

# HAHMOMALLINNUKSEN MENETELMÄT

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Mediatekniikka  
Tekninen visualisointi  
Opinnäytetyö  
Kevät 2017  
Matti Aarnio

Lahden ammattikorkeakoulu  
Mediatekniikka

AARNIO, MATTI:

Hahmomallinnuksen menetelmät

Mediatekniikan opinnäytetyö, 43 sivua

Kevät 2017

TIIVISTELMÄ

---

Tässä Opinnäytetyössä käsitellään eri menetelmiä hahmon mallintamiseen 3D-muodossa. Teoriaosuus kattaa tietoa teknisestä toteutuksesta ja lyhyesti historiasta. Case-osuudessa tehdään teoriaosuudessa käytyjä tekniikoita apuna käyttäen hahmomallinnus omasta suunnitelmasta.

Opinnäytetyössä syvennyttään hahmon luontiin ensin historian kautta, miten graafisesta hahmojen luonnista on siirrytty 3D-mallintamiseen. Työssä käydään myös läpi mitä on muuttunut ja mitä säilynyt tekniikan muuttuessa.

Case-osiossa tehdään itse suunniteltu hahmo ensin blueprinttinä, josta lähdetään luomaan 3D-mallinnettua hahmoa kolmella eri 3D-mallinnus ohjelmalla, jolloin hahmon toteutus pystyttiin tekemään monipuolisesti ja hyödynnettiin useaa eri 3D-tekniikkaa

Asiasanat: 3D-mallintaminen, hahmonsuunnittelu, 3D-hahmo, animointi

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Media Technology

AARNIO, MATTI: Character modelling methods

Bachelor's Thesis in Media Technology, 43 pages

Spring 2017

ABSTRACT

---

In this thesis the objective was to study different methods used in modelling 3D characters. The thesis also presents a short history of designing characters in animations when it was done without 3D technology.

The theory section contains an overview of the history of 3D modeling and also an investigation of the different 3D programs that modellers are using nowadays. The thesis also introduces different purposes where 3D characters are generally used nowadays.

The case section presents an example of the character creation process from designing a character to 3D rendering. It is done by using three different 3D modelling programs and so it exploits many methods which are used in creating a 3D modelled character.

Key words: 3D character, 3D modelling, character creation, animation

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	HAHMOMALLINNUS NYKYPÄIVÄNÄ	2
2.1	Menetelmät	3
2.2	Kuvitteellisen hahmon mallinnus	11
2.3	Hahmon mallintaminen kuvasta	12
2.4	Skeletal-mallin teko	14
2.5	Mallintamisen työvaiheet	17
3	HAHMOMALLINUKSESSA KÄYTETTÄVÄT OHJELMAT	18
3.1	Autodeskin 3ds Max	18
3.2	Sculptris	21
3.3	Mudbox	22
3.4	Hahmogeneraattorit	24
3.4.1	Make Human	24
3.4.2	Autodeskin hahmogeneraattori	26
3.4.3	Adobe Fuse	27
3.5	Blender	28
4	CASE: KUVITTEELLISEN HAHMON MALLINNUS	31
5	YHTEENVETO	41
	LÄHTEET	42

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä perehdytään hahmomallinukseen ja sen eri menetelmiin nykypäivänä sekä käydään läpi aikaisemmin käytettyjä hahmojen mallintamisen keinoja. Työssä käydään läpi 3D-mallihtamisen eri menetelmät ja se, millaisilla eri ohjelmilla sitä voi tehdä sekä minkälaiseen mallintamiseen kukin ohjelma soveltuu parhaiten.

Opinnäytetyössä käytin 3ds Maxia, Mudboxia ja Sculptrista, joista jokainen on tehty tuottamaan 3D-malleja. Ohjelmissa on toisiinsa verrattuna pieniä eroja ominaisuuksissa, vaikka ne soveltuisivatkin samaan mallinnus menetelmään. Case-osuudessa hyödynsin eri ohjelmien omia vahvuusalueita, jolloin ohjelmien erot sain esimerkein eriteltyä. Samalla syvennytään siihen, mitä ohjelmaa suositetaan missäkin mallintamisen vaiheessa.

Työssä on myös eri ohjelmilla tekemiäni 3D-mallinnuksia, joissa havainnollistetaan hahmomallinnuksen eri keinoja eri ohjelmilla ja käydään lopuksi läpi yhteenvedot eri vedoksista ja hahmomallinnuksen keinoista yleisesti. Mallin tekeminen skeleton-rungolla käydään myös teoreettisesti läpi.

## 2 HAHMOMALLINNUS NYKYPÄIVÄNÄ

Hahmomallinnuksessa on tarkoitus luoda jokin hahmoa esittävä tai siltä täysin näyttävä 3D-malli. Hahmomallinnusta käytetään niin videopeliteollisuudessa kuin myös elokuva-alalla. Nykyaikana siihen käytetyt menetelmät ovat kehittyneet entistä paremmiksi ja siihen tarkoitettut ohjelmat kykenevät luomaan entistä monipuolisemmin ja helpommin näyttävää 3D-jälkeä.

Jo varhaisessa piirrosanimaatiovaiheessa voidaan nähdä yhteneväisyyksiä menetelmissä nykyajan 3D-hahmojen mallintamiseen. Hahmosta tehtiin monta mallipiirrosta paperille suunnitteluvaiheessa, mikä helpotti hahmon lopullista luontia. Samoja menetelmiä käytetään myös nykyään 3D-muodossa, mutta verrattuna piirrosanimaatioon on animointi huomattavasti helpompi toteuttaa. Ennen 3D-mallintamista oli piirrettyissä animaatioissa piirrettävä hahmon liike sadoissa kuvissa ja toteutus oli todella työlästä ja aikaa vievää. Nykyisin voidaan kolmiulotteisesti mallinnetuille hahmoille tehdä suoraan liikeradat animaatioon, ja hahmo tarvitsee mallintaa vain kerran, verrattuna piirrettävään animaatioon, jossa hahmo tuli piirrettyä lukuisia kertoja. (Disney Art of Animation 2006, sivut 40 – 53, 172 – 177.)

3D-mallinnettujen hahmojen tekemisessä käytetään hyvin usein skeletonluustoa, joka tunnetaan 3D-mallintajien kesken tutummin riggauksena. 3D-hahmolle tehtävät riggerit ovat riggauksella hahmon sisälle luodaan ns. Luustomalli (kuva 1), jossa hahmolle pyritään sijoittamaan käsien, jalkojen ja muun vartalon taitoskohdat, jolloin sen ruumiinosat ovat kätevämmiin liikuteltavissa.



KUVA 1. 3D–hahmo luusto-rungolla (Doschdesign 2010)

## 2.1 Menetelmät

Hahmomallinnuksessa voidaan mallintaa realistista jo olemassa olevaa esittävää mallia tai vain kuvitteellista suunniteltua hahmoa. Kuitenkin lähes jokaisessa hahmomallinnuksessa käytetään mallikuvaa, joka on toteutettu selkeästi yksityiskohtiaan myöten, jolloin tiedetään tarkasti, millaista hahmoa luodaan.

Videopeleissä tehdään usein eri mallit markkinamateriaaleihin ja mainoskuviin kuin itse peliin. Koska kuvissa ja julisteissa mallin pitää olla näyttävä ja usein sen halutaan olla myös myyvä, tehdään tämä siksi näyttäväksi. Kuvaan mallinnettavan hahmon voi myös renderöidä niin tarkasti kuin mahdollista, koska lopputulos tulostetaan kuvana, kun taas

videopelissä konsoli tai tietokone renderöi hahmon liikettä jatkuvasti. Peleihin tehdään siis yksinkertaisempi malli, eli ns. Low poly –mallinnus, jolla tarkoitetaan mallinnusta, joka on toteutettu mahdollisimman pienellä polygon määrällä; näin hahmo on laskennallisesti paljon kevyempi ja toimii pelatessa sulavammin. Polygonit ovat palasia, jotka muodostavat hahmon pinnan. Ne ovat muodoltaan joko neliön tai kolmion muodossa, riippuen käytettävästä ohjelmasta. Mitä enemmän polygoneja on, sitä tarkempi on hahmon pinta. Esimerkiksi kulmikkaissa hahmoissa voidaan olettaa olevan vähän polygoneja. (Creativebloq.com 2016.)

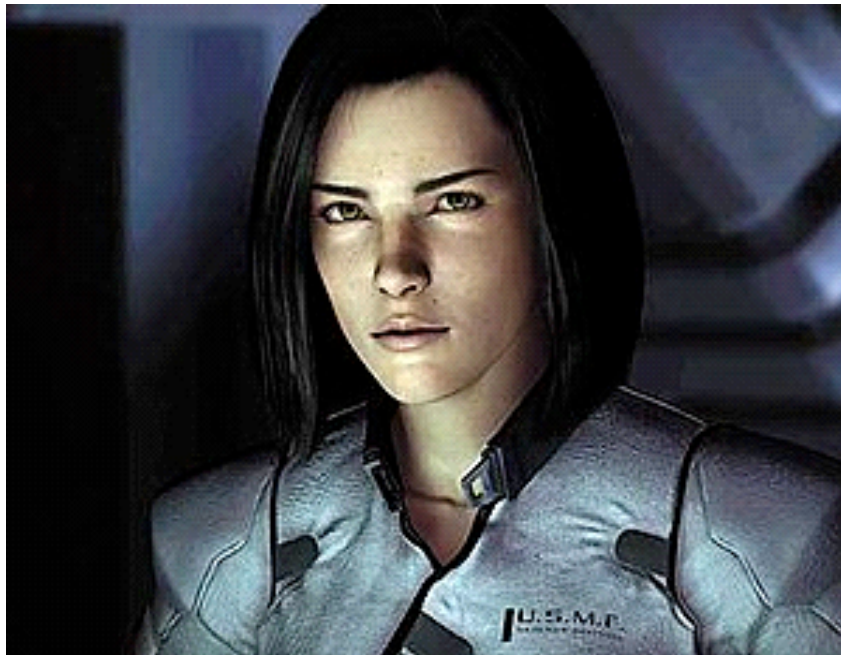
Ongelmana on pelien visuaalinen tavoite, joka usein hakee realistista lopputulosta. Low poly-mallin päälle tavoitellaan rakentaa tekstuureja, jotka luovat illuusion muodoista, jotka eivät ole oikeasti mallinnettuja. Näin hahmoille voidaan toteuttaa yksityiskohtia pintaan ilman, että ne tarvitsisi mallintaa tarkasti ja 3D-mallin polygonmäärä kasvaisi.

Esimerkiksi pelihahmo Spyrosta tehty 3D-malli Playstation 1-konsolipeliin on mallinnettu matalalla typologialla, jotta se olisi laskennallisesti kevyt mutta mahdollisimman paljon yhdennäköinen suunnitellulle hahmolle. (Kuva 2 Vasemmalla) Mainostarkoitukseen tai elokuvaan sen sijaan käytetään 3D-mallia, joka on mallinnettu suurella polygonmäärällä (Kuva 2 oikealla). Animaatioelokuviissa kuitenkin käytetään hahmoissa suuria polygonmääriä, sillä animaatioissa hahmon liikkeet renderöidään vain kerran ja hahmot halutaan saada näyttämään hyviltä. Elokuvasa Final Fantasy – Spirit Within, joka tehtiin täysin tietokonegrafiikalla, oli Aki Rossin 3D-mallissa käytetty yli 100 000 polygonia (kuva 3).





KUVA 2. Pelihahmo spyro (Spyro wikia 2011)



KUVA 3. Aki Rossin 3D-Hahmo (Wikimedia 2011)

Kuitenkin jokaiselle mallinnettavalle 3D-hahmolle on tehty konseptipiirrokset, millaiselta mallinnettava hahmo näyttäisi yksityiskohdat mukaan lukien (Kuva 4). Tämä toimenpide helpottaa havainnollistamaan hahmon lopullista ulkomuotoa, minkä jälkeen se viedään yksityiskohtaisempaan ja tarkempaan suunnitteluun, jossa perehdytään hahmon luustoon ja liikkeisiin. Menetelmät ovat hyödyksi niin skeletonhahmoa tehtäessä, kuin myös hahmon liikkeitä mallinnettaessa.

Mallinnusta aloittaessa on myös tiedettävä, tullaanko hahmosta jatkamaan animoitava ja liikuteltava versio, jossa on myös nivelet (skeleton), vai onko se vain asetelmaan tehtävä malli ilman minkäänlaista luu-runkoa ja mallinnetaan suoraan haluttuun asentoon, jolloin se ei ole jälkikäteen liikuteltava. Nykyisin kuitenkin lähes kaikki hahmomallit tehdään sisältäen skeleton-runko, jotta mallia voidaan käyttää ja liikutella jatkossakin sen sijaan, että se pitäisi mallintaa uudelleen. Usein videopeli- ja elokuvamaailmassa hahmoa käytetään stillkuvissa samalla skeleton mallilla kuin elokuvassa, jotta ei tarvitsisi mallintaa hahmoa useaan kertaan.



KUVA 4. Konseptipiirros 3D hahmosta (Amanda seah 2012)

Skeleton-luusto ei kuitenkaan tarkoita tarkkaa luuston rakentamista, vaan kartoitus raajojen liikkeestä, vartalon liikkeestä ja ääriasennot, joissa hahmo voisi olla. Usein malleille saatetaan suunnitella myös luustosta oma rakennehahmotelma, joka auttaa luomaan 3D-mallin luustosta realistisempaa.

