

Juska Kellokumpu

Pään mallintaminen eri tavoilla



Tradenomi
Tietojenkäsittely
Syksy 2018



KAMK • University
of Applied Sciences

Tiivistelmä

Tekijä(t): Kellokumpu Juska

Työn nimi: Pään mallintaminen eri tavoilla

Tutkintonimike: Tradenomi, tietojenkäsittely

Asiasanat: 3D-mallinnus, pelihahmot, peligrafiikka

Opinnäytetyössä tutkittiin eri tapoja mallintaa pää. Työhön otettiin pelialan näkökulma eli miten mallintamisen prosessi etenee peligraafikoilla. Pään mallintamiseen on olemassa monia keinoja. Suosituimmat mallintamistavat ovat laatikkomallintaminen, särmämallintaminen ja digitaalinen veistäminen. Lisäksi pelialalla on paljon huomioonotettavia asioita ja työtapoja. Työ pyrkii antamaan tietoa eri mallintamistavoista ja peligrafiikan työvaiheista.

Työn alussa selostettiin 3D-mallintamiseen liittyviä käsitteitä ja käytiin läpi mallintamistavat lyhyesti. 3D-malli koostuu monikulmioista eli polygoneista, jotka koostuvat pisteistä eli vertekseistä, niiden välisistä sivuista eli särmistä sekä särmien välissä olevista tasoista eli tahkoista. Mallintamistavat ovat laatikkomallintaminen, särmämallintaminen ja digitaalinen veistäminen. Laatikkomallintamisessa mallinnus aloitetaan alkeellisesta muodosta vähitellen muokaten muotoonsa. Särmämallintamisessa mallintaminen aloitetaan yksittäisiä polygoneja asettelemalla. Digitaalisessa veistämisessä mallia muokataan siveltimillä saven tapaan.

Sen jälkeen syvennyttiin pelialan ja -hahmon työvaiheisiin. Pelihahmon luomisen vaiheita ovat konsepti, mallintaminen, teksturointi, rigaus ja animointi. Esimerkkejä erilaisista päistä eri peleistä annettiin lukijalle. Samalla sivuttiin Mario -pelihahmon eri 3D-mallien historiaa ja kehittymistä. Sitten keskityttiin artisteille tärkeään aiheeseen, anatomiaan. Pääkallo ja sen päällä olevat lihakset antavat kasvoille muodon. Lihakset liikuttavat kasvojen ihoa tietyllä tavalla. Sen avulla pään mallintamiseen voitiin uppoutua kunnolla. Pään topologia perustuu kasvojen lihaksiin ja uurteisiin. Teoriaosuudessa lopuksi käsiteltiin eri mallintamistapoja pohdiskelevasti miettien niiden hyötyjä, haittoja ja käyttötarkoituksia.

Työn kehittämistehtävässä eli käytännön osuudessa mallinnettiin kolme erilaista päätä laatikkomallintamisella, särmämallintamisella ja digitaalisella veistämällä. Aluksi hahmojen päät suunniteltiin ja malliarkit piirrettiin Kritassa. Sen jälkeen hahmot mallinnettiin Blenderissä. Lisäksi osalle hahmoista tehtiin myös tekstuurit.

Työn tuloksissa havaittiin, että mallintamistavat ovat pohjimmiltaan erilaisia. Niiden työnkulku eroaa, varsinkin digitaalisen veistämisen. Mallintamistapoja voi myös käyttää yhdessä. Mallintamistavan valinta voi riippua monista eri tekijöistä, kuten työpaikan tavoista tai artistin mieltymyksestä.

Abstract

Author(s): Kellokumpu Juska

Title of the Publication: Different Ways for Modeling a Head

Degree Title: Bachelor of Business Administration, Business Information Technology

Keywords: 3D modeling, game characters, game graphics

The subject of this thesis was to learn different ways for modeling a head in 3D. The focus was on game characters. There are a lot of different ways to model a head. The most well-known modeling techniques are box modeling, edge modeling and digital sculpting. There are also different workflows and limitations in game graphics. This thesis aimed to gather information about different modeling techniques and workflows for making a head of a game character.

The first part of this thesis explained the terms and basics of 3D modeling. A 3D model is composed of polygons, faces, edges and vertices. Different modeling techniques were then touched on. The most used techniques are box modeling, edge modeling and digital sculpting. In box modeling a primitive shape is used to build the model. Edge modeling means building a model by adding polygons little by little. The model is shaped like a clay in digital sculpting.

The second part focused on the workflows in the gaming industry and character creation process. A concept of the character is drawn, which will be used in modeling. After modeling the character, it will be texturized. Then the character can be rigged and animated. The thesis also showed examples of different heads in games and how Mario's 3D models have changed over time. Finally, in the last part of the theory, head modeling was the main point. The anatomy of the head was studied because of its importance for artists. The skull and the muscles give shape for the head. The muscles move the skin around in the face. Then the ways of modeling a head were researched. Topology of the face is based on the muscles and wrinkles. At the end, different modeling techniques were discussed.

In the practical part of the thesis three heads were made by the most used modeling techniques: box modeling, edge modeling and digital sculpting. The characters were first designed, and the model sheets were drawn in Krita. After that the heads of the characters were modelled in Blender. Some of the characters were also texturized.

The outcome of the thesis was that the studied modeling techniques are fundamentally different. Their workflows differ, especially digital sculpting has a more artistic workflow. Modeling techniques can also be used together. Choosing the modeling technique might depend on different factors, for example the workplace's and the artist's preferences.

Alkusanat

Kiitoksia kaikille matkassa mukana olleille.

Sisällys

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | 3D-mallintaminen | 3 |
| 2.1 | 3D-mallintamisen perusteet | 3 |
| 2.2 | Mallintamistavat | 6 |
| 2.2.1 | Laatikkomallintaminen | 6 |
| 2.2.2 | Särmämallintaminen | 7 |
| 2.2.3 | Digitaalinen veistäminen | 8 |
| 2.2.4 | Muita tapoja | 9 |
| 3 | Pelihahmon mallintaminen | 11 |
| 3.1 | Pelinkehityksen yleinen käytäntö | 11 |
| 3.2 | 3D-mallintamisen erot pelialalla ja elokuva-alalla | 12 |
| 3.3 | Pelihahmon luominen | 15 |
| 3.3.1 | Pelihahmon luomisen yleinen prosessi | 15 |
| 3.3.2 | Konseptivaihe | 16 |
| 3.3.3 | Mallintaminen | 21 |
| 3.3.4 | Teksturointi | 24 |
| 3.3.5 | Rigaus ja animointi | 28 |
| 3.4 | Esimerkkejä pelihahmoista | 29 |
| 4 | Pään mallintaminen | 38 |
| 4.1 | Ihmisen anatomia | 38 |
| 4.1.1 | Pään luut | 40 |
| 4.1.2 | Pään lihakset ja kaula | 43 |
| 4.1.3 | Kasvonpiirteet | 45 |
| 4.1.4 | Mittasuhteet | 47 |
| 4.2 | Mallintaminen | 50 |
| 4.3 | Mallintamistekniikoiden vertailua | 56 |
| 5 | Kehittämistyö | 58 |
| 5.1 | Laatikkomallinnettu pää | 59 |
| 5.2 | Särmämallinnettu pää | 64 |
| 5.3 | Digitaalisesti veistetty pää | 72 |
| 6 | Yhteenveto | 77 |

| | |
|---------------|----|
| Lähteet | 78 |
|---------------|----|

Symboliluettelo

CGI: computer-generated imagery eli CGI-grafiikka on tietokoneohjelmalla tehtyä grafiikkaa

digitaalinen veistäminen: 3D-mallin muokkaamista siveltimien avulla

ekstruusio: 3D-malliin saadaan lisää geometriaa pursottamalla polygoni ulospäin mallista

jakaminen: 3D-malliin lisätään geometriaa jakamalla polygonit useampaan osaan

laatikkomallintaminen: mallintaminen aloitetaan alkeellisesta muodosta

LOD: level of detail, eri yksityiskohtaisuuden tasoja mallissa

luoppi: särmien muodostama luoppi, jossa ensimmäinen ja viimeinen särmä yhdistyvät

materiaali: tietokonegrafiikassa materiaali simuloi oikeita materiaaleja

n-kulmio: polygoni, joka on viisikulmio tai suurempi, mikä ei sovellu hyvin mallintamiseen

polygoni: 3D-grafiikan monikulmion kaltainen primitiivi, joka on yleensä kolmion tai nelikulmio

polygonibudjetti: suurin sallittu määrä polygoneja, joita saa näkyä pelin ruudulla yhtäaikaan

polygoninen mallintaminen: artisti muokkaa käsin polygoneja, laatikko- ja särmämallintaminen

polygoniverkko: kolmiulotteinen kappale, joka koostuu polygoneista.

resoluutio: 3D-mallin hienous, kuinka paljon polygoneja on mallissa

särmä: 3D-grafiikan jana, jonka molemmissa päissä on verteksit

särmämallintaminen: malli rakennetaan pala palalta polygoni kerrallaan

tahko: 3D-grafiikan taso, joka koostuu särmistä ja vertekseistä

tekstuuri: 2D-kuva, joka sijoitetaan 3D-mallin pinnalle

topologia: polygonien järjestys 3D-mallissa

UV-purkaminen: 3D-malli puretaan osiin ja 3D-koordinaatit muutetaan 2D-koordinaateiksi

verteksi: pistemäinen kappale 3D-grafiikassa

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on ”Pään mallintaminen eri tavoilla”. Se käsittelee ihmishahmon pään mallintamista 3D:nä. Aihe koskee peligrafiikkaa ja siinä käsitellään eri mallintamistapoja, joita voi hyödyntää omassa pelissään. Nämä eri mallintamistyyliä ovat laatikkomallintaminen eli valmiista muodosta muokkaaminen, särmämallintaminen eli mallintaminen yksittäisistä polygoneista, ja digitaalinen veistäminen eli muodon muokkaaminen vapaasti kädellä, mikä muutetaan myöhemmin kevyempään muotoon. Tässä työssä siis tarkastellaan erilaisia tapoja mallintaa ihmishahmon pää. Työn tavoitteena on koostaa tietoa ymmärrettäväksi osiksi ja käydä läpi pään mallintamista. Työ on projektimainen. Käytännön projektiosuudessa mallinnetaan kolme eri päätä kolmella eri mallintamistavalla. Työssä vertaillaan mallintamistapoja keskenään ja pohditaan, mihin tarkoitukseen tavat sopivat. Työ pyrkii vastaamaan kysymyksiin: ”Millaisia eri työtapoja on mallintaa pää?” ja ”Mihin eri tarkoituksiin ne soveltuvat?”. Työssä käydään läpi pelialan työtapoja, hahmon luomisprosessia ja pään anatomiaa.

Aihe on valittu oman mielenkiinnon pohjalta. Olen kiinnostunut pelihahmojen tekemisestä ja haluan parantaa mallintamistaitojani oppiakseni tekemään hyviä 3D-hahmoja. Innostus kasvoi myös tutoriaaleja katsoessa, ja huomasin, että on olemassa erilaisia keinoja mallintamiseen. Aikaisempia opinnäytetöitä tutkiessani huomasin, että hahmon mallintamisesta on jo olemassa muutamia töitä, mutta kasvoihin ei ollut keskitytty, ja työt seurasivat vain yhtä tapaa tehdä asioita. Haluan siis vertailla eri mallintamistapoja ja tutkia niiden hyötyjä ja haittoja.

Mallintamisessa on tärkeää tehdä hahmosta hyvännäköinen, jotta se miellyttää pelaajaa. Varsinkin pää tulee tehdä hyvin. Virheet päässä voivat luoda oudon vaikutelman. Mallintamisessa on olemassa erilaisia työtapoja, ja ne koskettavat myös päätä. Työ voi olla merkittävä alalla, varsinkin aloittelijoiden on hyvä tietää erilaisista mallintamistavoista ja osata päättää, mitä käyttää. Koska 3D-grafiikka ja ihmishahmot ovat nykyään yleisiä pelialalla, pään onnistunut mallintaminen on tärkeää.

Teknologia ja grafiikka kehittyvät koko ajan. Myös grafiikan työtavat kehittyvät ja uusia keinoja syntyy. Pään mallintaminen ei ole aiheena uusi, sillä hahmoja on tehty 3D:nä jo kauan. Se on kuitenkin ajankohtainen. Monet suosittu pelit keskittyvät myös hahmojen välisiin suhteisiin ja tunteisiin, joten hyvin mallinnettu pää toimii animaatioissa ja tunteiden näyttämisessä. Tämä työ ei

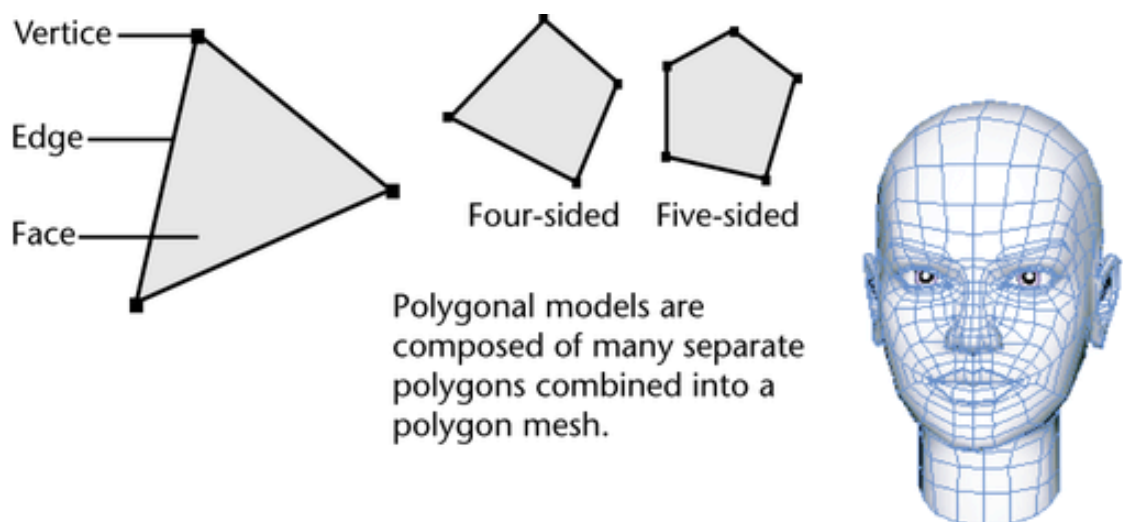
kuitenkaan synnytä uutta tietoa, vaan se pikemminkin kokoaa yhteen tietoa, mitä löytyy hajaute-
tusti. Työ pyrkii saamaan monipuolista tietoa ja selittämään perusteellisesti eri mallintamistavat
pään suhteen.

Työn aineistona käytetään painettua kirjallisuutta sekä sähköisiä lähteitä. Ihmishahmon mallinta-
misesta ja anatomiasta löytyy kirjoja. Internetistä löytyviä tutoriaaleja ja artikkeleita voidaan hyö-
dyntää työssä. Työssä pyritään suosimaan enimmäkseen alan ammattilaisten tekemää materiaa-
lia ja aiheellisia lähteitä. Pluralsight-sivustolta löytyy ammattilaisten tekemiä tutoriaaleja. Niissä
käytetään maksullisia 3D-mallinnusohjelmia, kuten Mayaa. Opinnäytetyössä käytetään kuitenkin
ilmaista Blenderiä mallintamiseen.

2 3D-mallintaminen

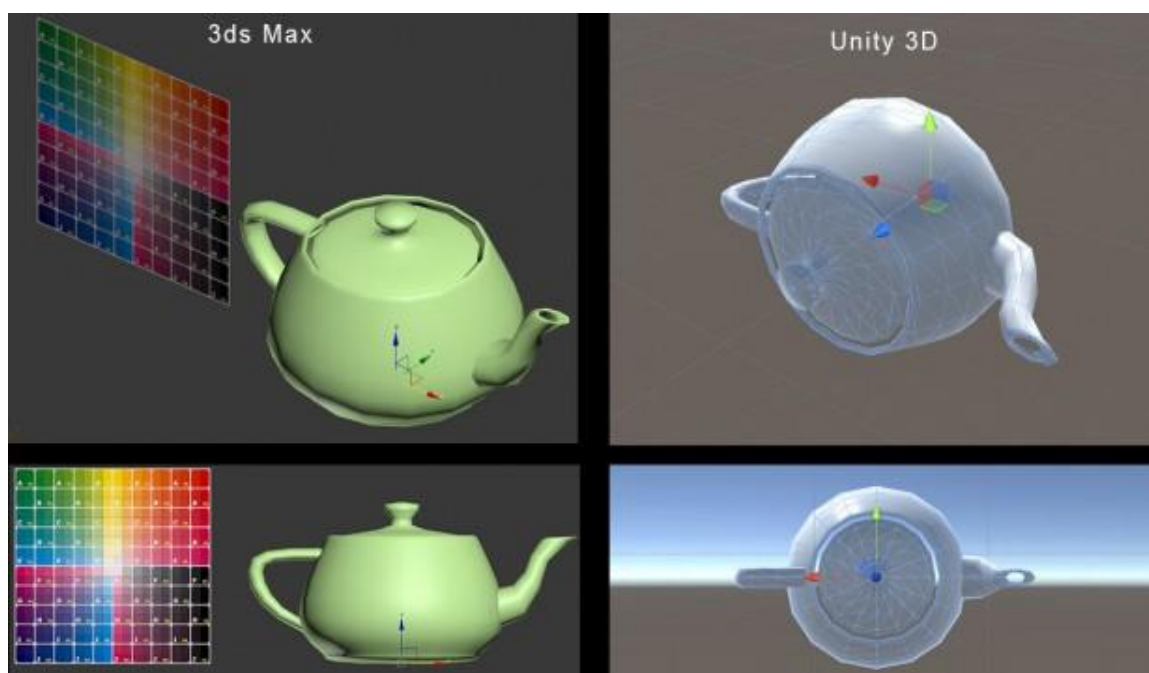
2.1 3D-mallintamisen perusteet

Kolmiulotteinen mallinnus eli 3D-mallinnus on erittäin yleistä nykyaikana. Sitä voidaan käyttää monilla eri aloilla, kuten peleissä, elokuvissa, arkkitehtuurissa, mainonnassa ja tieteiden alalla, esimerkiksi geologiassa (Steve's Digicams, n.d.). 3D-malli koostuu polygoniverkosta (englanniksi polygon mesh), joka koostuu pienemmistä osista. Pienin osa on verteksi (vertex), joka on piste 3D-maailmassa. Kahden pisteen välinen viiva on särmä (edge). Verteksit ja särmät muodostavat tahkon (face), jolla on pinta. Sitä voidaan kutsua myös polygoniksi (polygon) eli monikulmioksi. Yksinkertaisin tahko on kolmio (triangle), joka koostuu kolmesta särmästä ja verteksistä. Nelisärmäinen tahko on nelikulmio (quadrilateral, lyhennettynä quad). Ne ovat yleisimpiä käytettyjä polygoneja 3D-mallinnuksessa. Viisikulmio ja sitä suuremmat kulmiot ovat n-kulmioita eli n-goneja (ngon), jossa n tarkoittaa kulmioiden lukumäärää. 3D-mallinnusohjelmissa on yleensä olemassa myös valmiita alkeellisia muotoja, kuten pallo ja kuutio, joita voidaan hyödyntää mallintamisessa. (Totten 2012, 9.) Nämä objektit eli muodot ovat 3D-grafiikan perusteita. 3D-grafiikkaan voidaan viitata myös termillä CGI-grafiikka (Computer-generated imagery) (Totten 2012, 9). Kuvassa 1 on eri polygonien käsitteitä. Polygoniverkko koostuu siis useista polygoneista, joka koostuu pienemmistä rakennusosista.



Kuva 1. Polygonin käsitteitä

3D-maailma eli kolmiulotteinen maailma koostuu x- ja y-akselien lisäksi z-akselista. Akselien välinen leikkauspiste on nimeltään origo eli keskipiste. Sen koordinaatit ovat akselleilla 0, 0, 0. Koordinaattien avulla jokaisen pisteen voi määrittellä ja löytää. Akselien ja koordinaattien avulla suunnistaminen ja hahmottaminen 3D-maailmassa luonnistuu. Yleensä x-akseli tarkoittaa pituusakselia, y-akseli leveysakselia ja z-akseli korkeusakselia. Ne voivat kuitenkin vaihdella eri ohjelmien välillä. (Clinton 2008, 5.) Esimerkiksi kuvassa 2 on nähtävissä, että akselit osoittavat eri suuntiin 3ds Max -mallinnusohjelmassa ja Unity-pelimoottorissa. 3D-malli näyttää kääntyneen 90 astetta akselinsa ympäri.



Kuva 2. Teeppanu on kääntynyt pelimoottorissa

3D-malleista voidaan saada realistisen näköiset materiaalien avulla. Materiaalit kertovat 3D-ohjelmalle, miten simuloida oikean maailman materiaaleja. Mallista voi tehdä esimerkiksi kiiltävän, matan, pehmeän tai kovan näköisen. Materiaali koostuu varjostimesta (shader), joka kuvaa, miten materiaali reagoi valoon, ja tekstuurista, joka on 2D-kuva. Käyttäjä voi nähdä mallinsa 3D-skenessä. Skenessä tärkeitä ovat valot ja kamerat. Valot toimivat kuten oikeassa elämässä, luoden valoja ja varjoja malliin. Myös kamera on kuin oikea kamera, jolla voidaan ottaa kuvia mallista. (Totten 2012, 11.) Kuvan ottaminen 3D-mallista on renderöintiä (rendering).

3D-mallinnusohjelmissa on erilaisia työkaluja, joilla malleja voidaan muokata. Jokaisessa ohjelmassa on muunnostyökalu (transformation tool), jolla mallia tai sen osia voidaan liikuttaa, kää-

tää ja skaalata. (Totten 2012, 11.) Ekstruusio (extrusion) on yleinen työkalu mallintajalle. Sillä lisätään malliin geometriaa valitsemalla esimerkiksi yksi tahko, joka ikään kuin pursotetaan ulospäin. Mallin resoluutiota voidaan lisätä jakamalla (subdivide) tahkot useaan osaan, mikä antaa mallille pehmeämmän muodon, kuten kuvassa 3 näkyy. Koko mallin voi jakaa tai työkalulla voi valita tietyt kohdat, joita haluaa jaettavan. Alussa malli on erittäin karkea eikä siinä ole paljon polygoneja, mutta jakamalla mallista saa hienojakoisemman. Resoluutiota voidaan lisätä helposti myös särmäluuppeihin (edge loops), jotka ovat jatkuvia polygonisarjoja. Niitä käytetään antamaan resoluutiota sellaisiin kohtiin, jotka vaativat enemmän yksityiskohtia eikä se lisää resoluutiota turhaan muualle. Ihmishahmossa tällaiset kohdat ovat esimerkiksi silmät ja nivelalueet.



Kuva 3. Mallin jakaminen Blenderissä ilman pehmenystä ja pehmennyksen kanssa.

Manuaalinen muokkaus on yksittäisten verteksin liikuttamista mallissa. Mallintaja lopuksi hienosäätää malliaan. Hän toimii kuin veistäjä, aluksi keskittyen vain massaan ja muotoon, ja lopuksi hän tekee yksityiskohdat. Tämä siistimisvaihe voi viedä suurimman osan mallintajan ajasta. Työkaluilla työskentely on vaivatonta, mutta käsin verteksin liikuttelu voi olla työlästä. Se kuitenkin viimeistelee mallin tehden siitä valmiin. (Slick 2016.) Mallinussohjelmien työkaluja voidaan käyttää helposti hiiren ja näppäimistön avulla erilaisia pikanäppäimiä hyödyntäen, jolloin työskentelystä tulee nopeaa ja sujuvaa (Totten 2012, 11). Monia erilaisia työkaluja on olemassa, mutta nämä ovat yleisesti käytettyjä.

Lisäksi 3D-mallia voi muuttaa modifikaattoreiden avulla. Ne mahdollistavat mallin helpon muokkaamisen, mikä ei muuta pysyvästi mallia. Ne eivät vaikuta mallin geometriaan. Modifikaattoreita voi lisätä useita, ne voidaan poistaa tai muuttaa geometriaksi. Esimerkiksi Blenderissä Mirror -modifikaattorilla mallista saa peilikopion. Subdivision Surface -modifikaattori jakaa koko mallin antaen enemmän resoluutiota ja tehden mallista pehmeämmän näköisen. (Blender Manual n.d.)

3D-mallintaminen vaatii erilaisia resursseja. Tietokoneen on oltava riittävän tehokas pyrittääkseen mallinnukseen tarvittavia ohjelmistoja. Sen ei kuitenkaan tarvitse olla huipputehokas. Tietokoneessa tärkeää on näytönohjain, joka piirtää grafiikkaa näytölle. (Clinton 2008, 1.) Jos 3D-mallinnusta aikoo harrastaa tai tietää työskentelevänsä suuriresoluutioisten eli raskaiden mallien ja tiedostojen kanssa, on hyvä sijoittaa tietokoneen osiin rahaa. 3D-mallintaminen vaatii 3D-ohjelmistoja, joilla voidaan tehdä 3D-grafiikkaa ja jotka osaavat käsitellä 3D-tiedostoja (Clinton 2008, 2). Tunnetuimpia 3D-ohjelmistoja ovat 3ds Max, Maya ja Blender. Näistä Blender on ilmainen, mutta muista voi saada ilmaisen kokeiluversion käyttöön kuukauden ajaksi. Suuremmat peliyrietykset vaikuttavat käyttävän enemmän 3ds Maxia ja Mayaa, koska ne ovat alan standardia. Pienemmät yritykset suosivat enemmän Blenderiä, koska se ei tuota kuluja. Blender voi sopia hyvin myös harrastelijoille, mutta sen käyttäminen voi vaatia opettelua. Myös aika on yksi resurssi, sillä mallintamisen ja ohjelmiston opetteluun menee aikaa (Clinton 2008, 2). Aloittelijan on hyvä aloittaa yksinkertaisista asioista, kuten laatikosta, oppiakseen 3D-mallintamisen perusasiat. Hiljalleen hän voi edetä monimutkaisempiin malleihin, kuten hahmoihin. Ammattimainen mallintaja voi mallintaa hahmon valmiiksi alle viikossa, kun taas aloittelijalla voi kulua samaan kuukausi (Clinton 2008, 2).

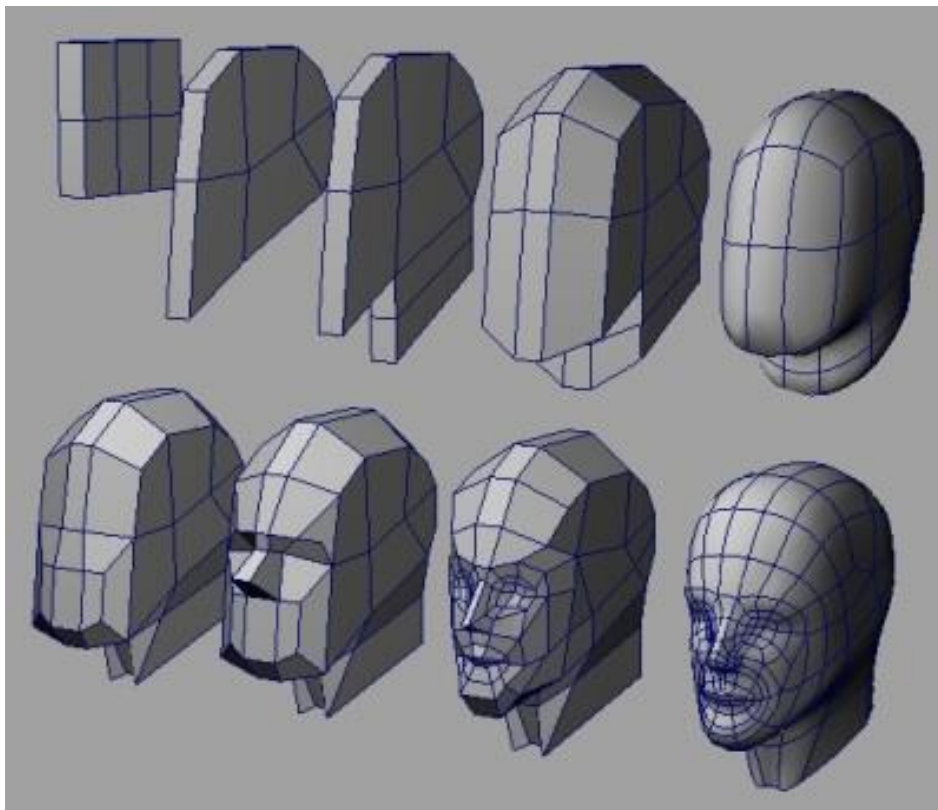
2.2 Mallintamistavat

Mallintamisessa on olemassa erilaisia mallintamistapoja. Tunnetuimpia ovat polygoniset mallintamistavat, johon kuuluvat laatikkomallintaminen ja särmämallintaminen. Nykyään digitaalinen veistäminen on kasvattanut suosiota. Muita mallintamistapoja on olemassa erilaisiin tarkoituksiin.

2.2.1 Laatikkomallintaminen

3D-mallintamisessa on erilaisia mallintamistekniikoita, joita voidaan hyödyntää eri tilanteissa. Laatikkomallintamisessa (box modeling) artisti aloittaa mallintamisen valmiista geometrisestä muodosta, esimerkiksi kuutiosta, ja muokkaa muodon haluttuun lopputulokseen asti. Laatikkomallintajat työskentelevät vaiheittain aloittaen yksinkertaisesta muodosta, välillä jakaen sen saadakseen enemmän resoluutiota ja yksityiskohtia. Tätä toistetaan, kunnes malli on valmis. (Slick 2017.) Kuvassa 4 on esimerkki päästä, joka on tehty tällä tekniikalla. Totten sanoo, että kuutiosta mallintaminen on helppo aloittaa, koska se on yksinkertainen muoto. Sitä on helppo muokata

haluamallaan tavalla, vaikka se voikin alussa tuntua epäorgaaniselta muodolta. (Totten 2012, 48.) Useiden mielestä laatikkomallintaminen on helppo ja luonnollinen tapa mallintaa, joten siitä voi olla hyvä aloittaa (Williamson 2011, 99).

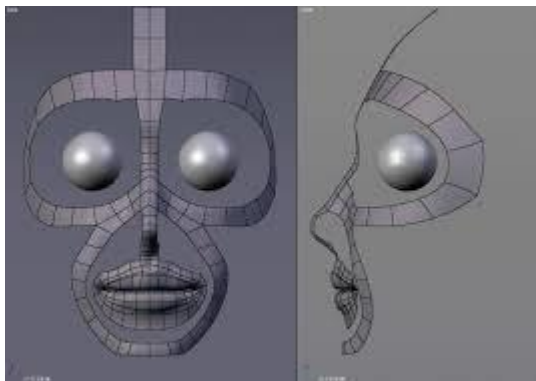


Kuva 4. Laatikkomallinnettu pää.

2.2.2 Särmämallintaminen

Särmämallintaminen (edge modeling) on toinen mallintamistekniikka, mutta se on olennaisesti erilainen laatikkomallintamisesta. Särmämallintamisessa malli rakennetaan pala palalta asettaen polygoniluuppeja ja tahkoja tärkeisiin kohtiin ja piirteisiin, joiden jälkeen ne voidaan yhdistää ja tyhjät kohdat voidaan helposti täyttää. Se voi kuulostaa monimutkaiselta, mutta joitakin malleja voi olla hankala rakentaa pelkällä laatikkomallintamisella, esimerkiksi ihmisen kasvot. Kasvojen mallintaminen vaatii tarkkaa topologiaa eli polygonien järjestystä. Särmämallintaminen antaa tarpeeksi tarkkuutta polygonien järjestämiselle. On helpompaa mallintaa aluksi silmän ulkomuoto ja jatkaa siitä. Laatikkomallintamisessa silmän muoto voi olla hankala rakentaa, koska kuutiossa topologia on erilainen. Kun särmämallintamisessa kasvojen tärkeimmät kohdat, kuten silmät, huu-

let, nenä ja leuka on tehty, loppu menee paikalleen kuin itsestään (kuva 5). Laatikko- ja särmämallintaminen ovat polygonisia mallintamistekniikoita, koska niissä artisti muokkaa polygoneja suoraan käsin. Nämä mallintamistekniikat ovat tavallisia tapoja mallintaa ja niitä voidaan käyttää myös yhdessä muiden mallintamistekniikoiden kanssa. (Slick 2017.)



Kuva 5. Pään särmämallintamisessa voi polygoneista rakentaa tärkeimmät kohdat ensin.

2.2.3 Digitaalinen veistäminen

Digitaalinen veistäminen (sculpting) on yleistynyt teknologian kehittyessä. Veistäminen antaa artisteille vapaat kädet, sillä he voivat vapaasti luoda mallin ikään kuin veistämällä digitaalista savea. Heidän ei tarvitse huolehtia mallin topologiasta vaan he voivat keskittyä tekemään mallista mahdollisimman hyvän näköisen. Digitaalinen veistäminen tuo mallintamisen uudelle tasolle, tehden siitä nopeampaa ja tehokkaampaa. Artisti voi työstää mallia, joka koostuu miljoonista polygoneista. (Slick 2017.) Veistäminen tapahtuu yleensä siihen tarkoitettuissa ohjelmissa, mutta esimerkiksi Blenderissä on mahdollisuus veistää mallia. Mallia muokataan erilaisten siveltimien avulla eli yksittäisiä verteksejä ja polygoneja ei tarvitse liikutella käsin. Veistämisen avulla pelkästä kuutiosta voi kuoriutua erittäin yksityiskohtainen hahmo. Sillä voidaan myös lisätä yksityiskohtia olemassa olevaan malliin. Kaikkia malleja ei kuitenkaan voi tehdä veistämällä, sillä ne ovat liian raskaita käytettäväksi, koska niissä on liikaa polygoneja. Lisäksi mallin topologiaa ei oteta huomioon. Topologia on tärkeä animaatiossa, joten mallin topologia tulee rakentaa uudelleen (retopology), jos sitä aiotaan käyttää pelissä tai animaatiossa. (Totten 2012, 105.) Artisti voi rakentaa mallin topologian uudelleen itse käsin tai käyttää siihen tarkoitettua ohjelmaa.

Zbrush on yksi digitaaliseen veistämiseen tarkoitettuista ohjelmista. Sen saapuminen alalle on muuttanut yleistä työkulkua. Aikaisemmin artistit tekivät epätarkan mallin, jonka pohjalta tehtiin tarkka malli. Nyt digitaalinen veistäminen voi olla aloituspiste, jonka pohjalta tehdään epätarkka, peliin tuleva malli. Artisti voi vapaasti muokata tekemäänsä hahmoaan tai esinettä ilman epätarkan mallin rajoitteita. Hän voi tehdä pieniä ja isoja muutoksia missä tahansa prosessin vaiheessa. Työn laatu ei kärsi eikä tehtyä työtä mene hukkaan. Joustavuus sallii paremman laadun ja nopeamman työskentelyn. Zbrush-ohjelmaa on käytetty esimerkiksi The Last of Us -pelissä (kuva 6) ja Assassin's Creed -pelisarjassa. (Pixologic n.d.)



Kuva 6. The Last of Us -pelin hahmon veistetty malli näkyy oikealla.

2.2.4 Muita tapoja

Muita mallintamistekniikoita on olemassa lisää, mutta ne eivät ole niin yleisiä tai ne ovat tiettyyn tarkoitukseen. NURBS-mallintamisessa (non-uniform rational basis spline) käytetään käyriä verteksien sijasta. Käyriä voidaan muokata helposti päätepisteiden avulla. Tätä mallintamistekniikkaa käytetään paljon teollisuusalalla esimerkiksi autojen mallintamisessa. Proseduraalinen mallintaminen viittaa grafiikkaan, joka on luotu algoritmisesti tietokoneohjelmalla. Malleista on mahdollista luoda erilaisia variaatioita helposti muokkaamalla jotain asetettua parametria eli muuttu-

jaa. Yleensä proseduraalista tapaa käytetään orgaanisten rakenteiden, kuten puiden ja kasvillisuuden luomiseen. Kasvillisuus on monimutkaista ja vaihtelevaa, joten sitä olisi erittäin hankala mallintaa käsin. Tämä tekniikka siis säästää paljon mallintajien aikaa. (Slick 2017.)

