



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Henni Syrjä

Pelihahmon hiuksien toteutus hiuskorteilla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi (AMK)

Viestintä

Opinnäytetyö

12.5.2020

Tekijä(t) Otsikko	Henni Syrjä Pelihahmon hiuksien toteutus hiuskorteilla
Sivumäärä Aika	46 sivua 12.5.2020
Tutkinto	Medianomi (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Viestintä
Suuntautumisvaihtoehto	3d-animointi ja -visualisointi
Ohjaaja(t)	Lehtori Jaro Lehtonen
<p>Opinnäytetyö tutkii ja esittelee pelihahmon hiusten toteutusta hiuskorttitekniikkaa hyödyntäen. Siinä käydään prosessi läpi vaihe kerrallaan ensin lähteisiin ja tutkimustyöhön perustuvan teorian pohjalta, sitten uudestaan käytännön kokeilujen näkökannalta. Jälkimmäisessä vaiheessa tuodaan esiin asioita, joita ei noussut esiin teoria osiossa. Tarkoituksena on saavuttaa selkeä kuva tekohetkellä suositusta tekniikasta ja samalla kokonaisvaltaisesti syventää 3d-työskentelyn ymmärrystä. Lähdetutkimus on tehty erinäisten ammattilaisten ja harrastelijoiden internetiin jakamien artikkelien, video haastattelujen ja opetusmateriaalin avulla, sekä pelimoottorien omaa dokumentointia hyödyntäen. Työkaluina käytännön kokeiluihin käytetään Blender-3d-ohjelmaa lisäosineen sekä Unreal Engine pelimoottoria ja sen mukana tulevaa valmista hiussävytintä. Opinnäytetyön avulla käy ilmi hiuskorttien eri työvaiheiden linkittyminen toisiinsa tavalla, joka poikkeaa tyyppillisestä suoraviivaisemmasta 3d-työskentelystä. Sen myötä se havainnollistaa myös suunnittelun ja iteroinnin korostunutta tärkeyttä hiuskortteja tehdessä. Lisäksi mahdolliseksi näytetään työvaiheiden muokkaaminen tukemaan työskentelytapa mieltymyksiä tai haettua estetiikkaa, ja siihen tarjotaan eri vaihtoehtoja.</p>	
Avainsanat	3D, hiukset, hiuskortti, teksturointi, optimointi, sprite, billboard

Author(s) Title	Henni Syrjä Creating game character hair using hair cards
Number of Pages Date	46 pages 12 May 2020
Degree	Bachelor of Media
Degree Programme	Media Communication
Specialisation option	3d Animation and Visualization
Instructor(s)	Jaro Lehtonen, Lecturer
<p>The thesis introduces and explores making game character hair using hair cards. It goes through the steps included in the process one by one, first from a theory point of view based on research and references, then again from a practical experimentation point of view. Latter part introduces matters that didn't surface in the theory part. The purpose of the thesis is to establish a clear vision of a technique that's popular at the time of making, and while doing that to deepen understanding of general 3d-work. Reference research has been made using several articles, video interviews and teaching material published to the internet by professionals and hobbyists, and also by inspecting the documentation published by game engines. Practical experiments are made using tools like Blender 3d software including some addons, Unreal Engine game engine and a ready made hair shader that comes with the engine. The thesis reveals how different stages of working intertwine when making haircards, and how it differs from the typical, more straightforward way of working with 3d. It also highlights and demonstrates the importance of planning and iterating when this is the case. Altering the working methods to support the artist's ways or the desired aesthetics is proven to be possible, and different options for this are offered.</p>	
Keywords	3D, hair, haircard, texturing, optimizing, sprite, billboard

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lähtökohdat	2
2.1	Keskeisiä käsitteitä	2
2.2	Tämän hetken peliteollisuus	3
3	Hiuksien suunnittelu	3
4	Hiuksien toteutus	6
4.1	Työvaiheiden pohjustus	6
4.2	Tapoja teksturointiin	9
4.3	Tapoja mallintamiseen ja UV-kartoitukseen	17
5	Pelimoottoriin valmistelu ja vieminen	22
6	Omat kokeiluni	28
7	Esiintyneiden tekniikoiden hyödyntäminen muussa pelituotannossa	42
8	Yhteenveto ja hiuskorttien tulevaisuus	45
	Lähteet	47

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia, miten tällä hetkellä toteutetaan pelihahmojen hiuksia nimenomaisesti hiuskortteja käyttäen. Omissa kokeiluissani käytän minulle tuttuja Blender-3d-ohjelmaa ja Unreal-pelimoottoria, mutta samoja periaatteita voi hyödyntää pitkälti myös muilla ohjelmilla, ja mainitsenkin näistä vaihtoehdoista pitkin opinnäytetyötäni. Pyrkimyksenäni on luoda sekä itselleni että lukijalle selkeä kuva hiuskorttien käyttämisestä ja tarjota täten työkaluvaihtoehto pelihahmon toteutus prosessiin.