Kun hahmolle on tehty luustosta kuva ja sen liikkumismalli on päätetty, voidaan 3D-mallille tehdä liikuteltava malli suunnitelman pohjalta, joka tekee hahmon liikkeen mallintamisesta jatkossa helpompaa. Luusto määrittää mallin raajojen kohdat mistä se voi taittua ja millä akselilla, jolloin ruumiinosat saadaan liikutettavaksi halutulla tavalla. Esimerkkinä kättä mallinnettaessa (Kuva 5) on suotavaa, että mallille tehdään valmiit paikat taitoksille, joista voidaan tehdä haluttaessa vielä sormille omat taitoskohdat



KUVA 5. 3D-mallinnus kädestä (Slitfiner 2016)

Jos hahmoa mallinnettisiin pelkästään still-kuvaan tai valmiiksi suunniteltuun asentoon ei skeleton-rungon luonti 3D-mallille ole välttämätön. Kuitenkin skeleton-runko helpottaa työskentelyä, sillä sitä voidaan hyödyntää, jos mallinnusta tarvitsee liikutella 3d asetelmassa. Mikäli 3d malli päätetään kuitenkin mallintaa suoraan haluttuun asentoon ilman luustoa, työaika voidaan käyttää puhtaasti hahmon mallintamiseen. Tällaisia projekteja voisivat olla esimerkiksi photorealistiset mallinnukset, joissa hahmo halutaan saada näyttämään mahdollisimman realistiselta (kuva 6) on tehokkaampaa käyttää aika puhtaaseen mallintamiseen, mikäli mallinnus ei ole kokonainen ihmishahmo. (Creativebloq.com 2016.)

Menetelmää käytetään usein esimerkiksi kasvojen still-mallinuksissa, tai muissa projekteissa, joissa päämäärä on enemmän hahmon näyttävyydessä, eikä sen liikuteltavuudessa. Projektit joissa on puhdasta mallintamista ilman riggauksia skeleton malliin, ovat kuitenkin usein esimerkiksi kasvomallinuksia ja yleisesti harvinaisempia.

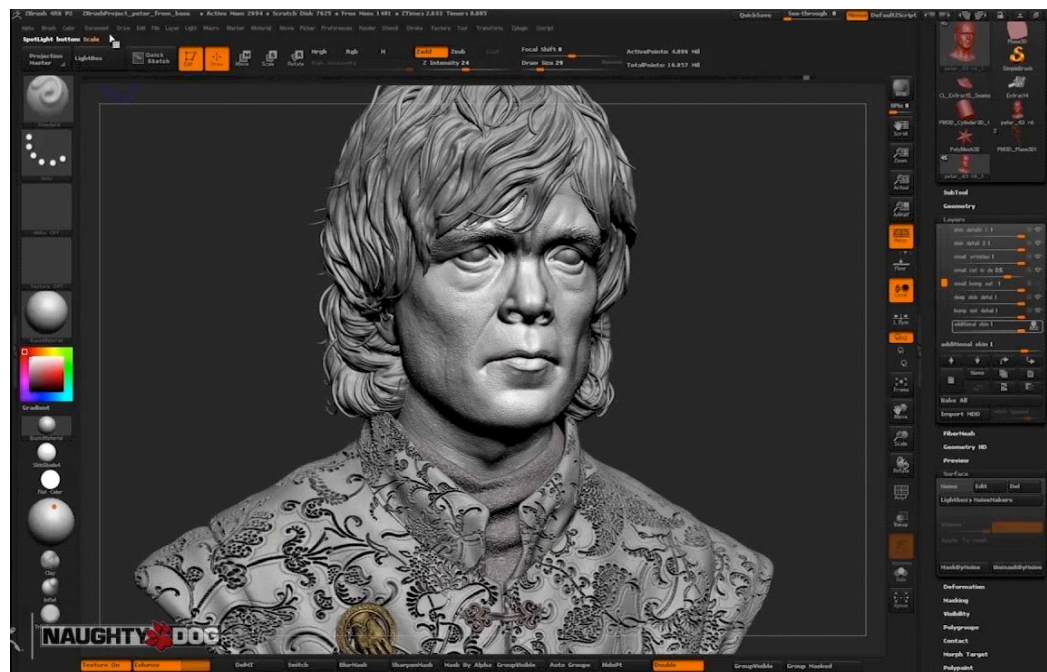


KUVA 6. Photorealistinen 3D-mallinnus (Noupe 2014)

Ihmisen hahmomallinnus tavoittelee mahdollisimman realistisen ja aidon tuntuista hahmon luontia, jossa mallinnettu hahmo pyritään saamaan joko näyttämään tunnistettavasti ihmiseltä tai jopa photorealistisesti tunnistettavalta. Ihmisen mallinnusta käytetään monissa eri kategorioissa, kuten peleissä, mainoksissa ja elokuvissa. Työssä voidaan käyttää tausta-apuna myös valokuvaa jostakin kohteesta, jota halutaan mallintaa.

Ihmisen mallintamisessa on myös huomioitava ihmisen anatomia ja siihen liittyvät asiat, kuten raajojen taitoskohdat, nivelten kohdat ja raajojen suhteet muuhun vartaloon. Ihmiskehoa mallinnettaessa malleihin saatetaan ottaa usein mallia myös lihaksistosta tai lihasanatomiaista. Mallintaminen saadaan usein nopeammin alkuun valmiilla 3d mallipohjilla, joita löytyy joistakin ohjelmista suoraan tai juuri niitä varten tehdyillä ohjelmilla. Esimerkiksi MakeHuman-ohjelma on tarkoitettu juuri ihmishahmojen mallintamiseen, jolla voidaan tehdä helposti ihmismallinuksia valmiista arkistoista, jotka sisältävät myös valmiita skeleton-runkoja. Myös Autodeskin tuotteissa 3ds Maxissa ja Mudboxissa löytyy valmiita 3D-malleja, joita voi muovata.

Hahmon muovaamisen jälkeen voidaan tehdä tarkemmat yksityiskohdat, kuten rypyt ja huokoset veistämällä, eli sculptaamalla (kuva 7). Veistäminen mallinnuksessa tarkoittaa tekniikkaa, jossa mallia muovataan pursuttamalla sen pintaa tietyistä kohtaa tai kovertamalla pintaa; nimi tulee juuri sen nimenmukaisesta veistämistä muistuttavasta toimintamallista.



KUVA 7. ZBrush ohjelmalla tehty veistomallinnus (Cgmeetup 2015)

Veistäminen on usein käytössä juuri tarkempia yksityiskohtia tehtäessä, kun mallin ruumiinosat on saatu tehtyä ilman yksityiskohtia. Osat yksinkertaisimmista hahmoista voidaan myös toteuttaa suoraan veistämällä, tai monimutkaiset hahmot voidaan veistää monivaiheisesti.

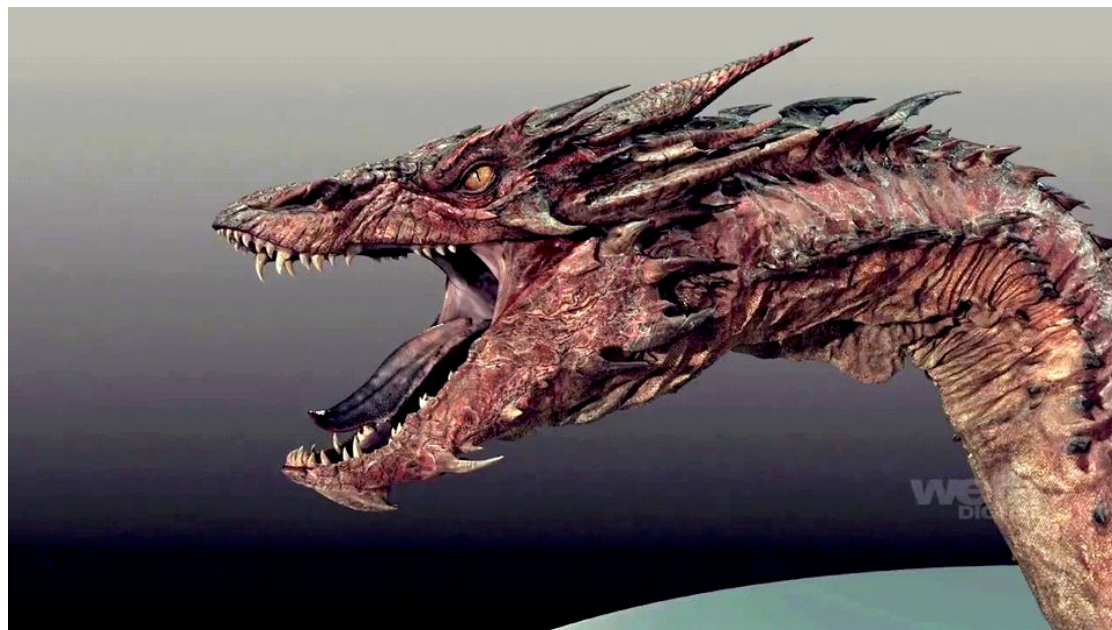
Kun mallin pinnat on saatu luotua, aletaan keskittyä varjoihin ja heijastuksiin, joista siirrytään bitmappeihin, joilla tehdään pinnoille tekstuurit lisäämään pinnan realismia. Pintojen jälkeen malli siirretään usein ohjelmaan, jossa luodaan mahdolliset hiukset, silmät tai vastaavat suuremmat yksityiskohdat. Tällainen ohjelma on esimerkiksi Autodeskin Maya, jota käytetään laajalti realistisessa hahmomallinnuksessa, koska sen avulla voidaan toteuttaa erittäin autenttista jälkeä.

Jossain tapauksissa realistisen hahmon luomista ei kuitenkaan tehdä yhtä yksityiskohtaisesti tai suurissa polygoni määrissä. Esimerkiksi videopeleissä malli tehdään mahdollisimman matalaan polygonmäärään, jotta sen käyttäminen pelissä ei rasittaisi pelin sulavuutta. Jos polygonimäärät ovat suuria, tarvitsee hahmon käsitteleminen paljon enemmän suorituskykyä.

Näin ollen peleissä pyritään luomaan realistinen hahmomalli pienillä polygonimäärillä. Realistisen hahmon saavuttaminen matalalla polygonimäärällä tehdään usein sillä menetelmällä, että yksityiskohtia jotka muuten tehtäisi polygoneilla, pyritään hahmottamaan pelkillä tekstuureilla. Näin hahmosta voidaan saada samaan aikaan näyttävä ja se ei vaadi suuria määriä suorituskykyä matalan polygonimäärän johdosta.

## 2.2 Kuvitteellisen hahmon mallinnus

Kun mallinnetaan kuvitteellista hahmoa, on hahmolle harvoin löydettävissä valmis pohja, jonka avulla mallinnus voitaisiin saada nopeammin alulle. Kuvitteellisen hahmon aloittaminen on tästä johtuen työläämpää, mutta yksityiskohtat voivat olla vähäisempiä, riippuen tietenkin mallista. Hahmot usein veistetään jonkin kuvamallin pohjalta, minkä jälkeen sen yksityiskohtia parannellaan muissa ohjelmissa. Mallit tehdään vaihe vaiheelta menetelmällä, joka voi olla erittäin työläs projekti, riippuen hahmon yksityiskohtien määrästä ja miten suurilla polygonimäärillä se halutaan luoda, eli miten tarkasti. Hobitti-elokuvaan luodulle Smaug lohikäärmeelle (kuva 8) haluttiin luoda realistisen näköiseksi, vaikka se on kuvitteellinen hahmo. Smaugin 3D-malliin luotiin miljoona yksittäistä suomua, jolloin sen polygonimäärä nousi todella suureksi. (cgmeetup.net 2016.)



KUVA 8. Smaug – Hobitti elokuvaan tehty hahmomallinnus (Cgmeetup 2015)

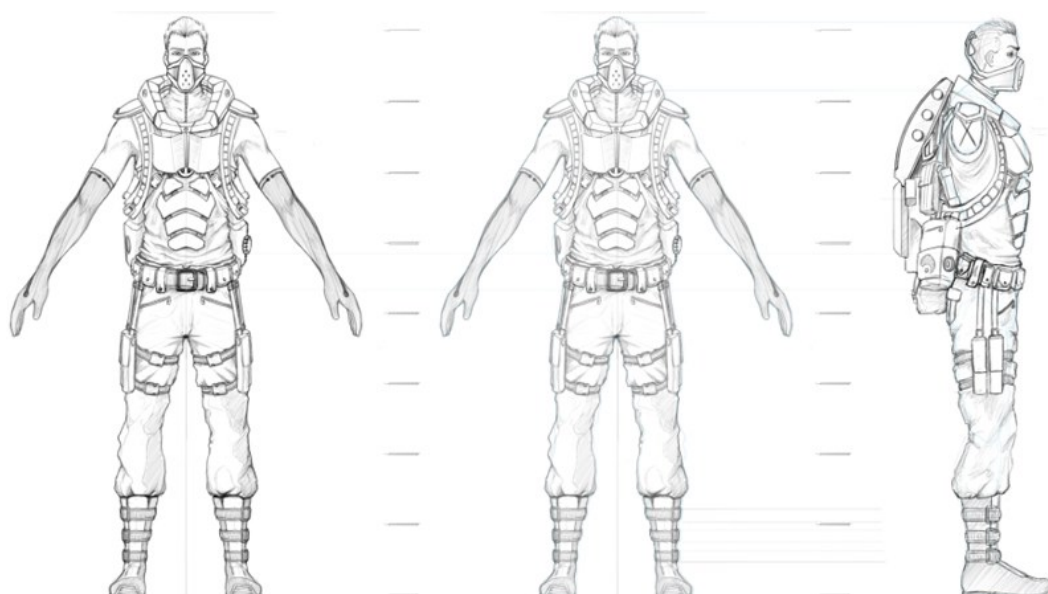
Kuitenkin piirroshahmojen kaltaisten hahmojen mallintaminen voidaan toteuttaa tehokkaimmin veisto-ohjelmilla. Vaikka mallinnusmenetelmät ovat samoja, on usein hahmojen yksityiskohdat paljon enemmän suuntaantavia, koska ne usein luodaan matalalla polygoni – estetiikalla (Baumann. 2012). Näin voidaan keskittyä suurimmaksi osaksi hahmon pääpiirteisiin. Yksityiskohdat tehdään yhä jollain toisella ohjelmalla, mutta rajoittuvat vain, vaikka karvapintoihin tai merkittäviin suuriin yksityiskohtiin, jotka saadaan luotua jo lähes kokonaan veistovaiheessa (Gumster J. 2011.Blender for Dummies).