Kuvapohjainen mallintaminen (image-based modeling) on prosessi, jossa voidaan luoda 3D-malli 2D-kuvien perusteella. Sitä voidaan käyttää tapauksissa, jolloin resurssit eivät riitä luomaan kokonaista 3D-mallia käsin, esimerkiksi Matrix -elokuvassa. 3D-skannauksella on mahdollista digitalisoida oikean elämän esineitä ja asioita. Se mahdollistaa myös fotorealistiseen tulokseen. Oikea esine tai ihminen skannataan ja analysoidaan, jonka jälkeen siitä voidaan tuottaa polygoninen malli. Skannausta voidaan hyödyntää silloin kun oikeasta näyttelijästä tarvitaan 3D-malli. 3D-skannaus ei kuitenkaan korvaa mallintajia, koska suurin osa mallinnettavista asioista perustuu fantasiaan eikä niitä ole olemassa oikeassa elämässä. (Slick 2017.)

3 Pelihahmon mallintaminen

Peliala on nostanut suosiotaan ja yhä useampi haluaa alalle töihin. Nykyään pelialalla työnkulku on vakiintunut yleisiin työkäytäntöihin. Peliyrityksillä on käytössä aikataulut ja virstanpylväät. Tiedyt tehtävät on saatava valmiiksi ajoissa. Peliala eroaa myös selvästi muista aloista kuten elokuva-alasta. Peliin tulevat assetit käyvät läpi erilaisia vaiheita. Pelihahmot syntyvät usein ideasta ja konseptista. Pelihahmo mallinnetaan, jonka jälkeen se teksturoidaan. Loppuvaiheessa hahmo rigataan ja animoidaan. Jokaisella peliyrityksellä voi olla kuitenkin omat tavat työskennellä. Yleiset käytänteet toimivat ohjeina ja niitä voi tarvittaessa soveltaa.

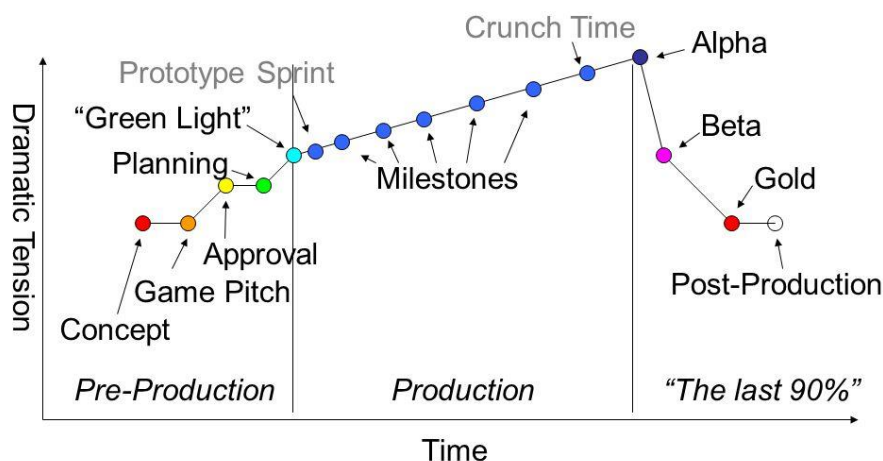
3.1 Pelinkehityksen yleinen käytäntö

Peliala on iältään vielä varsin nuori ala, joten virallista työnkulkua ei ole olemassa. Jokainen peliyritys määrittelee omat käytänteensä ja työtapaansa. Yritykset koostuvat tiimeistä, jotka koostuvat erilaisista ihmisistä. Jokaisella heillä voi olla erilaiset juuret, sillä alalle ei ole varsinaista koulutusta. Pelinkehitystiimi voi koostua ohjelmoijista, artisteista, käsikirjoittajista, tuottajista, suunnittelijoista, testaajista ja säveltäjistä. Julkaisijat hoitavat yleensä pelin bisnespuolen, kuten markkinoinnin, laki- ja raha-asiat. (Totten 2012, 2.) Nykyään peliala on kasvattanut paljon suosiota, ja koulutusta alalle on kehitetty. Lisäksi erilaisiin työtehtäviin voi erikoistua. Esimerkiksi artisti voi mallintaa pelkästään hahmoja ja toinen proppeja.

Peliprojektien aikataulut perustuvat yleensä erilaisiin virstanpylväisiin eli tiettyjen vaiheiden saavuttamiseen. Näitä vaiheita on useita. Konseptivaiheessa (concept) suunnitellaan pelin konsepti eli luonnos. Tiimi voi neuvotella ja suunnitella peliä. Konseptin valmistuessa alkaa esituotantovaihe (preproduction). Tässä vaiheessa pelistä kehitetään prototyyppijä, luonnoksia pelin ulkonäöstä ja suunnitelmia pelin toiminnasta. Pelistä kehitetään suunnitteludokumentti (GDD, game design document), jossa pelin sisältö ja toiminta käy ilmi, mikä auttaa myöhemmin tuotantovaiheessa (production). Peli-idea voidaan esitellä julkaisijalle, joka voi antaa luvan ja rahoituksen tuotantoon. Tuotantovaihetta voidaan kutsua alfavaiheeksi. Tällöin peliin tehdään asetteja, esimerkiksi 3D-malleja, tasoja ja alkeellista koodia. Tärkeintä on saada pelistä toimiva. Myöhemmin asetteja voidaan korvata paremmilla. Betavaihe tulee alfavaiheen jälkeen. Sitä voidaan kutsua myös laadunvarmistamisvaiheeksi (quality assurance). Tässä vaiheessa pelintestaus on ajankoh-

tainen, jotta pelin laatu paranee. Pelin koodista pyritään poistamaan bugeja, asetteja parannelaan, ja pelistä koitetaan saada mahdollisimman valmis. Kultavaiheessa peli on valmis julkaistavaksi massatuotantoon. (Totten 2012, 2.) Pelin vaiheet eivät välttämättä lopu tähän, vaan pelin laatua tulee ylläpitää julkaisun jälkeisillä korjauksilla. Peliin voi myöhemmin julkaista ladattavaa sisältöä (DLC, downloadable content). Kuvassa 7 on nähtävissä yleinen pelinkehityksen kulku.

Game Development Life-cycle



Kuva 7. Pelinkehityksen kulku.

3.2 3D-mallintamisen erot pelialalla ja elokuva-alalla

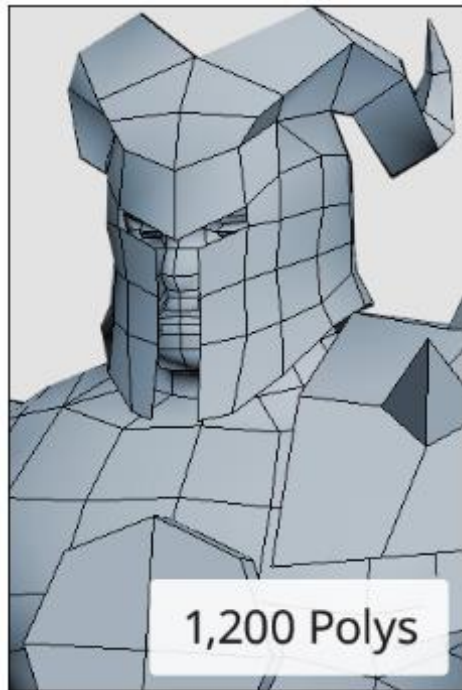
Eri medioissa 3D-mallintamisessa käytetään samoja tekniikoita ja työkaluja, mutta suurimmat erot elokuvissa ja peleissä ovat rajoitteet. Isoin ja selvin ero on polygonibudjetti. Elokuva-alalla polygoneja saa käyttää tarpeen mukaan niin paljon kuin tarvitsee mutta pelialalla rajoituksena on pelimoottorin tehokkuus. (Pluralsight 2014.) Peleistä on tullut nykyaikana entistä realistisemman näköisiä, mutta ne eivät ole lähellekään 3D-animaatioiden tasolla. Syynä tähän on se, että 3D-elokuvat ovat oikeasti valmiiksi renderöityjä 2D-kuvia. (Totten 2012, 12.)

Elokvien mallintajat keskittyvät mallin visuaalisuuteen ja he käyttävät enemmän polygoneja tehdäksseen mallista pehmeämmän näköisen ja yksityiskohtaisen. Mallintamisprosessin jälkeen 3D-animoijat renderöivät animoidusta mallista kuvia. Renderöinnissä tietokone ottaa huomioon kai-

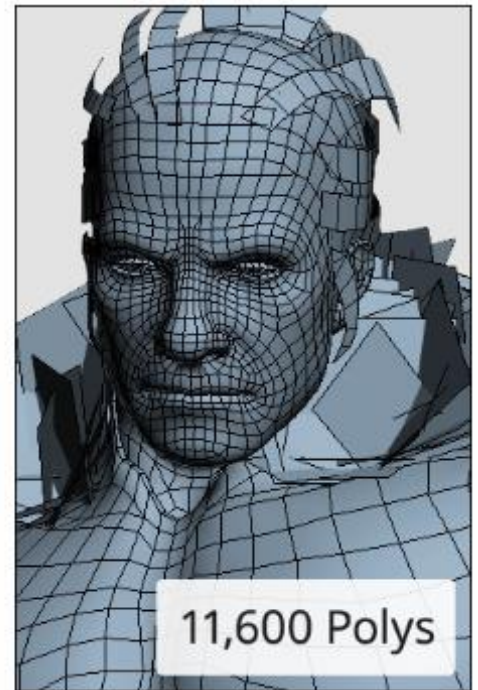
ken ruudulla näkyvän tiedon, kuten geometrian, valon ja materiaalin. Tietokone muodostaa kuvaruudusta 2D-kuvan eli renderin. Kuvassa ei siis ole ollenkaan 3D-tietoa. 3D-animaatiossa jokainen kuvaruutu renderöidään erikseen ja kuvat yhdistetään elokuvaksi. Hyvälaatuisten kuvien renderöinti voi kestää useita tunteja. Uusimpien elokuvien yhden kuvaruudun renderöinti voi kestää 38 tuntia. (Toten 2012, 12.) Pelit eivät voi olla valmiiksi renderöityjä, sillä joka kerta pelaajan liikkua voisi kestää sekunneista tuntiin renderöidä jokainen muutos ruudulla (Pluralsight 2014). Pelit renderöidään reaaliajassa. Pelimoottori siis laskee joka hetki kuvaruudun muuttuessa jokaisen geometrian, materiaalin, tekstuurin, valon ja niiden välisen vuorovaikutuksen. (Toten 2012, 12.) Vaikka pelimoottorit kehittyvät koko ajan, on polygonibudjetti silti tarpeellinen, jotta peli toimii tasaisella kuvataajuudella koko ajan. Pelin ruudulla voi olla kerralla tuhansia eri asetteja, jotka vievät tehoja. (Pluralsight 2014.)

Videopelikonsoleissa ja -moottoreissa oleva polygonibudjetti on suurin mahdollinen polygonimäärä, mikä saa näkyä ruudulla yhtä aikaa. Pelimalleista tulee rajoitteiden myötä tehdä paljon tehokkaampia. Mallin polygonien päättäminen voi olla hankalaa. Toten sanoo, että polygonien määrään vaikuttavia tekijöitä on kolme: mallin tärkeys, mallin etäisyys pelaajasta ja kuinka paljon pelaaja on vuorovaikutuksessa mallin kanssa. Tärkeät objektit, kuten pelaajan hahmo, vaatii enemmän polygoneja. Esimerkiksi Gears of Wars -pelin päähahmo koostuu 15000 polygonista, joista puolet sijaitsevat päässä. Kaukana olevan mallin yksityiskohtia ei erota, joten se ei tarvitse niin paljon polygoneja. Jos pelaaja voi tuoda esineen lähelleen ja koskea sitä, silloin polygoneja kannattaa käyttää enemmän, jotta esine näyttää hyvältä. Päävihollisella voi olla jopa enemmän polygoneja kuin päähahmolla. Heikommat viholliset eivät vaadi paljoa polygoneita. (Toten 2012, 12.)

Neljäs ja tärkein tekijä polygonimäärään on moottorin ja konsolin tehokkuus. Kuinka paljon moottori pystyy näyttämään polygoneja kerralla määrää kaiken. Nykyään konsolien ja moottorien tehokkuus on parantunut, mutta mobiilipelaaminen on nostanut suosiotaan. Mobiililaitteiden laitteiston tehokkuus on heikompaa, joten ne eivät pysty käsittelemään niin paljon polygoneja kuin muut konsolit. Esimerkiksi iPhoneen aikaisempien mallien rajoitteena oli 7000 polygonia, jotta peli toimisi. Tämä vaati pelaajahahmon olevan alle 2000 polygonia. (Toten 2012, 12.) Mobiilipelaaamisen suosion noustessa polygonimäärän tärkeys on edelleen ajankohtaista. Kuvassa 8 näkyy Playstation -konsolien polygonibudjetin kehittyminen.



**Example
PlayStation
Model**



**Example
PlayStation 3
Model**

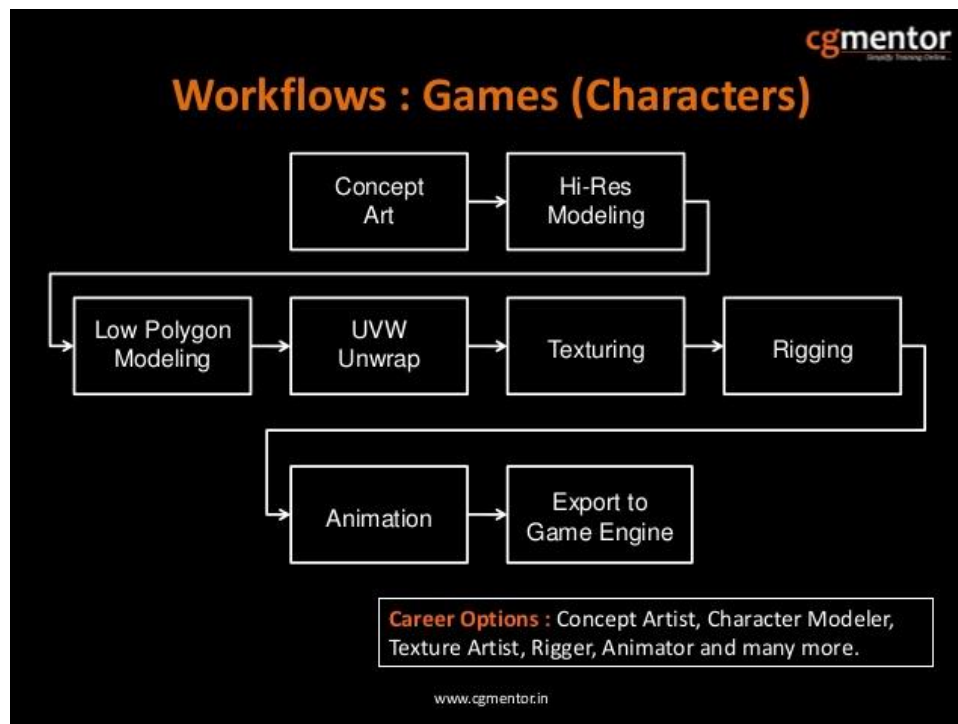
Kuva 8. Playstation -konsoleiden polygonibudjetit määrittävät kuinka paljon hahmossa saa olla polygoneja.

Pelin tulee pyöriä moitteettomasti. Peliartistien tärkeä tehtävä on pitää 3D-mallin polygonien lukumäärän mahdollisimman alhaisena, jotta mallit pysyvät kevyinä ja tietokoneella on mahdollisimman vähän laskettavaa. (Totten 2012,12.) Jos malliin ei voi laittaa enempää polygoneja, artistit voivat lisätä yksityiskohtia tekstuurien avulla. Peleissä käytetään usein LOD-tekniikkaa (level of detail, yksityiskohtaisuuden taso) eli samasta assetista on olemassa erilaatuisia versioita. 3D-malli voidaan vaihtaa versioon, jossa on paljon vähemmän polygoneja, kun pelaaja on riittävän kaukana mallista. Pelaaja ei huomaa mallin muuttumista. (Pluralsight 2014.)

3.3 Pelihahmon luominen

3.3.1 Pelihahmon luomisen yleinen prosessi

Mallin yleinen työnkulku alkaa yleensä konseptista. Konseptin pohjalta mallinnetaan hahmo. 2D-kuvan mallintaminen 3D:ksi on hyvä taito. (Danny Mac 3D 2017.) Hahmosta voidaan ensin tehdä tarkka malli esimerkiksi veistämällä. Sen pohjalta rakennetaan peliin kevyt malli. Mallinnuksen voi aloittaa myös kevyestä versiosta. Tarkkaa mallia ei välttämättä tarvitse. Hiuksista voi tehdä tyyli-tellyt polygonihiukset tai realistiset hiukset erilaisilla työkaluilla, esimerkiksi proseduraalisesti. Realististen hiusten tekeminen on monimutkaisempaa eikä se välttämättä sovi peleihin. Mallintamisen jälkeen alkaa teksturointi. Ensin malli tulee purkaa osiin, joista syntyy UV kartta. UV kartassa 3D-koordinaatit kartoitetaan 2D-pinnalle. Sen jälkeen malliin voi asettaa tekstuureja. Rigaus muuttaa staattisen hahmon digitaalisesti nukeksi, jota voi liikuttaa. Rigauksessa voi luoda kontrollit animoijaa varten, mikä helpottaa hänen työskentelyään. Luuranko on hyvä luoda, jos hahmon animoi. Hiusten mallintamisessa on erilaisia tapoja. Mallintamisen ja rigauksen jälkeen malli voidaan animoida tai poseerata. (Danny Mac 3D 2017.) Kun hahmo on valmis, se voidaan tuoda pelimoottoriin. Kuvassa 9 näkyy pelihahmon yleinen kulku. Se voi kuitenkin vaihdella artistin mukaan. Jos hahmon mallintaa muuhun kuin pelitarkoitukseen, osa työtavoista voi olla erilaisia.



Kuva 9. Pelihahmo käy yleensä läpi tiettyjä vaiheita.

Hahmon luomiseen voi osallistua koko pelitiimi. Tiimissä voi olla esimerkiksi taidepäällikkö (art director tai art lead), konseptiartisti, mallintaja, tekninen artisti, animaattori ja efektiartisti. Pienemmissä tiimeissä hahmon parissa voi kuitenkin työskennellä vain yksi tai kaksi henkilöä. (Polycount 2018.)

Pelialalla optimointi ja polygonimäärä on tärkeää. Mallin koossa on kaksi yleisesti käytettyä mitaustapaa, polygonimäärä ja verteksimäärä. Näytönohjain näkee vain kolmiot ja verteksit, joten peliartistin puhuessa polygonimäärästä, hän oikeasti tarkoittaa kolmioiden määrää. Kaikki polygonit peleissä muutetaan kolmioiksi automaattisesti. Verteksimäärä on hieman erilainen, koska se voi kasvaa esimerkiksi UV kartan saumojen myötä. Verteksit kaksinkertaistuvat tällaisissa rikkoutuneissa kohdissa, jotta se pystytään renderöimään. Liiallisia saumoja on siis hyvä välttää. (Polycount 2017.)

3.3.2 Konseptivaihe

3D-hahmon luominen ei ole yksinkertainen homma, sillä siinä yhdistyvät monet erilaiset tekniset osat. Alussa kannattaa suunnitella hahmo hyvin ennen mallintamista, teksturoimista, rigausta ja animointia. Hahmojen suunnittelu on tärkeää. Varsinkin päähenkilöt vaativat enemmän suunnittelua, että ne olisivat visuaalisesti kiinnostavia sekä markkinoitavia. Muiden hahmojen suunnittelumäärä voi vaihdella. Konseptitaide on erittäin tärkeää, sillä se antaa mallia, miltä peli ja hahmot voisivat mahdollisesti näyttää. 3D-työ on helppo aloittaa konseptitaiteen pohjalta. Konseptitaide luodaan yleensä digitaalisesti maalaamalla. Kuvankäsittelyohjelmissä, esimerkiksi Adobe Photoshop, GIMP, Krita, on olemassa erilaisia työkaluja, jotka helpottavat ja nopeuttavat työntekoa. Konseptitaiteessa voidaan myös kuvata pelielementtejä. Konseptitaidetta voidaan tehdä hahmoista, tasoista, ympäristöstä, esineistä ja kaikesta muusta mahdollisesta. (Totten 2012, 4-46.)

Hahmon mallintamisessa on oleellista tietää, millaisen hahmon aikoo luoda. Millainen on hahmon design, tyyli, historia ja genre? Hahmon ymmärtäminen auttaa mallintamisprosessissa, esimerkiksi kuinka paljon yksityiskohtia hahmo tarvitsee ja millaisia asusteita hän käyttää. Valmis kuva, kuten luonnokset ja malliarkki helpottavat mallintamista ja nopeuttavat työtä. Malliarkeissa hahmo on piirretty ortografisesti edestä ja sivusta, ei siis perspektiivissä. Hahmon luomisprosessissa referenssikuvien käyttäminen on tarvittavaa. (Williamson 2011, 89.) Monet aloittelevat artistit ajattelevat, että referenssikuvien käyttäminen on huijaamista (Totten 2012, 145). Ne autta-

vat kuitenkin anatomiassa, designissa ja työn laadun parantamisessa. Ne myös helpottavat suunnittelutyötä, sillä ideoita voi huomaamatta syntyä referenssikuvien pohjalta. Referenssejä kannattaa etsiä anatomiakirjoista ja internetistä. Kuvia kannattaa kerätä kunnon pino, jolloin niistä voi valita parhaat käytettäväksi. Tietokoneelle voi luoda oman kansion, johon kuvia voi aina löytäessään tallentaa. Joissakin referenssikuvissa voi olla vain yksi asia, joka artistia kiinnostaa. Silloin sen voi vaikka korostaa tai leikata kuvasta. Mitä enemmän referenssejä on, sitä omaperäisempi hahmosta voi syntyä. Koska laatikkomallintaminen mahdollistaa yksinkertaisen muodon mallintamisen nopeasti, voidaan hahmosta tehdä myös nopea pelkistetty malli konseptitarkoituksessa. (Williamson 2011, 89-99.)

Konseptitaiteesta on monille muodostunut väärä kuva. Julkaistu konseptitaide on oikeasti markkinointitaidetta. Se on voitu tehdä viimeiseksi pelkkään markkinointitarkoitukseen, koska markkinoijat haluavat, että pelin hahmot esitetään yleisölle oikein. Olisi huono asia, jos jonkin hahmon konseptitaidetta esiteltäisiin julkisesti, mutta pelin julkaistua paljastuisi, että hahmoa on muutettu. Pahimmassa tapauksessa yleisö ei hyväksyisi pelissä olevaa hahmoa, koska konseptitaiteen myötä heille jäi hahmosta väärä kuva ja he ehtivät kiintyä siihen. Oikea konseptitaide on se sutuinen, nopea vaihe, jolla pyritään hahmottamaan pelin visuaalisuus. Jokaista hahmoa varten on voitu tehdä paljon erilaisia luonnoksia, variaatioita, iteraatioita ja hylättyjä suunnitelmia. Hahmon suunnittelussa voidaan käydä läpi erilaisia vaiheita. (Anhut 2014.)

Alussa tärkeintä konseptitaiteessa on nopeus. Tiimille esitetään erilaisia ideoita, kunnes kaikki tyytyvät samaan ideaan ja heillä on yhteinen kuva hahmosta. Aikaa ei tule käyttää turhiin ideoihin, joita ei koskaan käytetä. Kun peli-ideaa markkinoidaan mahdollisille julkaisijoille, on konseptitaiteen suoritus yhtä tärkeää kuin nopeus. Idea tulee esittää hyvällä tavalla, mutta siihenkään ei ole hyvä käyttää paljoa aikaa, jos idea hylätäänkin. Lopuksi pelin julkaisuvaiheessa konseptitaiteessa tärkeintä on suoritus, kuinka hyvältä se näyttää, koska taide tuodaan yleisölle. (Anhut 2014.)

Konseptitaiteen markkinoinnissa voidaan valita aikaisempi konseptikuva, jota muokataan tarkasti hiottuun muotoon. Markkinointitaiteen tarkoituksena on innostaa yleisöä ostamaan peli. Koska konseptitaiteessa tärkeintä on nopeus, on sallittua käyttää erilaisia tekniikoita, kuten 3D-mallien ja valokuvien päälle piirtäminen ja nopea luonnostelu. Koska ihmiset ajattelevat markkinointitaiteen takia konseptitaiteen olevan hiottua, he voivat syyttää konseptiartistia laiskaksi ja huijariksi. Konseptitaiteilijoiden suurin osa työstä päättyy kuitenkin lopulta roskeen, joten he tarvitsevat oikeita ja viisaita ratkaisuja. (Anhut 2014.) Kuvassa 10 on Uncharted 2 -pelin hahmon konseptikuva, jossa on käytetty referenssejä hyödyksi. Referenssikuvista voidaan kopioida nopeasti materiaalin tuntua.



Kuva 10. Referenssikuvien hyödyntämistä konseptissa.

Konseptitaidetta aloittaessa on hyvä valita teema, joka ohjaa hahmon luontia. Ideoita luodaan nopeasti raakaluonnoksina (thumbnails) eli pieninä mustavalkoisina siluetteina. Kuvassa 11 näkyy esimerkkejä silueteista. Tässä vaiheessa yksityiskohdista ei tarvitse huolehtia. Luonnoksia on hyvä tehdä niin paljon kuin mahtuu ja pystyy. Mitä enemmän piirtää, sitä enemmän uniikkeja ideoita täytyy luoda. Luonnoksissa voi auttaa muodon ja negatiivisen tilan hyödyntäminen. Kiinnostavien siluettien ja muotojen luomiseen tulee keskittyä. Kiinnostaviin muotoihin voi soveltaa hahmon hiuksia, aseistusta ja vaatteita. Kun luonnokset on tehty, on aika valita, mitä niistä haluaa viedä eteenpäin. Palautetta on hyvä pyytää muilta, silloin tietää, mikä muita kiinnostaa ja mikä osuu heidän silmäänsä. Valituista luonnoista voi tehdä luettavamman näköisiä ja ymmärrettäviä. Muotoa ja kontrastia voi vahvistaa. Tyyliisuuntaus on hyvä valita, haluaako realistista vai tyylliteltyä. Lisäksi anatomiaa ja asennon toimimista on syytä pohtia, Joitakin elementtejä, kuten hiuksia ja vaatteita voi tuoda myös esiin. Valituista luonnoksista on hyvä tehdä myös variaatioita. Variaatioissa voi huomata pitävänsä eri elementeistä, ja niitä voi yhdistää tai poistaa. Lopulta parhaan luonnoksen voi viimeistellä käyttämällä esimerkiksi kaikkia harmaan sävyjä (kuva 12). Valaistusta ja materiaalin tuntua voi lisätä. Hahmosta ei kuitenkaan tarvitse tehdä täysin yksityiskohtaista, vaan siihen suuntaavaan voi riittää hyvin. (Bowater n.d.)



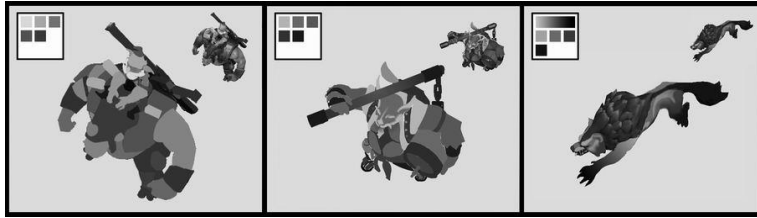
Kuva 11. Raakaluonnoksia hahmosta.



Kuva 12. Luonnokseen voi lisätä halutessaan yksityiskohtia.

Hahmoa suunnitellessa on hyvä ottaa huomioon monia asioita. Valöörillä ja värikylläisyydellä on merkitystä. Valööri (value) tarkoittaa valon ja varjon määrää eli valaisuusastetta. Värikylläisyydellä tarkoitetaan värien kylläisyyttä ja intensiivisyyttä. Valööri voi olla värejä tärkeämpää, sillä sen avulla voidaan luoda tärkeitä painopisteitä hahmoon, joihin katsoja keskittyy. Kontrastit vetävät silmiä puoleensa. Niitä voidaan luoda valöörillä kuten kuvassa 13. Väriin intensiivisyys vetää myös huomiota, joten hahmon yläruumiiseen kannattaa laittaa enemmän värikylläisyyttä. Niin sanottuja puhtaita värejä, jotka ovat erittäin vahvoja, ei kannata käyttää, sillä epäpuhtaus on

luonnollisempaa. Pienet alueet, joissa on paljon värikylläisyyttä, sopivat yksityiskohtien ja visuaalisen kiinnostuksen luomiseen. Liian suuret värikylläiset alueet voivat hukuttaa muut osat hahmosta. Ne häiritsevät visuaalista harmoniaa. (Valve 2017.)

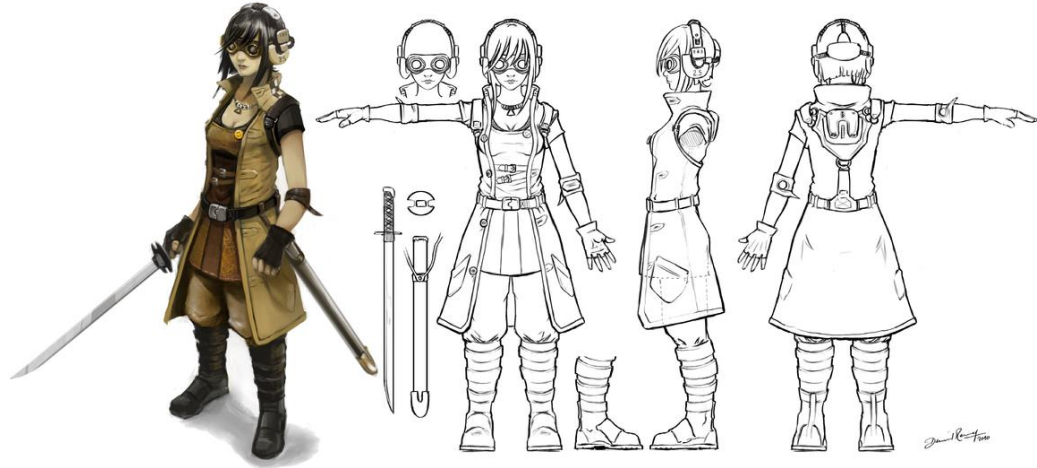


Kuva 13. Valööriellä voi luoda kiinnostavaa kontrastia.

Hahmossa on hyvä olla yksinkertaisia rauhallisia alueita (areas of rest) ja niiden vastakohtana yksityiskohtaisia alueita (areas of detail). Rauhallisilla alueilla on vähemmän yksityiskohtia, kontrastia ja värikylläisyyttä. Rauhalliset alueet tekevät yksityiskohtaisista alueista tärkeimpiä ja kiinnostavampia. Tällaisten kohtien tulisi olla tärkeillä alueilla, joissa ne saavat enemmän merkitystä. Hahmon voi muuttaa harmaaksi, jos haluaa tarkistaa valaisuusasteita. Väriteoriat ja -paletit ovat myös tärkeitä hahmon kehittämisessä. On olemassa erilaisia harmonisia väriyhdistelmiä. Vastakohtavärit täydentävät toisiaan. Niiden lisäksi toisen viereistä väriä voi käyttää. Vierekkäisistä väreistä tulee myös hyvä yhdistelmä. Lisäksi kolme väriä, jotka ovat samalla etäisyydellä väriympyrästä keskenään, sopivat yhteen. (Valve 2017.)

Malliarkki (model sheet) on eräänlainen suunnitteluluonnos, jota voi hyödyntää mallintamisessa (Clinton 2008, 53). Malliarkki säästää työhön kuluvaan aikaan ja turhautumista. 3D-mallintamisohjelmissa on helppoa käyttää malliarkkia, sillä se voidaan tuoda ohjelmaan ja asettaa taustalle. Näin mallin voi ikään kuin jäljentää malliarkin pohjalta viivoja myöten. Malliarkin tekemiseen liittyy muutamia sääntöjä. Hahmosta tulee olla etu- ja sivukuva. Lisäksi jalkojen tulee olla olkapäiden leveydellä ja käsivarsien tulee olla ojennettuina sivuilla. Näin haaraväliin ja kainaloihin voidaan vaivatta mallintaa tarpeeksi geometriaa, mikä auttaa myös animaatioissa. Hahmosta voi halutesaan tehdä myös kuvat takaa ja ylhäältä päin. Ne auttavat hahmottamaan paremmin hahmoa. Sivukuvassa käsivarsi voi olla poistettu, koska se voi olla keskivartalon tiellä. Malliarkissa hahmo on yleensä t-asennossa, kädet ojennettuina suorina sivuille. Jotkut artistit ovat sitä mieltä, että rentoutuneempi asento, jossa kädet osoittavat enemmän alaspäin ja sormet sekä polvet ovat enemmän taipuneet, on parempi animaatiolle. T-asento antaa kuitenkin mahdollisuuden työkennellä selkeissä kulmissa, esimerkiksi käsivarret ovat 90 asteen kulmassa. Niitä on helppo kää-

tää. Halutessaan voi käyttää kumpaakin tapaa: mallintaa hahmon aluksi t-asennossa ja myöhemmin asettelee esimerkiksi käsivarret rennompaan asentoon. (Totten 2012, 5.) Kuvassa 14 on yksi esimerkki malliarkista.



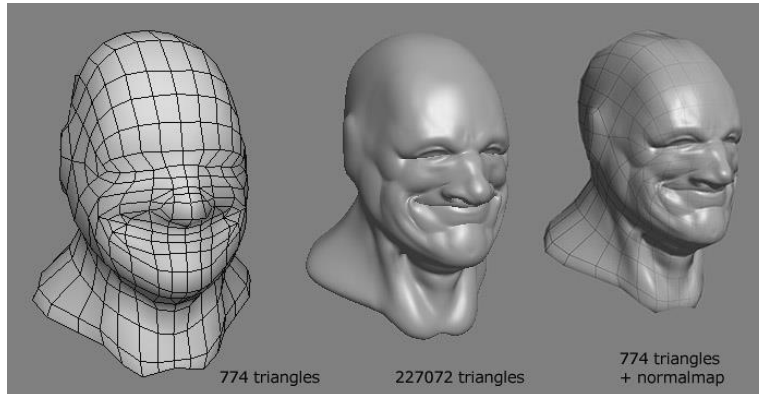
Kuva 14. Esimerkki malliarkista.

3.3.3 Mallintaminen

Peleille mallintamisessa on myös paljon huomioonotettavia asioita. Mallintamistavan voi valita, mutta useita tapoja voi käyttää yhdessä. Ei ole yhtä tapaa mallintaa hahmoa vaan jokainen artisti voi tehdä sen omalla tavallaan. Jotkut voivat aloittaa heti päästä, kun osa taas jättää sen viimeiseksi. Pelin rajoitusten vuoksi mallin optimoiminen on tärkeää.