Tutkin tekniikkaa 3d-graafikon näkökulmasta, ja opinnäytetyön oletuksena on, että luki ja ymmärtää 3d-työskentelyn perusteet. Avaan kuitenkin luvussa kaksi aiheeseen liittyvää keskeistä termistöä ja ilmiötä helpottaakseni lukemista ja pohjustaakseni tekemiäni valintoja. Tulen käymään hiuskorttitekniikkaa läpi suunnitteluvaiheesta pelimoottoriin viemiseen asti, mutta rajatakseni aihetta kohtuullisemmaksi jätän teknisemmän sävyttiin liittyvän työskentelyn vähemmälle huomiolle, samoin hiuskorttien animoinnin.

Esittelen erilaisia vaihtoehtoja suunnittelun, teksturoinnin ja mallinnuksen eri työvaiheisiin pohtien niiden etuja ja haittoja, sekä toteutan lopussa omia käytännön kokeiluja hyödyntäen oppimaani tietoa. Isossa osassa kokeilujani tulee olemaan Blenderille löytämäni Styperekin (2018a) Hair Tool -lisäosa, koska se vaikuttaa kätevältä ja vastaavan työkaluja, joita lähteistäni monella oli muissa ohjelmissa käytössä. Kokeiluissani tavoittelen esteettisesti miellyttävää lopputulosta toteutettuna mahdollisimman vähillä polygoneilla ja vaivalla.

Hiuskorttien käyttäminen hiusten tekemiseen on vain yksi esimerkki siitä, mihin kaikkien opinnäytetyössäni esiintyviä tekniikoita voi käyttää. Käynkin luvussa kuusi läpi esimerkkejä tekniikoiden käytöstä muussa pelituotannossa. Toteutan tekniikoilla myös ripset ja kulmakarvat kokeiluissani. Yhteenvedossa pohdin, millaisia tulevaisuuden näkymiä tekniikoilla on.

Perustana opinnäytetyössäni näkyville pohdinnoille ovat siinä mainittujen lähteiden lisäksi luonnollisesti opintoni Metropoliasa, mutta myös työharjoitteluni pelialan yrityksissä artistina, näistä mainittavimpina Mindfield Games, Housemarque ja Sulake.

2 Lähtökohdat

2.1 Keskeisiä käsitteitä

Polygoni – Englanniksi ”polygon”. 3d-mallit muodostuvat verkoista monikulmiotasoja, joita kutsutaan polygoneiksi. Kun polygoneja on paljon, puhutaan **high poly** -mallista; kun polygoneja on vähän, puhutaan **low poly** -mallista. Mitä enemmän polygoneja pelissä on käytetty, sitä vaikeampi sen on pyöriä sulavasti. Polygoniverkkokokonaisuuksista ja niiden työstämisestä käytän termejä **malli** ja **mallintaa**.

Verteksi – Englanniksi ”vertex”. Polygonin kulman kärkeä merkkava piste. **Verteksinormaalit**, eli mihin verteksi niin sanotusti ”osoittaa”, vaikuttavat siihen, miten 3d-malli varjostuu. Verteksille voi myös määrittää **verteksivärejä**, joita käytetään usein avuksi informaation välitykseen animoitaessa tai teksturoitaessa.

Veistäminen – Polygoniverkon manipulointia **veistotyökaluilla**, jotka käyttäytyvät paljolti kuten savea veistäisi. Teknisemmän perinteisen mallinnustavan vaihtoehto, jota usein käytetään orgaanisten 3d-mallien toteutukseen. Veistäminen on usein nopeampaa ja intuitiivisempaa, mutta jättää jälkeensä sotkuisemman polygoniverkon, **veistoksen**, joka pitää jälkeensä siivota optimoidummaksi.

Maskaus – valintasuojan eli **maskin** toteutus polygoneille.

Tekstuurikartta – Kaksiulotteinen kuva, joka heijastetaan 3d-mallin pinnalle antamaan informaatiota pinnan ominaisuuksien vaihtelusta eri kohdissa mallia. Informaatiota voi olla esimerkiksi väri, heijastavuus tai läpinäkyvyys. Kartoista yhdessä ja niiden työstämisestä käytän termejä **tekstuuri** ja **teksturoida**.