### 2.3 Hahmon mallintaminen kuvasta

Hahmon ollessa kuvitteellinen ja yksityiskohtien ollessa myös mahdollisesti abstrakteja turvaudutaan yleensä hahmon mallintamisessa suoraan pohjapiirroksesta mallintamiseen. Englannin kielellä tunnettu tekniikka model sheet-mallintaminen mahdollistaa mallintamisen suoraan piirroksen päälle, jolloin pääpiirteiset ääriviivat voidaan luoda mahdollisimman tarkasti.



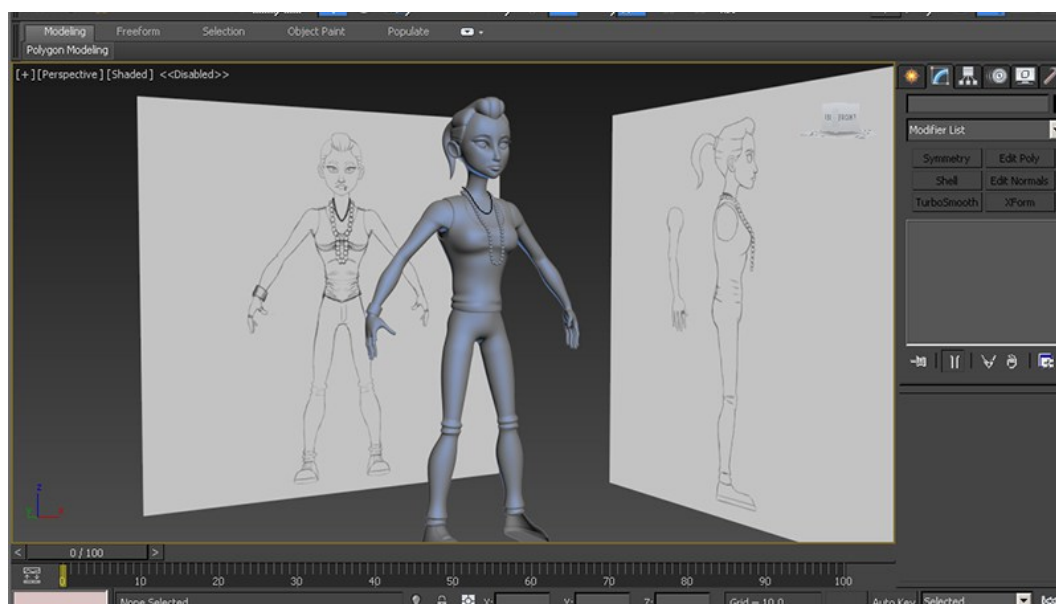
Hahmon perussuunnitelmasta poiketen, mallintamiseen tehdään hahmosta ortograafinen piirros, josta hahmo tulee saamaan näkyvän muotonsa. Hahmon ortograafiset piirrokset ovat kohtisuoraan edestä toteutettuja sekä sivuprofiilista, näin hahmo saadaan toteutettua eri suunnilta mahdollisimman tarkasti (kuva 9). Usein piirrokset ovat kokeneiden graafikoiden toteuttamia johtuen niiden haastavuudesta toteuttaa, jotta ne olisivat erittäin selkeitä. Hahmot on suunniteltava siten, että kuvasta saadaan selvästi mallinnettava malli vain yhdestä perspektiivistä.



KUVA 9. Tavanomainen ortograafinen piirros hahmosta (Pluralsight 2016)

Suoraan pohjapiirroksesta mallintaminenkin sisältää kuitenkin useampia vaihteita, koska usein hahmon pohja luodaan joko sculptaamalla tai valmiita objekteja muotoilemalla riippuen siitä, mikä on tapauskohtaisesti helpoin ja nopein tapa saavuttaa lopputulos (kuva 10). Kun mallin pääpiirteiset muodot on toteutettu, voidaan aloittaa yksityiskohtaisten osien, kuten korujen ja vaatekappaleiden, mallinnus. On kuitenkin päätettävä, toteutetaanko yksityiskohdat hahmoon kiinteäksi osaksi vai mallinnetaanko esimerkiksi vaatekappaleet erillisenä tasona hahmon päälle. Kun yksityiskohdat, kuten mahdolliset vaatekappaleet mallinnetaan

hahmoon kiinteäksi, on niiden tekstuurien luominen tarkoiksi haastavampaa, koska ne ovat osa samaa tekstuurikokonaisuutta hahmon kanssa. Mallinnettaessa yksityiskohdat omina erillisinä malleinaan voidaan niiden tekstuuri ja heijastuspintoja käsitellä erikseen halutun laisiksi. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi hahmot, joille halutaan tehdä täysin erottuvia osia. (pluralsight.com 2016.)

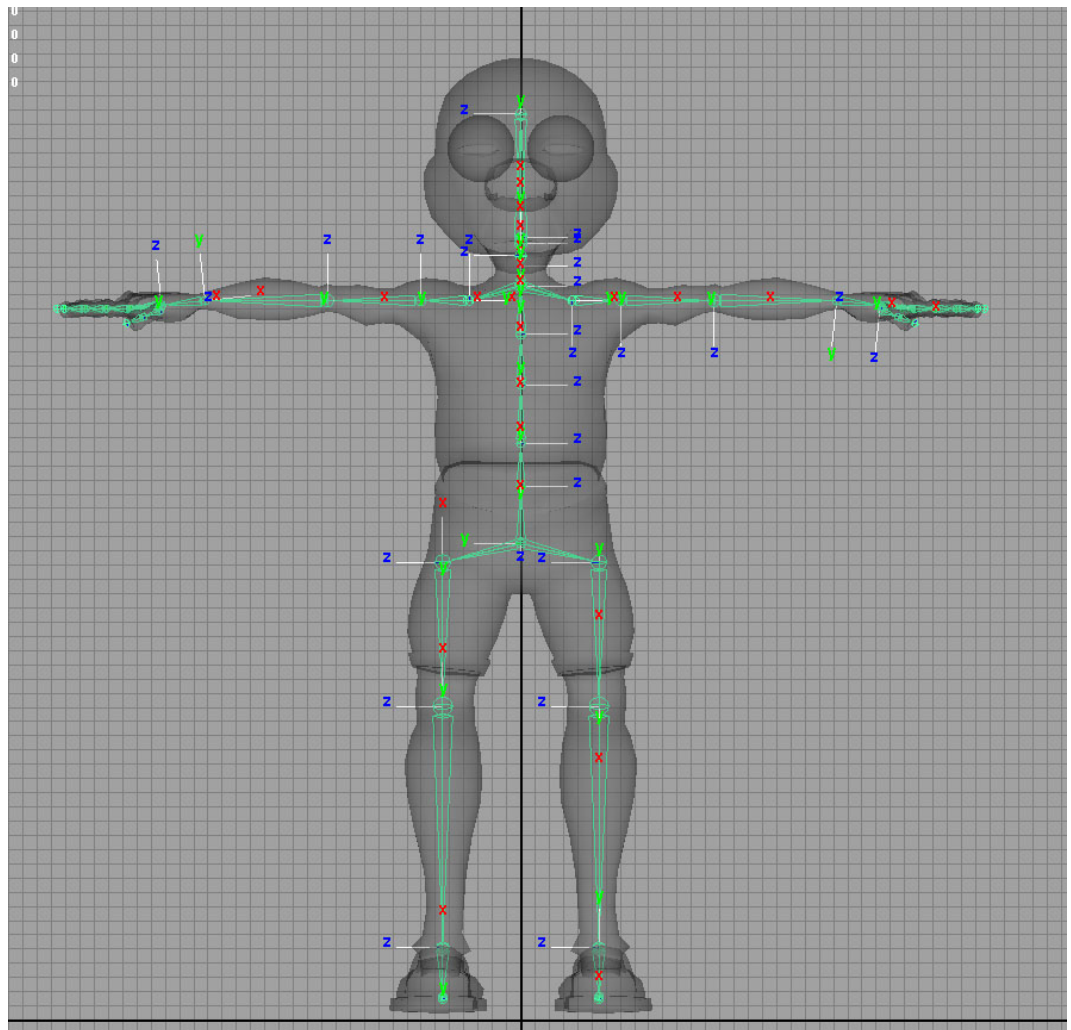


KUVA 10. Hahmon mallintaminen suoraan pohjapiirroksista (Wazim 2012)

## 2.4 Skeletal-mallin teko

Luotaessa skeletal mallia (tunnetaan myös nimellä Skeleton-runko) on suositeltavaa mallintaa haluttu 3D-hahmo siten, että sen asennosta erottuvat selkeästi raajat ja ruumiinosat. Esimerkiksi hahmon mallintaminen niin sanottuun T-pose asentoon, missä sen kädet on levitetty sivuille auttaa skeletal mallin teossa myöhemmässä vaiheessa (Kuva 11). Kuten aikaisemmin käydyssä ihmismallin mallintamisessa, on tässä kohtaa hyötyä mallinnettavan hahmon anatomian tuntemisesta. Esimerkiksi ihmishahmolle tehtäessä raajojen liikkuvuutta, on suureksi eduksi hahmottaa jo valmiiksi raajojen taitoskohdat, jotta ne näyttävät luontevilta. Kuvitteellisessa hahmossa taas on ajateltu etukäteen, miten

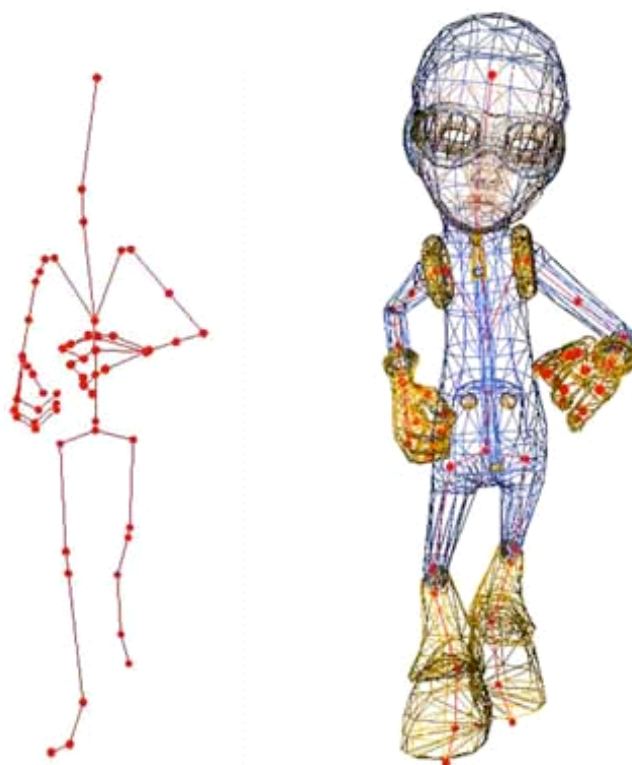
hahmon raajat liikkuvat ja missä olisi suunnitellut taitoskohdat, jotta tämä näyttäisi toimivalta kokonaisuudelta.



KUVA 11. Kuva hahmon riggereistä T-Pone asennossa (Doschdesign 2010)

Mallille tehtävän skeletal-rungon ansiosta mallia voitaisiin käsitellä animaatioissa, tai sitä voitaisiin liikutella myös helpommin, mikäli mallista jouduttaisiin ottamaan erillisiä kuvia ja se tarvitsisi saada helposti eri asentoihin. Esimerkiksi animaatioissa voidaan malli asettaa vaihtamaan asentoaan tietyllä aikavälillä siten, että alkupisteessä raajat ovat tietyssä asennossa ja ne tekevät liikkeen tietyn aikavälin sisässä. Skeletal-mallin ansiosta voidaan myös koko kehoa liikuttaa ilman, että jokaisella animaation kuvalla vaihdettaisiin jokaista liikkuvaa pistettä. Kun hahmon

virtaloon on rakennettu skeletal-runko, malli liikkuu skeletal-rungon mukaisesti sitä liikuteltaessa.



KUVA 12. Skeletal. Hahmolle tehty skeletal runko (Lynchhag 2016)

Skeletal-rungon teon perusperiaate on tehdä liitoskohtia, eli 3d ohjelmissa tutummin joint-kohtia, jotka näin liitetään toinen toisiinsa niiden muodostaen janan jota mallin runko seuraa. Raajoissa olevista joint-kohdista luodaan taitoskohtia, jolloin on toteutettavissa esimerkiksi polvien kaltaiset taitoskohdat tai raajojen liittyminen muuhun kehoon (kuva 12). Kun hahmon rigger-osia luodaan, on tässä otettava myös huomioon hahmon moniulotteisuus, ja hahmon luusto pyritään sijoittamaan aina hahmon keskelle. Helpoiten tämä onnistuu siten, että hahmo sijoitetaan koordinaatistossa 0-pisteeseen ja osien keskipistettä on helppo tarkastella myös koordinaatein.