Epätarkka tai kevyt malli (low poly) on 3D-malli, jossa on vähäinen määrä polygoneja. Tarkka tai raskas malli (high poly) puolestaan on malli, jossa on suuri määrä polygoneja. Samasta mallista voi tarvittaessa tehdä epätarkan ja tarkan version. Clinton sanoo, että jos jotain objektia on useita tai se on kaukana kamerasta, ne voivat olla silloin epätarkkoja malleja. Ne näyttävät samalta kuin tarkat mallit, joten ylimääräisiä polygoneja ei tarvitse lisätä. Jos objekti on kuitenkin yksi esine, joka on lähellä kameraa, sen on hyvä olla tarkka malli näyttääkseen hyvältä. Tarkasta mallista voidaan renderöidä normaalikartta epätarkan mallin päälle. Normaalikartta (normal map) on tekstuuri, joka ottaa talteen tarkan mallin yksityiskohdat. Mallissa näyttää olevan enemmän geometriaa kuin siinä oikeasti on. Kun normaalikartta laitetaan epätarkkaan malliin, se näyttää tarkalta. Clinton ennusti, että moderneissa peleissä käytetään normaalikarttaa. (Clinton 2008, 51.)

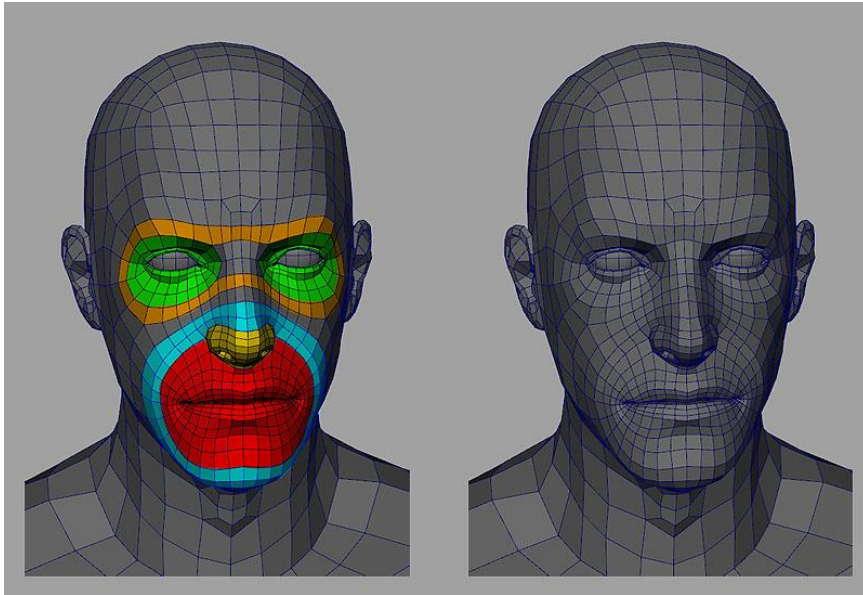
Yleensä pelien 3D-malleihin lisätäänkin yksityiskohtia tällä tavalla. Kuvassa 15 on esimerkki epätarkasta ja tarkasta mallista sekä normaalikartasta, joka luo illuusiota tarkan mallin geometriasta epätarkassa mallissa.



Kuva 15. Epätarkka malli, tarkka malli ja epätarkka malli, jossa on normaalikartta tarkasta mallista.

Mallin normaalit ovat tärkeitä. Normaalit kertovat polygonin pinnan suunnan. Jos polygonin pinta osoittaa sisäänpäin, se ei renderöidy, joten näyttää siltä, että siinä ei ole mitään. Joissakin ohjelmissa voi olla asetus, joka sallii pintojen olevan kaksisuuntaisia, jolloin sisään kääntynyt pintakin renderöityy. Joskus kun mallin tuo pelimoottoriin, voi huomata, että osa mallista näyttää puuttuvan. Ongelmana on, että jotkut normaalit ovat kääntyneet, ja sen voi helposti korjata mallinnusohjelmassa kääntämällä normaalit oikeinpäin. (Totten 2012, 16.)

Polygonien tulee olla järjestetty mallissa järkevällä tavalla, että malli voidaan animoida luonnollisella ja realistisella tavalla. Tätä polygonien järjestystä kutsutaan topologiaksi. Malli toimii hyvin, kun topologia on tehty kunnolla. Topologiassa on muutamia tärkeitä sääntöjä, kuten polygonien nelikulmioisuus, nivelkohtien riittävä särmäluoppien määrä ja kasvoissa silmien ja suun kohtia ympäröivät särmäluupit. Nelikulmioiset polygonit toimivat parhaiten animaatioissa, kun taas kolmiot voivat aiheuttaa virheitä. Viisikulmioita ja suurempia ei tulisi koskaan käyttää, jos mallin aikoo animoida, sillä ne voivat rikkoa mallin. Nelikulmiot auttavat myös paljon mallintamisessa, esimerkiksi kokonaisen särmäluopin voi helposti valita. Kolmiot päättävät särmäluopin, joten silloin se ei onnistu. Nivelten kohdalla on oltava ainakin kolme särmäluoppia, että animaatioissa nivelkohta säilyttää massansa taipuessaan. Kasvoissa suu ja silmät deformatuvat paremmin, mitä enemmän luuppeja on niiden ympärillä antamassa geometriaa. (Totten 2012, 15.) Kuvassa 16 on yksi esimerkki mahdollisesta pään topologiasta, joka noudattaa sääntöjä. Kasvoissa lihasten luonnollista linjaa on hyvä seurata topologiassa. Hahmo deformatuu vakuuttavalla tavalla. Jokaista lihasta ei tarvitse rakentaa, vaan ne voi tehdä normaalikartan avulla. (Creative Bloq Staff 2011.)



Kuva 16. Pään topologiaa. Silmiä ja suuta ympäröivät särmäluupit.

Digitaalinen veistäminen tekee mallista erittäin korkean resoluutioisen, jolloin sitä on miltei mahdoton poseerata, animoida tai teksturoida. Sen takia veistetyistä, tarkasta mallista, tulee tehdä epätarkka, kevyt malli. Epätarkan mallin voi poseerata, animoida ja teksturoida moitteettomasti. Sitä voidaan käyttää myös normaalimapin tekoon, jolloin tarkasta mallista otetaan talteen yksityiskohdat. Veistetyssä mallissa epätarkka malli luodaan tekemällä topologia uudelleen. Epätarkka malli rakennetaan tarkan mallin päälle asettamalla yksittäisiä polygoneja tiettyyn järjestykseen. Yksinkertaisia muotoja voi nopeasti tehdä Shrinkwrap -modifikaattorilla Blenderissä. Työkaluja ja ohjelmia on kehitetty helpottamaan manuaalista työtä. (Williamson 2011, 323-324.)

Hahmoa mallintaessa on hyvä tietää rajoitteet sekä miten mallia käytetään pelissä. Jos hahmon suu aukeaa, sille pitää mallintaa suun sisäosa. Jos hahmolla on hattu, joka pysyy aina hahmon päässä, ei sen alla tarvitse olla polygoneja, jotka eivät tule näkymään. Jos jotain ei näe, se on turhaa. Hahmo ei välttämättä tarvitse yksittäisiä sormia, jos pelaaja näkee hahmon vain kaukaa. Mallia optimoidessa kannattaa poistaa kaikki geometria, mitä ei tule näkymään pelissä tai mikä ei vaikuta mallin muotoon. (Creative Bloq Staff 2011.) 3D-malli kolmioidaan pelimoottorissa, eli jokainen polygoni muuttuu pelissä kolmioksi. Mallin voi mallinnusohjelmassa muuttaa kolmioksi, jolloin voi itse muokata jokaista kolmiota. Joskus pelimoottorissa kolmiot voivat mennä väärinpäin. (niko 2010.)

Mallia tehdessä kannattaa suunnitella eteenpäin. Hahmomallin on hyvä olla saumaton. Jos hahmolla on vaatteet, niiden alla ei tarvitse olla kehon polygoneja. Jos alla on hahmon keho, se voi aiheuttaa virheitä animaatioissa, jolloin keho tulee vaatteiden alta esiin. Moottorin on hankala

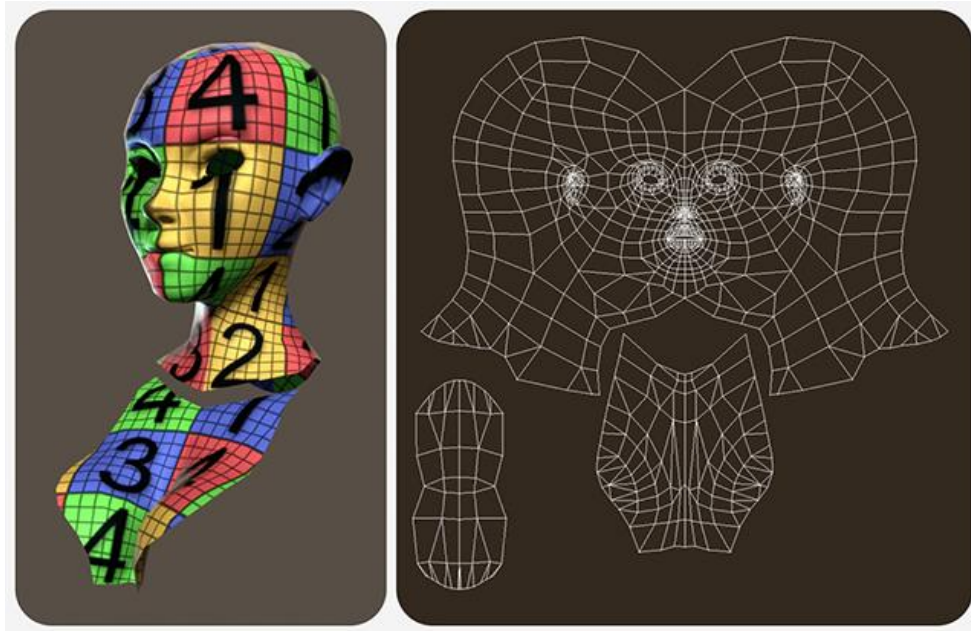
käsitellä päällekkäisiä polygoneja. Työskennellä voi viisaammin, kun vähentää työtaakkaa. Mallista voi tehdä vain puolet, josta voi tehdä peilikopion. Mallista voi ottaa myös osia talteen, joita voi käyttää uudelleen myöhemmin, kuten korvan. Työ kannattaa pitää organisoituna. Kaikki on syytä nimetä selkeästi ja kuvaavasti, silloin ne voidaan löytää helposti. Tämä on erityisen tärkeää, jos muut käyttävät samaa tiedostoa. Priorisoi mallin näyttävimmät ja tärkeimmät kohdat, niihin voi käyttää paljon polygoneja, kuten hahmon kasvoihin. Tallentaminen usein kannattaa, ja tiedostosta voi säilyttää eri versioita. Hahmon siluetti on hyvä tarkistaa. (Creative Bloq Staff 2011.)

3.3.4 Teksturointi

Toiseksi tärkein asia 3D-hahmossa on tekstuuri. Tekstuuri määrää geometrian pinnan ulkonäön. Tekstuurin tekemisessä on kaksi vaihetta: mallin UV purkaminen (UV unwrap) ja itse 2D-kuvan tekeminen. Hahmo on 3D-objekti, mutta tekstuuri on 2D-kuva. Tekstuuri tulee saada malliin ilman näkyviä vääristymiä, joten 3D-malli tulee purkaa eli leikata järkeviin osiin, jotka tasataan 2D-muotoon. 3D-koordinaatit muutetaan 2D-muotoon. Tätä kutsutaan UV kartaksi (UV map). Kirjaimet U ja V vastaavat 2D-kuvan akseleita. Venymistä voidaan välttää muokkaamalla mallia, tekstuuria ja UV karttaa. Digitaalinen kuva koostuu pikseleistä, jotka ovat neliöitä. 3D-mallin geometria puolestaan koostuu kolmioista, jotka voivat olla erikokoisia. Tekstuuri vääristyy, koska se yrittää peittää ei-nelikulmaisen pinnan. Tekstuuri ikään kuin heijastuu esineen pinnalle. Tasaiselle pinnalle heijastuessaan tekstuuri näyttää hyvältä, mutta epätasaisella pinnalla näkyy vääristymiä. UV kartan voi tallentaa ja viedä kuvankäsittelyohjelmaan, esimerkiksi Photoshopiin, jossa tekstuurin voi luoda. Joissakin 3D-ohjelmissa, kuten Blenderissä, tekstuurin voi maalata suoraan malliin tai UV karttaan. Sillä tavalla näkee heti, miltä tekstuuri näyttää mallin päällä. Tekstuurin voi itse digitaalisesti maalata tai sitten muokata valmiita valokuvia sopimaan UV karttaan. (Clinton 2008, 8.)

Monet artistit kokevat UV purkamisen haastavana. UV purkamisen analogiana toimii paperinuken leikkaaminen. Nukke tulee leikata tietyistä kohti, jotta sen voi levittää pöydälle tasaiseksi värittämistä varten, jonka jälkeen se voidaan liimata takaisin yhteen. UV purkaminen alkaa saumojen piirtämisestä mallin geometriaan. Saumat, joista malli ikään kuin leikataan, merkitään särmiin. Polygoneja on hyvä pitää yhdessä niin paljon kuin on mahdollista, ilman että venymistä tulee liikaa. Joissakin ohjelmissa on asetuksia, joilla venyminen voidaan näyttää värien tai kartan avulla. Näin on helppo nähdä. Äärimmäisissä suunnanvaihdossa kuten silmäkuopassa ja suun ympärillä osittainen venyminen on hyväksyttävää. (Totten 2012, 87.) Kasvot ovat kehon vaikein kohta purkaa, koska ne sisältävät paljon verteksejä ja geometria on monimutkaista (Clinton 2008, 180).

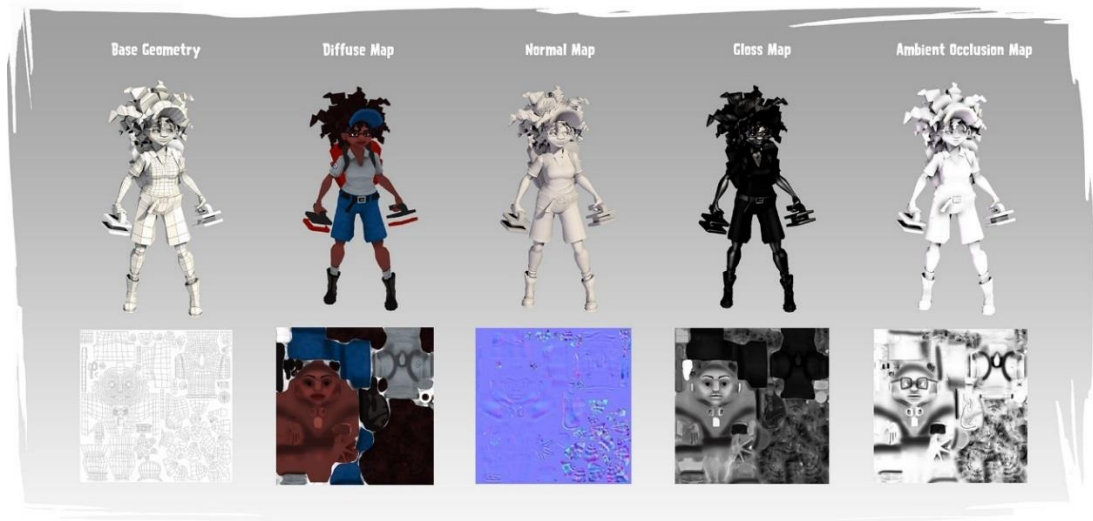
Kuvassa 17 näkyy hahmon pään UV kartta. Artisti on merkinnyt saumat kaulan etuosasta leukaan ja kaulan takaa otsaan asti. Mallinnusohjelmissa on erilaisia työkaluja UV purkamisen helpottamiseksi.



Kuva 17. Saumat menevät kaulasta leukaan ja takaa otsaan asti

Tekstuurien avulla huonot sekä yksinkertaiset mallit voi saada näyttämään hyvältä. Tekstuurikarttoja on monia erilaisia eri tarkoituksiin. Värikartta (color map, diffuse map) antavat 3D-mallille väriä. Kuumukartat (bump map) voivat tehdä tasaisesta pinnasta kuumuraisen näköisen. Ne ovat mustavalkoisia kuvia, joissa musta kuvastaa kuoppia ja valkoinen korkeita kohtia. Normaalikartta on parempi versio kuumukartasta. Se käyttää punaisen, vihreän ja sinisen väriarvoja luodakseen illuusion geometriasta, jota ei oikeasti ole olemassa. Normaalikartan avulla mallista saadaan paljon yksityiskohtaisemman näköinen. Alfakartta käsittelee läpinäkyvyyttä. Suorakulmion muotoisesta tahkosta voidaan tehdä lehden näköinen, kun alfakartassa piirretään lehden muoto. Valkoinen väri kartassa kuvastaa näkyvää aluetta ja musta läpinäkyvää. Lisäksi harmaan sävyt ovat osittain läpinäkyviä. Alfakarttoja voidaan käyttää puiden lehtien lisäksi hiuksissa. Spekulaariset kartat (specularity map) kuvastavat pinnan heijastavuutta tai kirkkautta. Valkoinen väri kuvastaa kirkasta aluetta, musta mattaa. Ne auttavat metallin luomisessa. Ympäristökartta (environment map, reflection map) luo illuusion peilimäisestä pinnasta, joka heijastaa ympäristöä. Oikeasti siinä on panoraamakuva. Yleensä sitä käytetään autoissa. Valaisukarttaa (illumination map) voidaan käyttää ikkunan valoina, kiiluvissa silmissä tai tehosteina, sillä niiden valkoiset alueet näyttävät tuottavan itse valoa skenessä. (Totten 2012, 17.) Nämä ovat yleisiä käytettyjä karttoja teksturoinnissa. Käytetyimmät kartat ovat väri- ja normaalikartat. Joissakin peleissä voidaan käyttää pelkkää

värikarttaa. Eri karttojen käyttäminen voi riippua myös tyylistä. Nykyään fyysisyyteen perustuva renderöinti (PBR, physically based rendering) on kehittynyt pelialalla. Tässä työtavassa tekstuurit perustuvat oikean elämän fyysisiin arvoihin ja miten ne reagoivat valoon. (Allegorithmic 2018.) Sen avulla saadaan entistä realistisempia lopputuloksia. Esimerkki eri tekstuurien käytöstä hahmossa näkyy kuvassa 18.



Kuva 18. Hahmo voi koostua useasta erilaisesta tekstuurista.

Tekstuurien polttaminen (bake) on hyödyllinen taito asettien luomisessa. Polttaminen ottaa talteen esimerkiksi 3D-mallin tekstuurin ja valaistuksen tiedot ja renderöi sen epätarkan mallin UV karttaan. Polttoa käytetään normaalikarttojen ja keinotekoisien valaistuksen luomisessa. Väritekstuurien maalaaminen on erilaista kuin normaalisti digitaalinen maalaaminen. UV kartat voivat näyttää omituisilta. UV kartan yli on hyvä maalata hieman, ettei malliin tule vahingossa valkoisia viivoja. Valoja ja varjoja voidaan maalata myös värikarttaan, mutta niiden ei kannata olla liian vahvoja. Eräs keino varjojen luomiseen on ympäröivän okklusion (ambient occlusion) eli mallin luomien varjojen polttaminen tekstuuriin. (Totten 2012, 128.) Tarkemman tekstuurin voi saada tekemällä peilikopion mallin puoliskosta, jolloin UV kartassa säästyy puolet tilasta. UV kartat voidaan asetella päällekkäin, jos jotkin kohdat tulevat olemaan samannäköiset. (Valve 2017.) Kuvassa 19 näkyy optimoitu UV kartta. Jos pelissä on käytössä ”mipmapping” eli tekstuurit skaalautuvat kooltaan automaattisesti etäisyyden mukaan, voi tekstuuri vuotaa UV kartan yli. Tämän estääkseen voi tekstureja jatkaa UV rajojen yli. UV kartassa on hyvä olla vähän saumoja. Jokainen sauma tuplaa verteksit, mikä tekee mallista raskaamman. Se kuitenkin menee hienosäädön puolelle, joten muista asioista on parempi säästää ensin. (niko 2011.)



Kuva 19. UV kartta on tehty vain toiselle puolelle, mikä tekee tekstuurista symmetrisen.

Tekstuuriin kanssa työskennellessä on hyvä käyttää suurta resoluutiota. Useimmissa pelimoottoreissa suurin sallittu resoluutiokoko on 2048x2048 pikseliä, mutta uudemmissa 4096x4096 pikselin resoluutio on mahdollinen. Kun teksturi on valmis, sen voi tallentaa pienemmässä resoluutiossa, joka laitetaan peliin. Isommalla resoluutiolla työskentely antaa mahdollisuuden luoda parempia yksityiskohtia. Useimmissa moottoreissa on käytössä ”mipmapping”, mikä auttaa tekstuurin käsittelyssä. Moottorit käsittelevät parhaiten kahden potenssin kokoisia tekstuureita, joten tekstuurit on hyvä tallentaa sen kokoisina. Yleisimpiä tekstuurikokoja ovat 256, 512, 1024 pikseliä ja aikaisemmin mainitut 2048 ja 4096. Mitä tärkeämpi teksturi on, sitä isommalla koolla se yleensä tallennetaan. Tiedostomuodot ovat myös tärkeitä. Tekstuurin parissa työskennellessä on hyvä tallentaa se kuvankäsittelyohjelman omaan tiedostomuotoon, jolloin tasot ja muut ohjelman työkalut säilyvät. Kun tekstuurit ovat valmiita peliin tuotavaksi, ne voidaan tallentaa häviöttömään muotoon, jotta ne eivät pikselöidy. Esimerkiksi tiedostomuodot .png ja .tga ovat häviöttömiä ja ne säilyttävät läpinäkyvyyden. (Totten 2012, 145-147.)

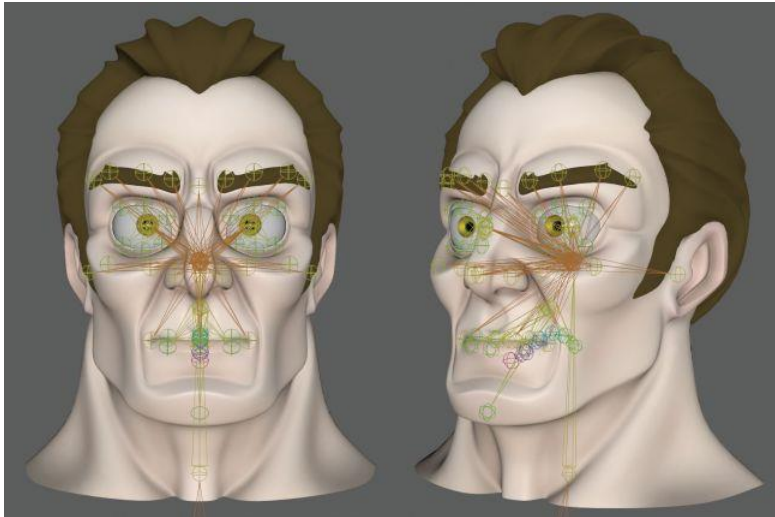
Clinton sanoo, että kuvissa on olemassa kolme tavallista yksityiskohtaisuuden tasoa. Korkein yksityiskohtaisuuden taso on fotorealismi, valokuvamainen. Valokuvia käyttämällä voidaan saada fotorealista näköisiä malleja. Se vaatii kuitenkin enemmän kuin pelkkä värikartta. Fotorealismia voi tuoda enemmän esiin esimerkiksi normaalikartalla. Sen avulla voisi luoda illuusion ihon huokosista, ihon kosteudesta ja ihon läpinäkyvyydestä eri kehon osissa. Clinton ennustaa, että normaalikartat ovat yleisessä käytössä peleissä, ja että peleistä tulee elokuvien laatuista, mikä pitää aika lailla paikkaansa nykypäivänä. Toinen taso on realismi, mikä sijaitsee fotorealismia ja

sarjakuvamaisen tyylin välimaastoon. Yleensä pelien trailerit kuuluvat realistiseen suuntaan. Sarjakuvamainen tyyli ei viittaa huonompilaatuiseen kuvaan vaan se on täysin erilainen tyyli. Sarjakuvamaiset hahmot ovat yleisempiä lapsille suunnatuissa peleissä. 2D-peleistä on nykyaikana kehittynyt uudempia 3D-pelejä, kuten Sonic -pelisarjassa. 2D- ja 3D-maailman voi myös yhdistää peleissä. 3D-mallin paksut mustat reunat antavat 2D-vaikutelman. (Clinton 2008, 193.)

3.3.5 Rigaus ja animointi

Loppuvaiheessa hahmo tarvitsee luurangon. Periaate on sama kuin vanhoissa savianimaatioissa. Mallin liikuttamiseen tarvitaan runko (armature). 3D-mallin luuranko toimii samalla tavalla kuin oikeiden ihmisten. Luut tukevat lihaksia ja ne rajoittavat liikkeitä. Mallin polygoniverkko kuvastaa ihoa. Luurangon lisääminen malliin on rigausta (rigging). Siihen kuuluu kaksi vaihetta, jossa ensimmäisessä luodaan luuranko. Mallinusuohjelmissa on mahdollista luoda automaattisesti sopiva luuranko tai sen voi rakentaa itse. Luuranko koostuu luista. (Clinton 2008, 10.)

Toisessa vaiheessa luuranko tulee yhdistää malliin. Tätä prosessia kutsutaan painon maalaukseksi (weight painting). Koska luurangon tulee muokata ja liikuttaa mallia, meidän tulee kertoa ohjelmalle mikä luu vaikuttaa mihinkin verteksiin ja kuinka paljon. Tämänkin prosessin voi tehdä automaattisesti, mutta paremman lopputuloksen saavuttamiseksi se vaatii manuaalista hiomista. Artisti käy läpi luurankoa laittaen mallin erilaisiin asentoihin nähdäkseen, miten luut vaikuttavat vertekseihin. Hän maalaa lisää painoa tai vähentää sitä saadakseen realistisen deformaation esimerkiksi raajojen taipumiseen. (Clinton 2008, 10.) Luurangon luominen on yksi teknisimmistä vaiheista. Luut tulee nimetä kunnolla ja yhdistää toisiinsa järkevästi. Luille voidaan asettaa rajoitteita, jotka auttavat realistisen liikkuvuuden kanssa animaatioissa, esimerkiksi polvi voi taipua vain yhdellä akselilla, kuten oikeassa elämässä. (Totten 2012, 158.) Kasvonilmeitä varten voidaan tehdä oma runko (kuva 20).



Kuva 20. Kasvot vaativat useita luita.

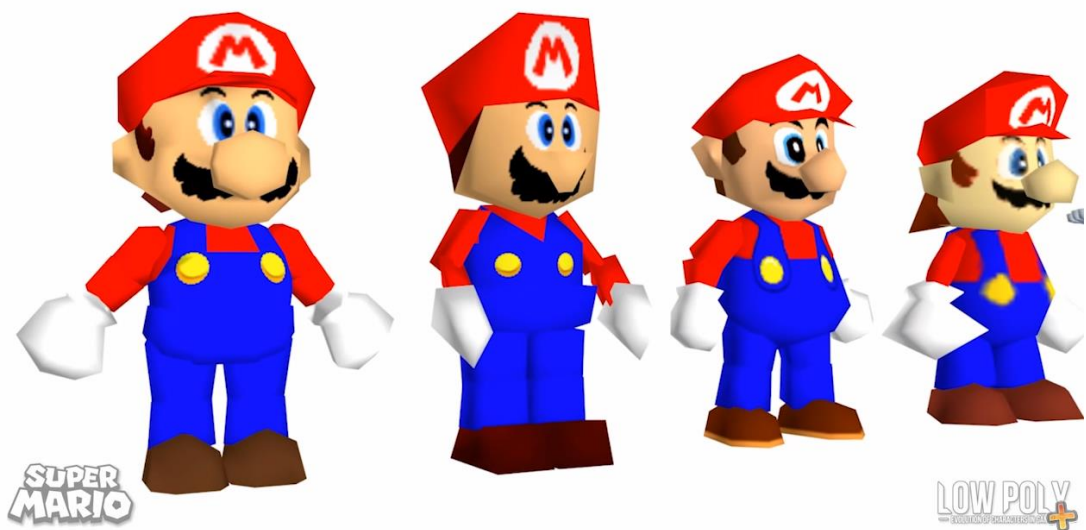
Rigauksen jälkeen malli on valmis animoitavaksi. Animaatio videopeleille eroaa muista medioista. Pelien animaatiot ovat enimmäkseen jaksottaisia luoppeja ja toimintoja. Animaation kirjasto on rajoittunut. Animaatioiden tulee sopia saumattomasti yhteen. Esimerkiksi, kun pelaaja painaa nappia hypätäkseen, pelihahmo hyppää ja palaa sen jälkeen takaisin seisovaan animaatioon. Lopuksi pelihahmon kaikki osat viedään pelimoottoriin, jolloin hahmosta voidaan tehdä pelattava. (Clinton 2008, 11.)

3.4 Esimerkkejä pelihahmoista

Youtube-käyttäjä A+Start on tehnyt videoita, joissa hän tutkii pelisarjojen 3D-malleja. Yhdessä videossa hän käy läpi Mario-pelihahmon 3D-malleja, joita on käytetty Super Mario -pelisarjassa. Vuonna 1996 Nintendo julkaisi pelin Super Mario 64, jossa koko maailma oli kolmiulotteinen. Tämä oli ensimmäinen peli Super Mario -pelisarjassa, jossa Mario koostui polygoneista. Marion malli oli pieni resoluutioltaan, koostuen alle 800 kolmiosta. Yksi pelin tasoista puolestaan koostui alle 900 kolmiosta. Marion 3D-malli näyttää nykyaikaan verrattuna alkeelliselta, mutta pelin julkaisuaikana se oli aikaansa edellä. Hahmomallia tutkiessa voi huomata, että Mario rakentuu irrallisista palasista. Osat ovat erillään erityisesti nivelkohdissa. Tämä oli yleistä varhaisissa 3D-malleissa, koska se salli helpomman animaation luomisen. Vakuuttavan animaation luomiseen olisi tarvinnut enemmän polygoneja, jotta mallit olisivat deformatuneet paremmin. Irralliset osat olivat omia mallejaan eikä niissä ollut aukkoja. Koska hahmolla ei ollut animoitavaa luurankoa, jo-

kaista osaa pyöritettiin ja liikutettiin erikseen animaatiota varten. Vasta Playstation 2 ja GameCube -konsolien tullessa markkinoille, irrallisten osien käyttäminen loppui. Marion kasvot koostuvat pienestä tekstuurista, joten yksityiskohtia ei ole paljoa. Myös napit ja hatun logo on teksturoitu käsin. Muu tekstuuri koostuu yksittäisistä väreistä. Pelissä on myös pienempi malli Mariosta, joka koostuu hieman yli 200 kolmiosta. Tekstuuri on sama, mutta malli on paljon kulmikkaampi. Pienempi hahmomalli vaihdetaan tilalle, kun kamera on tarpeeksi kaukana hahmosta. (A+Start 2017.)

Vuonna 1998 julkaistiin ensimmäinen Mario Party -peli. Tämän pelin Marion 3D-mallissa on vähemmän polygoneja kuin aikaisemmassa pelissä, vain 406 kolmiota. Mallintaja on säästänyt polygoneja jättämällä mallintamatta joitain osia yhteen. Marion hatun lippa ja korvat ovat erillisiä. Marion raajat koostuvat edelleen erillisistä osista ja se on samantapainen aikaisemman mallin kanssa. Super Smash Bros. julkaistiin Nintendo 64 -konsolille vuonna 1999. Marion malli pienentyi jälleen. Koostuen 320 kolmiosta, Mario oli entistä kulmikkaampi ja hänen nenänsä ei ollut mallinnettu päähän kiinni. (A+Start 2017.) Kuvassa 21 näkyy Nintendo 64 -konsolin Marion hahmomallit, jotka ovat polygonimäärältään alhaisia.



Kuva 21. Nintendo 64 -konsolin Super Mario -pelisarjan 3D-mallit. Kuvakaappaus A+Start:in videosta.

Nintendo Gamecube -konsolille julkaistuissa peleissä Marion tyyli muuttui paljon realistisempaan. Vuonna 2001 julkaistussa Super Smash Bros. Melee -pelissä Mario saatiin aikaan reilusti yli 4000 polygonista (kuva 22). Koko keho on yksi objekti. Irrallisia osia ei enää tarvittu, koska pelinkehit-

täjät saivat mallit taipumaan animaatioissa siististi. Siksi Mariolla on polygoneja keskittynyt liikkuviin alueisiin, kuten kaulaan ja polviin. Marion kasvot on mallinnettu, sillä silmien ja suun ympärillä näkyy särmäluupit rautalankanäkymässä (wireframe). Viiksetkään eivät ole enää tekstuurilla tehty. Sormet on mallinnettu erikseen eikä käsi ole enää pelkkä pallo. Pelissä on myös reilusti pienempi malli Mariosta, joka koostuu vain 332 kolmiosta. Marion malli pieneni taas seuraavana vuonna julkaistussa Super Mario Sunshine -pelissä. Malli koostuu hieman yli tuhannesta polygonista, ja suurin osa yksityiskohdista sijaitsee tekstuurissa. (A+Start 2017.)

SUPER SMASH BROS. MELEE- 2001
NINTENDO GAMECUBE

TRIS - 4,718
FACES - 4,718
VERTS - 2,955

SUPER SMASH BROS.
Melee



SUPER MARIO

LOW POLY
+

Kuva 22. Jo vuonna 2001 Marion 3D-malli oli melkein 5000 polygonia. Kuvakaappaus A+Start:in videosta.

Vuonna 2004 ilmestyi uusi versio Super Mario 64 -pelistä Nintendo DS -konsolille. Malleja on siis hyvä verrata keskenään. Super Mario 64 DS -pelin Mario koostuu hieman yli 600 polygonista, mikä on vähemmän kuin alkuperäisessä mallissa (kuva 23). Yksityiskohdat on tehty tekstuurin avulla ja malli on yksi kokonainen polygoniverkko, mikä säästää polygoneja. Nintendo on siis ajan myötä oppinut tekemään tehokkaampia 3D-malleja. Mario Kart DS -pelissä esiintyy pienin malli Mariosta. Malli koostuu vain 162 polygonista. Koska pelin hahmot istuvat kilpa-autoissa, heillä ei ole jalkoja. Lisäksi mallit ovat erittäin yksinkertaisia, koska pelaaja näkee ne kaukaa. (A+Start 2017.)

SUPER MARIO 64 DS - 2004
NINTENDO DS

TRIS - 636
 FACES - 636
 VERTS - 336

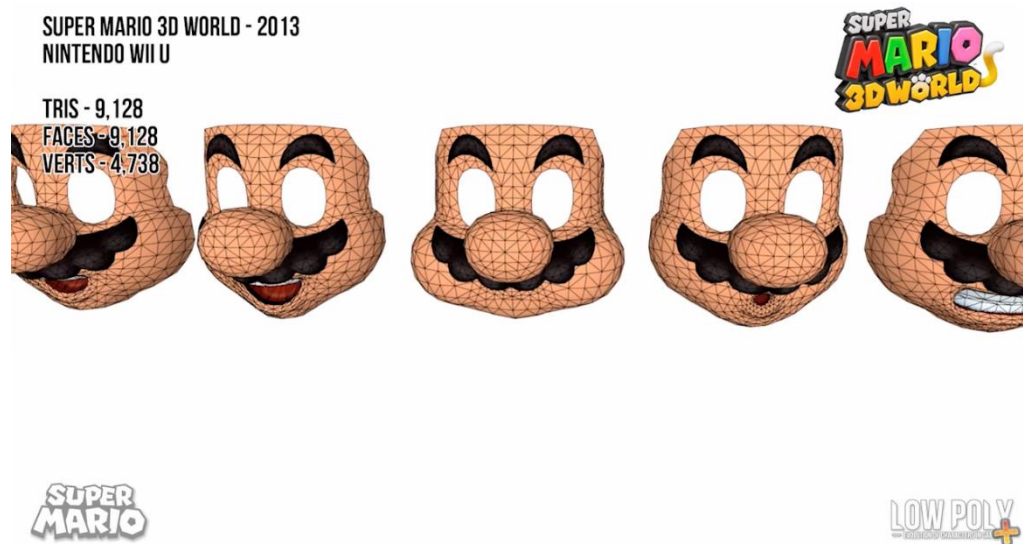


Kuva 23. Super Mario 64 -pelin Mario (vasemmalla) koostuu 752 polygonista, kun taas DS-versio koostuu 636 polygonista ollen tehokkaampi. Kuvakaappaus A+Start:in videosta.