UV-koordinaatit – Näillä koordinaateilla ohjataan tekstuurikarttojen informaatio oikeisiin kohtiin 3d-mallin pinnalle. Koordinaatit määritellään avaamalla mallin pinta kaksiulotteiseksi **UV-kartaksi**.

Renderöinti – Prosessi, jossa tietokone laskee kuvan sille annetuista 3d-malleista ja/tai muusta informaatiosta.

Kehittäminen – Englanniksi ”baking”. Määriteltyjen virtuaalisten ominaisuuksien renderöinti tekstuurikartaksi.

Kompositointi – Englanniksi ”composite”. Tekstuurikarttojen yhdistämistä yhdeksi kuvatiedostoksi sijoittamalla kartat tiedoston eri kanaville. Helpottaa pelin renderöintiä ja mahdollistaa suuremman informaation käytön samalla pyörimissulavuudella.

Sävytin – Englanniksi ”shader”. Pelimoottoreista löytyy ja niihin voi rakentaa sävyttimiä, joiden avulla tietokone laskee, miltä 3d-mallien pinnat näyttävät ja miten ne reagoivat valoon. Sävyttimet käyttävät hyödykseen tekstuurikarttoja. Sävytintä, varsinkin jos siihen on yhdistetty tekstuurikarttoja, kutsutaan usein myös **materiaaliksi**.

Hiuskortti – Englanniksi ”hair card”. Vähäisistä polygoneista mallinnettu 3d-taso, jolle on teksturoitu kuva otannasta hiuksia.

Budjetti – Pelin sulavan pyörimisen kannalta tavoiteltu enimmäismäärä tiettyä resursseja. Resursseja voivat olla esimerkiksi polygonit tai tekstuurikartat, jotka paljon käytettynä hidastavat pelin pyörimistä. Käytän tekstissä termejä **kallis** ja **halpa** puhuessani läpikäymäni asian suhteesta budjettiin.

2.2 Tämän hetken peliteollisuus

Peliteollisuus kehittyi kovaa vauhtia koko ajan. Reaaliaikaisen renderöinnin rajoitteiden takia hiuksia ei tätä opinnäytetyötä kirjoittaessani kuitenkaan toteuteta peleissä vielä kokonaisuudessaan yksittäisinä karvoina, vaan niitä niin sanotusti ”yhdistetään” hiuskorteiksi. Tätä opinnäytetyötä kirjoittaessani AAA-tuotannon pelien päähahmojen polygonibudjetti tuntuisi pyörivän 100 000 polygonin kohdilla, josta noin kolmasosa käytetään hiuksiin (Johnson, Longhi, Scott, Thomas & Tzeng 2016; JordanN 2014; Verhooelen 2018). Hiusten osuus riippuu toki suuresti niiden monimutkaisuudesta, mutta näillä perusteilla tulen pitämään tähtäimenä 30 000 polygonin ylärajaa kokeiluilleni.

3 Hiuksien suunnittelu

Pääasiassa hiuskorttien työnkulku alusta loppuun on seuraavanlainen. Ensin määritetään, minkälaiset hiukset halutaan ja minkälaisia hiussuortuvia niihin tarvitaan. Tähtäimenä on, että erilaisia hiussuortuvia tulee mahdollisimman vähän ja että mahdolli-

simman moni hiuskortti voi käyttää samaa suortuvatekstuuria. Näin säästyy sekä tekstuuritilaa että aikaa, kun jokaisella kortilla ei ole omaa tekstuuria. Suortuvista toteutetaan alustavat tekstuurit, niille mallinnetaan ja UV-kartoitetaan vähäpolygoniset hiuskortit ja kortteja monistetaan ja asetellaan paikalleen kampaukseksi. Koko ajan tekstuuria voi päivittää esiin tuleviin tarpeisiin sopivammaksi. Viimeistään lopuksi tekstuurista kehitetään kaikki pelimoottorin sävyttimen vaatimat tekstuurikartat, minkä lisäksi kampauksen valmistuttua korttien verteksinormaalit on hyvä yhtenäistää tasaisen varjotuksen aikaansaamiseksi. Lopputulos viedään pelimoottoriin, jossa hiuksille luodaan materiaali yhdistämällä tekstuurikartat sävyttimeen ja säätämällä materiaalin tarvittavat arvot kohdilleen. (Lecouturier 2018; Verhoolen 2018.)