## 2.5 Mallintamisen työvaiheet

Mallintaessa hahmoa on työssä selkeät vaiheet, joista päästään lopulta valmiiseen malliin. Alkuun aloitetaan hahmon mallintaminen mallinnusohjelmassa, jossa 3D-malli tehdään pääpiirteisiin muotoihinsa. Mallille rakennetaan pääpiirteiset muodot tässä vaiheessa. Hahmon mallintaminen pyritään myös tekemään siten, että mikäli sen sisälle luodaan luustomalli, mallinnetaan hahmo T-pone asentoon, jotta sen mahdolliset raajat erottuvat selkeästi. Tämä siksi, että luusto rakennetaan 3D-mallin sisään myöhemmin.

Kun mallintaminen on valmis, ja hahmo on saatu muotoonsa. Mallille tehdään seuraavana toimenpiteenä pinnan mappaus, jolla tarkoitetaan 3D-mallinuksessa pinnan kopiointia erilliseksi tiedostoksi. Näin hahmon pinta voidaan maalata erikseen, vaikka kuvankäsittelyohjelmalla ja yksityiskohtiin päästää keskittymään tarkemmin, osassa ohjelmissa mappaus on myös ainut vaihtoehto asettaa 3D-mallille pintoja. Mappaus tehdään siksi, että sen pintaan voidaan tehdä haluttu väritys ja pintojen tekstuurit. Mappauksessa voidaan hahmolle tehdä myös oma diffuusio mappaus, joka tarkoittaa hahmon pinnan reagoitua valoon ja vaikuttaa myös varjojen muodostumiseen.

Tekstuurien ja värien ollessa valmiita, valmis väri ja tekstuurikartta liitetään takaisin hahmon pintaan ja siitä tulee näin suunnitellun värinen ja oikeilla tekstuureilla. Viimeisenä vaiheena hahmolle luodaan mahdollisesti luuston runko, mikäli tämä hahmolle halutaan. Luuston rakentaminen tapahtuu hahmon raajojen ja torson välille, jotta sitä voidaan liikutella luustotyökalujen avulla helposti.

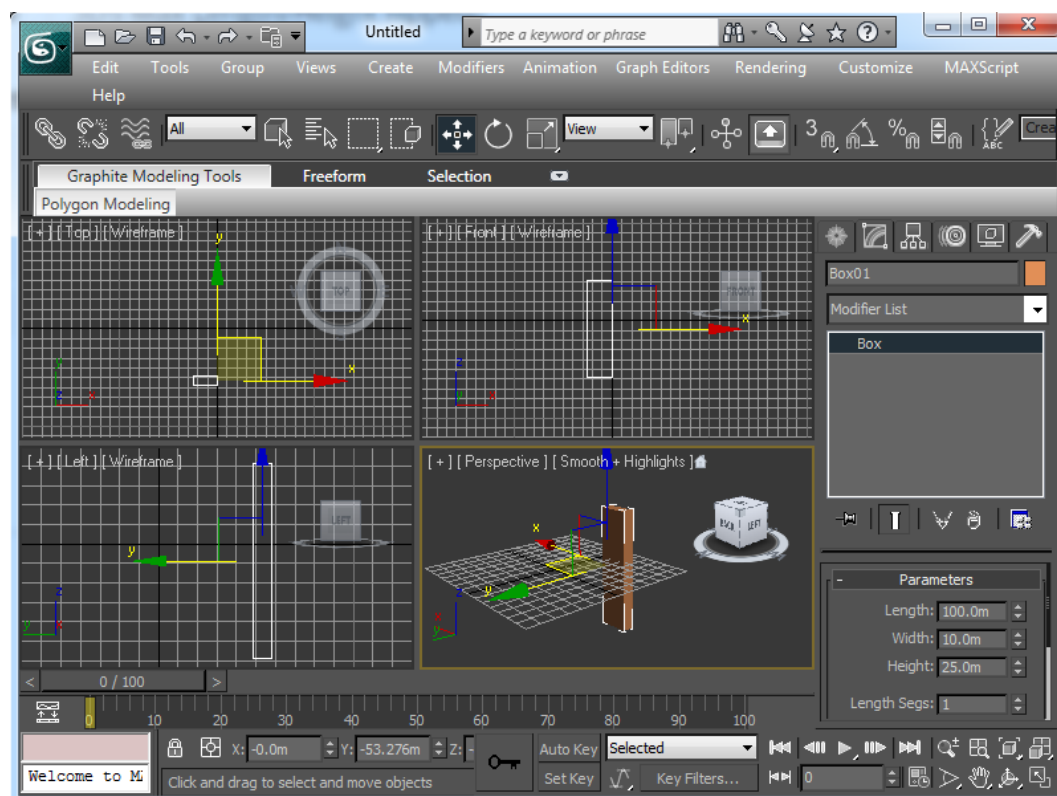
### 3 HAHMOMALLINUKSESSA KÄYTETTÄVÄT OHJELMAT

Hahmojen mallintamiseen käytetään erittäin monikäyttöisiä ohjelmia, joilla voidaan toteuttaa tarvittavat muodot kolmiulotteisesti. Lisäksi osalla ohjelmilla on mahdollista myös animoida hahmoja, sekä luoda animaatiota tai lyhyitä kohtauksia. Koska 3D-ohjelmat vaativat suuren kapasiteetin ja niiden käsittely perustuu moniulotteisten mallien luontiin, on niiden kehittäminen erittäin kallista ja vaativaa. Tästä johtuen käytettävien ohjelmien kustannukset ovat suuria.

Kuitenkin suurten ohjelmistotalojen tuottamien mallinnusohjelmien lisäksi on markkinoilla myös ilmaisia avoimeen lähdekoodiin perustuvia mallinnusohjelmia, joissa on taustalla omat yhteisönsä sekä lahjoituspiirinsä. Seuraavaksi käydään läpi yleisimpiä käytössä olevia 3D-mallinnus ohjelmia, jotka ovat mallintajilla käytössä, niin maksullisia kuin ilmaisiakin toisistaan poikkeavia käyttöliittymiä.

#### 3.1 Autodeskin 3ds Max

3ds Max on Autodesk ohjelmistotalon ammattilaiskäyttöön suunniteltu mallinnusohjelma, jolla voi luoda 3D-malleja valmiita malleja muokkaamalla tai ilman. Ohjelmaa voidaan käyttää niin pelkkään mallintamiseen kuin myös animaatioiden tekoon. Ohjelma tarjoaa myös hyviä renderöintiratkaisuja malleille. Max on erittäin suosittu pelialan firmoissa, mutta sillä voi luoda myös elokuva tai grafiikka-alan mallinnuksia. Se on yksi laajimmista käytössä olevista 3D-animaatio ohjelmista. Lisäksi Autodeskin muut ohjelmat tukevat hyvin toisiaan, joten niiden käyttö on myös tästä johtuen suosittua. Autodeskin käyttöliittymä on myös käytännöllinen mallintamiseen, sillä siinä on neljän ikkunan mallinnusnäkyvä, jolloin mallintaessa hahmoa voi seurata moniulotteisesti (kuva 13).



KUVA 13. Autodeskin Käyttöliittymä (Autdesk 2016)

Autodesk 3ds Max toimii Windowsin käyttöjärjestelmissä; muissa käyttöjärjestelmissä ei ole kyseiseen ohjelmaan tukea. Ohjelman vahvuudet ovat sen liitännäisarkkitehtuurissa, jonka avulla siihen voi sisällyttää monia eri toimintatapoja, kuten esimerkiksi kasvien photorealistiseen luontiin tarkoitettu Autograss-liitännäinen. Ohjelma soveltuu pelkän mallintamisen lisäksi myös animointiin sillä se sisältää myös paljon animaation luontiin tarkoitettuja työkaluja sekä toimintoja. Kuitenkin sen suurista liitännäismahdollisuuksista saadaan paljon hyötykäyttöä myös hahmojen luonti puolella.

Esimerkiksi Ivy generator (kuva 14) mahdollistaa kasvipeitteen luomista objektin pintaan, jolloin esimerkiksi sellaiset hahmot, joiden pintaan halutaan kasvipeitettä, saadaan luotua nopeammin. Tämä on vain yksi esimerkki, miten 3ds Maxilla voidaan luoda joitakin yksityiskohtia vaivatta hahmojen 3D-malleille.



KUVA 14. Ivy generatorilla luotu 3D-hahmo (3D artist online 2013)

3ds Max sisältää myös joitakin valmiita pohjia, joista voi saada hyvän aloituksen joidenkin hahmojen mallintamiseen, kuten ihmishahmojen. 3ds Maxissa ei ole kuitenkaan veistomahdollisuutta, vaan muotojen muokkaaminen tapahtuu polygoneja siirtelemällä ja muotoja pyöristämällä. Jälki saadaan tehtyä lähes saman kaltaiseksi kuin veisto-ohjelmilla, mutta se on huomattavasti työläämpää. Tästä johtuen radikaaleja muotoja omaavia hahmoja aloitetaan usein muussa ohjelmassa ja tuodaan viimeisteltäväksi ja rendattavaksi 3ds maxissa.

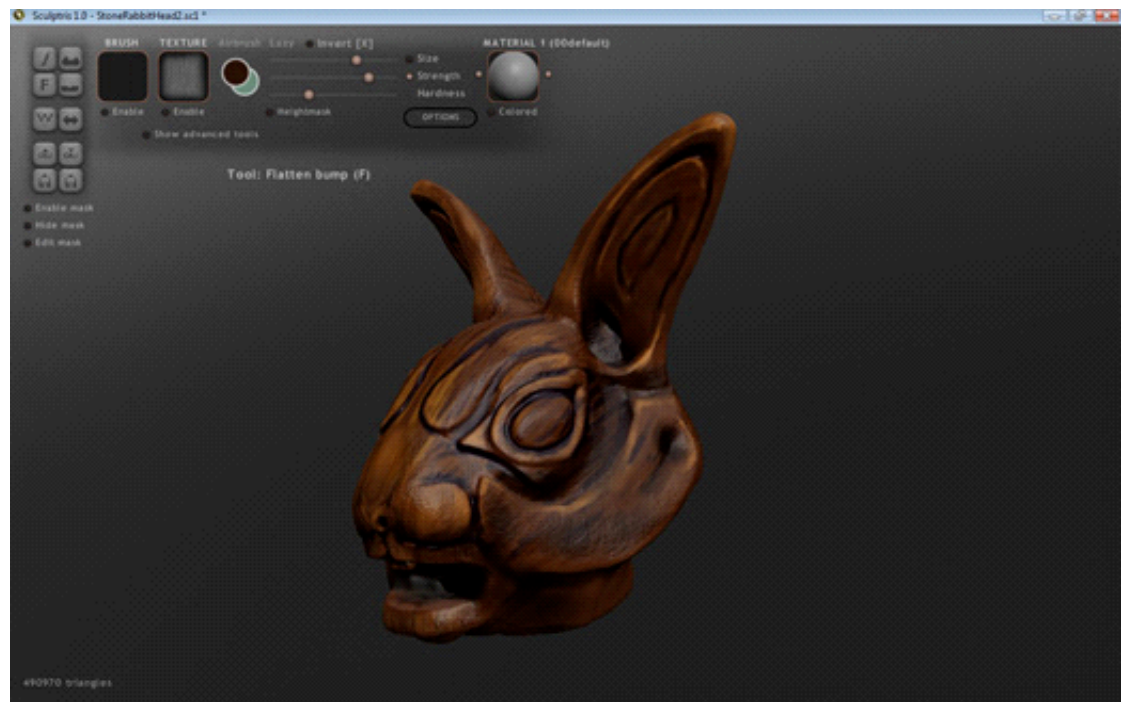
Ohjelman yhteensopivuus muiden Autodeskin tuottamien ohjelmien kanssa mahdollistaa käyttämään ohjelman vahvuuksia sen omilla osaluilla ja viimeistelemään ne muilla ohjelmilla, jotka eivät 3ds maxissa onnistuisi niin sujuvasti. Ohjelmien vaihtamisessa ei myöskään tarvitse



suorittaa minkäänlaista mallin rakenteen muutosta, esimerkiksi topologia on kaikissa ohjelmissa sama.

### 3.2 Sculptris

Sculptris on ruotsalaisen Pixologic yhtiön kehittämä ilmainen 3D-veisto-ohjelma, jolla mallinnustekniikka perustuu pelkästään veistämiseen. Ohjelman vahvuuksia ovat sen helppokäyttöinen käyttöliittymä (kuva 15), jolla veistäminen, tai käytetympin sculptaus, onnistuu erittäin helposti ja yksinkertaisilla menetelmillä. Käyttöliittymässä malli on pyöriteltävissä kätevästi, jolloin halutun kohdan veistäminen on helppoa. Ohjelma on lisäksi kevyt eikä vaadi paljoa suorituskykyä. Ohjelma on ilmainen kaikkeen käyttöön, ja siksi on erittäin suosittu (pixologic.com 2016).