Nintendo Wii -konsolin Super Mario Galaxy -peleissä Mario koostui taas yli 4000 polygonista. Galaxy -pelit julkaistiin vuosina 2007 ja 2010. Marion kasvopiirteet on mallinnettu kunnolla. Marion sormet on myös mallinnettu. Käsimalleja pelissä on useita kuvaamassa käsiä eri asennoissa. Animaatioissa kädet vaihdetaan nopeasti keskenään. Myös Marion päästä on erillinen malli, jossa hänellä ei ole hattua. Hatuttomassa mallissa Marion hiukset on tehty tyyliteltysti. Marion silmät on animoitu läpinäkyvän tekstuurin avulla, jolloin hänen silmiään pystyttiin liikuttamaan silmämunan alueella. 2008 julkaistussa Super Smash Bros. Brawl -pelissä Mario on paljon pyöreämmän näköinen yli 5000 kolmion takia. Silmäanimaatiot on tehty samalla tavalla kuin Galaxy -peleissä. Malli on aika samanlainen Melee -pelin kanssa, mutta tämän pelin mallissa Mariolla on hieman enemmän polygoneja ja tarkemmat tekstuurit. (A+Start 2017.)

Vuonna 2011 Nintendo 3DS -konsolille julkaistussa Super Mario 3D Land -pelissä Mariolla on taas vähemmän polygoneja, noin 1500. Marion kasvoja ei ole mallinnettu, ja viikset koostuvat pelkästä tasosta eli niillä ei ole paksuutta. Samana vuonna julkaistun Mario Kart 7 -pelin Mario koostuu melkein 500 kolmiosta. Tällä kertaa Mariolla on jalat verrattuna Mario Kart DS -peliin. Jalat eivät kuitenkaan ole mallinnettu kiinni vartaloon ja ne tulevat mahasta läpi. Jos tietokone pelaa Mariolla, malli on pienempi. Se on miltei 200 kolmiota. Se on paljon kulmikkaampi ja jalkojen takaosa on jätetty mallintamatta. (A+Start 2017.)

Super Mario 3D World julkaistiin Nintendo Wii U -konsolille vuonna 2013. Marion 3D-malli rakentuu yli 9000 polygonista ja se näyttää hyvin mallinnetulta. Itse Marion nenässä on käytetty 256 kolmiota, mikä on enemmän kuin jotkin aikaisemmat pienemmät Marion 3D-mallit. Marion kädet on animoitu samalla tavalla kuin Galaxy -peleissä, vaihtamalla erilaisia käsimalleja. Sama tehtiin Marion ilmeille. Marion kasvoista on 9 eri mallia, joiden ilmeet vaihtelevat ilosta vihaan. Kuvassa 24 näkyy osa kasvomalleista. Korkein Marion 3D-malli kuuluu kuitenkin vuonna 2014 julkaistuun Mario & Sonic – Sochi 2014 Olympic Winter Games -peliin. Tämän pelin Mario on mallinnettu 10656 polygonista. Samaa mallia käytettiin myöhemmin Mario & Sonic – Rio 2016 Olympic Games -pelissä. Samaa mallia käytetään kaikissa animaatioissa eli erillisille asennoille ei ole mallinnettu omia malleja. Pelejä on ollut mukana kehittämässä Sega, joten varmaa ei ole, onko hahmomallin tehnyt Sega vai Nintendo. (A+Start 2017.)



Kuva 24. Mariolla on erillisiä kasvomalleja ilmeitä varten Super Mario 3D World -pelissä. Kuva-kaappaus A+Start:in videosta.

Mario on ollut mukana peleissä yli 20 vuotta. Marion tyyli on vaihdellut pelien välillä, ja 3D-mallit ovat muuttuneet aikojen saatossa paljon tarkemmiksi. (A+Start 2017.) Marion eri malleja on hyvä tutkia, koska hän on ollut mukana niin monessa pelissä. Malleista näkee hyvin, kuinka mallintaminen kehittynyt. Ensimmäiset 3D-mallit ovat vaatineet raajojen purkamista osiin, jotta niihin saataisiin animaatiot, mikä on ollut epätehokasta polygonimäärän kanssa. Mallien tehokkuus on parantunut ja ne on mallinnettu puhtaammalla tavalla kuin aikaisemmat. Uusien konsolien kehittyminen on sallinut suurempia polygonimääriä, jolloin Marioon on voitu käyttää tuhansia polygoneja. Näin hahmosta on saatu pyöreämpi ja vielä ystävällisemmän näköinen. Joissakin pe-

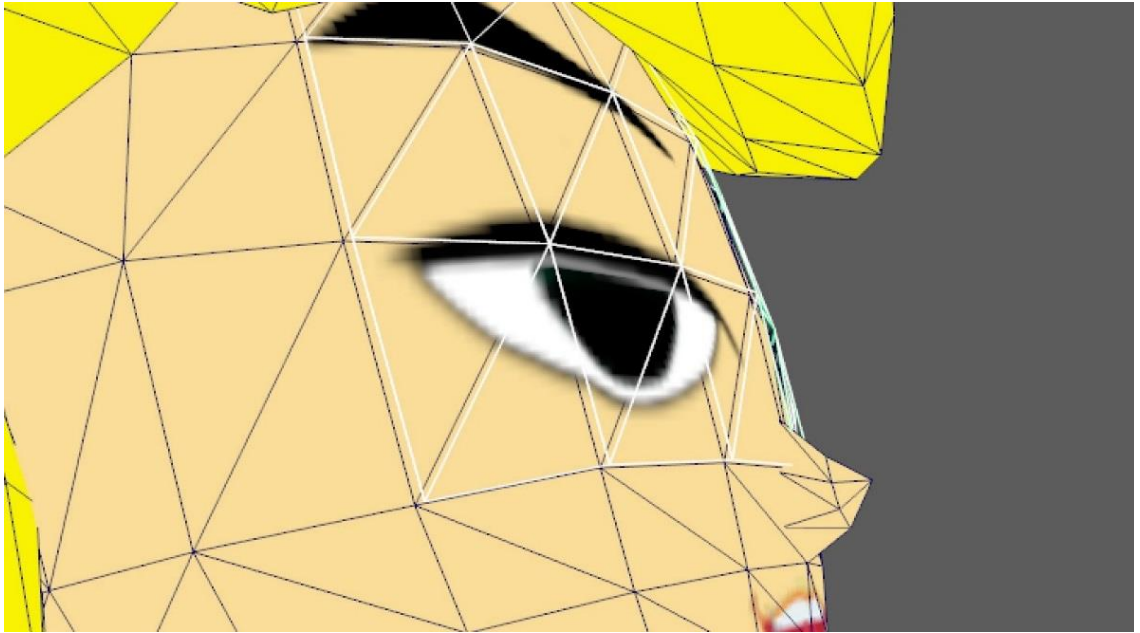
leissä Marion kasvot on tehty pelkästään tekstuurilla. Tämä on totta varsinkin vanhemmissa peleissä. Tarkemmissa malleissa kasvopiirteissä on käytetty särmluuppeja. Mario on rakastettu hahmo, joka tulee varmasti esiintymään tulevaisuudessa monessa pelissä. Toinen suosittu hahmo on Link Legend of Zelda -pelisarjasta. Tämäkin pelisarja on Nintendon luoma. Link on käynyt läpi monia eri tyyliä ja kehityksiä, kuten kuvassa 25 on koottuna. Marion pienemmät 3D-mallit on luultavasti luotu laatikkomallintamisella, koska kasvoja ei ole tarvinnut erikseen mallintaa vaan ne on tehty tekstuurilla. Korkeammassa malleissa on saatettu käyttää särämallinnusta, koska ne vaativat enemmän tarkkuutta polygonien järjestyksellä. Vaikuttaisi siltä, että digitaalista veistämistä ei ole käytetty, koska Mario on erittäin tyylitelty hahmo.

EVOLUTION OF IN-GAME LINK



Kuva 25. Link-pelihahmon kehitystä 2D-spriteistä 3D-malleihin.

Legend of Zelda -pelisarjan The Wind Maker -pelin hahmojen kasvot on tehty mielenkiintoisella ratkaisulla. Hahmon pää on yksinkertaisesti mallinnettu ja silmien sekä suun kohdalta polygoneja on kopioitu erillisiksi osiksi. Nämä erilliset osat on siirretty hieman pään eteen, esimerkiksi kuvassa 26 silmien alueen rautalankamalli näkyy vaaleana. Päällekkäiset tekstuurit aiheuttavat ongelmia renderöinnissä. Kasvojen osille on omat tekstuurinsa. Tekstuureja on monta erilaista, esimerkiksi silmille on 7 eri tekstuuria. Näitä vaihdetaan pelissä sen mukaan, mitä ilmeitä halutaan näytettävän. Pelin valaistus ei näytä vaikuttavan kasvojen tekstuuriin. Tämä tapa luo pelille uniikin tyylin, joka sopii yhteen epätarkkojen mallien kanssa. (Gordon 2017.) Samaa tapaa on käytetty myös uudemmissa peleissä, kuten vuonna 2017 julkaistussa A Hat in Time -pelissä. Tämä on huomattavissa, kun varjoisissa paikoissa silmät säilyvät kirkkaina. Lisäksi tietyissä kuvakulmissa voi huomata hahmon silmien tulevan ikään kuin ulos kasvoista (kuva 27). Jäähattua käyttäessä hahmo muuttuu hetkellisesti jääksi. Jää näyttää olevan simuloitu hahmon topologian mukaan (kuva 28). Jäisestä hahmosta voi nähdä, että hänen päänsä on mallinnettu yksinkertaisesta muodosta. Erillisten kasvotekstuurien käyttäminen vaikuttaa helpolta ratkaisulta, joka voi säästää myös polygoneissa. Tämä tapa luo yksinkertaisen tyylin, joka miellyttää lapsia.



Kuva 26. Link-hahmon kasvonpiirteet sijaitsevat pään päällä olevissa osissa.

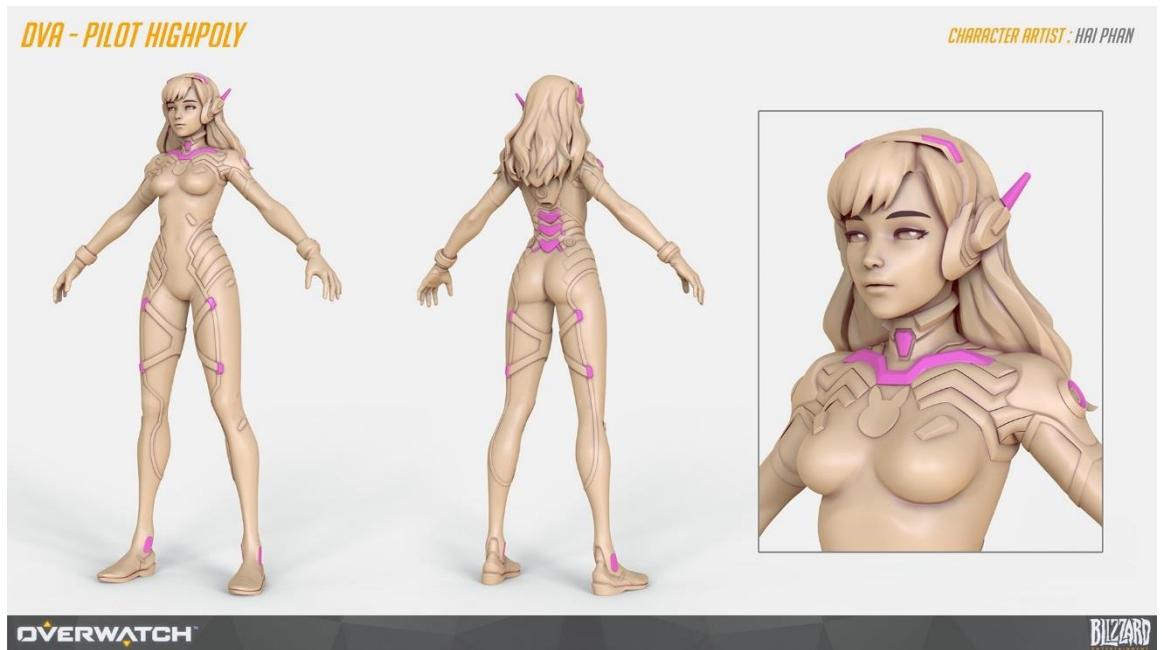


Kuva 27. Tietyissä kuvakulmissa voi huomata silmien olevan irralliset. Kuvakaappaus pelistä.

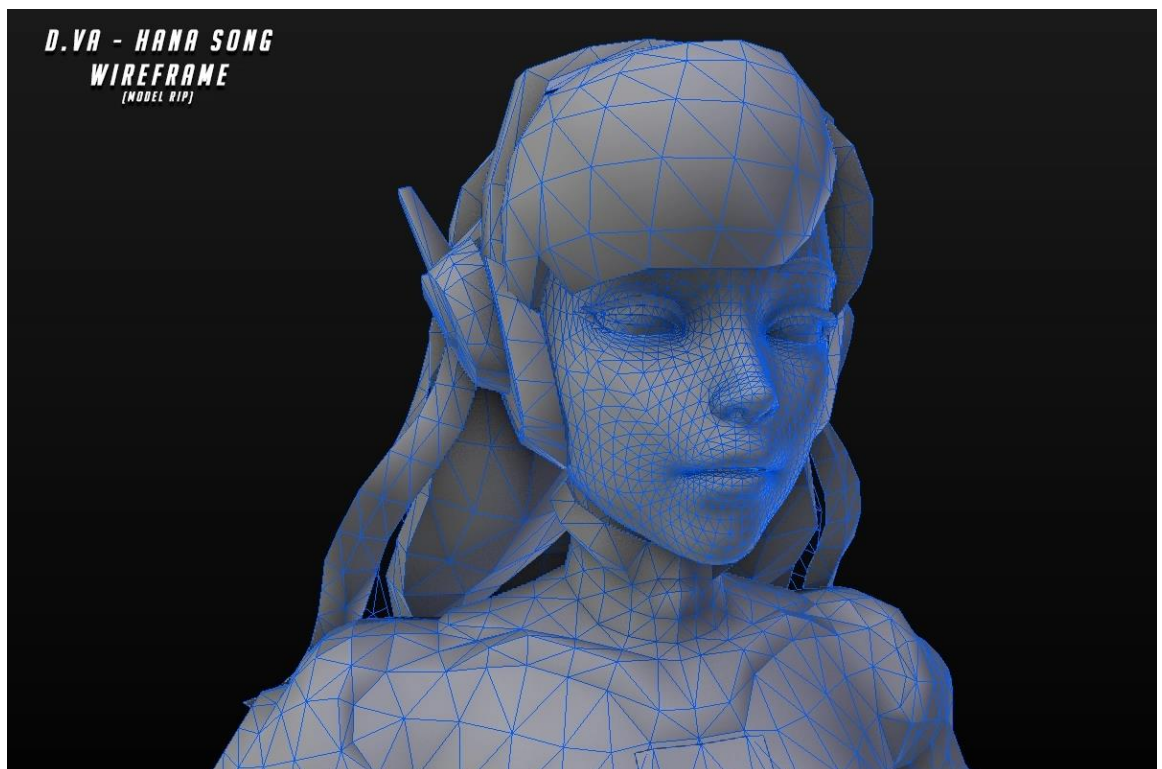


Kuva 28. Jään ulkonäkö näyttäisi perustuvan hahmon topologiaan. Kuvakaappaus pelistä.

Overwatch on vuonna 2016 julkaistu peli, joka on saanut paljon suosiota. Pelin on kehittänyt Blizzard. Overwatch on tiimipohjainen ammuskelupeli, jossa pelaajat taistelevat erilaisista tavoitteista. Hahmoja pelissä on yli 20, ja jokainen hahmo on uniikki designiltaan. Blizzardilla työskentelevä Renaud Galand on vastuussa hahmotaiteen tekemisestä ja siihen kuuluvasta tiimistä. Galand on julkaissut kuvia hahmojen tarkoista malleista ZBrushCentral -sivuston foorumilla. Hän sanoo, että ZBrush on oleellinen osa heidän hahmonluomisprosessia. ZBrush antaa heille mahdollisuuden kehittää nopeasti ideoita ja konsepteja veistämällä sekä tietenkin luomaan tarkat ja korkealaatuiset 3D-mallit hahmoista. (Galand, 2017.) Näiden mallien pohjalta he tekevät pelin kevyemmät malit. Kuvassa 29 on ZBrushissa luotu D.Va ja kuvassa 30 on pelissä käytettävä malli. Overwatch -pelin kehittämisessä digitaalinen veistäminen on siis oleellinen osa. Vaikka pelin hahmot ovat aika tyyliteltyjä, ne ovat silti lähellä oikeiden ihmisten ulkonäköä ja anatomiaa. Pelin tyyli viehättää niin nuoria kuin aikuisia pelaajia.



Kuva 29. D.Van tarkka malli.



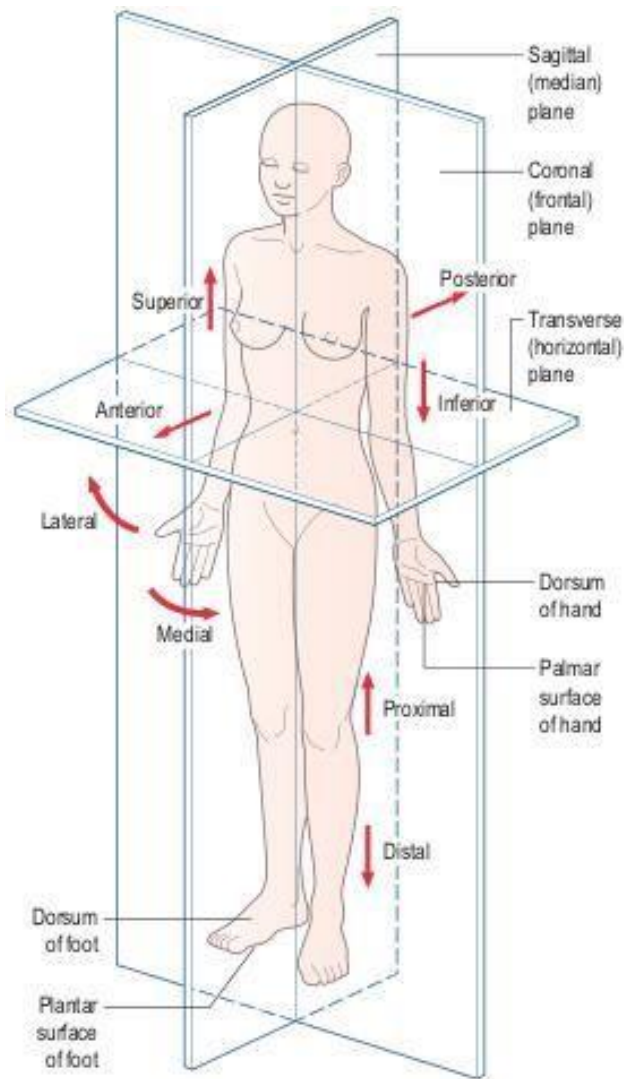
Kuva 30. D.Van pelin sisäinen epätarkka malli.

4 Pään mallintaminen

Anatomian tuntemus on olennainen osa artistin taitoja. Monet kuuluisat artistit ovat opiskelleet anatomiaa, koska luuranko, nivelet ja lihakset määrittävät kehon mittasuhteet ja liikkeet. Kun artisti tietää, miten ihminen rakentuu, hänen havaintokykynsä paranee. Ihmisen anatomian opiskelu on välttämätöntä, jos haluaa saada taiteestaan elävän ja realistisen näköistä. Ihmisillä on yksilöllisiä ominaispiirteitä, joista heidät tunnistaa, kuten silmistä, nenästä ja korvista. (Szunyoghy & Fehér 2007, 7.)

4.1 Ihmisen anatomia

Ennen anatomian opiskelua on tärkeää ymmärtää anatomiset termit. Anatomisessa asennossa keho on suorassa, kädet sivuilla, ja pää, jalat ja kämmenet osoittavat suoraan eteenpäin. Tämän asennon mukaan annetaan erilaisia käsitteitä ruumiinrakenteille. (Simblet 2001, 32.) Ihmisen anatomiaan voidaan viitata akselijärjestelmällä, jossa keho jaetaan eri tasoihin. Mediaanitaso jakaa ihmisen keskeltä oikeaan ja vasempaan. Samansuuntaiset sagittaalitasot sijaitsevat mediaanitason molemmilla puolilla. Niiden avulla kehon rakenteita kuvataan mediaanisena eli lähempänä keskitasoa tai lateraalisenä eli kauempana keskitasosta. Suorassa kulmassa mediaanitasoa vastaan on frontaalitaso, joka on ruumiin pituusakselin suunnassa. Se kertoo, onko rakenne posteriorinen eli selänpuoleinen tai anteriorinen eli vatsanpuoleinen. Horisontaalitaso jakaa kehon superioriseen eli ylempään ja inferioriseen eli alempaan osaan. Myös raajoilla on omat terminsä. Ruumiin pääasialliset tasot ovat siis mediaani-, frontaali- ja horisontaalitaso. Päähän liittyy myös eri suuntia. Frontaalinen on otsan suuntainen, oksipitaalinen on takaraivon puoleinen. Nasaalinen liittyy nenään ja temporaalinen liittyy ohimoon. (Szunyoghy & Fehér 2007, 10.) Kuvassa 31 näkyvät anatomiset termit.



Kuva 31. Anatominen asento tasoiheen ja suuntineen.

Ihminen koostuu luustosta, luiden kudoksista, lihaksista sekä niihin liittyvistä kudoksista ja rakenteista. Ihminen tarvitsee liikkumiseen lihaksia. Luuranko on ihmisruumiin sisäinen tukiranka. Se mahdollistaa liikkeen ja suojelee sisäelimiä. Luut ovat yksittäisiä tai parillisia vipuja, joita lihakset pystyvät liikuttamaan. Luita on yleensä 233, mutta ne muuttuvat eliniän aikana jatkuvasti. (Szunyoghy & Fehér 2007, 10-14.)

Lihakset peittävät suurimman osan luurangosta ja ne vaihtelevat koon, muodon ja vahvuuden mukaan. Ylävartalon lihakset ovat leveitä, ja raajojen lihakset ovat pidempiä ja sylinterimäisiä. Lyhyet ja paksut lihakset soveltuvat voiman käyttöön, kun taas pitkät ja hoikat lihakset sopivat tarkkuutta vaativiin tehtäviin. Lihaksille on annettu kuvaavia nimiä perustuen niiden kokoon, muotoon ja tarkoitukseen. Lihaksilla on erilaisia tehtäviä, ne voivat toimia muun muassa ojenta-jina, koukistajina, alentajina ja ylentäjinä. On olemassa kolmenlaisia lihaksia: juovikkaita, sileitä ja

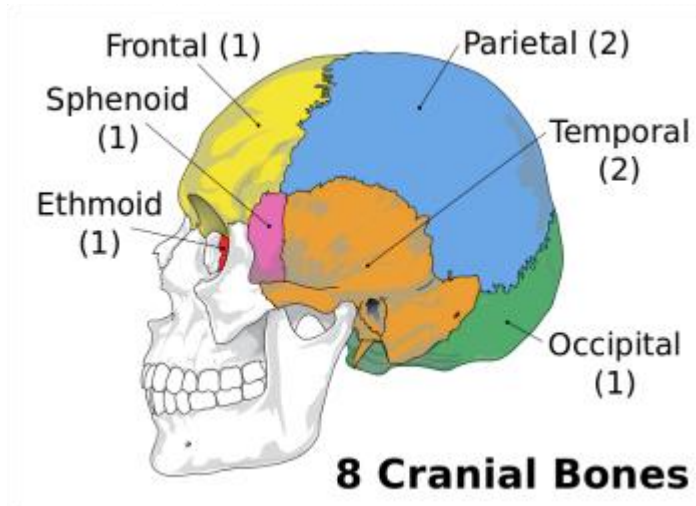
sydänlihas. Juovikkaat lihakset ovat tahdonalaisia lihaksia, jotka antavat ihon ja rasvan alla ruumiille sen ominaisen muodon. Jätteet kiinnittävät lihakset luihin. Ne näyttävät hopeanvärisiltä ja ne ovat yleensä pidempiä kuin niihin kiinnittyneet lihakset. (Simblet 2001, 32-34.) Mallintamisessa tärkeintä on lihakset sekä luusto.

Ihmisen iho on kovaa, itsekorjautuvaa kalvoa. Yleensä iho vaihtelee paksuudeltaan 1-3 millimetrin välillä, ollessaan paksuimmillaan yläselässä, jalkapohjissa ja kämmenissä, ja ohuimmillaan silmäluomissa. Iho suojelee ruumista ja säätelee ruumiinlämpöä hikoilemalla. Iho on ruumiin laajin elin. Kehon rasvan alhaisuus tuo lihakset esiin paremmin. Miesten lihakset tulevat siis esiin paremmin pienemmän rasvaprosentin ansiosta. Pinnalliset verisuonet ovat nähtävissä ihon läpi, erityisesti kasvoissa, jaloissa ja käsissä. (Simblet 2001, 36-40.)

4.1.1 Pään luut

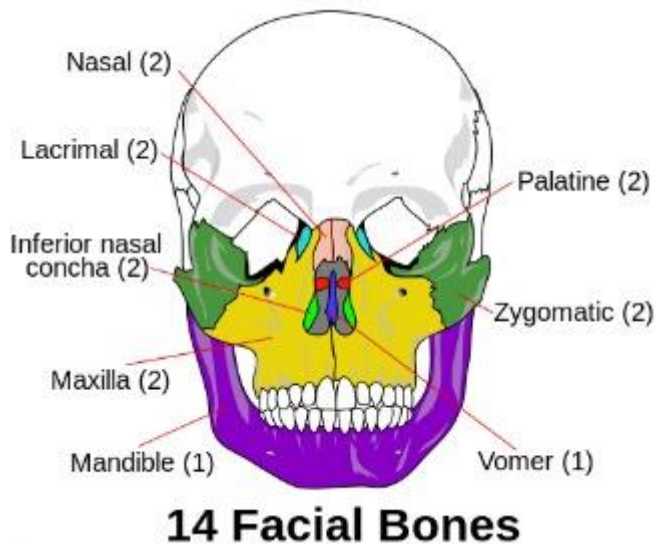
Kasvojen rakenne koostuu kallon luista, joita peittää nenä- ja korvarustot, silmämunat ja ihonalainen rasva. Ohuet lihakset pystyvät muokkaamaan kasvojen ihoa erilaisiin ilmeisiin. Sivulta katsottuna kallon keskikohta pituussuunnassa sijaitsee silmien kohdalla. Edestä taakse katsottuna keskikohta sijoittuu leukaniveleen. Kallon korkein kohta sijaitsee pääläenluulla. Niska-aukko sijaitsee samalla tasolla nenän kanssa. Kaulassa sijaitsevat kieliluu ja aataminomena. (Simblet 2001, 47-49.)

Kallo määrittää koko pään muodon. Se koostuu 22 luusta, jotka voidaan jakaa pääkopan tai kasvojen luihin. Pääkopan luut ympäröivät aivoja ja kasvojen luut tukevat silmiä, nenää ja suuta. Kaikki luut ovat saumoilla kiinni toisissaan, paitsi alaleukaluu. Saumat antavat tilaa kasvulle. Pääkoppa suojelee aivoja ja kuuloelimiä. Se muodostuu kaarevista, jotka antavat päälle kupumaisen muodon. Ylhäältä katsottuna pää näyttää kananmunalta, joka kapenee otsaa kohti. Pää voi näyttää hieman munamaiselta myös sivulta katsottuna. Kaksi pääläenluuta muodostavat pään yläsivut. Vieressä sijaitsee otsaluu. Kaksi ohimoluuta sijaitsevat pääkopan alasisuilla. Ne päättyvät takana olevaan takaraivoluuhiin, joka alkaa korvakäytävän takaa, kartiolisäkkeestä, joka on artistille tärkeä merkkipaikka. (Simblet 2001, 49-50.) Kuvassa 32 näkyy pääkopan luut sivusta.



Kuva 32. Pääkopan luut.

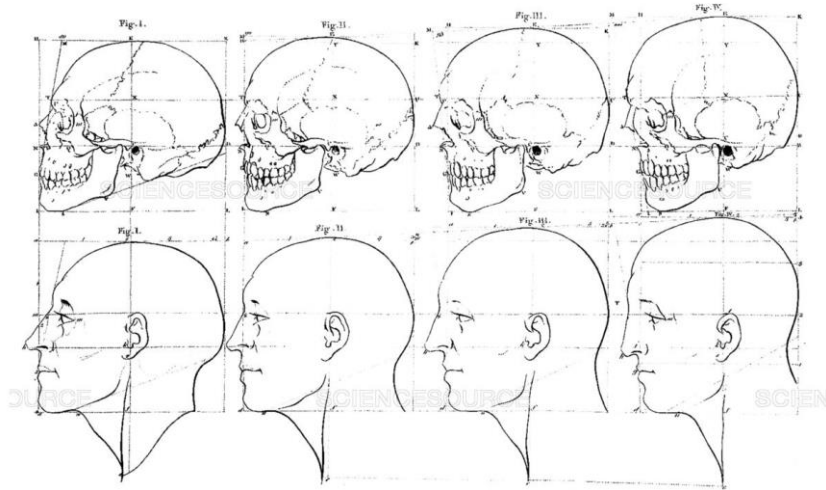
Kasvojen luut sijaitsevat pääkopan alla keskellä. Ne muotoilevat silmät, nenän, posket ja suun. Poskiluut määrittävät kasvon leveimmän kohdan. Yläleuan luut muodostavat ylähuulen, kitlaen ja nenän reunat, ja ne liittyvät silmäkuoppiin. Alaleukaluu on suurin ja voimakkain kasvojen luu. Alhaalta katsottuna alaleukaluu on v-muotoinen. (Simblet 2001, 51.) Kasvon luut näkyvät kuvassa 33 edestäpäin.



Kuva 33. Kasvojen luut.

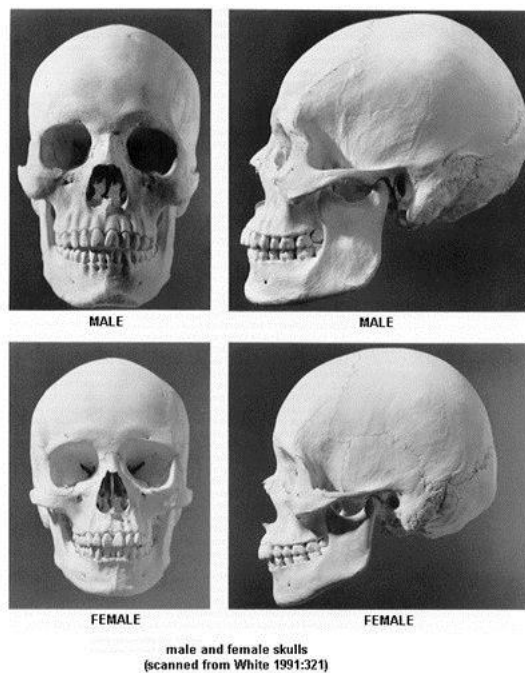
Pääkopan muoto vaihtelee yksilön ja rodun mukaan. Nenäntyvi, silmäkuopan akseli ja ulompi korvakäytävä muodostavat kaltevan tason. Artistille on tärkeä kuvitteellinen Camper-kulma eli aurikulonasaalinen viiva, joka muodostetaan yhdistämällä viivat nenän sieraimien tyven otsaan ja

ulompaan korvakäytävään. Camper-kulma on tyypillinen eri yksilöille ja roduille. (Szunyoghy & Fehér 2007, 394.) Kuvassa 34 näkyy erikokoisia Camper-kulmia.



Kuva 34. Camper-kulma eri asteissa.

Miehen kallo on yleensä isompi, kulmikkaampi ja raskasrakenteisempi kuin naisen. Leuka on ne-
liön mallisempi, kun taas naisilla se on terävämpi. Naisten otsa on pystysuora ja sileä. Miehillä voi
olla isommat otsaontelot, joiden johdosta silmäkulmat ovat paksumpia. (Simblet 2001, 51.) Ku-
vassa 35 on miehen ja naisen pääkallo.

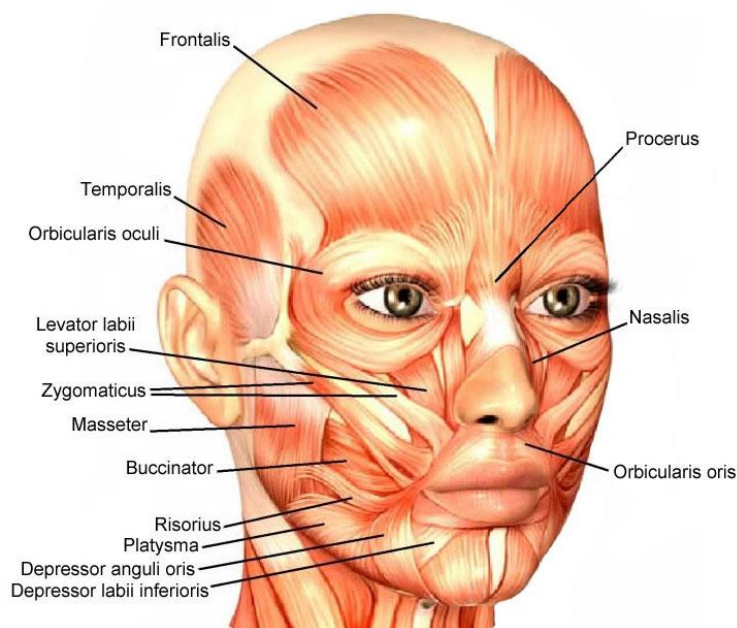


Kuva 35. Miehen ja naisen kalloista on nähtävissä eroja.

4.1.2 Pään lihakset ja kaula

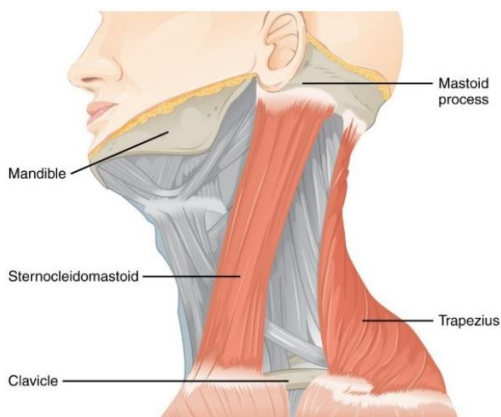
Silmämuna lepää rasvakerroksen ja silmän kehälihaksen päällä. Lihakset ohjaavat silmän liikkeitä ja yläluomea. Pääkallossa ylhäällä takaraivoluusta silmäkarvoihin yltävä lihas on takaraivo-otsalihas. Lihaksen otsanpuoleinen osa nostaa kulmakarvoja ja vetää päänahkaa eteenpäin. Takaraivo-osa vetää päänahkaa taaksepäin. Silmän kehälihas ympäröi silmäkuoppaa. Ne liikuttavat silmäluomia, ja niiden avulla voi myös kurtistaa silmiä. Kulma-karvojen rypistäjälihas vetää kulmakarvat yhteen ja synnyttää niiden väliset rypyt. Nirsolihas vetää kulmakarvoja alaspäin sekä synnyttää viivoja nenään nyripistykseen. Nenälihakset voivat supistaa ja laajentaa sieraimia. (Simblet 2001, 52-54.)

