Pixologic. 2021c. Dynamesh. <http://docs.pixologic.com/user-guide/3d-modeling/modeling-basics/creating-meshes/dynamesh/>. 6.5.2021.
- Pixologic. 2021d. SubTools. Pixologic. <http://docs.pixologic.com/reference-guide/tool/polymesh/subtool/>. 28.4.2021.
- Pixologic. 2021e. ZBrush at a glance. Pixologic. <http://pixologic.com/features/about-zbrush.php>. 23.4.2021.
- Rihlma, S. 1997. Värioppi. Tampere.
- Rincon, P. 2015. 'Blood cells' found in dino fossils. BBC. <https://www.bbc.com/news/science-environment-33067582>. 13.4.2021.
- Schechter, S. 2020. Essential guide to 3D file formats. Marxent labs. <https://www.marxentlabs.com/3d-file-formats/>. 7.5.2021.
- Shelomi, M & Zeuss, D. 2017. Bergmann's and Allen's rules in native european and Mediterranean Phasmatodea. Frontiers. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2017.00025/full>. 13.4.2021.
- Substance. 2021b. Baking. Substance. <https://docs.substance3d.com/spdoc/baking-109608997.html>. 13.5.2021.
- Substance. 2021a. Substance painter. Substance. <https://www.substance3d.com/products/substance-painter/>. 22.4.2021.
- Substance. 2021c. Paint brush. Substance. <https://docs.substance3d.com/spdoc/paint-brush-34275374.html>. 23.4.2021.
- Substance. 2021d. Matching by name. Substance. <https://docs.substance3d.com/bake/matching-by-name-182256530.html>. 14.6.2021.
- Substance. 2021e. Substance designer. Substance <https://www.substance3d.com/products/substance-designer/>. 14.6.2021.
- Techterms. 2021. Rendering. Techterms. <https://techterms.com/definition/rendering>. 7.5.2021.
- Thacker, J. 2017. 10 Thing you need to become a creature designer. Gnomon. <https://www.gnomon.edu/blog/10-things-you-need-to-know-to-become-a-creature-designer>. 5.4.2021.
- Tapio, H. 2019. Käsinmaalatun 3D-hahmon suunnittelu ja luominen. Karelia-ammattikorkeakoulu. Media-alan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201905098597>. 13.5.2021.

- Toppr. 2021. 2D and 3D Shapes. Toppr. <https://www.toppr.com/guides/maths/visualising-solid-shapes/2d-and-3d-figures/>. 6.5.2021.
- Ufo3d. 2021. History of 3D modelling: from Euclid to 3D printing. Ufo3d. <https://ufo3d.com/history-of-3d-modeling/>. 19.4.2021.
- Unreal Engine. 2020. A first look at Unreal Engine 5. Unreal Engine. <https://www.unrealengine.com/en-US/blog/a-first-look-at-unreal-engine-5>. 20.4.2021.
- Viramgama, A. 2019. Tiny triangles are used to make video games instead of squares – why? Ashutosh Viramgama. <https://ashutoshviramgama.com/tiny-triangles-are-used-to-make-video-games-instead-of-square-why/>. 20.4.2021.
- Walt Disney Family Museum. 2020. Tips and techniques, shape language. Walt Disney. [https://www.waltdisney.org/sites/default/files/2020-04/T%26T\\_ShapeLang\\_v9.pdf](https://www.waltdisney.org/sites/default/files/2020-04/T%26T_ShapeLang_v9.pdf). 9.4.2021.
- Whitlatch, T. 2015. Science of creature design. California: Design studio press.