Niin kuin kaikki isot projektit, hiuskorttienkin käyttö alkaa siis huolellisella suunnittelulla. Verhoolen (2018) summaa mielestäni hyvin mitä suunnittelussa kannattaa yrittää selvittää: mistä hiukset alkavat ja mihin suuntaan ne kasvavat; miten hiusraja erottaa hiukset ihosta; millainen rakenne hiuksissa on ja mitä yksityiskohtia halutaan. Lähestulkoon kaikki lähteistäni (mm. Johnson ym. 2016; Lecouturier 2018; Verhoolen 2018) käyttävät tässä vaiheessa runsaasti mallikuvia oikeista hiuksista ja kampauksista avukseen. Oma johtopäätökseni tästä on, että vaikka lopputuloksen olisi tarkoitus olla kuinka villi ja fantastinen, jos ei sitä pohjaa todellisuuteen, vaikutelmasta tulee helposti epäuskottava.



Kuvio 1. Mallikuvia kannattaa käyttää ja paljon, näyttää Verhoolen (2018).

Suunnittelulla voi myös yrittää välttää esimerkiksi Naughty Dogin haastattelussa esiin tullutta tyypillistä myöhemmän vaiheen ongelmaa. Kyseessä on tilanne, missä hiuskorttien tekstuurikartat on jo luotu ja kortteja aseteltu, mutta yhtäkkiä huomataan, että käyttöön tarvitaankin kokonaan uusi erilainen hiussuortuva. Sen teksturi ei enää mahdu jo olemassa oleville tekstuurikartoille, ja koska tekstuuridata on kallista, seurauksena voi pahimmassa tapauksessa joutua kehittämään tekstuurikartat ja UV-kartoittamaan ole-

massa olevat kortit kokonaan uudestaan optimaalisten karttojen uudelleen saavuttamiseksi. Valmiiksi luultujen korttien asettelu voi myös mennä isolta osin uusiksi, jos niiden sijainti dominonappuloiden tapaan vaikuttaa toinen toisiinsa ja uudet pitää sijoittaa niiden lomaan. Toisaalta, Naughty Dogin artistit kehottavat myös antamaan itselleen anteeksi, jos tähän tilanteeseen päädytään. He kokevat, että tällainen iteroiminen on lähes välttämätön osa prosessia ja joitakin asioita ei vain huomaa ennen kuin alkaa tekemään. (Johnson ym. 2016.)

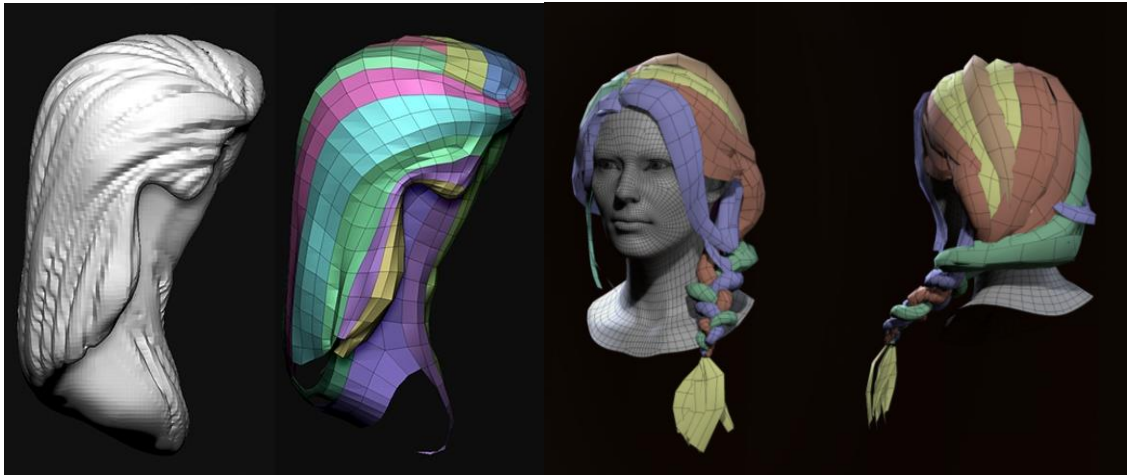
Mielestäni 3D Bjorkilla (2016a) oli käytössä hyvännäköinen pohjustus menetelmä hiuskorttien suunnitteluun. Hän käy värikynillä läpi mallikuvia jakaen kampauksien hiussuortuvat eri osioihin ja ymmärtääkseen niitä paremmin. Näin tekemällä hän saa kuvan siitä, minkälaisia suortuvia tarvitaan ja mihin ne sijoittuvat.