Ylähuulen kohottajalihas kohottaa nimensä mukaisesti ylähuulta. Se myös vaikuttaa osittain nenänsivusta lähtevän uurteen, jota voidaan sanoa hymyviivaksi, muodostumiseen. Iso ja pieni poskipäälihas nostavat suupielet hymyyn, kun taas hymylihas vetää suupielet leveämpään hymyyn. Suupielen ja alahuulen alasetäjälihakset muodostavat alahuulen ja voivat vetää sen alas kuvaustaen inhoa. Leuankärkihihas leuan yläpuolella saa aikaan epäilevän ilmeen. Suun kehälihas eroaa silmän kehälihaksesta siten, että sen lihaskuidut kulkeutuvat eri suuntiin yhdistyen eri lihaksiin. Kehälihas saa esimerkiksi suun mutrulle tai antamaan lentosuukon. Ulompi puremalihhas on voimakas lihas, joka antaa muotoa takaleualle ja mahdollistaa puremisen. Ohimolihas sijaitsee ohimolla ja se voi liikuttaa alaleukaa. (Simblet 2001, 54.) Kuvassa 36 näkyy pään lihaksia.



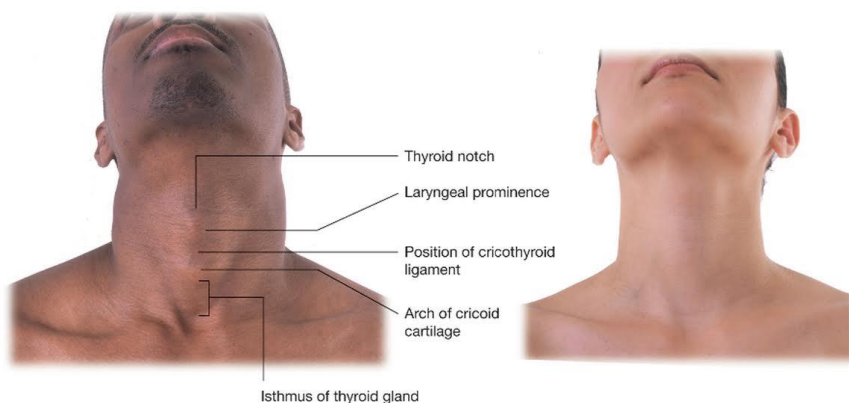
Kuva 36. Pään lihaksia.

Kaulassa on merkittäviä suuria ja vahvoja lihaksia. Ne jännittävät, ojentavat ja pyörittävät päätä sekä nostavat olkapäät kohti korvia. Kaulan lihaksista näkyvimmit ovat epäkäslihak, päänkieräjälihas ja kaulan iholihas. Epäkäslihakset ovat isoja lihaksia, jotka liikuttavat olkapäitä ja kiertävät lapaluita. Päänkieräjälihas on näkyvä parillinen lihas, joka kulkee rintalastasta ja solisluusta kaulaa pitkin kartiolisäkkeeseen korvan taakse. Ne auttavat pään kiertämisessä. Kaulan iholihas on pinnallinen lihas kaulan etuosassa, jonka avulla kasvot saa irstyukseen. (Simblet 2001, 58-59.) Kaulan lihaksista päänkieräjälihas ja epäkäslihak näkyvät kuvassa 37.



Kuva 37. Punaisella näkyvät päänkieräjälihas ja epäkäslihak.

Leuan alla sijaitsee kieliluu, jonka alla sijaitsee miehillä etenkin näkyvä aataminomena. Sen alla sijaitsee rengasrusto, joka on selkeämpi myös miehillä. Naisten laajentunut kilpirauhanen antaa kaulalle pehmeämmän muodon. Naisten kaula on yleensä pidempi, koska miesten rintalasta sijaitsee korkeammalla. Kaulan etupuoli on takapuolta lyhyempi. Naisten takaraivoluu on kaltevampi, joka voi antaa vielä pidemmän vaikutelman kaulalle. Miehillä on vahvemmat kaulalihakset, jotka puolestaan tekevät kaulasta paksumman. (Simblet 2001, 58.) Kaulan eroja miehellä ja naisella näkyy kuvassa 38.



Kuva 38. Miehen ja naisen kaulat ovat erinäköiset.

4.1.3 Kasvonpiirteet

Kasvojen piirteet muodostuvat monista eri asioista. Silmän luomet ovat ryppyisiä ja niiden sisäreunassa sijaitsevat luomirauhaset. Ulompi silmäkulma on suipon muotoinen, sisempi on pyöreä. Silmän värin määrää iiris, joka on näkyvissä keskellä olevan mustan pupillin kanssa sarveiskalvon läpi (Szunyoghy & Fehér 2007, 400.) Sivulta on mahdollista nähdä läpinäkyvä, kupolimainen sarveiskalvo. Yläripset ovat pitkiä ja ylöspäin taipuneita, kun taas alaripset ovat lyhyempiä ja ne taipuvat alaspäin. Näin ne eivät sotkeudu toisiinsa. Ikääntyessä silmämuna voi näyttää enemmän uponneelta silmäkuoppaan. Joistakin syistä silmä voi myös pullistua kuopastaan. (Simblet 2001, 52.)

Nenän luusto koostuu nenäluusta, johon yhdistyvät nenärustot. Nenä muodostuu juuresta, selästä, kärjestä, kannasta ja siivistä. Nenän muoto on yksilöllinen ja se vaikuttaa kasvojen luonteesseen. Huulien reunassa iho muuttuu suuontelon limakalvoksi. Ylähuulivaon alareuna sopii yhteen alahuulen kohoumien väliin. Huulten muoto riippuu myös rodullisista eroista. Huulissa ja leuassa voi olla yksilöllisiä piirteitä. Huulien kulma ei ulotu kulmahampaita kauemmaksi. (Szunyoghy & Fehér 2007, 404-439.) Korvalehdet voivat olla erinäköisiä. Vanhetessa se voi paksuuntua ja näyttää laajentuneelta. Korviksi kutsumme yleensä korvalehtiä, vaikka korva oikeasti jatkuu sisälle päähän. (Simblet 2001, 60.)

Otsa antaa kasvoille myös luonnetta. Matala otsa nuorentaa kasvoja. Siihen vaikuttaa hiustenkasvu, mutta otsanauhalla voi antaa samaa vaikutelmaa. Jyrkkä ja leveä otsa viittaa mietiskelyyn, kun taas viistoa otsaa sanotaan eläimelliseksi otsaksi. Järeä vaikutelma syntyy voimakkaasta silmän yläkaaresta ja esiin työntyvästä leuasta. (Szunyoghy & Fehér 2007, 439.)

Kasvojen uurteet ovat joko synnynnäisiä tai hankinnaisia eli vanhetessa ilmestyneitä. Synnynnäisiä uurteita ovat esimerkiksi silmäluomien reunassa sijaitseva uurre ja nenä-huuliuurre. Hymykuoppa voi ilmestyä hymylihaksen supistuessa. Otsan iholihas saa aikaan poikittaiset rypyt otsassa. Vanhempana ilmestyy harakanvarpaiksi kutsuttuja rypyjä silmien ulkosivuille. Ihon kimmoisuuden vähentyessä rypyjä ilmestyy myös huuliin. (Szunyoghy & Fehér 2007, 443.) Kuvassa 39 on nähtävissä kasvojen yleisimpiä uurteita.

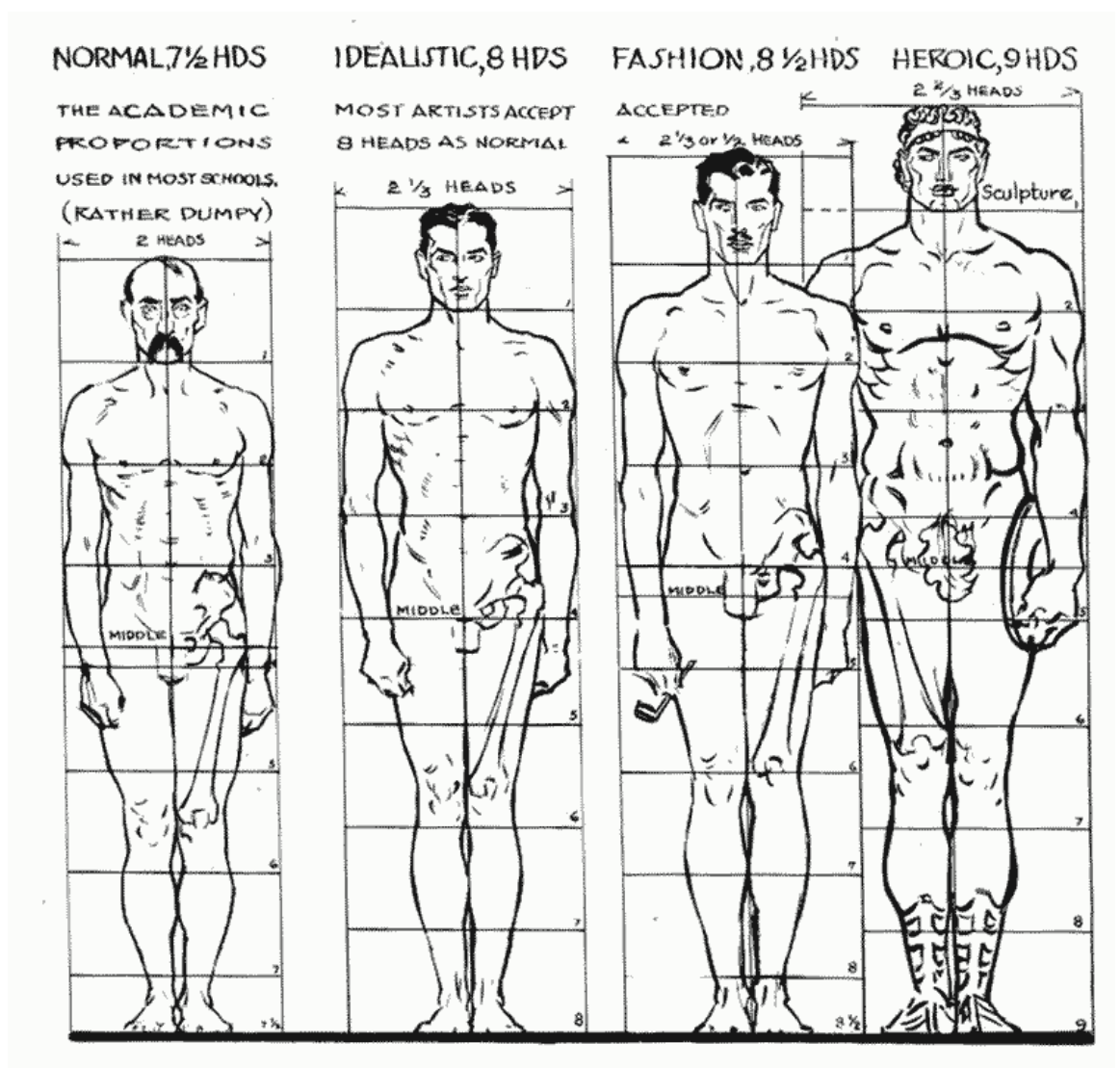


Kuva 39. Kasvojen yleisimmät rypyt.

Pään karvoitukseen luetaan hiukset, kulmakarvat, leukaparta ja viikset. Miehen pään karvoitus riippuu muodista ja kulttuurissa. Esimerkiksi intiaaneilla puuttuu parta, kun taas itäisillä kansoilla se on erittäin arvostettu. Kulmakarvat ovat voineet kasvaa yhteen eteläisimmillä kansoilla. Pitkät kulmakarvat antavat kasvoille synkän ilmeen. Hiukset ulottuvat otsasta niskaan ja ne kasvavat vinosti taaksepäin. (Szunyoghy & Fehér 2007, 444.) Hiukset kasvavat keskimäärin 12,5 senttimetriä vuodessa. Hiusten väri ja laatu vaihtelee. Tummat hiukset ovat paksumpia ja vahvempia kuin vaaleat. Ne rikkoutuvat vähemmän ja voivat kasvaa pidemmiksi. (Simblet 2001, 60.)

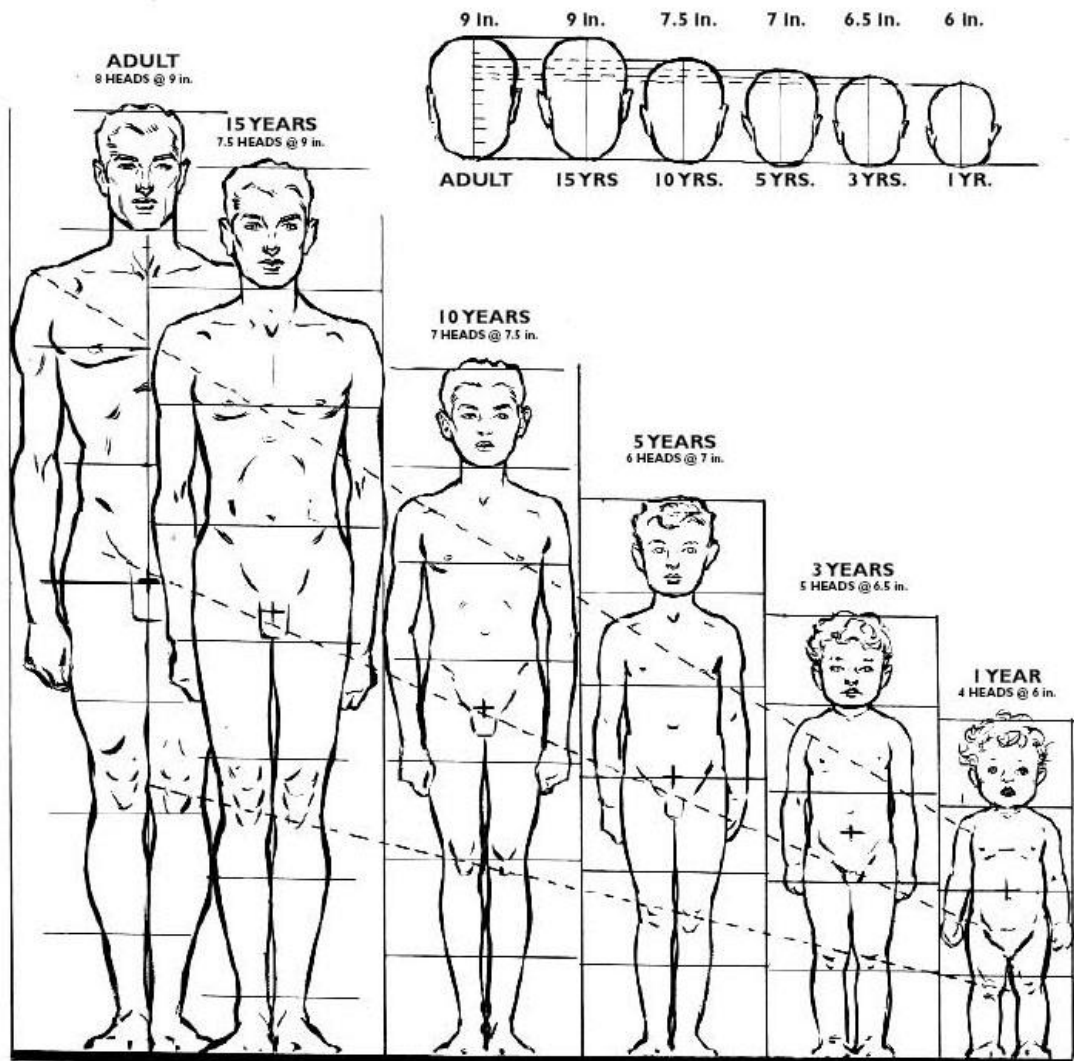
4.1.4 Mittasuhteet

Piirtämisessä voi hyödyntää pään mittasuhteita. Miehen pään korkeus kaula mukaan lukien on $\frac{1}{8}$ osaa koko vartalon pituudesta. Naisilla se voi vaihdella $\frac{1}{7}$ - $\frac{1}{6}$ osan välillä. Pää pienenee ruumiin kasvaessa verrannollisesti eli lapsen pää on isompi kuin aikuisen. (Szunyoghy & Fehér 2007, 439.) Andrew Loomis on kehittänyt ihanteellisia mittasuhteita ihmisille. Seitsemän ja puolen pään kokoinen ihminen opetetaan yleensä taidekouluissa, mutta Loomis itse piti tätä liian lyhyenä. Lii- oitellut mittasuhteet voivat toimia vaihtoehtona. (Rodriguez 2013.) Kuvassa 40 on vaihtoehtoisia mittasuhteita, jotka Loomis on piirtänyt. Kuvassa 41 näkyy eri-ikäisten ihanteellisia mittasuhteita.



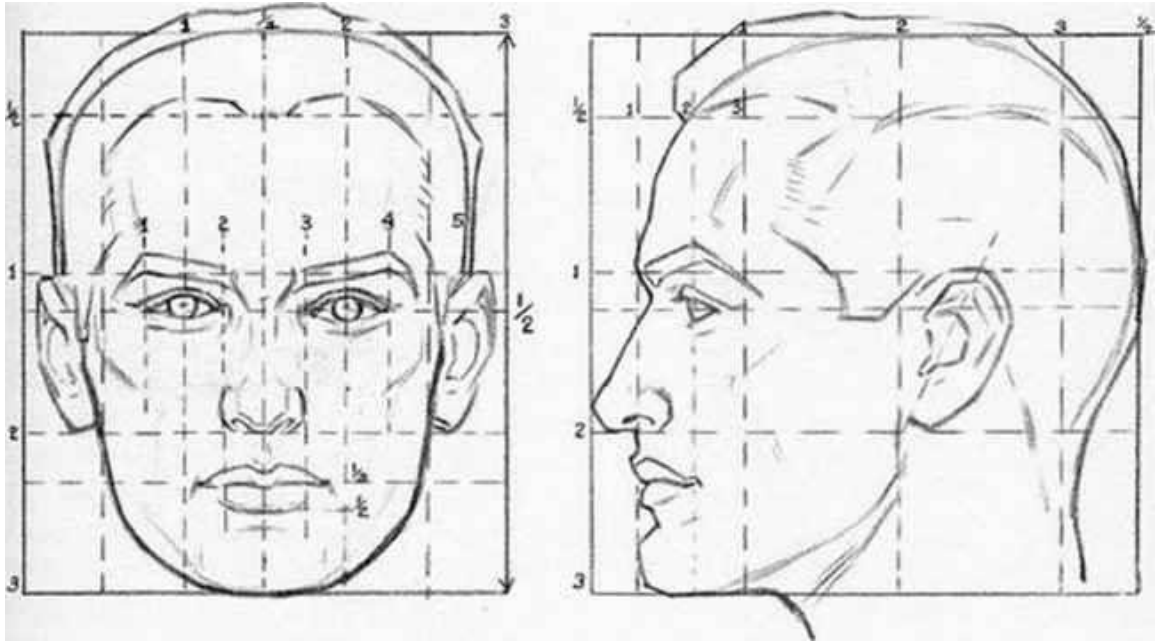
Kuva 40. Miehen erilaiset mittasuhteet taiteessa.

IDEAL PROPORTION AT VARIOUS AGES



Kuva 41. Mittasuhteet lapsesta aikuiseen.

Otsa, nenä sekä mitta huulista leuanpäähän ovat saman korkuisia. Kasvot voi siis jakaa kolmeen yhtä suureen osaan. Antiikin Kreikassa ihannemittana oli sama etäisyys sisemmillä silmäkulmilla, nenänsiivillä ja suupielillä. Oikeasti suurimmalla osalla ihmisillä suuraot ovat leveämpiä kuin nenänsiipien ja silmäkulmien välinen etäisyys. Silmien etäisyys toisistaan on yhden silmän leveys. Korva sijoittuu kulmakarvan ja nenänpäähän väliselle alueelle. Nenän leveys on sama kuin silmien sisäkulmien välinen leveys. Päästä kallistaessa perspektiivi vaikuttaa havaittuihin kasvonpiirteiden kokoihin ja etäisyyksiin. (Szunyoghy & Fehér 2007, 439-441.) Kuvassa 42 on nähtävissä pään mittasuhteita.



Kuva 42. Pään mittasuhteita.

Pään rakenteen ymmärtäminen auttaa artistia piirtämään parempia ilmeitä. Artistit saattavat keskittyä liikaa kasvojen ominaisuuksiin ja unohtaa ympärillä olevan massan. Alussa olisi hyvä keskittyä pelkästään massan ja muodon hallitsemiseen. Massan ja rakenteen oppiminen on kriittistä vakuuttavan ihmisen luomiseksi. Yksityiskohdat on parasta opetella massan opettelyn jälkeen. (Simbley 2001, 213-217.) Pään piirtämisen voi aloittaa yksinkertaisista muodoista. Kuvassa 43 on piirretty pää Loomis-metodilla, jossa piirtäminen aloitetaan parista ympyrästä ja viivasta. Kasvot jaetaan kolmeen osaan. Kasvonpiirteet lisätään lopussa. (Prokopenko 2012.)



Kuva 43. Pään voi aloittaa yksinkertaisesta muodosta.

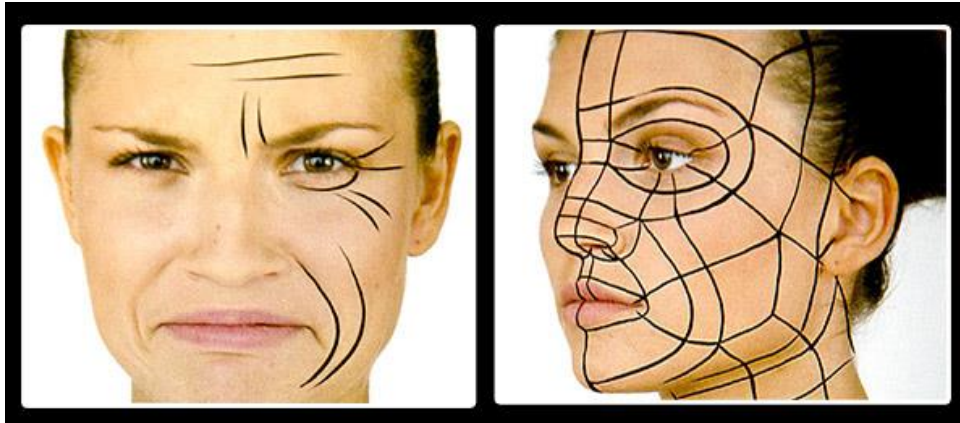
Anatomiaa on hyvä opetella, vaikka ei piirtäisikään realistisella tyyllillä. Anatomia antaa hyvän pohjan pään muodon ja piirteiden ymmärtämiseen. Sen pohjalta on hyvä lähteä rikkomaan sääntöjä ja piirtää sarjakuvamaisempaa tyyliä, jos niin haluaa. On olemassa paljon erilaisia tyylejä, joissa tiettyjä piirteitä liioitellaan tai pienennetään. Esimerkiksi japanilaisissa sarjakuvissa hahmoilla on suuret silmät ja länsimaisissa sarjakuvissa silmät voidaan esittää pelkinä pieninä pisteinä. Pehmeät muodot ja liioitellut kasvonpiirteet miellyttävät lapsia. Ihmisiä on olemassa eri muodoissa. Jollain voi olla pyöreät piirteet ja toisella voi olla kulmikkaat piirteet koukkunenän kera. Eri piirteiden hyödyntäminen saa hahmoista uniikin näköisiä.

4.2 Mallintaminen

Useiden 3D-artistien tavoitteena on mallintaa realistinen ihmisen pää. Pään mallintaminen ei ole uusi mullistava asia mallinnuksessa, mutta monia asioita täytyy ottaa huomioon luonnollisen lopputuloksen saavuttamiseksi. Työn jokainen vaihe, kuten referenssien kerääminen, suunnittelu, mallintaminen ja tekstuurin teko, vaatii tarkkuutta. Alussa on hyvä lähteä tutkimaan ja suunnittelemaan haluamaansa mallintamiskohdetta. On kriittisen tärkeää ymmärtää, mitä aikoo mallintaa. Referenssikuvien tulee olla hyvälaatuisia. Pään mallintamisessa voi käyttää oikeiden ihmisten kuvia. Valokuvissa tulee olla tarkkana, että kuvakulma on oikein tai mallista voi tulla väärän näköinen. Kameran polttoväli vaikuttaa kasvojen leveyteen. Pidempi polttoväli on parempi, sillä se on lähempänä ortografista näkymää. Itse ortografista valokuvaa on mahdotonta saada, sillä kuvakulmassa tulee aina vääristymiä. Mallit 3D-maailmassa näyttävät aina hieman leveämmiltä kuin oikeat ihmiset, mutta myös 3D-ohjelmien perspektiivinäkymä voi muuttaa mallin havaitsemista. Referenssikuvissa tulisi olla tasainen valaistus, sillä liian vahvoissa valaistuksissa yksityiskohdat peittyvät. Mallintamisessa käytettävissä referenssikuvissa tulisi näkyä ihminen edestä ja sivulta. Kuvien yhteensopivuudesta tulee varmistua. Kuvia voi käsitellä kuvankäsittelyohjelmissa. Niiden tulisi olla samalla tasolla, joten kuvista voi vetää suorat viivat tärkeiden piirteiden, kuten nenän, silmien, leuan ja kulmakarvojen kohdalle. Sen jälkeen ne voi tuoda mallintamisohjelmaan. (Thunder Cloud Studio n.d.)

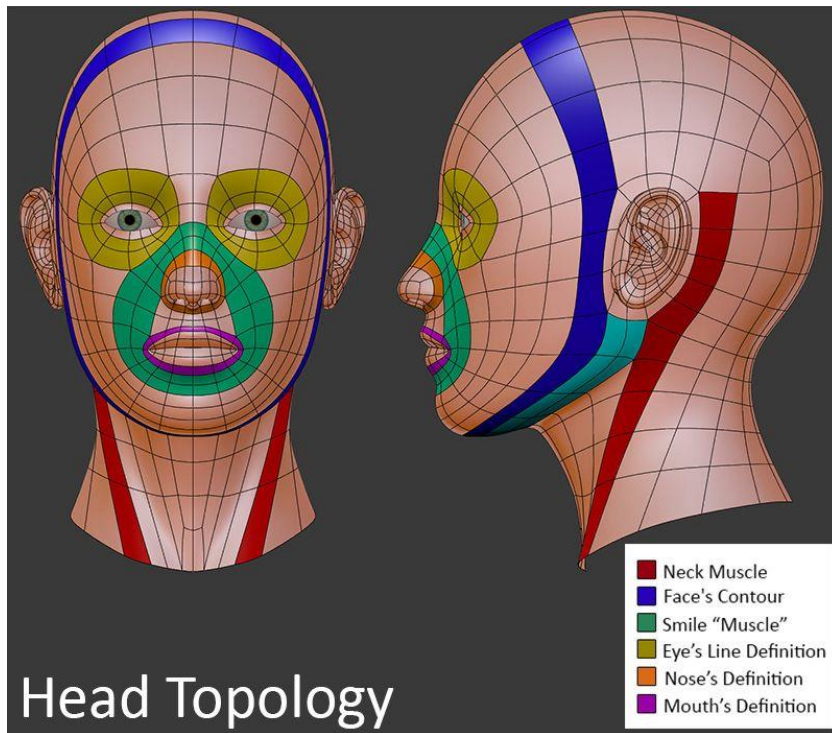
Topologia on hyvä suunnitella etukäteen. Se estää työssä jumittumista, kun tietää mihin polygonien tulee jatkua eikä hämmenny. Valokuvan päälle voi piirtää topologiaa ja tärkeitä särmäluuppeja. Topologia on varsinkin kasvojen mallintamisessa tärkeä elementti. Ne vaikuttavat kasvojen animaatioihin ja deformaatioon. Kasvot voivat olla paljon esillä esimerkiksi pelien väläanimaati-

oissa lähikuvissa. Niiden täytyy pystyä esittämään erilaisia ilmeitä, kuten iloa, surua ja vihaa. Hyvällä topologialla kasvat deformatuivat luonnollisen näköisesti. Siisti topologia auttaa myös säästämään polygoneja ja pitää mallin silti realistisen näköisenä. Mallia on lisäksi helpompi muokata, mitä vähemmän polygoneja siinä on. (Thunder Cloud Studio n.d.) Kuvassa 44 on otettu huomioon ryppyjen muodostaminen ja hahmoteltu yksinkertaista topologiaa sen mukaan.

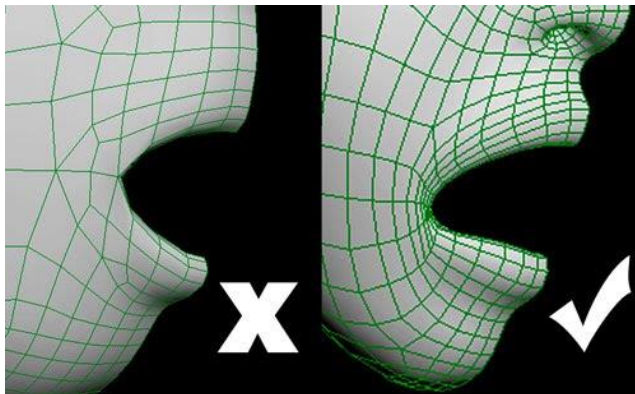


Kuva 44. Pään topologian suunnittelua ryppyjen mukaan.

Millainen sitten on hyvä pään topologia? Kasvojen anatomiaa on hyvä tarkkailla. Pään muoto, rypyt ja ilmeet muodostuvat pääkallosta sekä ihon alla olevasta rasvasta ja lihaksista. Tärkeimmät lihakset kasvojen ilmeissä ovat poskilihakset ja suun ympärillä sijaitsevat lihakset, kuten alahuulen alasetäjälihas ja ylähuulen kohottajalihas. Vaikka ne eivät vaikuttaisi topologiaan, on hyvä tietää, miten ilmeet syntyvät ja miten ne vaikuttavat ihon alla. Topologiassa tärkeintä ei ole tutkia kaikkia lihaksia, vaan miten ne iho liikkuu niiden vaikutuksesta. Topologia siis perustuu tärkeisiin kasvojen uurteisiin, jotka syntyvät lihasten liikkeistä. Uurteita voidaan liioitella referenssikuviissa, ja niiden perusteella voidaan rakentaa topologiaa. Ihmisten päät ovat suunnilleen samanlaisia, joten topologian ei tarvitse olla erilainen. Pään topologiassa voi olla eroja, koska ei ole yhtä ainoaa tapaa tehdä sitä. Kaikissa on kuitenkin sama perusta. Ne noudattavat pääasiallisesti samoja polygonien sarjoja. Pään topologia voi myös riippua mallin käyttötarkoituksesta ja referenssistä. (Thunder Cloud Studio, n.d.) Kuvasta 45 voi nähdä yhden esimerkin pään topologiasta, jossa tärkeät luupit on väritetty. Kuvassa 46 näkyy miten huono topologia voi vaikuttaa deformaatioon. Suu ei liiku luonnollisesti.

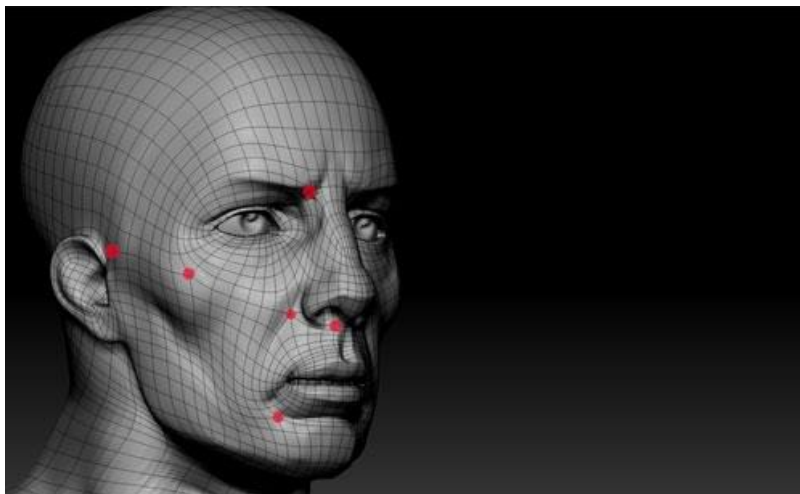


Kuva 45. Yksi esimerkki topologiasta, jossa on väritettynä tärkeät luupit.



Kuva 46. Esimerkki huonosta topologiasta. Suu ei deformoidu luonnollisesti vasemmalla.

Pään mallintamisessa pätevät samat perussäännöt kuin muissakin objekteissa. Polygonimäärä on hyvä pitää matalana. Mallintamisessa tulee käyttää nelikulmioita niin paljon kuin mahdollista. Työskentely sujuu helpommin vähemmällä polygonimäärällä ja nelikulmioilla. Kolmioita voi käyttää tarvittaessa, mutta se ei ole suositeltavaa. Pyri välttämään napoja (poles). Ne ovat verteksejä, joissa yhdistyy viisi tai enemmän särmää. Tällainen kohta ei välttämättä näytä sileältä pinnalta, ja sen voi huomata. Napoja on mahdotonta välttää pään mallintamisessa, mutta ne ovat hyväksytyjä sellaisissa paikoissa, jotka eivät deformoidu paljoa tai jotka ovat piilossa (kuva 47). Polygonin ei tule olla pitkä. Tasaiset, neliönmuotoiset polygonit toimivat paremmin deformaatioissa. (Thunder Cloud Studio n.d.)



Kuva 47. Paikkoja, missä napoja saa olla.

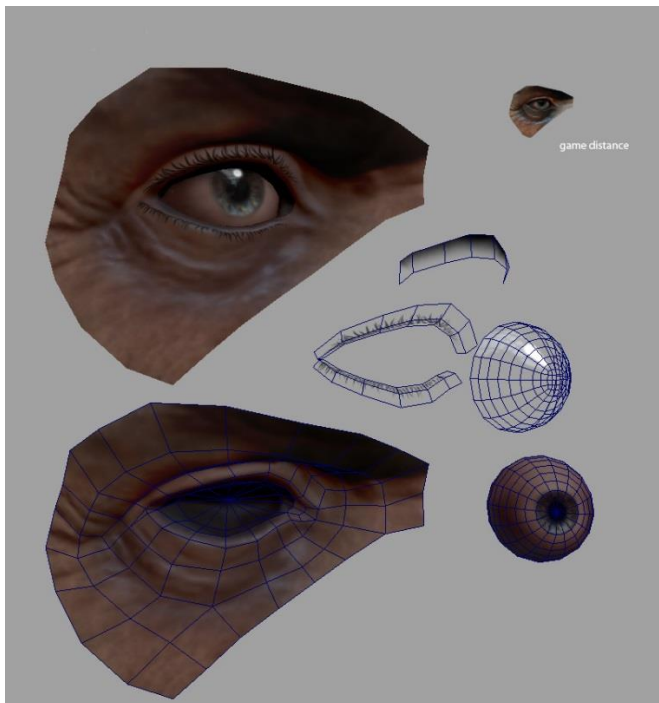
Polygoninen mallintaminen on suosituin ja yksinkertaisin tapa mallintaa. Laatikkomallintamisessa aloitetaan alkeellisesta muodosta ja massa rakennetaan ensin. Topologiaa tulee muodostaa, jolloin voi siirtyä enemmän yksityiskohtiin ja kasvojen muodostamiseen. Särmämallintamisessa mallinnus aloitetaan yksittäisistä polygoneista, jotka asetellaan aluksi tärkeiden luuppien kohdalle, esimerkiksi silmien ja suun ympärille. Tärkeät kohdat mallinnetaan ensin ja särmäluuppeja jatketaan ekstruusiolla. Jäljelle jäävät kohdat täytetään. Polygonisessa mallintamisessa verteksejä voidaan muokata suoraan. Se voi olla nopea työtapa, jossa pysyy helposti mukana. Se ei kuitenkaan sovellu malliin, joka vaatii paljon muokkaamista. (Thunder Cloud Studio n.d.)