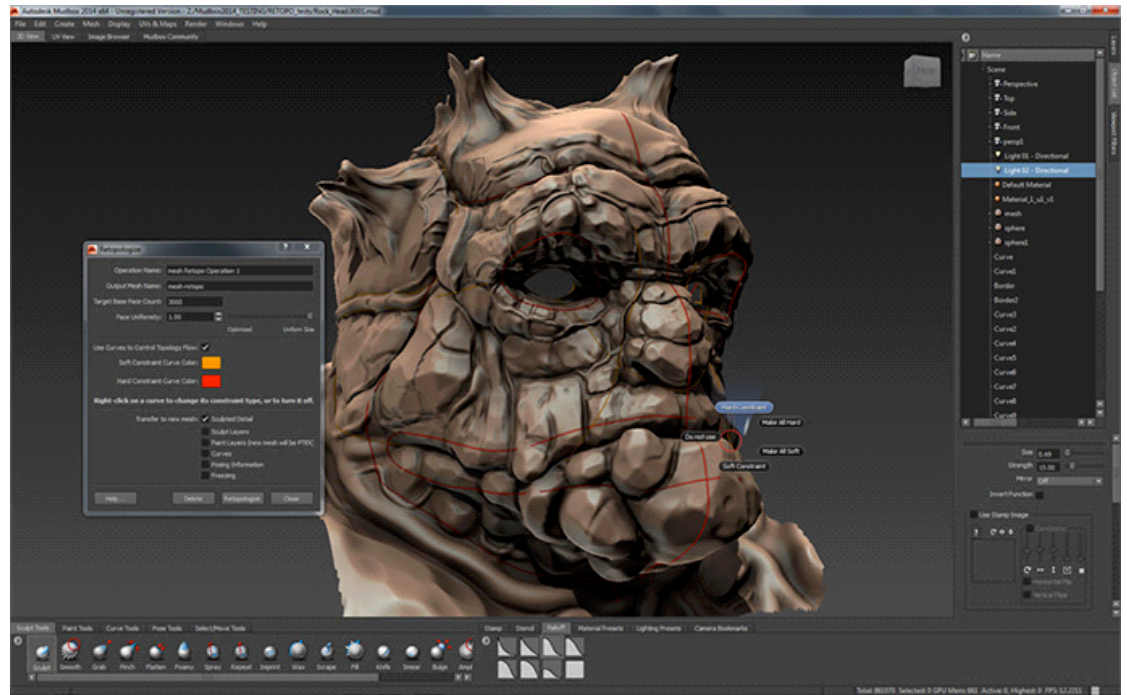
KUVA 15. – Sculptris käyttöliittymä (Wolfire 2014)

Ohjelman polygoni topologia perustuu kolmioihin, ja kun sculptriksessa veistetään malleja, tulee niiden polygoneista kolmion muotoisia. Tämä mahdollistaa jossain määrin tarkemman ja monimuotoisemman mallinnusmahdollisuuden yksityiskohtien pohjalta, mutta ongelmat ilmenevät usein mallia siirtäessä toiseen ohjelmaan, jolloin mallin topologian muuttamiseen on tehtävä topologian uudelleen rakentaminen ([blender.org 2015](https://blender.org)).

Sculptris ei tarjoa renderöinti mahdollisuutta, joten mallien renderöinti ja materiaalien luonti on tehtävä muissa ohjelmissa. Ohjelma on kuitenkin pääominaisuudessaan erittäin potentiaalinen veisto-ohjelma, josta johtuen sen käyttö on melko suosittua.

### 3.3 Mudbox

Autodeskin Mudbox mallinnusohjelma perustuu sculptris ohjelman tavoin mallin veistämiseen. Ohjelma sisältää hyvin samankaltaisen käyttöliittymän kuin Pixologicin tarjoama ohjelma, mutta siinä on enemmän ominaisuuksia (kuva 16). Mudboxissa voi mallintaa joko tietyn muotoisista esineistä, kuten laatikko ja pallo, tai jo valmiista 3D-malleista. Ohjelman valmiita veistämispohjia löytyy ihmisruummille, kulkuneuvoille ja joillekin eläimille. Mudbox tarjoaa hyvin laajat veistämismahdollisuudet, sillä voidaan tehdä erittäin tarkkoja yksityiskohtia erinlaisilla työkaluilla, kuten brusheilla, joilla voidaan maalata pintoihin haluttuja kohoumia ripeästi. Mudboxissa voidaan tehdä mallille myös materiaali ja shader – pinnat, jotka määrittävät mallinnuksen valokäyttäytymisen pinnoilla.



#### KUVA 16. Mudboxin käyttöliittymä (Autodesk 2016)

Sculptriksesta poiketen, Mudbox tekee mallien polygonit nelionmuotoisiksi kolmionmuotoisten polygonien sijaan, joka mahdollistaa mallien helpon jatkokäytön muissa autodeskin tuotteissa. Mudboxissa on myös mahdollista tehdä malleille topologian uudelleen laskentaa siltä varalta, että siihen tuotu malli käyttää erityyppistä topologiaa. Ohjelma siis kykenee tulkitsemaan myös muita topologioita ilman että mallin muoto hajoaisi. Mudboxissa ei itsessään pysty renderöimään veistettyjä malleja, vaan ne on siirrettävä johonkin muuhun ohjelmaan renderöintiä varten. Mudbox on mainio ohjelma veistämiseen monipuolisuutensa puolesta. Ohjelmassa on mahdollista myös värittää mallia ja tarkastella miltä sen pinta näyttää valaistuksessa, kuten varjostuksen tarkkailuun.

Ohjelmassa tehdyn mallin pintamateriaali on myös mahdollista tallentaa omaksi diffuusio mapiksi, joka määrittää miten mallin pinta reagoi valoon ja vaikuttaa varjojen muodostumiseen. Diffuusio mapit voidaan siirtää 3ds maxissa hahmolle ja tehdä vielä tässä vaiheessa tarvittavia tai haluttuja korjauksia mappiin. Koska ohjelma sisältää paljon toimintoja, ja malli tulostuu ruudulle erittäin tarkalla tarkkuudella, vaatii ohjelma erittäin suurta

laskenta tehoa. Ohjelma ei siis pyöri kevyillä tietokoneen osilla vaan sen mielekkään käytön takaamiseksi pitäisi tietokoneesta löytyä vahvaa suorituskykyä. Ohjelmasta tekevät raskaan erityisesti maalipinnan ja valotuksen reaaliaikainen renderöinti. (digitalarts.co.uk 2016)

### 3.4 Hahmogeneraattorit

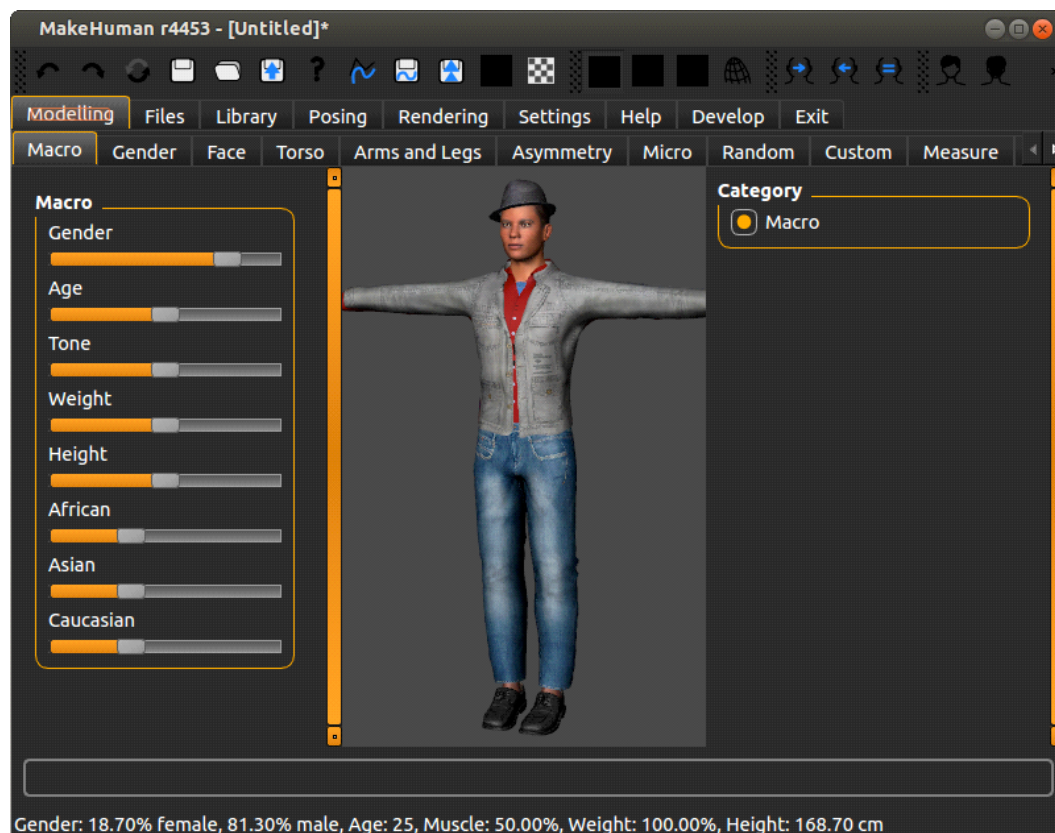
Hahmogeneraattoreilla tarkoitetaan ohjelmia, joissa on valmiit generointipohjat. Ohjelmissa on valmiit kirjastot hahmojen ulkomuodoille, joiden avulla hahmon mallinnusvaihe voidaan toteuttaa erittäin nopeasti, koska generaattoreilla ei tarvitse käyttää valmiiden 3d mallien ansiosta aikaa perus hahmon mallintamiseen.

Ohjelmissa voi myös toteuttaa hahmolle jo valmiita ulkoasukohtaisia piirteitä, kuten vaatetusta ja muovata kasvopiirteitä. Esimerkiksi ihmismallien teossa generointiohjelmat ovat erittäin käytännöllisiä, kun ohjelmat sisältävät jo valmiita ihmishahmoja jotka voi työstää nopeasti näyttämään mahdollisimman paljon toivottua ihmismallia. Tällainen ohjelma on esimerkiksi Make-Human tiimin tuottama Make Human ohjelma.

#### 3.4.1 Make Human

Make Human on ilmainen avoimeen lähdekoodiin perustuva mallinnusohjelma, jolla voi nimensä mukaisesti tehdä kätevästi ihmishahmoista 3D-malleja. Makehuman käyttöliittymä tarjoaa monipuolisen tavan luoda ihmismalli, jossa voi säädellä valmiisti määritettyjä muotoja (kuva 17). Ohjelmassa on jo valmiita ihmispohjia, joille voidaan asettaa vaikka halutut kasvot tai vaatetuksen, myös valmiita hiusasetelmia. Ohjelmaan voi lisäksi kerätä lisää sisältöä sen jo valmiisiin materiaali ja mallikirjastoihin. Ohjelmalla voi tehdä ihmismalleihin myös suoraan skeleton-rungon, joka nopeuttaa jatkokäsittelyä huomattavasti ottaen huomioon, että animointivaiheessa malli on jo valmiiksi liikuteltavissa. Hahmoille voi antaa myös kasvot, vaikka oikeasta

henkilöstä, vaikkakin matalalla polygonien määrällä. (makehuman.org 2016)



KUVA 17. Makehuman käyttöliittymä (Make human 2016)

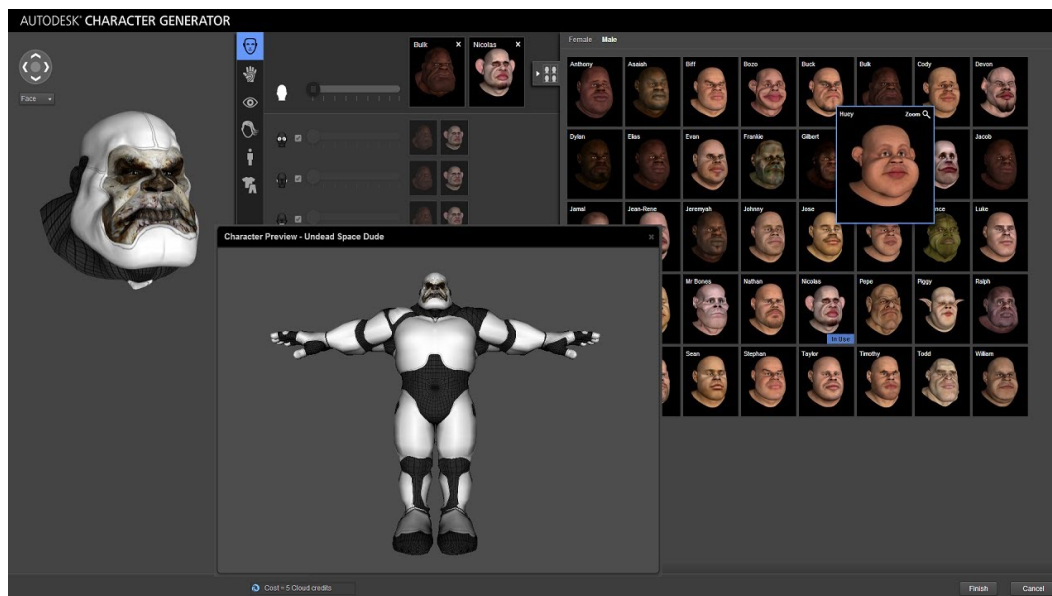
Ohjelman ihmismallit on tarkoitettu animaatioihin työkaluksi tai sitten nopeuttamaan ihmismallinnusta. Makehuman-ohjelman malleja voidaan käyttää esimerkiksi pohjana ihmismallinnukselle, joka viimeistellään loppuun. Autodeskin Mudbox ohjelmassa. Makehuman ohjelmassa olevat mallit omaavat samanlaisen polygoni rakenteen kuin Autodeskin tuotteissa, eli neliömäisen (makehuman.org 2016)

Vaikka Make Human tarjoaa käyttäjälleen helpon ja nopean tavan tehdä ihmismalleja, sillä ei kyetä tuottamaan tarkkoja 3D-malleja, jolloin tarkan mallin halutessaan malli on siirrettävä johonkin muuhun ohjelmaan jatkomallintamiseen. Hahmojen polygonimääriä voi myös säätää ohjelmassa rajatusti, ja mallit ovatkin matalaa polygonitasoa. Matala polygontaso antaa kuitenkin pelikäyttöön tehdyille malleille suoran edun, koska peleissä usein suositetaan matalapolygonisia 3D-malleja, jotta se ei

vaatisi liikaa suorituskykyä. Make Human ohjelman malleja hyödynnetään myös esimerkiksi malleissa tai kohtauksissa, joissa tarvitaan paljon useita malleja, nämä voi toteuttaa ohjelmalla nopeasti ilman että jokaista mallia tarvitsisi mallintaa yksi kerrallaan.