Kuvio 2. Kampausta on jaoteltu erilaisiin hiuskortteihin ja osioihin mallikuvan perusteella. (3D Bjork 2016a)

Suunnittelua näkee tehtävän myös luonnostelemalla kampauksesta prototyyppi 3d-veistos ja jakamalla se samaan tapaan osioihin vaikkapa eri materiaaleilla tai käyttämällä osioihin erillisiä polygoniverkkoja. Veistos auttaa piirroksen tapaan hahmotukseen, mutta sitä voi lisäksi käyttää myöhemmin korttien asetteluun käsin tai Styperekin (2018a) Hair Toolilla konkreettisena pohjana, sen voi rikkoa itse hiuskorteiksi, tai sen

avulla voi jopa maskata hiuskortteja osioihin ”partikkelisysteemiä” käytettäessä. Avaan näitä tekniikoita lisää luvussa neljä. (Lecouturier 2018; MrHobo 2017.)



Kuvio 3. Veistos luonnokset MrHobolta (2017) vasemmalla ja Lecouturierilta (2017) oikealla.

4 Hiuksien toteutus

Tässä luvussa käsittelen hiuskorttien teksturointia ja mallinnusta, näiden yhdistämistä UV-kartoituksella sekä korttien monistusta, asettelua ja mallinnusta kampaukseksi. Selvitän, mitä vaiheisiin kuuluu ja miten vaiheet voi suorittaa eri järjestyksissä työta-voista riippuen. Lopputuloksena on teksturointitiedosto, josta saadaan kehitettyä luvussa viisi kuvailemani pelimoottorin sävyttimen vaatimat tekstuurikartat sekä polygonikampaus, joka muodostuu hiuskorteista.

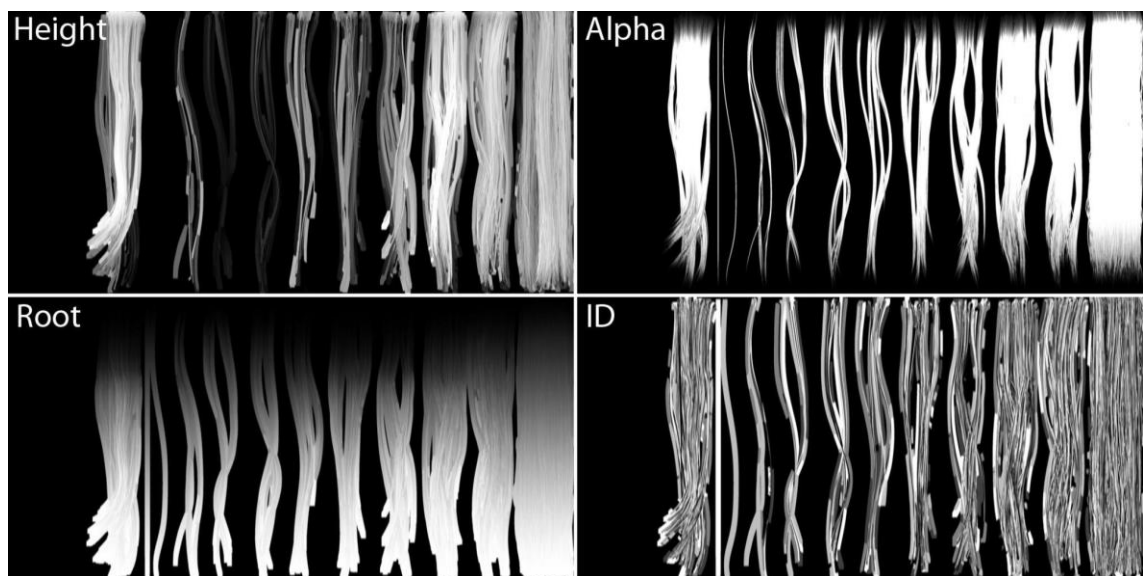
4.1 Työvaiheiden pohjustus

Hiuskortteja voi ajatella todella low poly -hiuskimppuina. Vaikka perinteisesti 3d-työskentelyssä tekstuuri toteutetaan vasta mallinnuksen jälkeen, hiuskorteilla tekstuuri vaikuttaa niin huomattavasti lopputulokseen, että suurin osa lähteistäni (muun muassa 3D Bjork 2016a; Lecouturier 2018; Verhoolen 2018; Karis & Walker 2015) kehottaa aloittamaan hiusten toteuttamisen tekstuurista tai vähintäänkin työstämään sitä mallin- tamisen ohessa.