Digitaalisessa veistämisessä tehdään aluksi esimerkiksi laatikkomallintamalla pohjamalli, jonka päälle sitten veistetään tarkka malli. Sen jälkeen sen topologia tulee rakentaa uudelleen. Tällöin voidaan hyödyntää särmämallintamista tarkan mallin päälle. Digitaalisen veistämisen hyötyinä on yksityiskohtien tekeminen ja veistämisen ja mallinnuksen prosessit ovat erillisiä. Näin voi keskittyä vain pelkkään veistämiseen ja vasta myöhemmin hyvään topologiaan. Tarkasta mallista voi tehdä tekstuurikarttoja, joita voi käyttää epätarkassa mallissa. Huonona puolena on ajan kesto. Veistämiseen täytyy luoda erikseen epätarkka ja tarkka malli. Lisäksi hyvän veistämistuloksen aikaansaamiseksi täytyy opetella veistämistä paljon. (Thunder Cloud Studio n.d.)

Totten sanoo, että pään voi mallintaa laatikkomenetelmällä, mutta särmämallintaminen polygoni kerrallaan voi olla helpompaa joillekin. Särmämallintaminen voi muistuttaa hieman piirtämistä, joten se voisi olla hyvä vaihtoehto 2D-artistille. Silmä- tai suuluuppia tehdessä on hyvä käytäntö pitää jokaisella särmäluupilla saman verran verteksejä. Kallon muodostamisessa kannattaa käyttää polygoneja säästeliäästi. Lisäksi ne eivät välttämättä näy hahmon hiusten tai hatun alta. (Totten 2012, 65-75.)

Digitaalisen veistämisen avulla malliin voi saada karttojen avulla yksityiskohtia. Mallista on hyvä tallentaa erilliset versiot, esimerkiksi epätarkka malli ja veistettäväksi tarkoitettu malli. Tekstuureilla on mahdollista myös luoda variaatioita samasta mallista, jolloin voi saada käyttöön monta eri hahmoa. Assettien uudelleenkäyttäminen säästää aikaa ja energiaa, ja se on yleistä pelialalla. (Totten 2012, 82.)

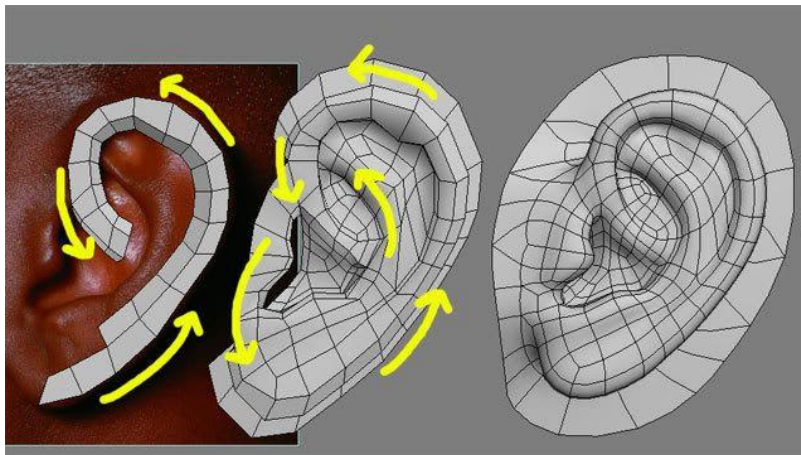
Realistisen pään luomiseksi on hyvä ottaa huomioon monia asioita. Silmät ovat erittäin tärkeä alue mallissa, sillä katsojat kiinnittävät niihin ensimmäiseksi huomiota. Silmät antavat myös luonnetta. Palloa voi käyttää, kun mallintaa silmäluomia ja -kuoppia. Näin ne sopivat yhteen silmien kanssa. Silmäluomiin voi laittaa ylimääräisen särmäluupin, joka tuo paksuutta luomelle. Silmänurkka kannattaa mallintaa saumattomasti malliin mukaan. Ilman silmänurkkaa silmämuna ei tunnu sopivan silmäkuoppaan. Jotkut voivat tehdä silmänurkan tekstuureilla. Silmän ympärillä on yleensä ehjä särmäluoppi, mutta siitä voi myös muokata silmästä lähtevän rydyn muotoon. Jotkut tekevät silmämunan yhdestä pallosta, mutta silmän mallintamisessa on hyvä matkia oikean silmän anatomiaa. Yleisin käytetty tapa on tehdä kaksi palloa, joista toinen on sarveiskalvo ja toinen silmämuna. Sarveiskalvo on läpinäkyvä ja kupolimainen ja se antaa heijastuksen silmälle. Silmämunassa pupilli menee sisäänpäin, joten sen voi mallintaa menemään syvälle silmään. (Thunder Cloud Studio n.d.) Kuvassa 48 näkyy pelihahmon silmän rakenne.



Kuva 48. Silmän eri osat.

Useat käyttävät ripsien kohdalla tasoa, jossa on läpinäkyvä alfatekstuuri. Polygoneilla tai kurveilla ripseistä saa kuitenkin realistisemman näköiset. Huulissa voi olla ylimääräisiä särmäluuppeja tuomassa muotoa. Suun sisälle voi mallintaa suun sisäosan, jos hahmo aukaisee suunsa. Särmäluuppi korvasta leukaan voi auttaa tuomaan esiin leukaluun muotoa. Jos hahmon halutaan kurtistavan kulmakarvojaan tai rypistävän otsaansa, sellaisen topologian voi rakentaa. Se ei kuitenkaan ole välttämättä tarpeellinen tai ne voi tehdä myös tekstuurin avulla. (Thunder Cloud Studio n.d.) Monet pelit käyttävät tekstuuria sierainten luomiseen, mutta on hyvä tietää, miten ne voidaan mallintaa geometrialla (Totten 2012, 71).

Monet 3D-mallintajat huolestuvat korvien mallintamisesta. Peleissä kuitenkin korvan yksityiskohdat tuodaan esiin tekstuureilla, jolloin tarvitsee mallintaa vain korvan perusmuoto. Se säästää polygoneja paljon. Oikeanlaisen korvan mallintamiseen yksityiskohtia tarvitsisi runsaasti. Korvan kohdalla on sallittua käyttää muutamia kolmioita, koska pelaaja ei kiinnitä huomiota korviin eikä niitä käytetä animaatioissa. (Totten 2012, 76.) Tarkemman korvan voi myös ottaa talteen ja käyttää uudelleen toisessa hahmossa. Kuvassa 49 on särmämallinnettu yksityiskohtaisempi korva. Muodot voi jakaa eri osiin.



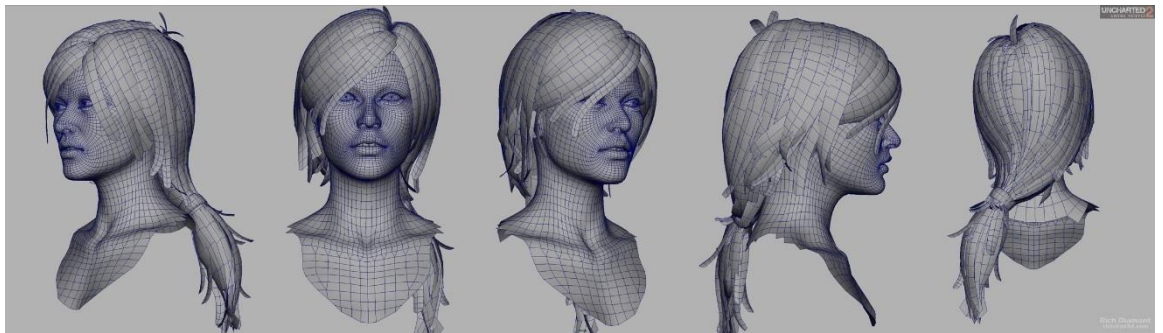
Kuva 49. Yksityiskohtaisemman korvan muodostaminen.

Ihmisen ruumiissa ei ole paljoa kohtia, jotka olisivat täysin tasaisia, vaan keho koostuu erilaisista kurveista. Kasvoja mallintaessa voi olla hyvä katsoa omia kasvojaan peilistä ja kuvitella topologiaa päälle. Kasvoissa on monia kulmia ja koloja. Niitä on hankala mallintaa varsinkin vähäisellä polygonimäärällä. Materiaali voi kuitenkin peittää joitakin virheitä. Välillä on hyödyllistä katsoa työtään kauempana nähdäkseen sen kokonaisuutena. (Clinton 2008, 127.)

Hiukset tehdään yleensä yksinkertaisilla polygonisarjoilla, joiden tekstuurissa käytetään alfakarttaa tuomaan läpinäkyvyyttä. Hiusten latvoja ei tarvitse mallintaa vaan tekstuuri tuo organisen muodon. Esimerkkejä pelihahmojen hiuksista näkyy kuvissa 50 ja 51.



Kuva 50. Yksinkertaiset hiukset Final Fantasy X -pelin hahmolla.



Kuva 51. Uncharted 2 -pelin hahmolle on käytetty enemmän polygoneja hiuksissa.

4.3 Mallintamistekniikoiden vertailua

Hahmon pään mallintamisessa voidaan käyttää laatikkomallintamista, särmämallintamista tai digitaalista veistämistä. Aikaisemmin laatikkomallintaminen oli käytetympää, koska rajoitukset olivat tiukemmat eikä hahmolle voitu mallintaa kasvonpiirteitä. Teknologian kehittyessä hahmoille voitiin tehdä liikkuvat silmät ja suu. Särmämallintaminen auttaa tarkemmassa mallintamisessa. Sitten digitaalinen veistäminen kehittyi, mikä on syrjäyttänyt perinteisemmät tavat mallintaa. Hahmon tekeminen voidaan aloittaa yksityiskohtaisesti välittämättä rajoituksista. Kevyempi malli luodaan myöhemmin erikseen raskaan mallin pohjalta.

Laatikkomallintamisessa alkeellisesta muodosta muotoillaan pää vaiheittain. Alussa on tärkeää saada oikea massa ja siluetti. Yksityiskohtia lisäillään hiljalleen tärkeisiin alueisiin. Särmämallintamisessa pää rakennetaan tärkeiden luupprien varaan. Särmämallin yksityiskohtaisuus voidaan säilyttää samana mallintamisen ajan eli resoluutiota ei tarvitse myöhemmin lisätä. Digitaalisessa veistämisessä keskitytään vain massan muotoiluun ja muotojen veistämiseen. Siveltimillä ja eri työkaluilla saadaan erilaista jälkeä. Pelimalliin vaaditaan kuitenkin kevyemmän mallin rakentamista ja erilaisten tekstuurien käyttämistä.

Laatikkomallintaminen on helppo aloittaa ja muotoa on helppo muokata. Monimutkaisempien mallien muotoileminen kuutiosta vaatii kuitenkin harjoittelua. Artistin tulee nähdä, miten mallia pitää jatkaa ja miten eri muodot saavutetaan. Topologian muuttaminen voi olla hankalaa. Särmämallintaminen voi soveltua hyvin 2D -artisteille. Tärkeisiin luuppeihin keskittyminen luo vankkaa pohjaa mallille. Ne kuitenkin tulee tehdä oikein tai mallista tulee oudon näköinen. Yksittäisten luupprien muotoa voi olla vaikea havainnoida. Polygonien määrä tulee pitää mielessä. Joissakin kohti voi huomata, että luuppeja on vaikea yhdistää toisiinsa, jos polygonien määrä eroaa paljon. Digitaalinen veistäminen sopii hyvin artisteille, sillä topologiaan ei tarvitse keskittyä. Prosessi on hyvin luovaa. Veistäminen kuitenkin vie aikaa. Se vaatii eri siveltimien opettelua, jotta tuloksesta tulee hyvännäköinen. Veistettyä mallia tulee katsoa jokaisesta kulmasta varmistuakseen oikeasta muodosta.

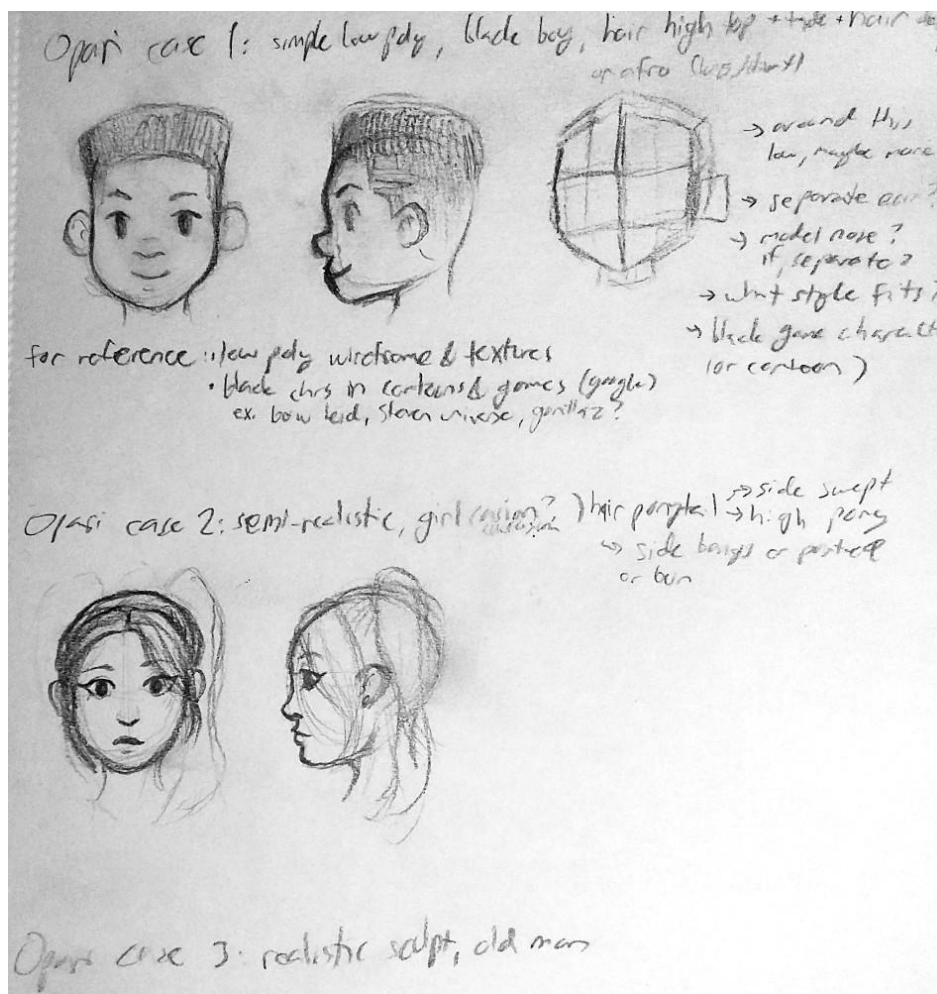
Jokaisessa mallintamistavassa on hyviä ja huonoja puolia. Miten sitten valitaan sopiva tapa? Pelialalla pelin tyyli voi vaikuttaa. Yksinkertaiseen, sarjakuvamaiseen tyyliin voi sopia parhaiten laatikkomallintaminen. Malli on helppo tehdä kuutiosta, varsinkin jos kasvonpiirteitä ei tarvitse rakentaa vaan ne voidaan tehdä tekstuurilla. Semirealistisiin hahmoihin, jotka vaativat kasvonpiirteitä ja niiden animoimista voi sopia särmämallintaminen. Realistisempiin hahmoihin käytetään mielellään digitaalista veistämistä. Peliyhteyksen tiimi voi sopia käytettävästä mallintamistavasta. Jos useampi artisti työskentelee hahmojen kanssa, kaikkien olisi hyvä käyttää samaa tapaa. Näin lopputuloksesta tulee yhtenäisemmän oloinen. Lisäksi artistin oma mieltymys vaikuttaa tavan valintaan. Joitakin miellyttää laatikkomallintaminen ja toisia veistäminen. Jokaista mallintamistapaa on hyvä kokeilla kerran. Mallinnuksen työtapa tulee tutummaksi ja oma tapa löytyy. Lisäksi yhteen mallintamistapaan ei tarvitse kiinnittyä vaan tapoja voidaan yhdistellä keskenään.

5 Kehittämistyö

Opinnäytetyön kehittämistehtävänä on tutkia eri mallintamistapoja ja mallintaa erilaiset päät niiden mukaan. Tavoitteena on oppia tarkemmin eri työtavat, ymmärtää niiden haitat ja hyödyt, ja miten ne soveltuvat eri tyyliin ja peleihin. Tekijällä löytyy eniten kiinnostusta hahmojen tekemiseen. Vuoden 2018 alussa tuli katsottua erilaisia tutoriaaleja Pluralsight -sivustolta. Oli mielenkiintoista nähdä, miten eri artisteilla oli erilaiset tavat mallintaa hahmon pää. Yleensä pää mallinnettiin särmämallintamisella, mutta osa aloitti mallintamisen silmäluupista ja osa rakensi ensin profiilin ja reunat. Yksinkertaisissa hahmoissa turvauduttiin laatikkomallintamiseen. Joillakin taas oli digitaalisesti veistetty malli. Nämä erilaiset tavat inspiroivat tekemään opinnäytetyön aiheesta. Samalla se antaisi mahdollisuuden mallintaa enemmän hahmoja ja parantamaan taitoja.

Opinnäytetyössä keskitytään laatikkomallintamiseen, särmämallintamiseen ja digitaaliseen veistämiseen. Alussa suunnitelmassa oli mallintaa kolme erilaista päätä näillä mallintamistavoilla: yksinkertainen pää laatikkomallintamalla, semirealistinen särmämallintamisella ja realistinen veistämällä. Ensiksi hahmot suunniteltaisiin, niistä piirrettäisiin malliarkit ja mallit tehtäisiin niiden pohjalta. Lopuksi tehtäisiin mahdolliset tekstuurit. Työkaluina käytettiin Kriata ja Blenderiä.

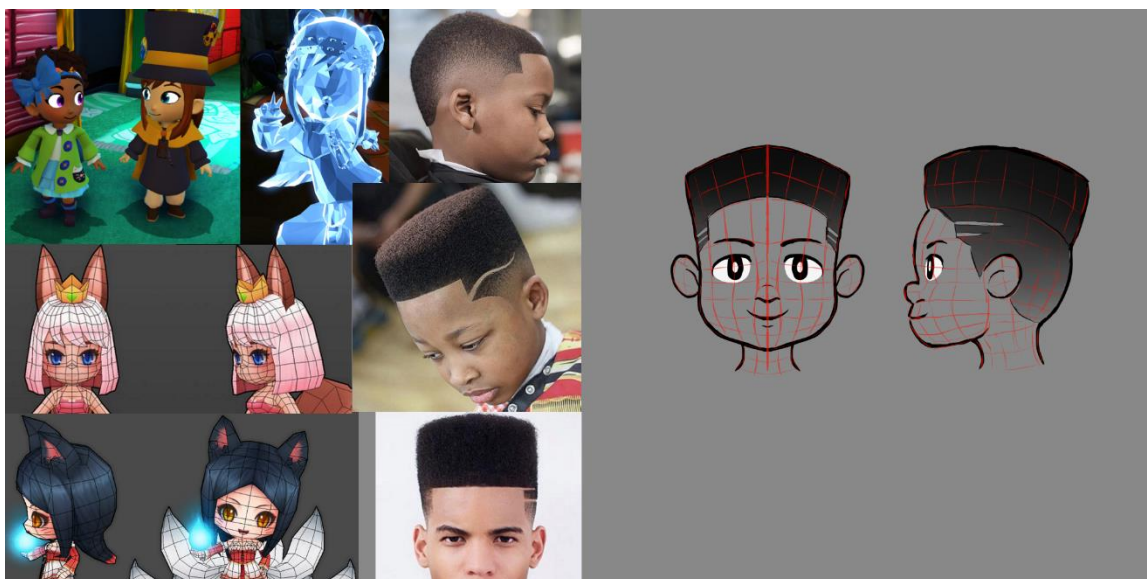
Koska ideaa oli pyöritetty päässä melkein vuoden, hahmot muodostuivat kuin itsestään, joten hahmoja ei tarvinnut erikseen suunnitella. Hahmoista haluttiin tehdä selkeästi erityyppiset. Laatikkomalli tuntui lastenpeliin sopivalta, joten hahmosta kehkeytyi tyylitelty tummaihoisen poikalapsi. Särmämallihahmosta tuli nuori nainen. Realistisesta hahmosta päätettiin tehdä vanhan mies, koska veistämällä saisi tehtyä rypyjä. Aluksi harjoiteltiin ihmisen anatomiaa. Syksyllä kerättiin hahmoille referenssikuvia Pinterestin kautta ja tutkittiin eri hahmojen topologiaa ja tekstuureja. Samalla suunniteltiin kaksi ensimmäistä hahmoa lehtiöön (kuva 52). Viimeinen hahmo jätettiin suunnittelematta, koska valmiin valokuvan käyttäminen oli mahdollista.



Kuva 52. Hahmojen suunnittelua paperille.

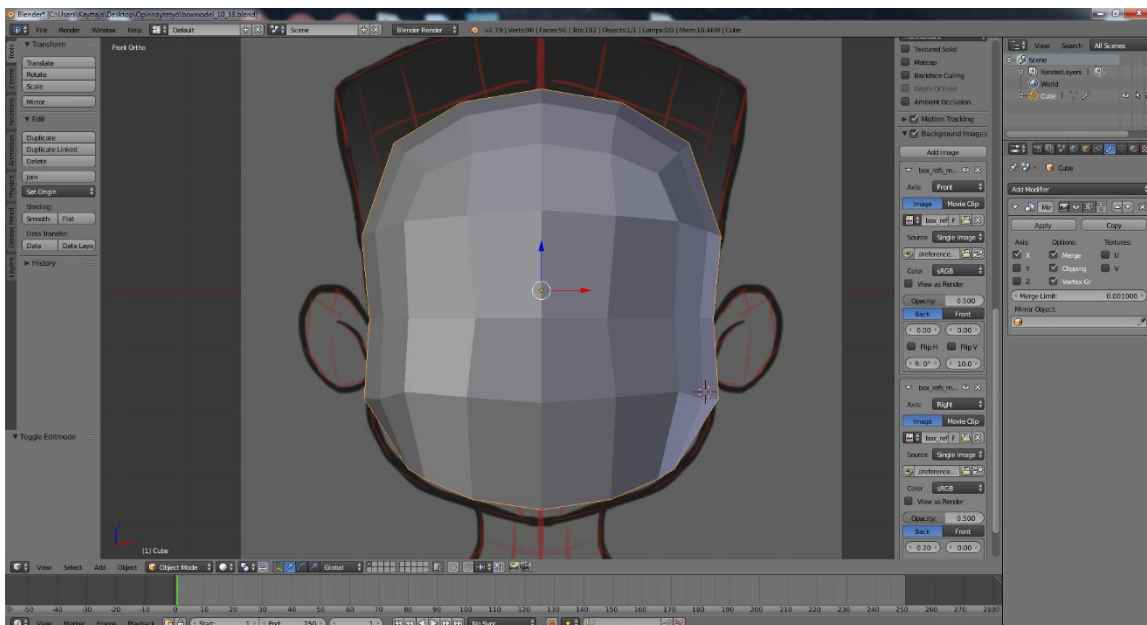
5.1 Laatikkomallinnettu pää

Ensimmäiseksi työstettiin laatikkomallihahmoa. Referenssejä varten koitettiin etsiä tummaihoisia lapsihahmoja, mutta löytyi vain yksi hahmo A Hat in Time -pelistä. Sen lisäksi haettiin yksinkertaisia malleja, joilla oli siisti topologia. Hiuksista haluttiin tyylytellyt, jotka voisi mallintaa suoraan osaksi päätä. Flat top -hiustyyli sopi hyvin tähän tarkoitukseen. Referenssikuvat koottiin Krita -kuvankäsittelyohjelmaan ja piirrettiin malliarkki. Kritan opettelu oli toivottua. Kritan peilityökalu osoittautuikin hyödylliseksi. Malliarkkiin hahmoteltiin mahdollista topologiaa. Kuvassa 53 näkyy malliarkki referensseineen.



Kuva 53. Laatikkomallin referenssikuvat ja malliarkki.

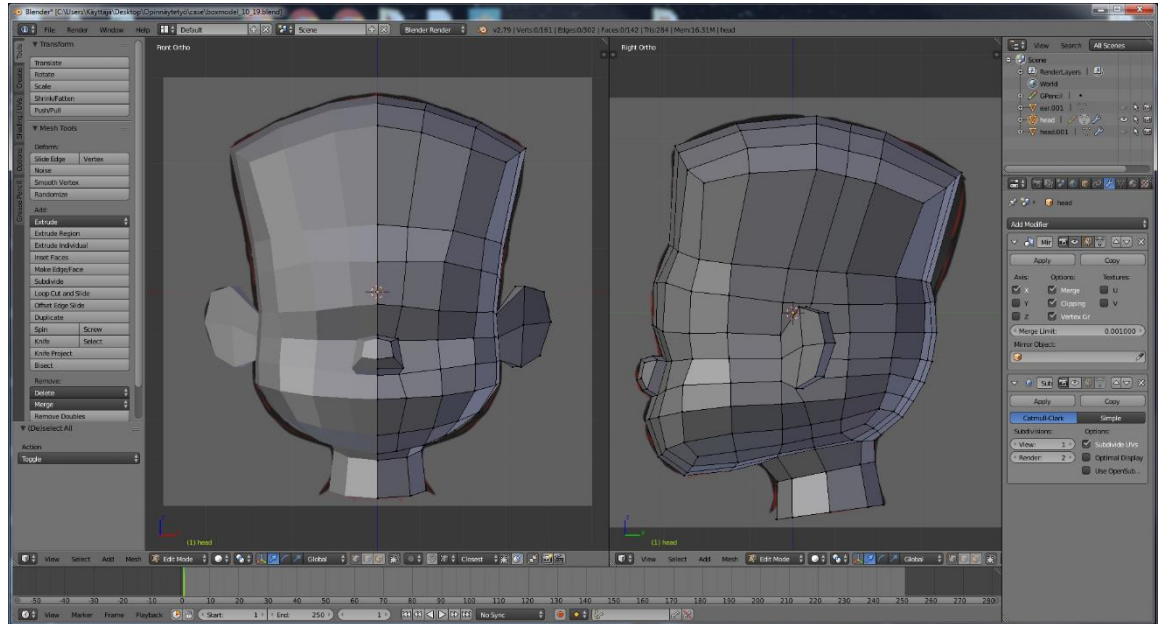
Blenderissä aseteltiin malliarkkikuvat edestä ja sivusta. Mallintaminen aloitettiin kuutiosta. Subdivision Surface -modifikaattorilla kuutio jaettiin antaen sille enemmän resoluutiota. Sen jälkeen kuutio aseteltiin pään kohdalle, kuvan 54 mukaisesti. Kuutiosta poistettiin puolet ja tilalle laitettiin Mirror -modifikaattori, jolloin tarvitsi mallintaa vain puolet hahmon päästä.



Kuva 54. Jaettu kuutio muotoiltuna pään muotoon.

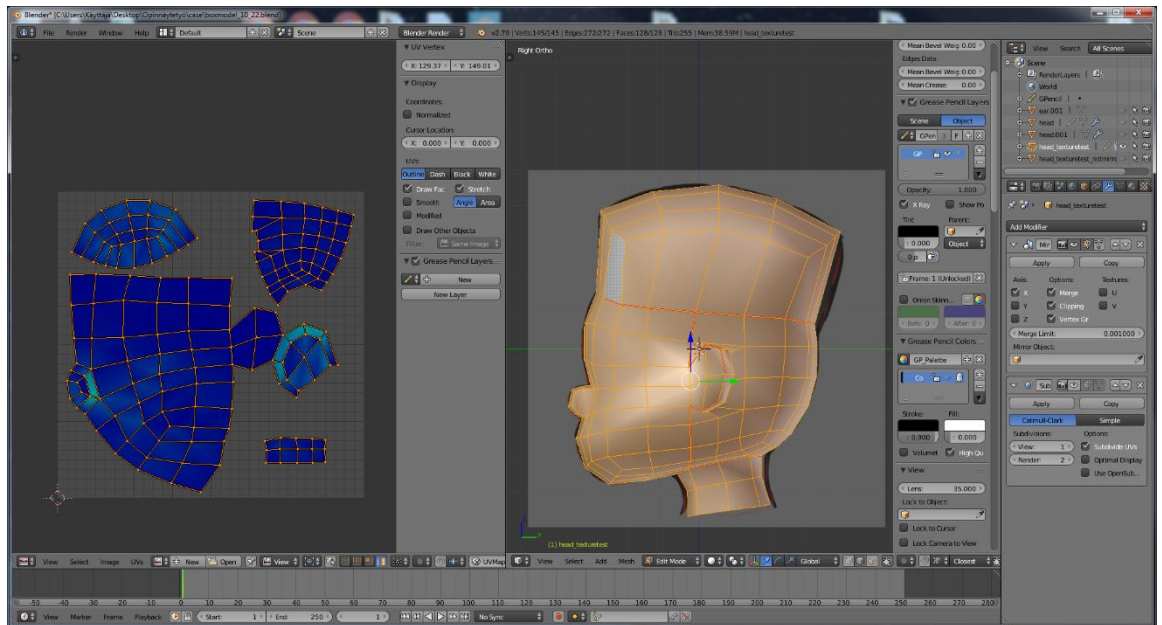
Mallintamistyössä lisättiin resoluutiota tarvittaessa särmäluupeilla. Se auttoi muotoilemaan päätä paremmin. Nenän ja hiukset sai tehtyä ekstruusiolla. Nenän olisi voinut tehdä myös erillisenä objektina. Korva muodostui erillisestä kuutiosta, jota muotoiltiin hieman. Korva yhdistettiin

päähän kiinni, vaikka se olisi voinut olla myös irrallisena. Kaula muodostui sylinteristä, joka koostui kahdeksasta sivusta. Pään resoluutio sivussa ei riittänyt kaulan kiinnittämiseen, joten väliaikaisesti särmäluoppi tehtiin. Kuvassa 55 korva ja kaula ovat kiinni päässä.



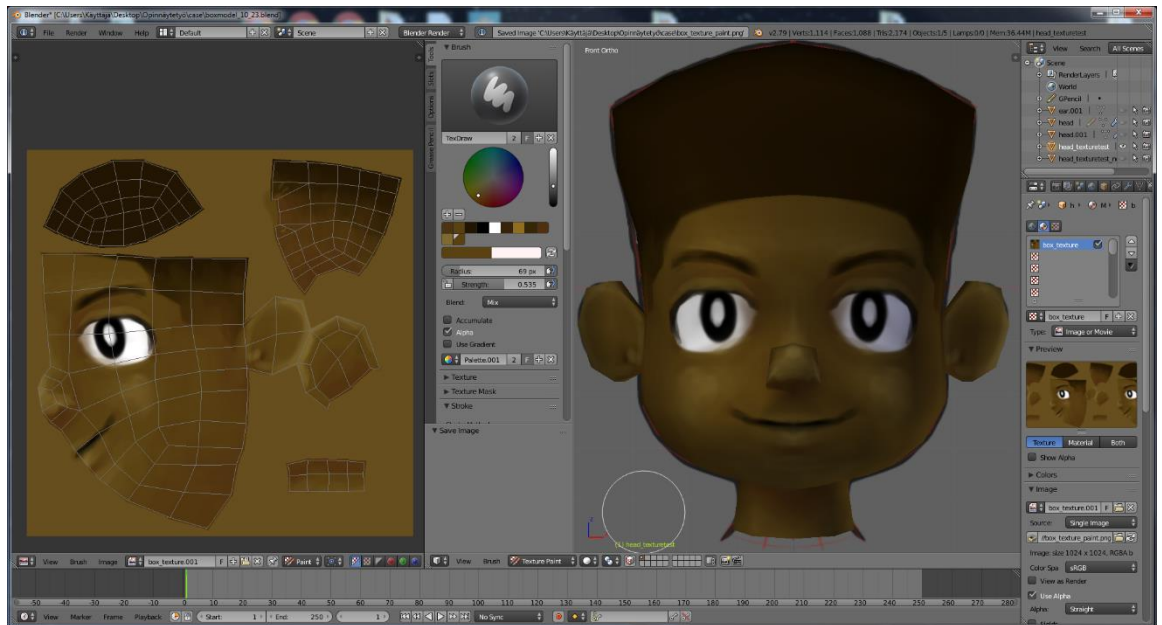
Kuva 55. Pään rakenteet ovat yhtenä objektina.

Tämän jälkeen yritettiin parannella mallin topologiaa. Hahmon takaraivossa ei tarvitse olla niin paljon resoluutiota. Lisäksi kaulaa varten tehty särmäluoppi on turha hiuksissa, sillä se ei muuta mitään. Polygonit näyttävät myös tasaisemmilta hiuksissa ilman sitä. Takaraivosta saatiin pois kaksi luoppia ja hiuksista ylimääräinen. Tämän johdosta päähän muodostui yksi kolmio. Nämä kohdat kuitenkin ovat korvan takana, joten ne ovat hieman piilossa. Sitten oli UV purkamisen vuoro. Mirror -modifikaattori säilytettiin, jolloin tarvitsi purkaa vain puolet mallista. Modifikaattorin takia myös UV kartta olisi sama toiselle puolelle. Kasvojen aluetta isonnettiin UV kartassa, koska se on tärkein alue. Hahmon nenässä ja korvassa on hieman venymistä (kuva 56).



Kuva 56. Laatikkomallin UV kartta.

Tekstuureissa tehtiin aluksi luonnosmainen pohja, mikä näkyy kuvassa 57. Näin saisi kuvan siitä, missä kohdassa kasvopiirteiden tulee olla. Tässä vaiheessa tehtiin hahmon siluetista parempi lisäämällä horisontaalinen särmäluuppi hiuksiin. Tämä toi muotoon hieman pyöreyttä eikä hiukset ole suoraan pystyssä. Tekstuuria maalatessa käytettiin pääasiassa perussivellintä, TexDraw -työkalua. Joissain kohti pehmennettiin eri kohtia joko pienemmällä läpinäkyvyydellä tai Smear -työkalulla. Välillä maalattiin suoraan 3D-malliin ja välillä UV karttaan. Malliin maalaessa värit saattoivat joutua väärään paikkaan, joten tarkempi työ tapahtui UV kartassa. Kun pehmeät kohdat olivat valmiit, tarkemmat piirteet, kuten silmät ja suu pystyttiin maalaamaan. Hiuksissa käytettiin Dots ja Jitter -asetuksia, eli siveltimestä tuli väriä pisteinä satunnaisessa järjestyksessä. Näin erillisiä pisteitä ei tarvinnut maalata. Valmis hahmo näkyy kuvassa 58.



Kuva 57. Pohjustavaa tekstuurinmaalausta.

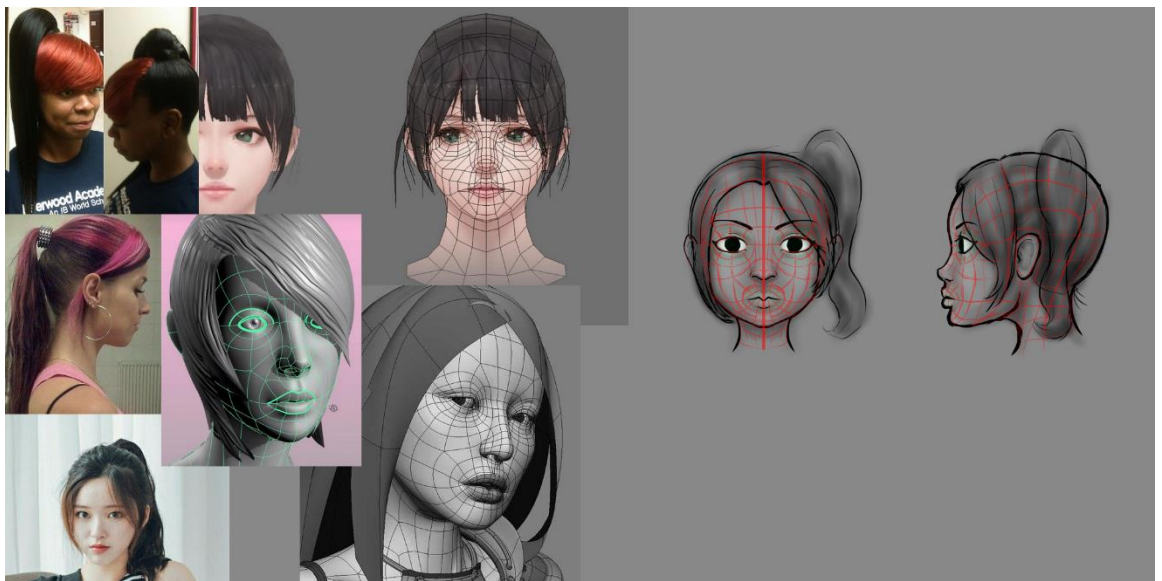


Kuva 58. Lopullinen hahmon pää.