### 3.4.2 Autodeskin hahmogeneraattori

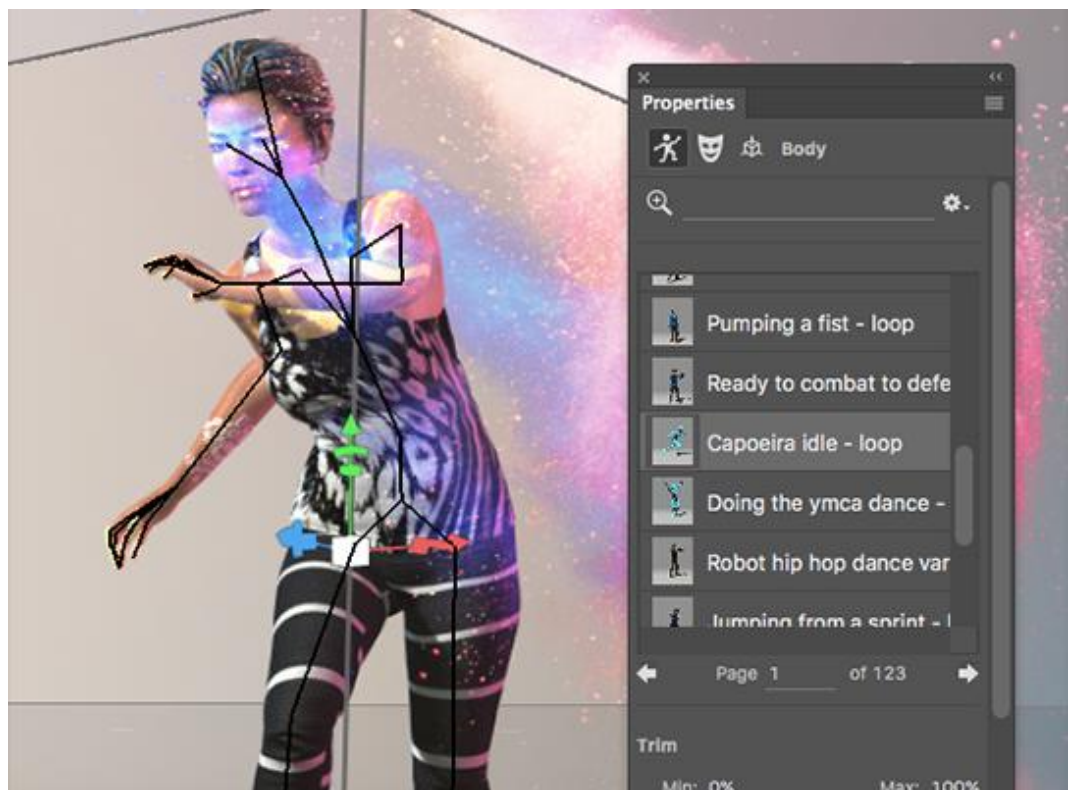
Autodeskillä on tuotettuna oma hahmojen generointiohjelma, joka on Make Human ohjelman tavoin tehty nimenomaan hahmojen luontiin valmiista ohjelmaan tehdyistä kirjastoista (kuva 18). Autodeskin ohjelman etuna verrattaessa Make humaniin on sen tuoma yhteensopivuus muihin Autodeskin ohjelmiin, joka on suureksi eduksi, kun mallinnusta tehdään esimerkiksi Autodeskin tuotteilla. 3D-malli ei tarvitse erillistä topologian muuttamista, kun sen yhteensopivuus on jo taattu. Hahmot ovat ohjelmassa valmiiksi luustomallin sisältäviä ja se sisältää yli 100 vartalotyyppiä, hiusmallia sekä fyysisiä asetelmia hahmoille. (autodesk.com 2016)



KUVA 18. Autodeskin hahmogeneraattorin käyttöliittymä (Autodesk 2016)

### 3.4.3 Adobe Fuse

Myös Adobella on oma hahmojen generointi ohjelma, jolla voi luoda 3D-hahmoja ihmismuodossa. Adoben Fuse on osa Adoben Creative Cloud palvelua, josta saa kuukausimaksua vastaan Adoben tuottamat luovan työn työkalut käyttöönsä. Adoben ohjelmat on pääpainoisesti tehty ulkoasujen, kuvien tai videoiden leikkauksien tekemiseen, minkä takia myös Fusen painopiste on enemmänkin hahmojen luonnista kuvituksiin tai yksinkertaisiin asetelmiin. Fusen käyttöliittymä on edellisiin verrattaessa erittäin helppokäyttöinen ja se on helpompi sisäistää (kuva 19), mutta hahmot joita ohjelmalla voi tuottaa eivät niinkään sovellu 3D-animaatioihin, minkä johdosta ohjelma ei ole niin suosittu. Ohjelma ei ole myöskään muihin verrattuna yhtä monipuolinen koska sen mallikirjasto on muita pienempi. (Adobe.com 2017)



KUVA 19. Adobe Fusen käyttöliittymä (Adobe 2017)

### 3.5 Blender

Blender on ilmainen avoimeen lähdekoodiin perustuva 3D-mallinnus ohjelma, jolla voi toteuttaa monimuotoista mallinnusta ja animaatiota. Ohjelmalla takana on hollantilainen kehittäjätiimi, joka haluaa tarjota ilmaisen 3D-mallinnus-ohjelman 3D-taiteilijoille ja verkostoille. Ohjelmalla voi tehdä kaupallista tuotosta ilmaiseksi.

Ollessaan hyvin samankaltainen käyttömahdollisuuksiltaan kuin Autodeskin 3Ds max, on Blender hyvin varteenotettava mallinnusohjelma, jolla saa lähes yhtä näyttävää jälkeä kuin Autodeskin tuotteesta. Ohjelman topologia perustuu Autodeskin tuotteiden lailla myös neliönmuotoisiin polygoneihin, joka edesauttaa ohjelmassa tehtyjen mallinnusten liitettävyyksiä entisestään. Blenderin käyttöliittymä on kuitenkin poikkeava (Kuva 20), Autodeskin tuotteeseen verrattuna ohjelmassa on modulaarisempi käyttöliittymä, ja lisäikkunoiden sijaan Blenderissä käyttöliittymä sisältää enemmän välilehtiä. Kuitenkin ohjelman takana oleva mallinnusyhteisö tarjoaa paljon opetusvideoita ohjelman käytöstä, joilla saa mainion avun ohjelman aloittamiseen.





KUVA 20. Blenderin käyttöliittymä (Static World 2013)

3ds maxin tavoin myös Blenderiin voidaan asentaa omia liitännäisiä, tosin ne ovat Autodeskin tuotteiden liitännäisiä niukempia, ja käsittelevät yksinkertaisempia asioita, kuten kameran asettelua tai kuvien ja tasojen helppoa liittämistä malleihin.(blender.org 2016)

Vaikka Blender on ilmainen, se ei kuitenkaan ole yhtä suosittu kuin autodeskien ohjelmat suurissa mallinnus studioissa, johtuen sen vielä niukasta materiaali kirjastosta, mikä on kuitenkin laaja ilmaiseen ohjelmaan. Suurin ero on varmasti 3ds Maxin liitännäisten tarjoama nopea autenttisen jäljen aikaansaanti, joka Blenderillä on työläämpää ja vaatii useamman työkalun käyttöä.

Blender on kuitenkin lisenssinsä ansiosta erittäin suosittu yksityisessä käytössä, ja pienet studiot suosivat sitä. Ohjelmalla voidaan kyllä toteuttaa Autodeskin tuotteiden kaltaista hyvin näyttävää jälkeä (kuva 21), mutta on työläämpää mallintamista. (Blender.org 2016.)



KUVA 21. Blenderillä toteutettu hahmomalli (Digitaltutors 2015)

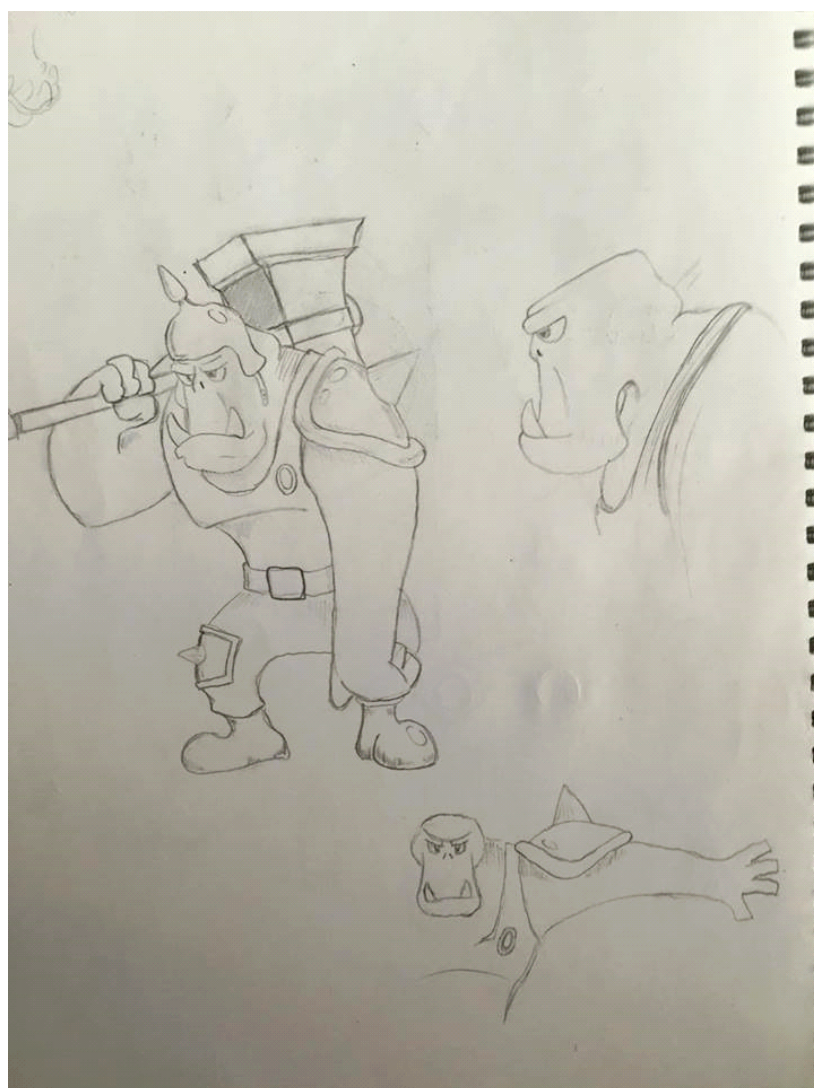
#### 4 CASE: KUVITTEELLISEN HAHMON MALLINNUS

Case harjoituksessa mallinsin kuvitteellisen itse suunnittelemani hahmon, jota olisi tarkoitus käyttää esimerkiksi pelikäytössä. Hahmon ulkomuoto kuvasti fantasiamaailmaan perustuvaa maskuliinista peikkoa, jolla olisi lisärevisiittana suuri vasara sekä yksinkertaiset haarniskat ja päällään hihattoman paidan kaltainen vaate. Hahmolla olisi myös selvästi ulkonevat syöksyhampaat ja selkeästi pyöreähkö ruumiinrakenne kulmikkailla personoiduilla kohdilla.

Hahmoon halusin luoda muutoin yksinkertaiset, melko piirroshahmomaiset tai lapsekkaat piirteet, mutta se sisältäisi realismin tuntuksia yksityiskohtia, kuten suomuja ja aidosti kiiltävää haarniskaa. Myös vaatekappale olisi tarkoitus toteuttaa materiaalilla, jotta se näyttäisi oikeasti vaatekappaleelta. Osaksi hahmon yksinkertaisiin linjoihin ja piirteisiin vaikutti myös se, että mietin hahmon teknistä toteuttamista, miten sen voisi toteuttaa helposti, mutta se kuitenkin olisi näyttävä ja sopisi tarkoitettuun konseptiin. Samalla myös mietin hahmon toteuttamiskaavaa ja mitä ongelmakohtia se pitäisi sisällään.

Konseptipiirroksessa piirsin hahmon suunnitelman ensin yleiskuvana, jossa sen olemus ja ruumiinrakenne tulevat esille, sekä miten hahmo olisi konseptin mukainen (kuva 22). Tämän lisäksi suunnittelin hahmon ulkomuodon sivu perspektiivistä, sillä se auttoi hahmon mallintamisessa moniulotteisessa avaruudessa. Koska hahmon linjat tulisivat olemaan melko virtaviivaiset ja pyöreähköt, päätin aloittaa toteutuksen veistämällä, koska näin hahmon muodot saatiin helposti luotua alulle. Pinnan yksityiskohdat kuten rypyt tai painaumat pystytään toteuttamaan myös veistämismetodeilla parhaiten. Muut yksityiskohdat kuten hahmon syöksyhampaat, vaatetus ja haarniskat toteuttaisin perinteisillä mallinnus menetelmillä, tässä tapauksessa 3ds Maxilla. Lisäksi harkinnassa oli kypärän asettaminen hahmon päähän.