Hahmo tuntui helpolta ja yksinkertaiselta mallintaa. Hahmon topologia jäi kuitenkin vielä mietittävään. Pään takana ja alapuolella tuntui olevan liikaa polygoneja kuin olisi tarvinnut. Mallintaessa huomattiin, että tekstuurilla on iso rooli hahmon ulkonäön luomisessa. UV purkamiseen ja tekstuurin maalaamiseen tuli käytettyä enemmän aikaa, kun niitä ei tullut otettua huomioon alussa.

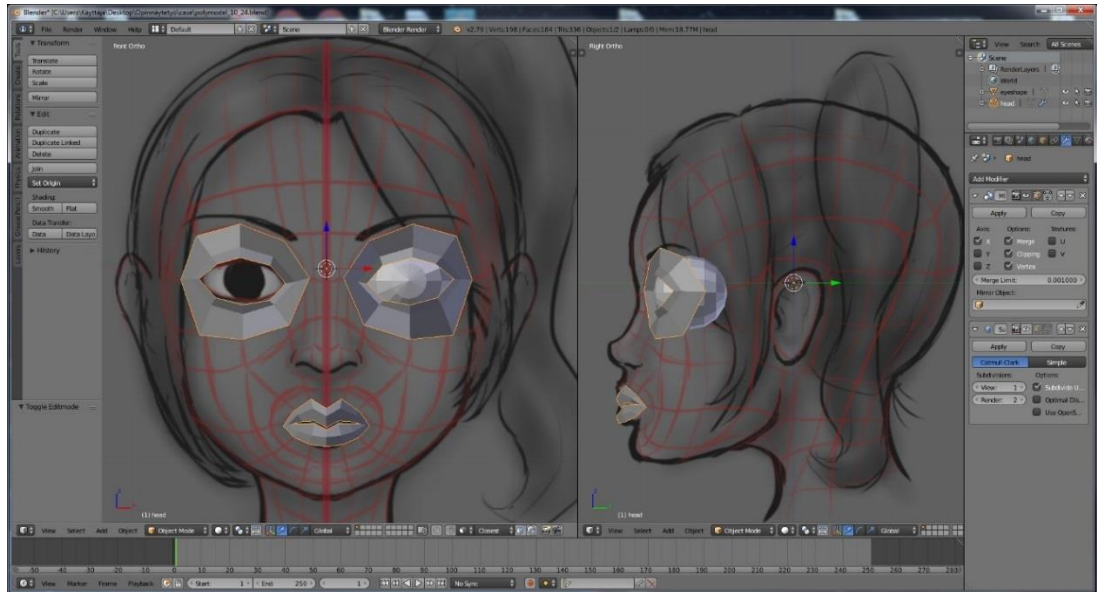
5.2 Särmämallinnettu pää

Särmämallin aloitettiin samalla tavalla kuin laatikkomalli. Referenssikuvia kerättiin Kriitaan. Nämä referenssit keskittyivät enemmän topologiaan ja hiuksiin. Mallilla haluttiin olevan poninhäntä sekä etuhiuksia. Kiinniolevat hiukset voisi mallintaa valmiista muodosta, kun taas etuhiukset tehtäisiin tasoista, joissa on läpinäkyvyyttä. Toinen vaihtoehto hiuksille olisi ollut tyylitellympi tapa kuten Overwatch -pelissä, jossa hiukset ovat paksut. Malliarkki piirrettiin samalla tavalla kuin aikaisempi. Topologiaa merkittiin punaisella päälle antamaan ohjeistusta. Kuvassa 59 näkyy särmämallin referenssikuvat ja malliarkki.

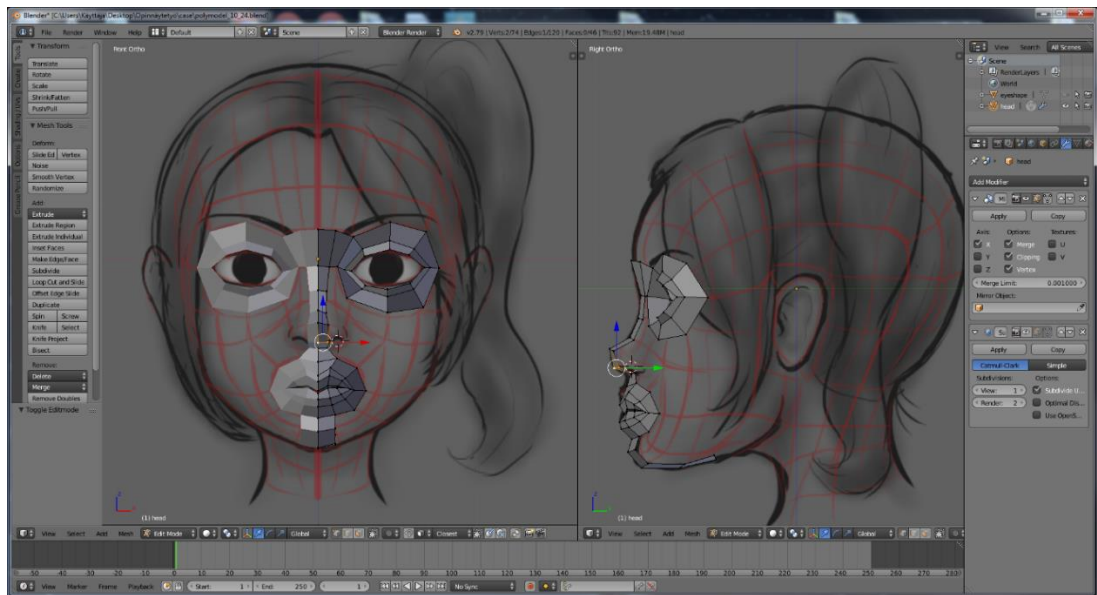


Kuva 59. Särmämallin aloitusta.

Malliarkin kuvat aseteltiin Blenderiin ja mallintaminen aloitettiin silmäluupista. Polygoneja laitettiin silmukaksi silmän ympärille. Luuppi kopioitiin ja aseteltiin suun kohdalle. Puolet mallista poistettiin ja jäljellejäävä kopioitiin Mirror -modifikaattorilla. Silmän muotoilua varten luotiin palloobjekti, joka skaalattiin ja aseteltiin silmämunaksi. Silmäluupin polygonien ei tarvitse osua silmään vaan ne voi asettaa lähelle palloa. Silmäluupista sai lisää geometriaa ympärille käyttämällä ekstruusiota. Kuvassa 60 näkyy mallinnuksen alkua ja väliaikainen silmämuna. Silmäluupit yhdistettiin. Keskellä olevasta polygonista oli hyvä lähteä pursottamaan polygoneja sivuprofiilia pitkin otsasta leukaan. Sivuprofiilin muoto näkyy kuvassa 61.

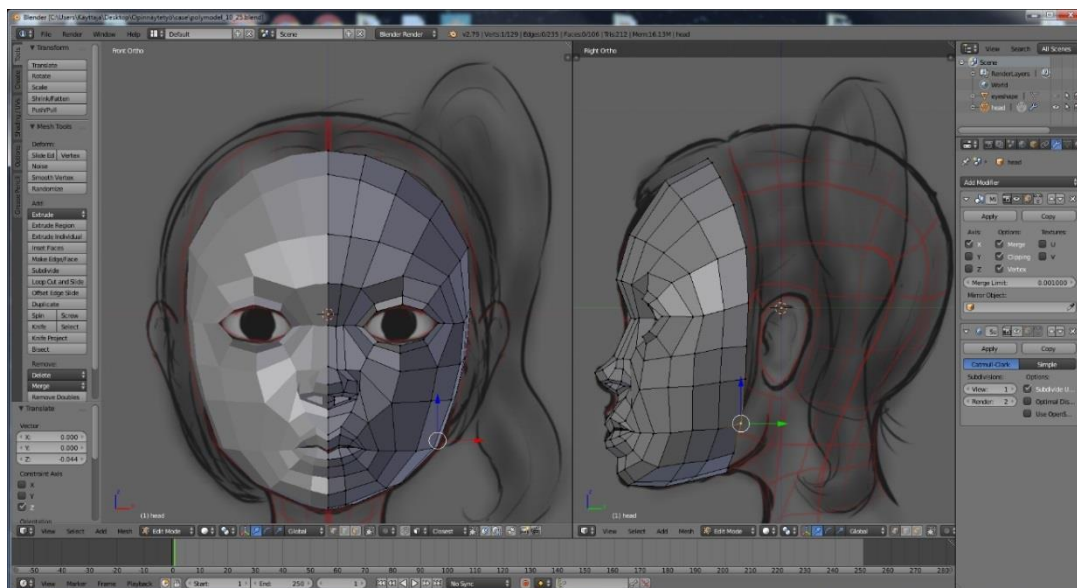


Kuva 60. Luupit silmien ja suun kohdalla.



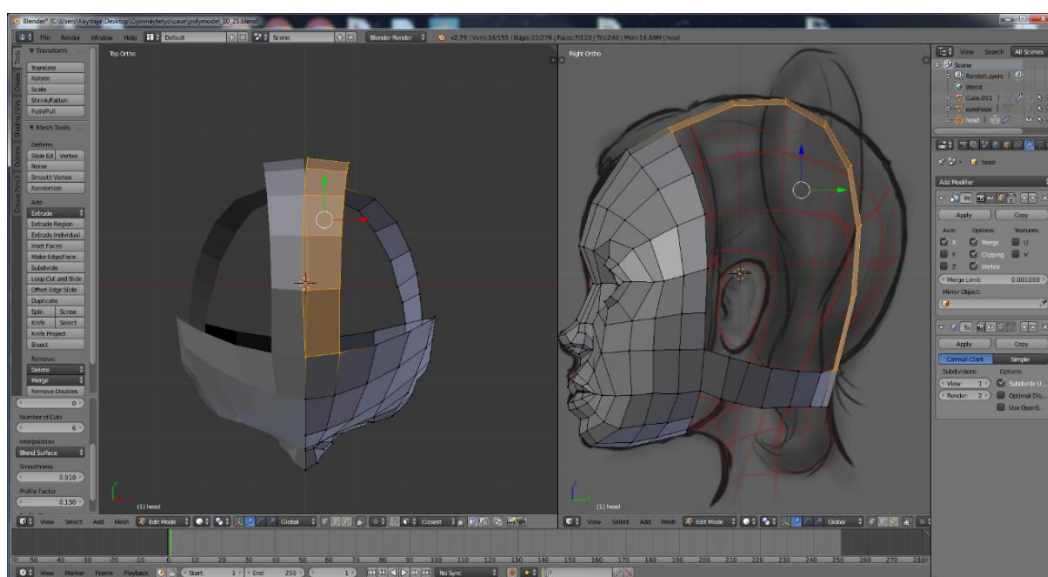
Kuva 61. Sivuprofiili mallinnettu.

Sivuprofiilin jälkeen silmä- ja suuluupista oli helppo laajentaa uusia polygoneja. Nenän kohdalla hyödynnettiin James Taylorin ”Maya female head modeling” tutoriaalia, joka löytyy Youtubesta. Muutkin osat hänen tutorialissaan auttoivat mallin tekoa. Muissa 3D-malleissa nenän kohdalla näytti olevan paljon polygoneita. Taylorin videossa oli mielenkiintoista nähdä, kuinka vähällä polygoneilla hän pärjäsi. Nenän valmistuessa loput kasvoista oli helppo täyttää (kuva 62).

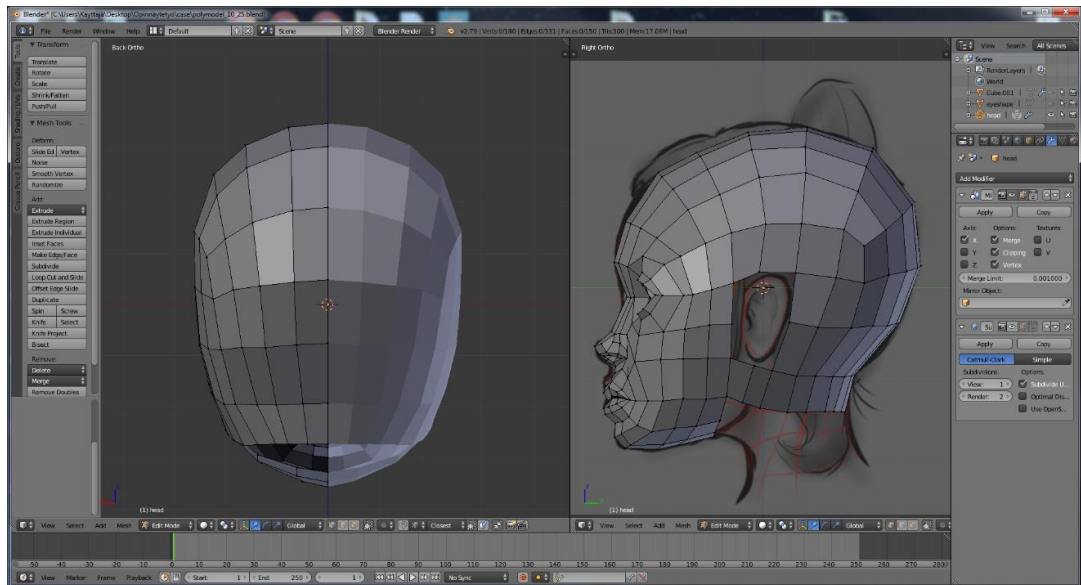


Kuva 62. Kasvot suurin piirtein mallinnettuna.

Seuraavana vuorossa oli pään takaosan mallintaminen. Apuna käytettiin Blenderin Bridge -työkalua. Sen avulla kahden polygonin väli voidaan täyttää. Asetuksista voidaan vaihtaa esimerkiksi, kuinka monesta polygonista väli koostuu ja onko se suora vai pyöristetty. Aluksi pään alaosa tehtiin kulkemaan korvan alta. Sen jälkeen valittiin särmä otsasta ja äskeisestä luodusta polygonirivistä toinen särmä, joista muodostettiin takaraivo Bridge -työkalulla. Kuten kuvasta 63 on nähtävissä, Bridge -työkalulla tehty polygonijono meni pyöreämpää reittiä, mutta ei kuitenkaan täysin pyöreästi. Polygonit aseteltiin paremmin paikoilleen käsin. Kuvassa 64 pään muoto on miltei mallinnettu.

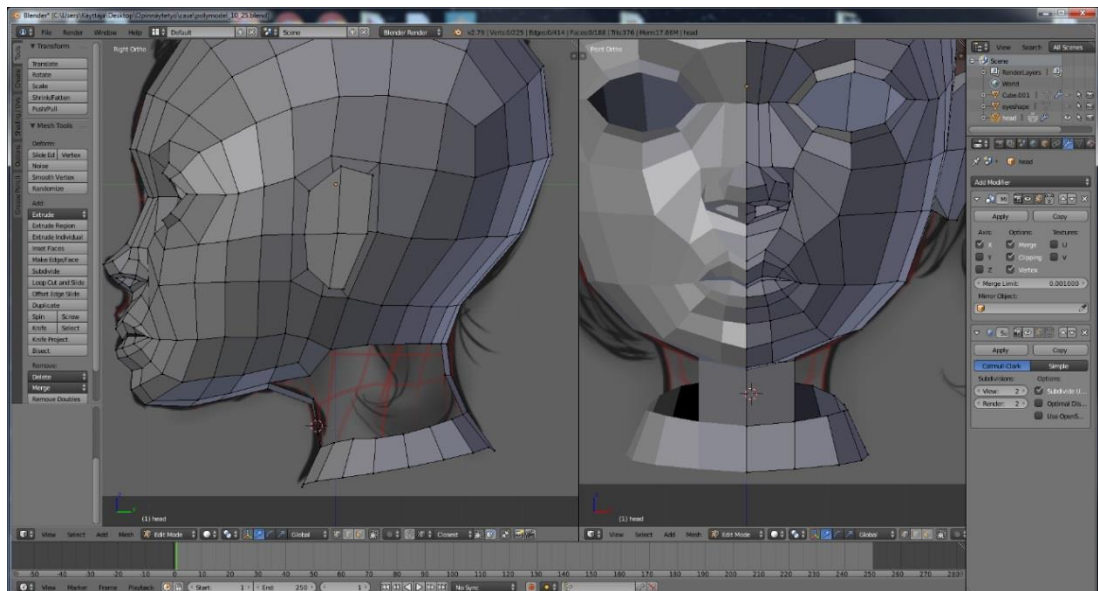


Kuva 63. Bridge -työkalulla saatu polygonijono.



Kuva 64. Pää muodostuu.

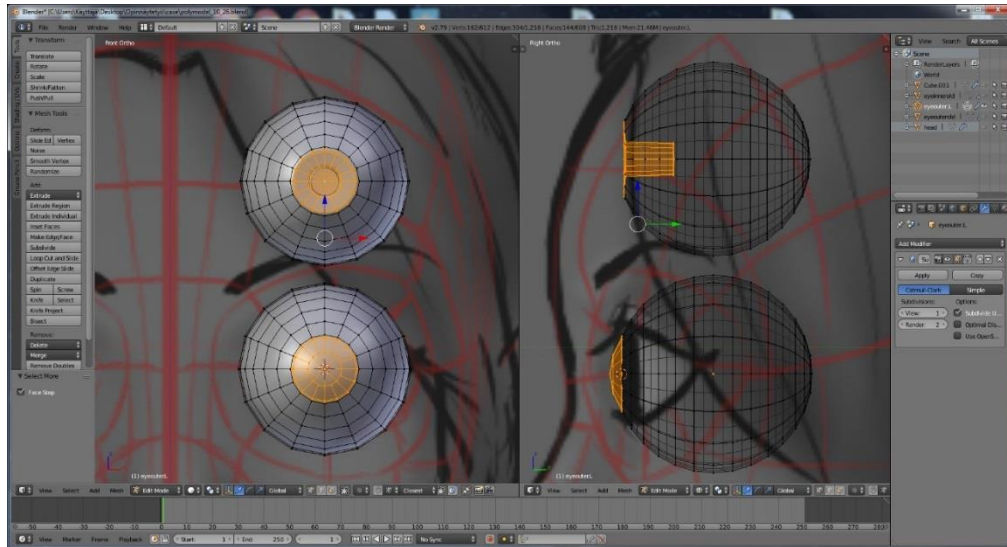
Korvan mallinnettiin taas erikseen ja yhdistettiin päähän. Kaulasta tehtiin ensin alimmat polyginit. Bridge -työkalua käytettiin yhdistämään kaula päähän. Sillä sai myös parempaa muotoilua kaulalle. Grid Fill -työkalu auttoi aukollisten kohtien täyttämässä. Kuvassa 65 näkyy kaulan aloittamista.



Kuva 65. Kaulan aukot voi helposti täyttää.

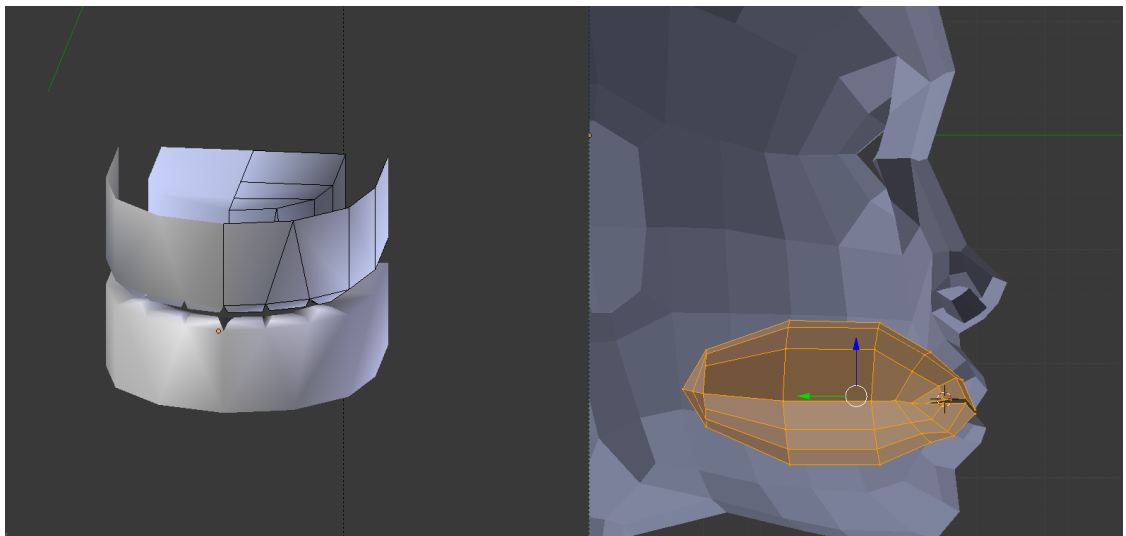
Tämän jälkeen tehtiin silmämunat. Realistisemman silmän luomiseksi silmää varten luodaan kaksi palloa. Pienemmästä pallosta iiris ja pupilli menevät syvemmälle silmään. Isomman pallon keski-

kohta muokataan kuperaksi kuvaamaan sarveiskalvoa. Renderöinnissä isompi silmä voi olla läpinäkyvä, mutta se ottaa vastaan heijastuksen. Peleissä käytettävissä malleissa ei välttämättä käytetä tätä tekniikkaa. Joissakin tapauksissa silmä ei koostu edes pallosta vaan piilossa olevat polygonit voidaan poistaa. Kuvassa 66 näkyvät silmien pallot.



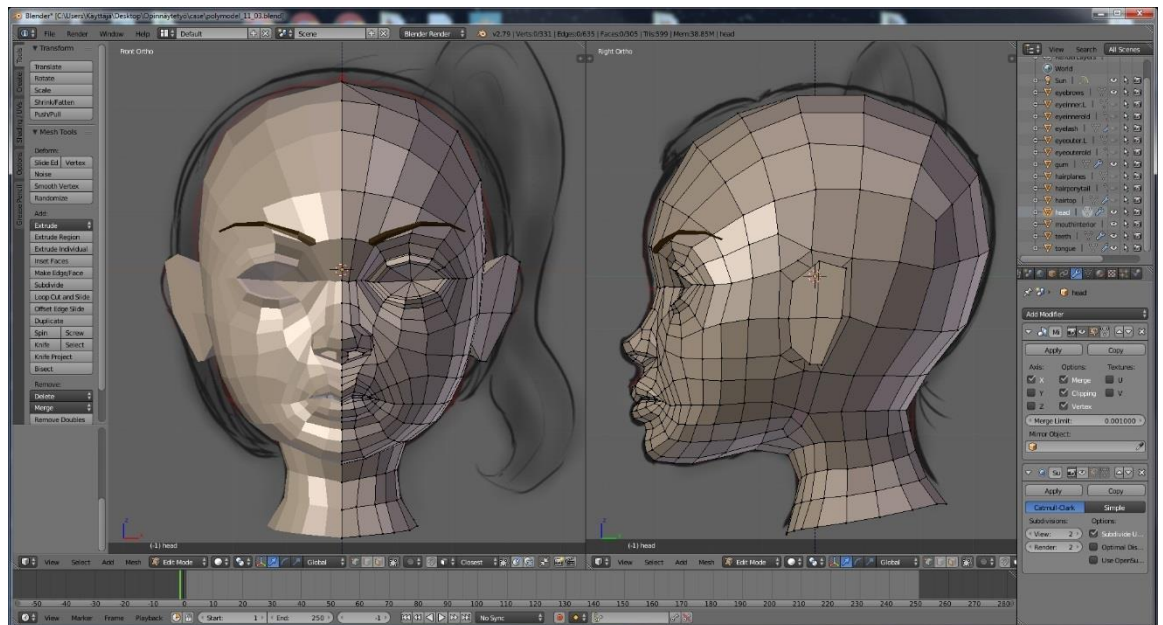
Kuva 66. Silmän mallintaminen.

Silmien jälkeen harjoiteltiin suun sisäosan tekoa. Jos hahmo aukaisee suunsa, se tarvitsee jotain suun sisälle. Tässä tapauksessa hahmo tuskin avaa suutaan, mutta on hyvä harjoitella sellaisen tekoa. Suun sisäosa muodostui yksinkertaisesta pussin muotoisesta osasta, hampaista ja kielestä. Kuvassa 67 näkyvät hampaat ja suun sisäosaa.



Kuva 67. Suun sisäosaa

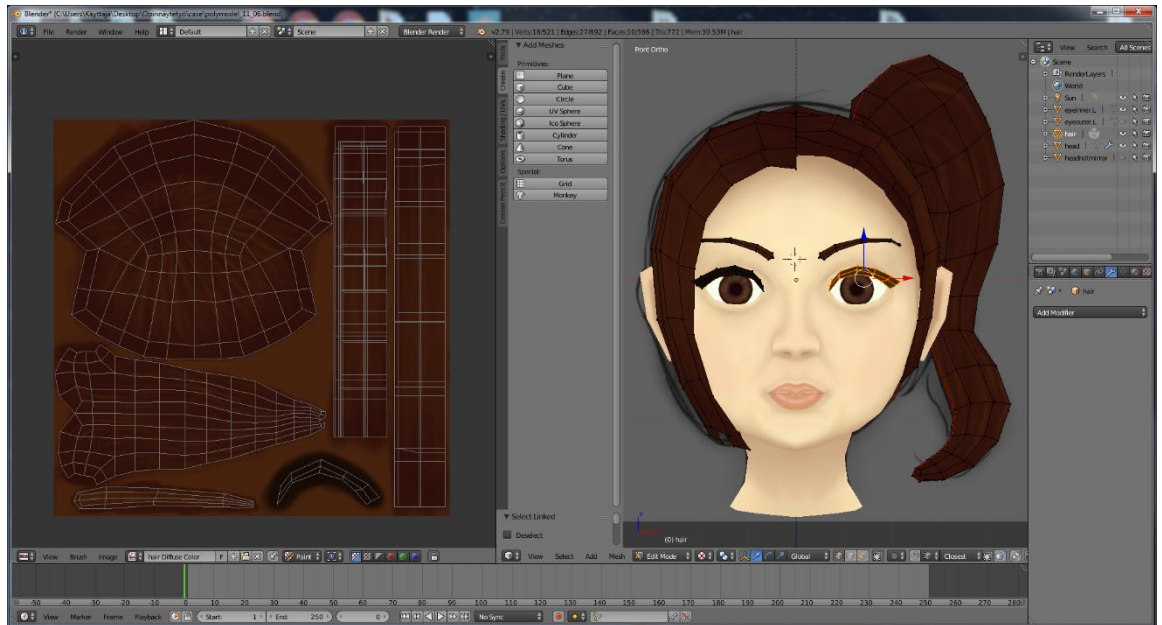
Tämän jälkeen keskityttiin karvoitukseen. Silmäripset ja kulmakarvat mallinnettiin ekstruusion avulla mallin särmistä ja erottamalla ne omiksi objekteikseen. Sen jälkeen ne aseteltiin paremmin malliin. Hiukset tehtiin ottamalla geometriaa siitä kohti, mistä hiukset kasvaisivat, ja erottamalla ne hiusten osaksi. Joissakin tapauksissa, varsinkin jos hahmolla on hiukset kiinni, ei hiuksia tarvitse erottaa erikseen. Poninhäntä syntyi kuutiosta, johon lisättiin resoluutiota ja se aseteltiin paikoilleen. Etuhiukset koostuvat littanoista polygoniriveistä, jotka on aseteltu lähekkäin. Etuhiusten asettelua tuli paranneltua parikin kertaa. Koska etuhiuksiin ei tarvinnut paljoa geometriaa, aseteltiin ne itse käsin paikoilleen. Samassa vaiheessa lisättiin myös kasvoihin hieman enemmän geometriaa särmäluoppien avulla. Esimerkiksi silmien alue, nenänvarsi ja huulet saivat enemmän muotoa. Silmien kohdat yhdistyvät silmämunien takana, mutta tämä ei ehkä ole paljoa käytetty tapa pelimalleissa. Kuvassa 68 näkyy tarkemmin lisättyä geometriaa. Yksiväristen materiaalien avulla saatiin eri osat erottumaan paremmin.



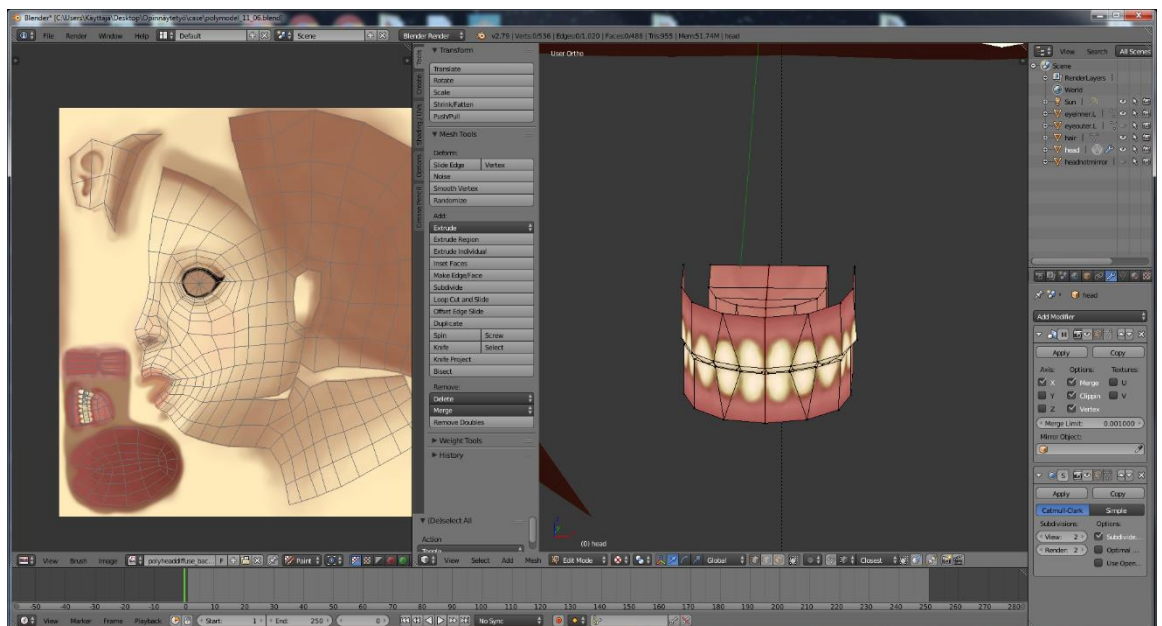
Kuva 68. Enemmän polygoneja kasvoja varten.

Teksturointia ennen hahmo piti UV purkaa. Pää pidettiin omana objektinaan, jolla on Mirror -modifikaattori. Päähän kuului myös suun sisäosat. Silmällä oli myös sama modifikaattori. Näin tarvitsee teksturoida vain toinen puoli. Karvoitukseen kuuluvat osat, hiukset, kulmakarvat ja silmäripset olivat omana objektinaan. Tässä tapauksessa ei voitu käyttää Mirror -modifikaattoria, koska poninhäntä oli vain toisella puolella, ja hiukset olivat muutenkin epäsymmetriset. Etuhiusten polygonien UV purettiin päällekkäin, jotta sama tekstuuri toistuu kaikilla polygoniriveillä. Sama asia toistui myös kulmakarvoissa ja silmäripsissä. Silmäripset päätettiin pitää tyylieltyinä.

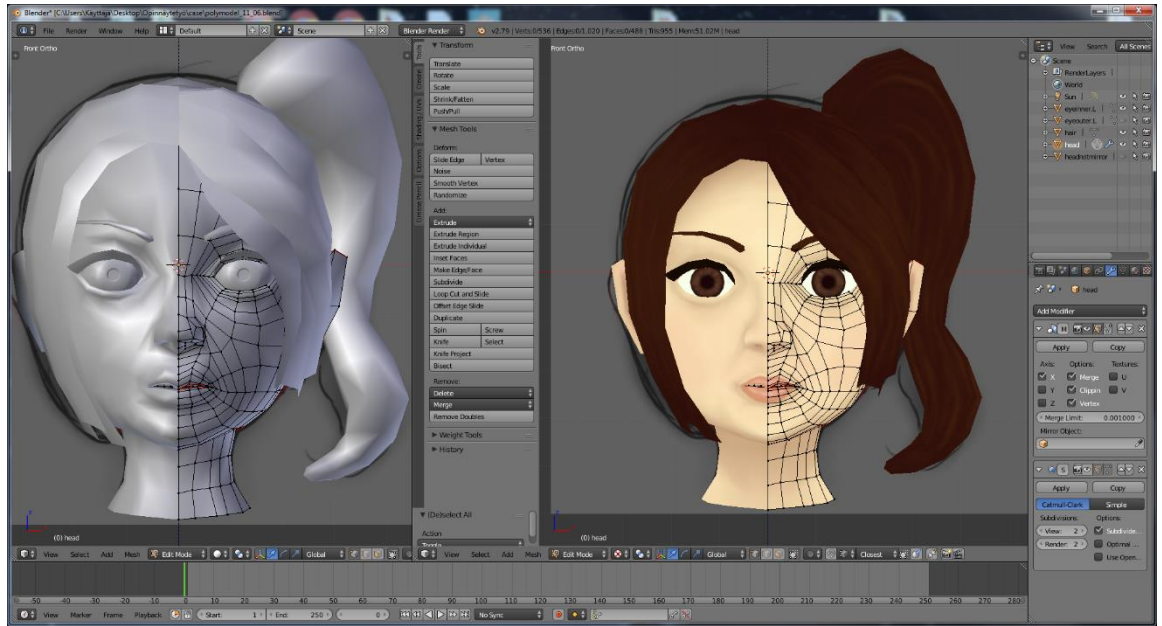
Silmäripsissä on mahdollisuus käyttää läpinäkyvyyttä. Hiuksien latvoissa käytettiin hieman läpinäkyvyyttä, mutta se ei näy Blenderin tekstuurinäkymässä. Tekstuurin maalaaminen sujui samalla tavalla kuin aikaisemmassa mallissa. Tekstuuriprosessia on nähtävissä kuvissa 69 ja 70. Kuvassa 71 näkyy malli ilman tekstuuria ja tekstuurilla Blenderin tekstuurinäkymässä. Lopuksi hiuksiin maalattiin enemmän valoa, mallin huulet laitettiin kiinni ja silmiin lisättiin valoa tuomaan eloisuutta. Valmis pää näkyy kuvassa 72.