Veistämisessä päätin aloittaa työstämisen sculptris ohjelmalla. Tämä siksi, että ohjelma on paljon kevyempi käyttöliittymä kuin Autodeskin Mudbox. Toteutus olisi voitu myös tehdä pelkästään käyttäen Mudboxia ja 3ds Maxia, mutta koin sculptriksessa aloittamisen sujuvampana ja näppärämpänä aloitustapana. Toteuttamisessa oli huomioitavaa retopon tekeminen hahmolle, koska Sculptris käyttää Autodeskin tuotteista poikkeavaa topologiaa. Pelikäyttöön tehtäessä, oli suunnitteilla toteuttaa hahmolle sisäinen skeleton-runko, jotta sen liikuteltavuus olisi mahdollista.



KUVA 22. Konseptipiirros hahmosta josta 3d mallinnus toteutetaan

Sculpatriksessa veistäminen aloitetaan pallon muotoisesta objektista, mistä luodaan hahmon muotoja. Objektia pystyy myös kaivertamaan, jotta yksityiskohtia voidaan toteuttaa erittäin tarkasti. Säädettyjen voimakkuuksien ja vaikutusalueiden muuttaminen työkaluissa auttaa saamaan tavoiteltua muotoa objektiin, esimerkiksi kädet ja jalat sain helposti alkuun toteuttamalla objektiin paksut ulkonevat kohdat sivuilla ja alas. Näistä aloitettiin muovaamaan käden muotoja, joihin taas pursutettiin vuorostaan sormet. Tekemääni piirrosta käytin mallina veistovaiheessa.

Kun raajat olivat pallosta saatu eroteltua, aloitin käsittelemään itse torsoa, jossa käytin aikaa suurimpien hahmopiirteiden parissa, kuten hartiat. Saatuaani päänaalueen muovattua ulottumaan hahmosta, toteutin kasvojen piirteet ja silmäkuopat. Myös suuret yksityiskohdat kuten näkyvä rintakehän rajaus toteutettiin myös sculpatriksen veistovaiheessa, ja myös jalkaan kuvitellut saappaat pyrin luomaan sculpatriksessa tuomalla esiin niiden rajat ja ääriviivat. Kun toteutin saappaat ikään kuin hahmoon kiinteänä osana, ei näitä tarvinnut mallintaa erikseen 3ds Maxissa.

Saappaat oli mahdollista toteuttaa tällä tavalla, koska ne olivat suunniteltu alusta alkaenkin hahmon pintaan kiinteäksi. Saappaista pystyttiin tällä tavalla luomaan illuusio, että ne olisivat irralliset (kuva 23). Näin ollen saappaiden jatkotyöstämiseksi jäi ainoastaan värittäminen. Haarniskat ja syöksyhampaat päätin toteuttaa erillisinä malleinaan 3ds Maxissa, koska mikäli nämä olisi mallinnettu hahmoon kiinteänä, eivät ne olisi näyttäneet uskottavilta. Lisäksi, mikäli hahmoa tultaisiin liikuttamaan, niin haarniskaosat venyisivät epäluonnollisesti ihon myötäisesti liikkeessä joka pilaisi hahmon immersiiivisyyden.



KUVA 23. rajaukset saappaissa sculptriksessa

Kun hahmo näytti muodoiltaan piirrosta vastaavaa mallia, tein vain pintojen tasaukset ja varmistin ettei hahmossa ole näkyvämpiä virheitä (kuva 24), kuten veistovaiheessa tapahtuneita pinnan hajoamisia. Nämä johtuvat usein, kun jotain kohtaa pursutetaan ja ohennetaan liian tiuhasti. Kun virheitä ei ilmennyt ja malli vastasi ulkoapäin suunniteltua pohjaa ilman haarniskoja tai muita osia, oli Sculptriksessa tehtävä osuus valmis. Seuraavaksi oli siirrettävä malli Mudboxiin, joka tapahtuu tallentamalla tiedosto obj-formaattiin Sculptriksessa, jotta malli oli Mudboxissa avattavissa.

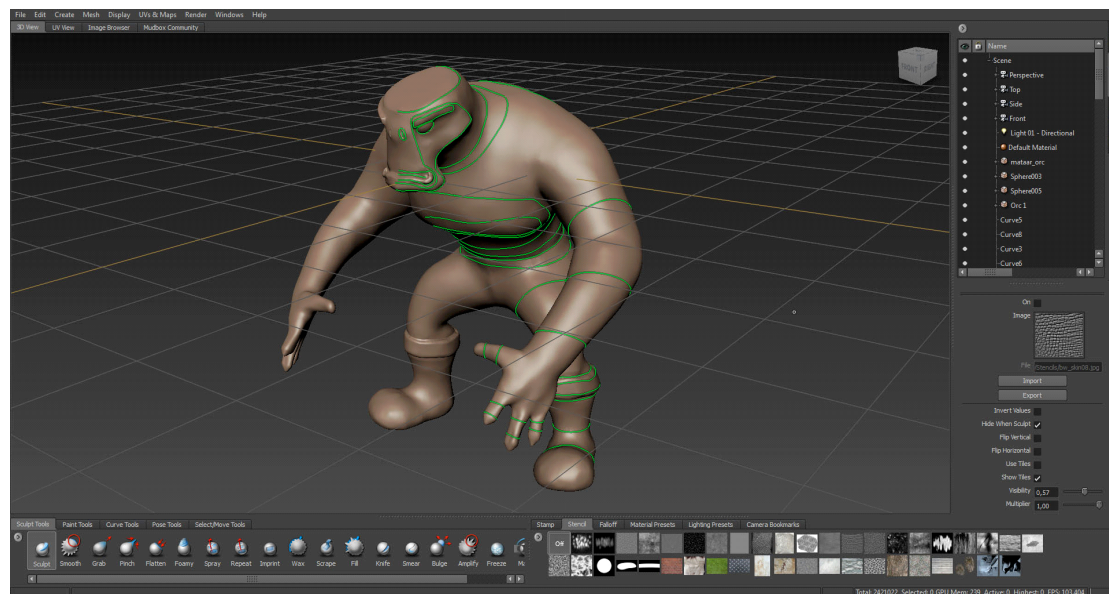


KUVA 24. Sculptriksessa tehty malli

Sculptris ohjelma lukee polygonit kolmioina, kun taas 3ds Max lukee neliöinä. Tästä johtuen oli käytettävä välissä Mudboxia, jossa retopo-toiminnolla saatiin muunnettua mallin kolmiomaiset polygonit neliöiksi. Kun hahmo jouduttiin käyttämään Mudboxissa, suunnittelin toteuttavani myös hahmon värittämisen kyseisessä ohjelmassa, sillä tämä on helposti toteutettavissa siellä. Maalaamisen jälkeen pystyisin vain kopioimaan pinnat 3ds Maxiin Mudboxista.

Retopo toiminnolla tarkoitetaan siis tarkennettua topologian uudelleentekoa, jota käytetään juuri silloin, jos ohjelmien topologioissa ilmenee eroavaisuuksia. Muuttamalla topologia toisen ohjelman tukemaksi mallia voidaan edelleen muovata toisessa ohjelmassa ilman, että se sekoittaisi polygoneja koska ei osaa käsitellä niitä. Tämän takia hahmon topologiaa saatetaan joutua muuttamaan koska se ei ole tuettua toisessa ohjelmassa. Tässä tapauksessa, kun mallinnus oli toteutettu sculptriksessa, pystyin siirtämään mallin mudboxiin ja toteuttamaan topologian uudelleenlaskemisen Mudboxissa. Mudbox kykenee lukemaan Sculptrixin käyttämää kolmio topologiaa, mutta koska hahmo oli vielä siirrettävä 3ds Maxiin, oli tehtävä hahmolle topologian uudelleenlaskenta,

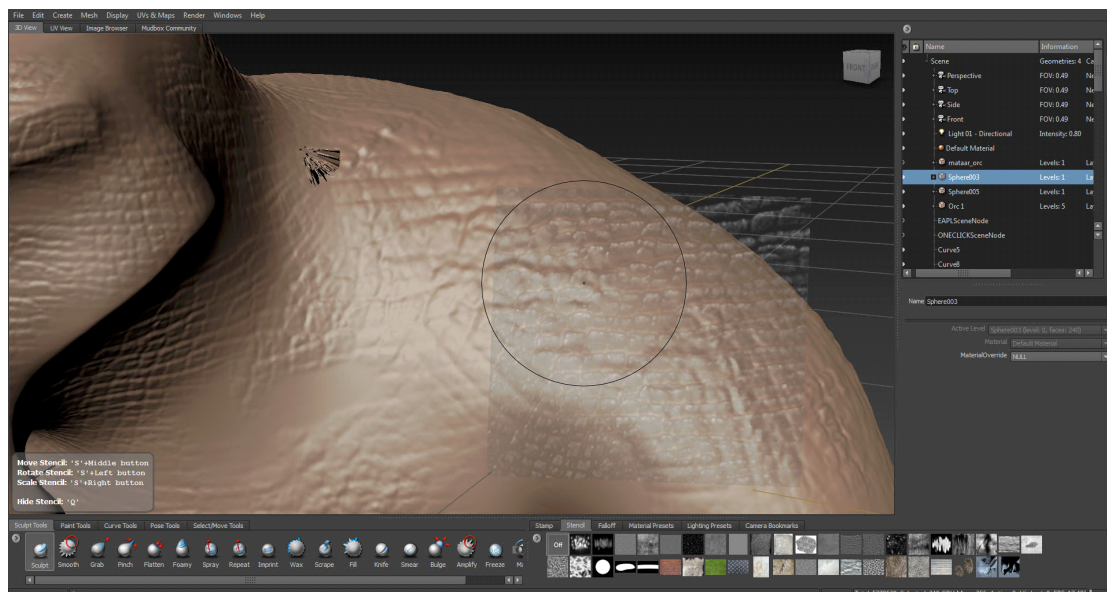
jotta pystyin käsittelemään hahmoa myös siellä ilman että topologia hajoaa (kuva 25).



#### KUVA 25. Retopossa tehdyt rajaukset Mudboxissa

Mallinnuksen tultua hyvään malliin Sculptriksen osalta, siirsin mallin Mudbox ohjelmaan. Mudbox takaa äärettömän tarkan yksityiskohtien luonnin pintoihin, jonka takia oli järkevää tehdä topologian uudelleen teko juuri Mudboxia käyttäen. Mudboxin avulla ihoon saatiin suunnitellut suomupinnat ja ruhjeet tarkaksi käyttäen ohjelman pinta-maalauksen työkalua, jolla toteutetaan kohoumia tai painaumia halutun suodatuksen läpi. Näin ruhjeet tulivat näyttäväksi ja tarkoiksi (kuva 26). Yksityiskohtien korostaminen saatiin näin näyttävämmäksi, kun pohjustus oli jo tehty sculptrixessä ja mudboxilla pystyttiin työstämään pelkästään tarkat pintakohdat. Mudboxissa veistäessä malliin pintaan tulevista pinnoista voi samalla tarkkailla varjostusta, joka syntyy ohjelman luomasta valotuksesta. Tämä auttaa hahmottamaan pintojen lopputulosta selkeämmin. Vaikka hahmo on kuvitteellinen ja tässä tapauksessa kaukana realismista, luovat pienet yksityiskohdat hahmon mallin paljon elävämmän näköiseksi ja lähemmäs realismia.





## KUVA 26. hahmolle tehdyt yksityiskohdat ihoon

Mudboxin veistämisvaiheessa toi oman haasteensa Mudboxin raskas käyttöliittymä, joka saattoi pitkällä työskentely jaksolla kaatua, mikäli 3D mallille tehtiin suuria muutoksia kerralla ennen tallentamista. Tämän takia yksityiskohtien luonnin toteutin pienillä vaiheilla, kuten käden suomuja en mallintanut suoraan koko käteen. Veistämisvaiheessa mudboxissa jouduin välillä tekemään suuriakin alueita uudelleen, koska ohjelma kaatui kesken käytön ja välitallennusta ei ollut tehty.

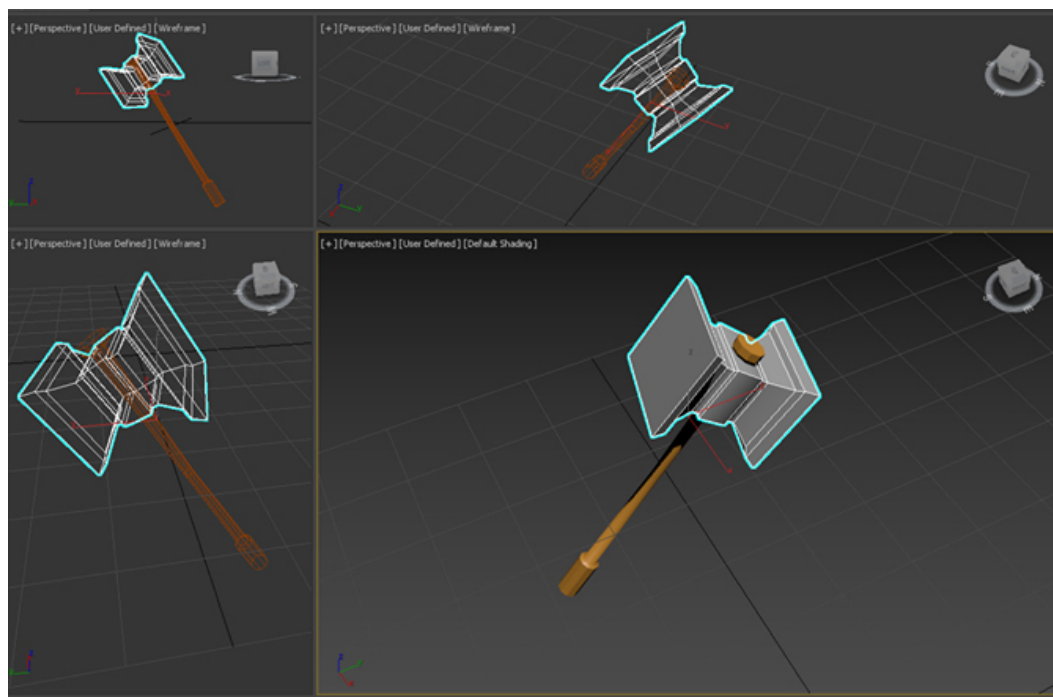
Kun mallinnettavaan hahmoon on saatu yksityiskohdat, ja pinnat muovattua kuntoon, toteutettiin seuraavaksi mallin siirtäminen 3ds Maxiin, jossa tein lopulliset mallinukset, kuten hahmolle suunnitellut asusteet ja ruumiinosat, tässä tapauksessa esimerkiksi syöksyhampaat. Maxissa toteutettiin myös hahmon renderöinti, koska tätä ei Mudboxissa voida toteuttaa. Kuitenkin ennen siirron suorittamista 3ds Maxiin, maalasin hahmon pinnat haluamaksi Mudboxissa, jossa tämä onnistui suoraan maalamalla hahmon pintaan. Tällä tavalla saatiin myös nähtyä värien reagointi varjojen kanssa Mudboxin valoeffektin ansiosta. Mikäli maalaamisen haluaisi toteuttaa 3ds Maxissa, tämä jouduttaisiin toteuttamaan hahmon pinnan mappausella erilliseksi tiedostoksi ja käsitellä mappausa esimerkiksi Photoshopissa.

Maalattuani hahmon Mudboxissa tallensin hahmosta tekstuuripinnat, varjopinnat ja diffuusipinnat; jotta pystyin tuomaan hahmon värit, pinnat ja varjostukset näkymään samalla tavalla 3ds Maxiin hahmon materiaaliin kuin miltä ne näyttivät Mudboxissa. Autodeskin ohjelmien yhteensopivuuden ansiosta materiaalien käsittely Mudboxissa maalaamisen jälkeen onnistuu kätevästi, esimerkiksi pintojen reagointi valoon. 3ds Maxissa pystyin kätevästi mallintamaan hahmolle suunnittelemani haarniskan osat, vaatetuksen ja muun rekvisiitan. 3ds Max on ohjelma objektien mallintamista varten, ja on myös mainio materiaalipintojen luontiin sekä renderöintiin. Näin pystyin lopuksi korjaamaan vielä materiaalien näyttävyyttä ja reagointia valon kanssa, sekä lisäsin valaistusta, että hahmon pinnan yksityiskohdat näkyisivät oikein. Renderöinnin suoritin myös Maxissa.

Haarniskat toteutin hahmolle aloittamalla pelkästä levystä, johon lisäsin reunoihin paksunnusta pursutus-toiminnolla. Näin levyt saivat mielekkään paksunnuksen reunoille ja tulisivat materiaalin kanssa näyttämään metallimaiselta. Pienellä taivutuksella ja kaartamalla levyä sain levyistä hahmon hartiaa myötäilevän ja se näytti enemmän hahmolle teetetyltä haarniskalta. Lisämausteena levyille lisäsin kohina-toiminnolla pintaan vaihtelevuutta, jotta se näyttäisi kuluneelta metallilta.

Mallille suunnitellun liivimäisen asusteen päätin toteuttaa 3ds Maxin omalla kangas-toiminnolla, jolla pystyy luomaan mahdollisimman autenttista kangasmallia halutulle alueelle. Toteutuksen aloitin maalaamalla valintatyökalulla hahmon vartalosta alueen, jolle halusin luoda kangasmallin joka vastaisi vaatetta. Valitusta alueesta tehtiin kopio, jolle tehtiin korjaukset linjoissa, jotta se vastaisi hihattoman paidan kaltaista vaatetta. Seuraavaksi alueesta teitin kopion tasona, jonka sain skaalaamalla irtautumaan hahmosta, jotta se tulee irralliseksi osaksi, eikä ole kiinni hahmon pinnassa. Tämän jälkeen kopioidulle alueelle lisäsin kangas-efektin, jotta asu käyttäytyisi kuin kangas. Näin paita istui hahmon päällä luontevasti.

Vasaran mallintaminen tapahtui yksinkertaisesti neliönmuotoista objektaa muuntamalla käyttäen pursutus-työkalua. Näin sain muovattua muotoa eri suuntiin ja venytettyä sen päitä jolloin se sai suuren sotavasaran muodon. Keskellä olevan puun tein kehä-objektilla ja käyttäen myös pursutus-työkalua sen päissä paksuntaakseni sitä. Lopuksi liitin osat toisiinsa, kun olin asetellut objektit siten, että puuosa on keskellä (kuva 27).



KUVA 27. Vasaran mallinnus

Kun malli oli kutakuinkin valmis ja materiaalit oli asetettu hahmolle, oli aika toteuttaa sen renderöinti. Renderöintiä varten mallinsin hahmon taustalle valkoisen studiomaisen pyöreäkulmaisen tausta, jotta hahmon pinnat ja yksityiskohdat erottuvat paremmin testi kuvia tulostaessa. Valo joka 3ds Maxissa lisätään malliin, käyttäytyy lähes kuin oikea valo ja se heijastuu valkoisesta pinnasta. Valon asetin mallin oikealle ja vasemmalle puolelle tähdättyinä hahmon jalkoihin. Tämä siksi että valo heijastuu myös alhaalta ylös ja sivuille asettaminen ei valottaisi liikaa hahmoa, vaan siihen muodostuu samalla varjot. Varjoilla voidaan tarkastaa, että pinnan yksityiskohdat kuten rypyt toimivat varjossa oikein.

Lopputuloksena oli lähes kuvaa täsmäävä 3D-hahmo, jonka teettämiseen käytin kolmea eri ohjelmaa, jotta lopputulos olisi mahdollisimman näyttävä ja tavoiteltu. Lopputuloksesta poiketen, hahmon vasara sijoittui hahmon selkään, koska skeletal-mallin toteuttamishaasteiden vuoksi, hahmon kämmenet jäivät auki (kuva 28). Lisäksi alkuperäisessä suunnitelmassa oleva kypärä jäi pois lopullisesta mallista, koska lopputulos ei ollut sen kanssa yhtä toivotun näköinen. Hartialle tarkoitetun haarniskan sijoitin molemmilla puolilla ja ne kasvoivat hieman kokoa. Näin ne saatiin hahmolle näyttävämmäksi ja hahmosta saatiin uskottavampi



KUVA 28. Valmis renderöinti mallista

## 5 YHTEENVETO

Kokonaisuudessaan hahmon mallintaminen 3Dksi on melko monivaiheinen prosessi, joka pitää sisällään niin teknistä suunnittelua, kuin myös visuaalista vaistoa. Mallin varsinainen tekninen toteutus voidaan tehdä usealla eri menetelmällä tai ohjelmalla, joista myös opinnäytetyössä tuli käytyä läpi yleisimmät keinot ja hyödynnettiin myös monipuolisesti erilaisia toteutusmenetelmiä lopullisen case-harjoitteen tuottamisessa.

Vaikka mallinnuksessa on monta tapaa toteuttaa lopullinen malli, tapahtuu mallintaminen samaa työkulun kaavaa noudattaen, jossa on alussa suunnittelu, tekninen toteutus ja lopullinen renderöinti. Hahmojen mallintaminen menee muutoin muun mallintamisen kanssa samaa kaavaa lopputuloksen saralta, että jäljen on oltava mahdollisimman yhdennäköinen. Kuitenkin hahmonmallintamisessa on mukana hahmon luonteva olemus ja sille mallintamisvaiheessa mahdollisesti tehtävä skeleton-runko.

Opinnäytetyön tekemisen saralta löysin hyvin materiaalia aiheeseen, niin oman opiskeluni ohesta kuin myös kelvollisista lähteistä. Nykypäivänä 3D-mallintamisen runsas kasvu on tuonut mallintamisen merkittäväksi osaksi nykypäivän viihde ja mainosteollisuutta, jossa 3D-mallintamista käytetään niin hahmojen kuin tiettyjen objektien mallintamiseen.

## LÄHTEET

Adobe. 2017. Fuse [viitattu 10.3.2017]. Adobe.com. Saatavissa:

<http://www.adobe.com/fi/products/fuse.html>

Amanda Seah 2012. Evilbot concept [viitattu: 7.8.2015]. Saatavilla:

<https://klumeartpage.wordpress.com/>

Autodesk. 2016. Mudbox [viitattu 2.3.2016]. Autodesk inc. Saatavissa:

<https://www.autodesk.com/products/mudbox/overview>

Autodesk. 2016. Character generator [viitattu 10.3.2017]. Autodesk inc.

Saatavissa: <http://charactergenerator.autodesk.com/>

Baumann R, 2012 – Low poly estetiikka. Leppävaara: Metropolia.

Blender 2015. Remaking the topology [viitattu 11.11.2015]. Blender wikia. Saatavissa:

<https://wiki.blender.org/index.php/Doc:2.4/Manual/Modeling/Meshes/Editing/Retopo>

Blender 2015. Extensions [viitattu 11.11.2015]. Blender.org. Saatavissa:

<https://wiki.blender.org/index.php/Extensions:Py/Scripts>

Blender. 2015. Features [viitattu 10.11.2015]. Blender.org. Saatavissa:

<https://www.blender.org/features/>

Cgmeetup. 2015. Making of Smaug [viitattu 9.8.2015]. CGmeetup Community. Saatavissa: <http://www.cgmeetup.net/home/making-of-smaug-by-weta-digital/>

Cgmeetup 2015. Making of Smaug [viitattu 9.8.2015]. Saatavilla:

<http://www.cgmeetup.net/home/making-of-smaug-by-weta-digital/>

Cgmeetup 2015. Modelling for the last of us [viitattu: 10.8.2015].

Saatavilla: <http://www.cgmeetup.net/home/zbrush-character-modeling-for-the-last-of-us/>

Creativebloq. 2014. How model realistic 3D-character [viitattu 7.9.2015].

Creativebloq.com. Saatavissa: <http://www.creativebloq.com/3d-modelling/how-model-realistic-3d-character-9134616>

Digitaltutors 2015. Creating Character in Blender [viitattu: 14.3.2017].

Saatavissa: <http://www.digitaltutors.com/tutorial/2034-Creating-a-Production-Ready-Character-in-Blender>

- Doschdesign 2010. Rigged Humans for Cinema [viitattu 7.8.2015]. Saatavilla: [http://www.doschdesign.com/products/3d/Rigged\\_Humans\\_for\\_Cinema\\_4D.html](http://www.doschdesign.com/products/3d/Rigged_Humans_for_Cinema_4D.html)
- Gumster J. 2011. Blender for Dummies – second edition. Canada: Imprint of Wiley.
- Klumeartpage 2016. 3d-modelling [viitattu: 10.3.2017]. Saatavilla: <https://klumeartpage.wordpress.com/tag/3d-modeling/>
- Lynchhag 2016. Rigging method [viitattu: 10.3.2017]. Saatavilla: <https://lynchhag.wordpress.com/2014/02/23/raycast-based-auto-rigging-method-for-humanoid-meshes/>
- Make human. 2017. Home [viitattu 10.3.2017]. Make Human crew. Saatavilla: <http://www.makehuman.org/index.php>
- Noupe 2014. Photorealistic 3d-characters [viitattu: 7.8.2015]. Saatavilla: [www.noupe.com](http://www.noupe.com)  
<http://www.noupe.com/inspiration/showcases/incredibly-photorealistic-3d-characters>
- Pluralsight. 2015. Create 3d models with a model sheet [viitattu 8.1.2016]. Pluralsight.com. Saatavilla: <https://www.pluralsight.com/blog/film-games/create-3d-models-3x-faster-with-a-model-sheet>
- Stlfinder 2016. Human Hand [viitattu: 13.3.2017]. Saatavilla: <http://stlfinder.com/?search=human%20hand&page=5&params=IFRoRW5naXZlcnNiIFldW1hZ2luZSBNeU1pbmlmYWNOb3J5IEN1bHRzM0QgUGluYWRiciBUaHJlZWRpbmc=>
- Spyro.wikia 2011. Spyro [viitattu: 8.8.2015]. Saatavilla: [www.spyro.wikia.com/wiki/File:Spyro.png](http://www.spyro.wikia.com/wiki/File:Spyro.png)
- Static world 2013. Blenderin käyttöliittymä [viitattu: 3.3.2016]. Saatavilla: <http://zapp5.staticworld.net/downloads/graphics/screenshots/70263f.jpg>
- Thomas B. 2006. Disney – Art of Animation. New York: Welcome enterprises.
- Wazim 2012. Collada Tutorial [viitattu: 12.11.2016]. Saatavilla: [http://www.wazim.com/Collada\\_Tutorial\\_1.html](http://www.wazim.com/Collada_Tutorial_1.html)
- Wikimedia 2011. Aki Ross [viitattu 8.8.2015]. Saatavilla: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/e/ed/Akiross.jpg>
- Wolfire 2014. Sculptris käyttöliittymä [viitattu: 4.3.2016]. Saatavilla: <http://blog.wolfire.com/2010/05/Reviewing-Sculptris>
- 3D artist online 2013. Desert raider [viitattu: 10.3.2016]. Saatavilla: [http://www.3dartistonline.com/image/11523/desert\\_raider](http://www.3dartistonline.com/image/11523/desert_raider)