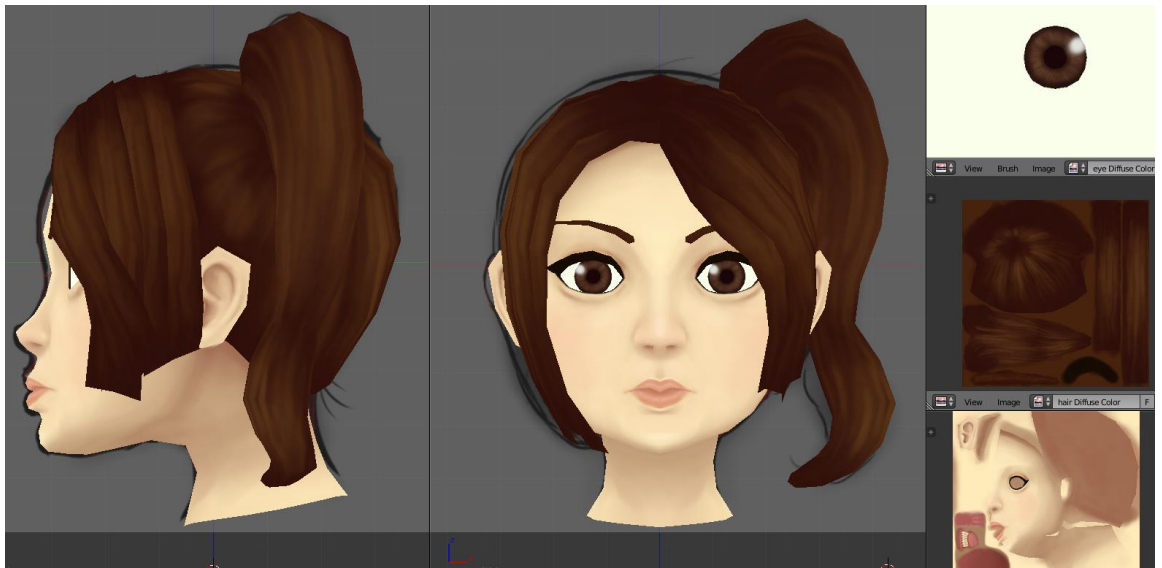
Kuva 69. Hiusten teksturointia ja niiden UV kartta.



Kuva 70. Pään UV kartta ja yksinkertaiset hampaat.



Kuva 71. Solidin mallin ja teksturoidun mallin vertailua.



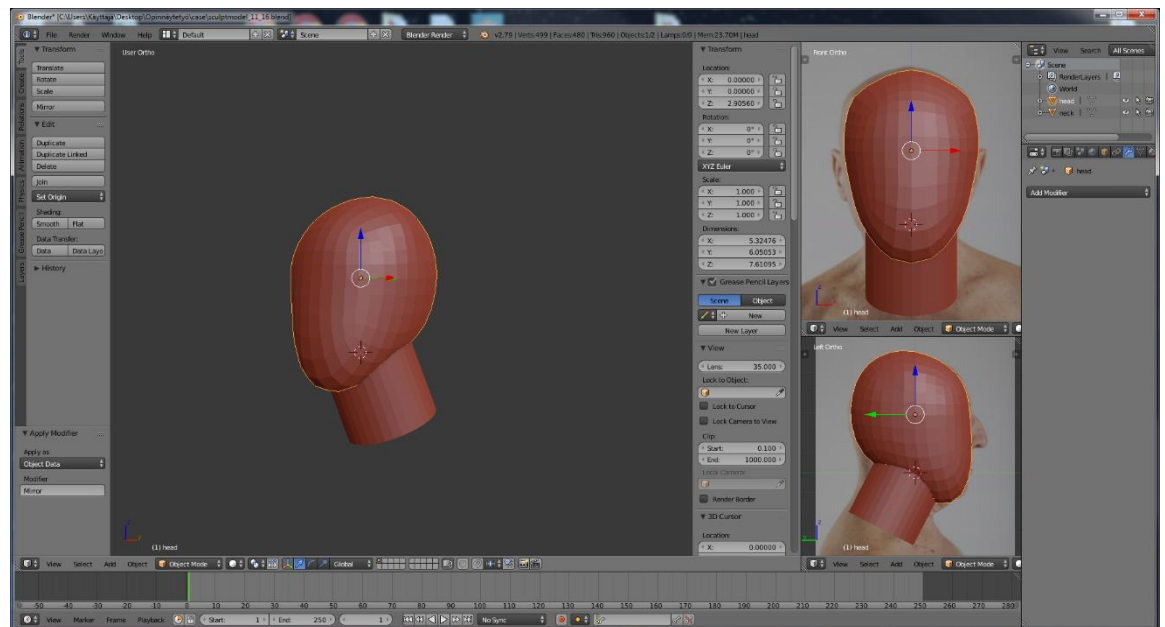
Kuva 72. Valmiissa tekstuurissa hiuksissa on enemmän valoa.

Hahmo aloitettiin mallintamaan aika kevyesti. Polygonimäärän pitäminen alhaisena teki vertek-sien muokkaamisesta helpompaa, mutta malli näytti kulmikkaalta. Resoluutiota lisättiin myöhem-min. Suun sisäosan olisi voinut jättää tekemättä, koska malli ei periaatteessa tarvinnut sitä. Suun sisäosan tekemistä haluttiin kuitenkin harjoitella. Hiusten tekemisessä meni myös aikaa. Etuhiuk-sia piti muotoilla pariin otteeseen. Aikaa käytettiin myös tekstuurin tekemiseen ja korjailuun. Sil-män olisi voinut tehdä yksinkertaisesti yhdellä pallolla.

5.3 Digitaalisesti veistetty pää

Viimeiseksi tehtiin digitaalisen veistämisen hahmo. Vanha mies haluttiin tehdä, koska veistämisellä saisi tehtyä ryppejä yksityiskohdiksi helposti. Koska mallissa pyrittiin realismiin, malliarkkia ei tarvinnut tehdä vaan referenssikuvia etsittiin internetistä. 3d.sk -sivustolta löytyy 3D-mallintamiseen sopivia referenssikuvia erilaisista ihmisistä. Mallikuvaksi valikoitu kalju herra. Näin hiuksista ei tarvinnut huolehtia.

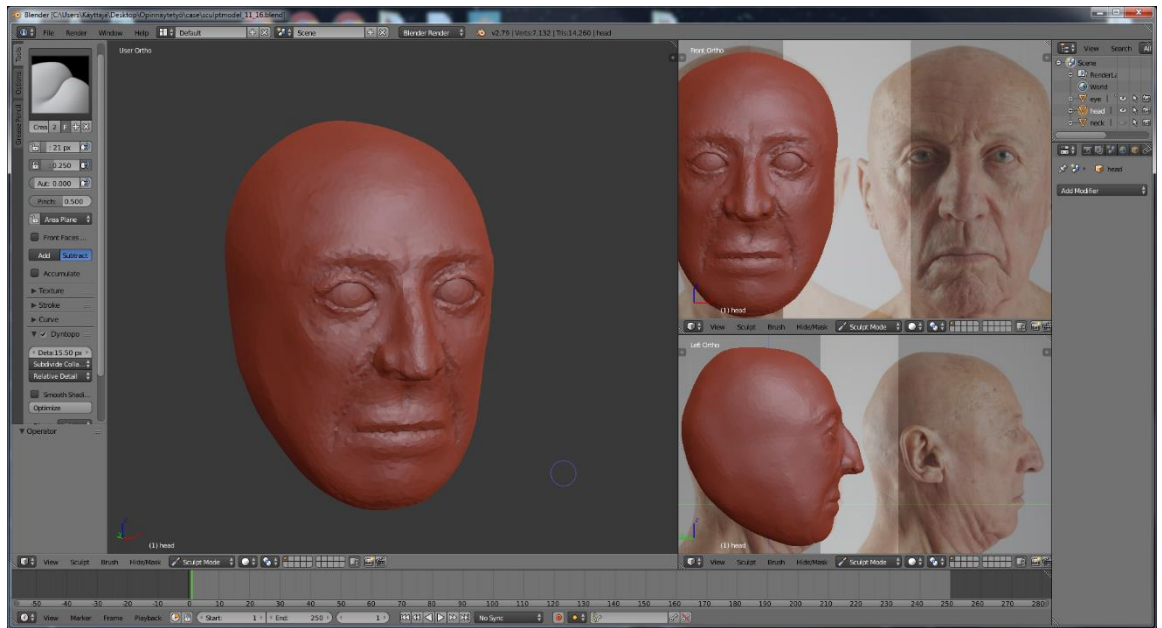
Mallintaminen aloitettiin kahdesta alkeellisesta muodosta. Ne toimivat pohjamallina, veistämisen massana. Kuutio, johon käytettiin Subdivision Surface -modifikaattoria, sijoitettiin pään kohdalle. Sylinteristä syntyi kaula. Muodot sijoitettiin ja muokattiin sopimaan mallikuvaan. Kuvassa 73 näkyy muodot paikoilleen sijoitettuna. Blenderin näkymä jaettiin kolmeen osaan. Isommassa näkymässä työskenneltiin perspektiivinäkymässä, jotta mallia pystyi katsomaan joka kulmasta. Pienemmissä näkymissä olivat referenssikuvat, joista katsottiin paremmin mittasuhteet. Objekteihin laitettiin MatCap -asetuksesta savin näköinen materiaali. Sen avulla mallin massaa näkee paremmin.



Kuva 73. Veistämisen pohjamalli.

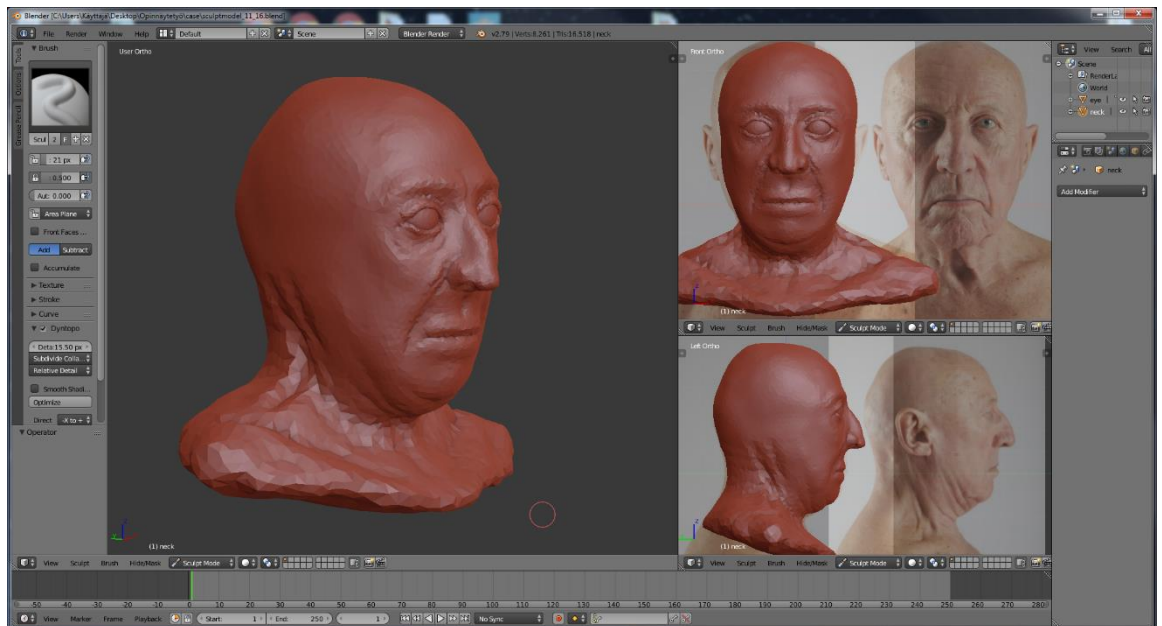
Veistäminen aloitettiin muokkaamalla kasvojen alueita. Massaa muovattiin mittasuhteita etsien. Silmien, nenän ja suun paikka löytyivät. Silmämunia varten otettiin pallo-objekti, joka sijoitettiin silmien kohdalle. Näin silmän ympärille saatiin ylä- ja aluomet. Pään koko muotoa muovattiin myös. Tässä vaiheessa eniten käytettiin SculptDraw-sivellintä muokkaamaan massaa nopeasti ja

Crease-sivellintä uurteiden ja suun tekoon. SnakeHook-siveltimen avulla nenän muoto vedettiin esiin mallista. Kuvassa 74 näkyy veistettyä päätä. Siveltimet olivat vielä hieman isoja.



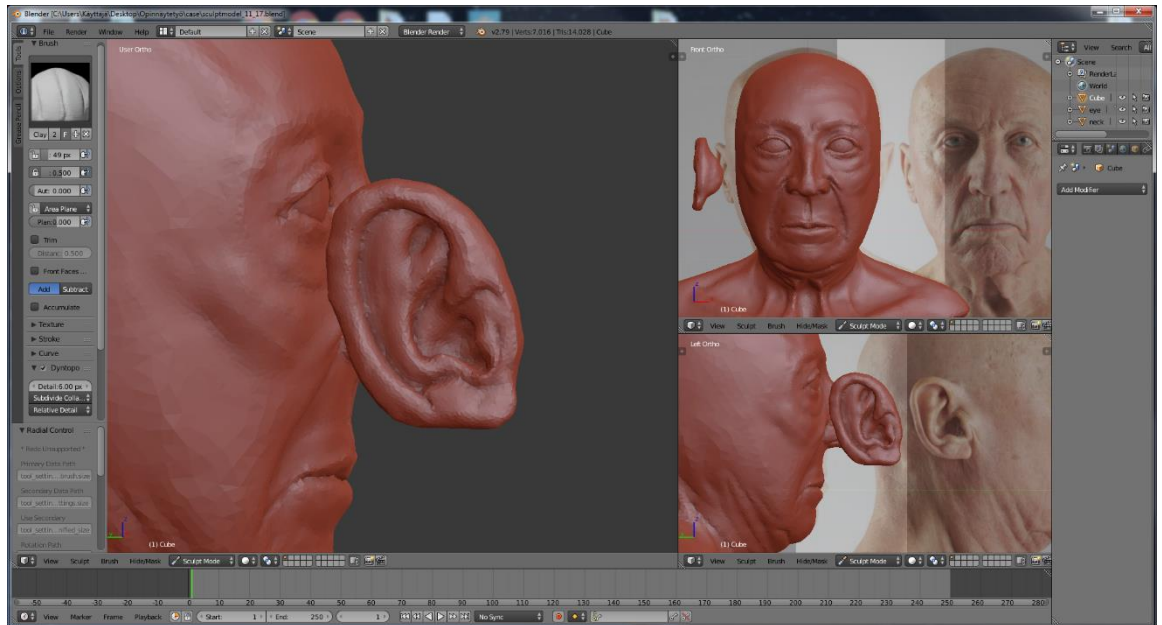
Kuva 74. Kuution on saatu kasvot veistämällä.

Seuraavaksi sylinteri otettiin esiin. Se yhdistettiin päähän käyttämällä Bool Tools -lisäosaa. Sen avulla objektit saatiin yhdistettyä toisiinsa helposti ja ylimääräinen geometria poistui. Kaulaa muokattiin mallikuvan mukaan. Ikääntyneen kaulaa oli aluksi hankala hahmottaa. Kuvassa 75 on yksinkertaisesti muovattu kaula.

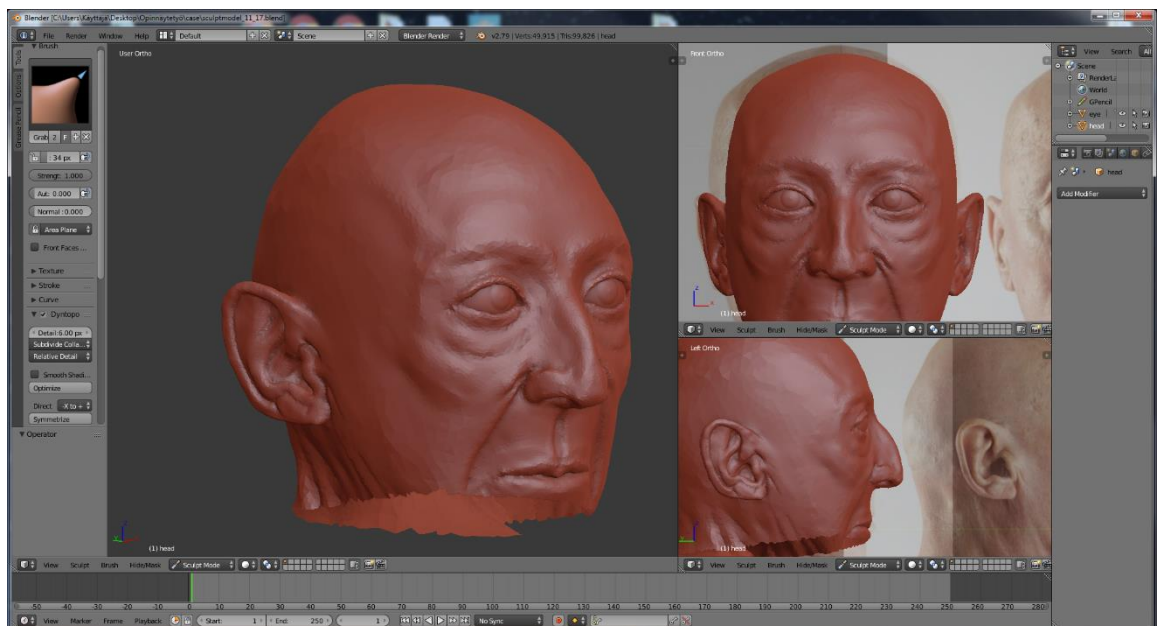


Kuva 75. Kaula yhdistettiin päähän ja muokattiin muotoon.

Seuraavaksi täytyi rakentaa korva. Se aloitettiin myös kuutiosta. Kuutioon käytettiin Subdivision Surface -modifikaattoria. Kuutio muokattiin korvan rajojen muotoiseksi. Sitten korvaa muokattiin SculptDraw- ja Crease-siveltimillä. Veistetty korva on kuvassa 76. Korvaa pyöritettiin oikeaan asentoon ja se yhdistettiin päähän Bool Tools -työkalulla. Korvan ympäristöä ja korvaa itseä muokattiin vielä jonkin verran. Kaula piilotettiin näkymästä, sillä se oli tiellä, kun korvaa koitti katsoa alakulmasta (kuva 77).

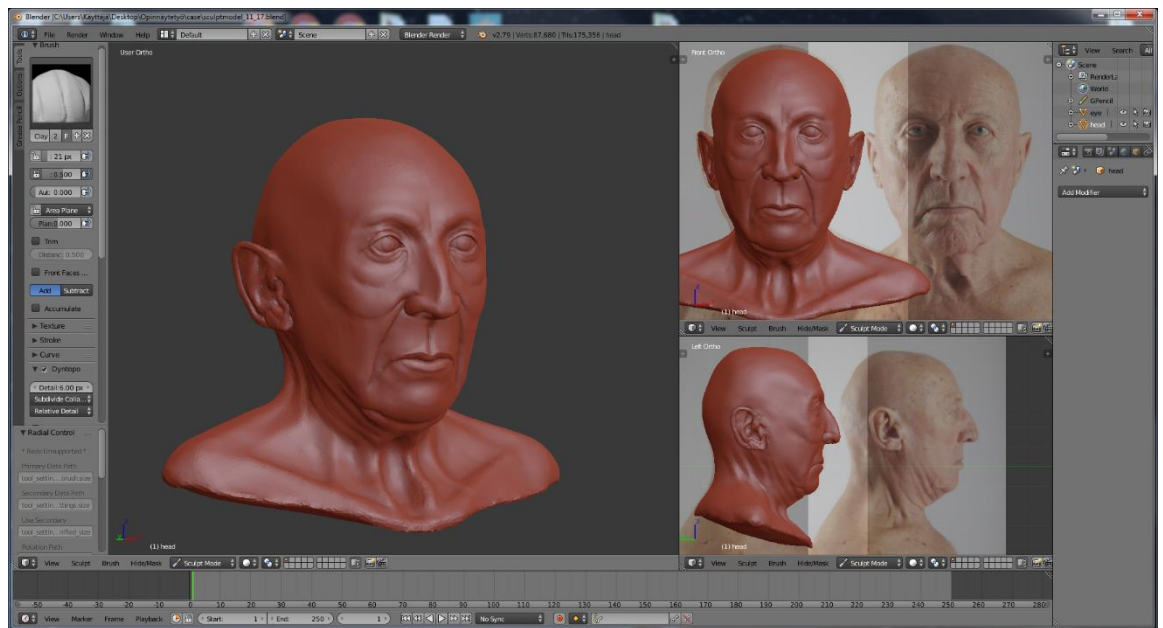


Kuva 76. Korva veistettiin alkeellisesta objektista.

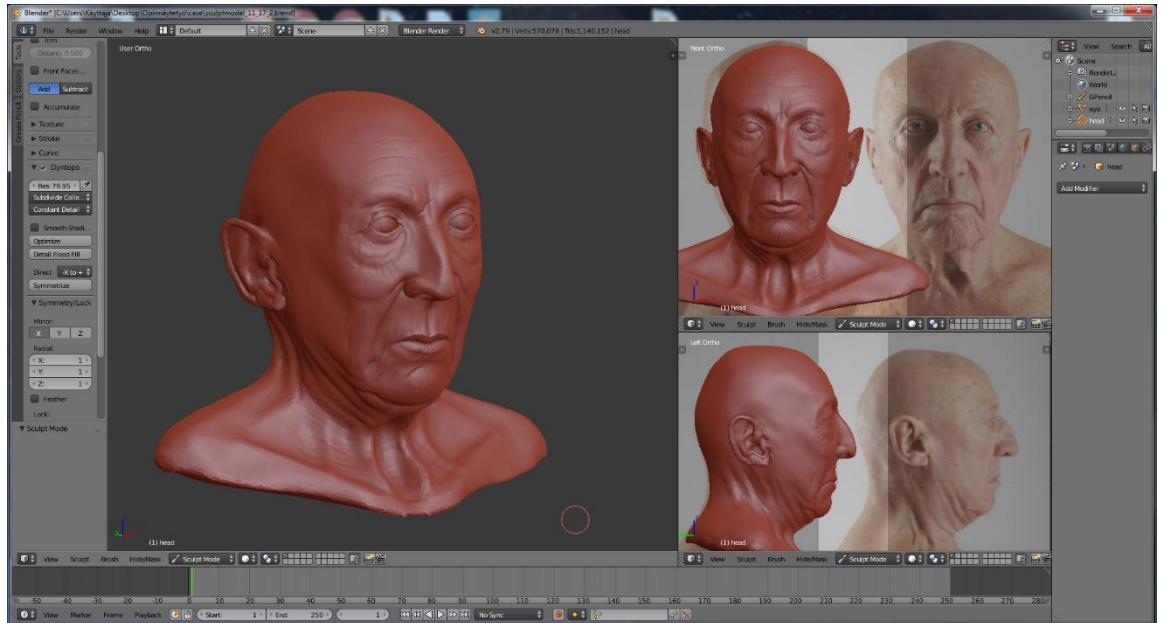


Kuva 77. Korva yhdistettynä malliin. Kaula piilotettiin, jotta korvan alapuolelle näkee.

Mallia veistettiin lisää ja yksityiskohtaisempia siveltimiä käytettiin. Clay Strips-siveltimellä massaa saatiin hieman lisää tai sitä voitiin poistaa. Smooth-siveltimellä pinnasta saatiin tasaisempi. Referenssikuvia tarkemmin tutkiessa huomattiin, että silmä ja suu olivat liian alhaalla. Grab-työkalun avulla ne saatiin siirrettyä oikeisiin kohtiin. Lisäksi pää oli takaa liian kapea ja edestä liian leveä. Massaa saatiin kuitenkin muokattua helposti eri työkaluilla. Kuvassa 78 on yksityiskohtaisempi veistos. Lopuksi malliin tarvitsi lisätä rypyt. Veistämässä oli hyödynnetty symmetriaa, joten se otettiin pois päältä. Rypyillä malliin saatiin epäsymmetrisyyttä. Tämän jälkeen mallin katsottiin olevan valmis. Kuvassa 79 on veistetty malli.



Kuva 78. Mallin mittasuhteita muokattiin vielä siirtämällä suuta ja silmiä ylöspäin.



Kuva 79. Veistetty malli rypyillä. Rypyt lisäävät epäsymmetriaa.

Ajanpuutteen vuoksi veistetty malli pyrittiin tekemään nopeasti valmiiksi. Veistettyyn malliin oli varattu aikaa, mutta muiden mallien tekstuurit veivät tätä aikaa. Tämän vuoksi malli ei ole niin yksityiskohtainen kuin se voisi olla. Topologiaa ei kerennyt tekemään uusiksi. Se olisi kuitenkin tehty asettelemalla polygoneja veistetyn mallin pinnalle. Malli kaipaisi vielä tekstuureja. Realistista ihoa simuloiva materiaali olisi antanut mallin lisää yksityiskohtia, joita on hankala tehdä pelkällä veistämisellä. Ihon epätasainen pinta olisi voitu saada aikaan normaalikartalla.

6 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli koostaa tietoa erilaisista mallintamistavoista ja pään mallintamisesta. Mallintamistapoja tuli verrata keskenään ja pohtia, mihin tarkoituksiin ne sopivat. Opinnäytetyön kysymyksinä olivat ”Millaisia eri työtapoja on mallintaa pää?” ja ”Mihin eri tarkoituksiin ne soveltuvat?”. Lisäksi käytännön osuudessa tuli mallintaa kolme päätä eri mallintamistavoilla.

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin suurimmaksi osaksi. Teoriaosuudessa käytiin läpi 3D-mallintamista ja pelihahmon luomista. Sen jälkeen keskityttiin pään anatomiaan, mallintamiseen, ja pohdittiin eri mallintamistapoja. Niiden hyötyjä, haittoja ja tarkoitukskohteita mietittiin. Laatikkomallintamisesta on helppo aloittaa, mutta yksityiskohtien lisääminen voi tuntua hankalalta. Särämällintamisessa voi keskittyä tärkeiden luoppien rakentamiseen, mutta muodon havaitseminen voi olla hankalaa. Digitaalinen veistäminen on luova tapa mallintaa, mutta sen opettelu vie aikaa. Pelin tyyllillä, tiimillä ja artistilla on sanomisvaltaa mallintamistavan valitsemiseen. Kaikkia mallintamistapoja on hyvä kokeilla.

Projektiosuudessa saatiin kolmen erilaisen hahmon päät mallinnettua. Hahmoja tehdessä huomattiin kuitenkin, että tekstuurilla on myös suuri vaikutus. Hahmojen tekoon oli varattu aikaa, mutta tekstuurin tekeminen jäi huomioimatta. Sen vuoksi viimeiselle mallille ei jäänyt paljoa aikaa. Hahmoilla voisi varmasti olla parempi topologia ja muoto. Aikaa meni paljon myös kirjoittamiseen, ja opinnäytetyöstä tuli odotettua pidempi.

Työstä voisi olla hyötyä hahmomallintamisesta kiinnostuneille. Pää on tärkeä osa hahmoa ja se tulee tehdä hyvin. Työtä voisi jatkaa keskittymällä enemmän tekstuureihin tai kasvojen rigaukseen ja animointiin.

Lähteet

Kirjalliset lähteet

Clinton, Y. (2008). Game character modeling and animation in 3ds max Elsevier, Inc.

Simblet, S. (2001). Anatomy for the artist. Great Britain: Dorling Kindersley Limited.

Szunyoghy, A., & Fehér, G. (2007). Ihmisen anatomiaa taiteilijalle Tandem Verlag GmbH.

Totten, C. (2012). Game character creation with blender and unity. Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, Inc.

Williamson, J. (2011). Character development in blender 2.5 Course Technology. Viitattu 21.8.2018. <https://kamezproxy01.kamit.fi:2252/lib/kajaani-ebooks/detail.action?docID=3136468#>

Internetlähteet

Allegorithmic. (2018). The PBR guide by Allegorithmic – part 2. Viitattu 16.11.2018. <https://academy.allegorithmic.com/courses/the-pbr-guide-part-2>

Anhut, A. (2014). Let's get real about concept art. Viitattu 21.8.2018. <http://howtonotsuckatgamdesign.com/2014/02/lets-get-real-concept-art/>

Blender Manual. (N.d.). Introduction. Viitattu 16.11.2018. <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/modifiers/introduction.html>

Bowater, C. (N.d.). Character concept art: From initial sketch to final design. Viitattu 21.8.2018. <https://www.skillshare.com/classes/Character-Concept-Art-From-Initial-Sketch-to-Final-Design/1310245862/project-guide>

Creative Bloq Staff. (2011). How to create character models for games: 18 top tips. Viitattu 21.8.2018. <https://www.creativebloq.com/how-create-character-models-games-18-top-tips-9113050>

- Galand, R. (2017.). Overwatch Characters Art Dump. Viitattu 14.11.2018. <http://www.zbrushcentral.com/showthread.php?205044-Overwatch-Characters-Art-Dump>
- Gordon, N. (2017). Link's expressions. Viitattu 14.11.2018. <https://medium.com/@gordonn/links-expressions-eb7beae2c62c>
- niko. (2010). Low-poly tips. Viitattu 21.8.2018. <http://www.cgmascot.com/design/low-poly-tips/>
- niko. (2011). Low-poly tips 2 – game art asset optimization. Viitattu 21.8.2018. <http://www.cgmascot.com/design/low-poly-tips-2/>
- Pixologic. (N.d.). "REVERSE THE TREND. START HIGH POLY AND GO LOW.". Viitattu 21.8.2018. <http://pixologic.com/zbrush/industry/video-games/>
- Pluralsight. (2014). What's the difference? A comparison of modeling for games and modeling for movies. Viitattu 21.8.2018. <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/whats-the-difference-a-comparison-of-modeling-for-games-and-modeling-for-movies>
- Polycount. (2018). Character. Viitattu 21.8.2018. <http://wiki.polycount.com/wiki/Character>
- Polycount. (2017). Polygon Count. Viitattu 21.8.2018. http://wiki.polycount.com/wiki/Polygon_Count
- Prokopenko, S. (2012). How to Draw the Head from Any Angle. Viitattu 16.11.2018. <https://www.proko.com/how-to-draw-the-head-from-any-angle/>
- Rodriguez, A. (2013). Anatomy 101, Part One: Proportions. Viitattu 16.11.2018. <http://webcomicalliance.com/featured-news/anatomy-101/>
- Slick, J. (2016). Polygonal 3D modeling - common box and edge modeling workflows. Viitattu 21.8.2018. <https://www.lifewire.com/polygonal-3d-modeling-2139>
- Slick, J. (2017). 7 common modeling techniques for film and games. Viitattu 21.8.2018. <https://www.lifewire.com/common-modeling-techniques-for-film-1953>
- Steve's Digicams. (N.d.). 6 Industries that use 3D modeling software. Viitattu 14.11.2018. <http://www.steves-digicams.com/knowledge-center/how-tos/video-software/6-industries-that-use-3d-modeling-software.html>

Thunder Cloud Studio. (N.d.). Modeling guide realistic human head. Viitattu 21.8.2018. <http://thundercloud-studio.com/tutorial/modeling-guide-realistic-human-head/>

Valve. (2017). Dota 2 Workshop - Character Art Guide. Viitattu 21.8.2018. <https://support.steam-powered.com/kb/9334-YDXV-8590/dota-2-workshop-character-art-guide>

Videolähteet

Danny Mac 3D. (2017). 3D Character Workflow for Beginners Tutorial. [Video] Youtube. Viitattu 21.8.2018. <https://www.youtube.com/watch?v=cn0z9yJkR2s>

A+Start. (2017). Super Mario - Low Poly (Evolution of Characters in Games) - Episode 1. [Video] Youtube. Viitattu 14.11.2018. https://www.youtube.com/watch?v=A2gXyEyy_2

Kuvalähteet

KUVA 1. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/ENU/Maya-Modeling/files/GUID-7941F97A-36E8-47FE-95D1-71412A3B3017-htm.html>

KUVA 2. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <http://www.aclockworkberry.com/world-coordinate-systems-in-3ds-max-unity-and-unreal-engine/>

KUVA 3. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/editing/subdividing/subdivide.html>

KUVA 4. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <http://dcdesign.wikidot.com/wiki:box-modelling>

KUVA 5. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://blenderartists.org/t/modeling-a-head-using-face-loops/395092>

KUVA 6. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <http://www.cgmeetup.net/home/art/the-last-of-us-characters-sculpt/>

KUVA 7. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://www.slideserve.com/rose-stokes/game-development-life-cycle>

- KUVA 8. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/whats-the-difference-a-comparison-of-modeling-for-games-and-modeling-for-movies>
- KUVA 9. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://www.slideshare.net/CGMENTOR/different-media-entertainment-industry-workflows>
- KUVA 10. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <http://howtonotsuckatgamedesign.com/2014/02/lets-get-real-concept-art/>
- KUVA 11. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://www.skillshare.com/classes/Character-Concept-Art-From-Initial-Sketch-to-Final-Design/1310245862/project-guide>
- KUVA 12. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://www.skillshare.com/classes/Character-Concept-Art-From-Initial-Sketch-to-Final-Design/1310245862/project-guide>
- KUVA 13. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://support.steampowered.com/kb/9334-YDXV-8590/dota-2-workshop-character-art-guide>
- KUVA 14. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Model_sheet
- KUVA 15. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: https://www.pioroberson.com/tuts/tut_texturing_tricks.htm
- KUVA 16. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <http://wiki.polycount.com/wiki/FaceTopology>
- KUVA 17. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://cgi.tutsplus.com/articles/game-character-creation-series-kila-chapter-3-uv-mapping--cg-26754>
- KUVA 18. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://ev111426.wordpress.com/page/2/?order=asc>
- KUVA 19. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://support.steampowered.com/kb/8687-AGJK-8415/dota-2-workshop-item-uv-mapping>
- KUVA 20. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://www.creativebloq.com/how-to/how-to-rig-a-face-for-animation>
- KUVA 25. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://mgherron.com/2014/09/evolution-of-the-legend-of-zelda/>

KUVA 26. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://medium.com/@gordonnl/links-expressions-eb7beae2c62c>

KUVA 29. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <http://www.zbrushcentral.com/showthread.php?205044-Overwatch-Characters-Art-Dump>

KUVA 30. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://80.lv/articles/overwatch-wireframes/>

KUVA 31. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://www.pinterest.ie/pin/234468724335843765/>

KUVA 32. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://study.com/academy/answer/how-many-bones-are-in-the-skull.html>

KUVA 33. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://study.com/academy/answer/how-many-bones-are-in-the-skull.html>

KUVA 34. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://www.sciencesource.com/archive/Petrus-Camper--Theory-of-Facial-Angle--1770-SS21039374.html>

KUVA 35. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://www.quora.com/Are-there-differences-between-male-and-female-skulls>

KUVA 36. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://humananatomy-libs.com/diagram-of-face-muscles/diagram-of-face-muscles-labeling-facial-muscles-face-and-neck-muscles-diagram-human-2/>

KUVA 37. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://bloginonline.com/sternocleidomastoid-muscle-function/sternocleidomastoid-muscle-function-function-of-sternocleidomastoid-muscle-function-of/>

KUVA 38. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: https://web.duke.edu/anatomy/Lab22/Lab24_pre-Lab.html

KUVA 39. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://www.zwivel.com/blog/how-to-get-rid-of-facial-wrinkles/>

KUVA 40. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <http://storyofmylifebyme.blogspot.com/2011/06/andrew-loomis-proportions.html>

KUVA 41. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <http://storyofmylifebyme.blogspot.com/2011/06/andrew-loomis-proportions.html>

KUVA 42. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://www.joshuanava.biz/head-hands/the-standard-head.html>

KUVA 43. Viitattu 19.11.2018. Saatavissa: <https://www.proko.com/how-to-draw-the-head-from-any-angle/>

KUVA 44. Viitattu 19.11.2018. Saatavuus: <https://thundercloud-studio.com/tutorial/modeling-guide-realistic-human-head/>

KUVA 45. Viitattu 19.11.2018. Saatavuus: <https://blenderartists.org/t/practicing-female-topology/640591/2>

KUVA 46. Viitattu 19.11.2018. Saatavuus: <http://www.rukout.com/3d-facial-modeling>

KUVA 47. Viitattu 19.11.2018. Saatavuus: <http://www.rukout.com/3d-facial-modeling>

KUVA 48. Viitattu 19.11.2018. Saatavuus: <http://wiki.polycount.com/wiki/FaceTopology>

KUVA 49. Viitattu 19.11.2018. Saatavuus: <https://fi.pinterest.com/pin/302656037440079635>

KUVA 50. Viitattu 19.11.2018. Saatavuus: <http://wiki.polycount.com/wiki/HairTechnique>

KUVA 51. Viitattu 19.11.2018. Saatavuus: <http://wiki.polycount.com/wiki/HairTechnique>