Teksturoidessa toteutetaan tavalla tai toisella muutama erilainen yksityiskohtainen hiuskimppu, joista myöhemmin kasataan kokoon koko kampaus. Kimpuista kehitetään

eri asetuksilla useita eri tekstuurikarttoja, jotta saadaan pelimoottoriin informaatiota, jolla sävytin huijaa litteät kortit näyttämään kimpuilta irrallisia hiuksia.

Koska teksturointi on hyvin iteratiivista, tekstuurikarttoihin kannattaa jättää tilaa yritykselle ja erheelle. Jos eri hiuskimppuja on monta ja ne ovat kutakuinkin saman pituisia, voi olla kannattavaa tehdä tekstuurikartoista 2:1-kokoisia, jotta tekstuuripinta-alan saa täytettyä optimaalisesti. Muistutuksena että puolikkainakin karttojen sivujen pikselimäärien on hyvä olla kahden potenssi lukuja kuten 512p x 256p, jolloin tietokone pystyy käsittelemään niitä kaikista parhaiten. (Johnson ym. 2016; Porfyridou (2018); Verhoolen 2018.)



Kuvio 4. Esimerkki Verhoolenin (2018) kehittämistä 2:1 kokoisista tekstuurikartoista.

Tekstuurin hiuskimppuja tehdessä ja kokeillessa on hyvä ottaa huomioon kimpun tiheys ja paksuus. Kampauksen pohjalle kannattaa tehdä tiheitä paksuja kimppuja, jotta saadaan päänahka piiloon ja vaikutelma hiuspaljoudesta. Pintakerroksia päin mentäessä voivat kimput harventua ja ohentua luoden vaikutelmaa kerroksellisuudesta. Koska hiuskorteissa on ideana, että samoja tekstuureja käyttää useampi hiuskortti, on pidettävä silmällä, että mallintaessa teksturi ei päädy venymään liikoja. Toisaalta venymisellä voi myös kikkailla: suorastakin tekstuurista saa kiharan käyttämällä sitä kiharalla kortilla, tai tasapaksusta tekstuurista ohenevan ohenevalla kortilla. Yksi artistin päätöksistä onkin, toteuttaako tämänkaltaiset hiusten ominaisuudet tekstuurissa vai korttia muokkaamalla. (Johnson ym. 2016; la cup 2018.)

Koska päänahasta ei yleensä pitäisi näkyä juuri mitään hiuskorttien alta, sen alueen geometrian voi UV-kartalla kutistaa pieneksi tai jopa hitsata yhteen pisteeseen, jolloin alueesta tulee täysin yksivärinen – mieluiten hiusten värinen, jotta vältytään läpikuultavalta kaljulta. Hiusrajat ja jakaukset, jotka paljastavat hiusten ja päänahan kohtaamisen, on tietysti hyvä UV-kartoittaa ja teksturoida normaalisti.

Mitä hiuskorttien mallinnukseen tulee, tavoitteena on mahdollisimman vähillä polygoneilla saada tuntuma todella runsaasta kokonaisuudesta, jossa on kerroksia, suuntaa ja muotoa. Kuten edellä mainittiin, päänahka pitäisi saada piiloon, samoin sen siluetti niin että runsaimmista hiusmassoista ei näy läpi taustaa. Lienee siis paras aloittaa asettelu pohjakerroksista ja halutusta kokonaissiluettista ja lisätä vasta lopuksi muotoa rikkovat irto haivenet. Halutusta realismista, katseluetäisyydestä ja animoitumisesta riippuen, vaikuttaa siltä, että pitkissä hiuksissa voi riittää, jos kortteja lähtee kasvamaan vain jakauksen lähetyviltä koko päänahan sijaan, sillä laskeutuessaan ne peittävät myös muun pään. Korttien manipulointiin voi käyttää 3d-ohjelmasta riippuen partikkeli-systeemiä, veisto- tai harjaustyökaluja, ja niiden käyttöä helpottamaan kortit saattaa olla kannattavaa määritellä eri hallittaviin osioihin esim. materiaaleilla tai verteksiryhmillä.

Yleisesti hyväksi todettua tuntuu olevan itse korttien muodostaminen kahdesta rivistä polygoneja, mikä mahdollistaa kortin taivuttamisen hiukan kuperaksi. Sävyttimestä riippuen on päätettävä, voiko kortteja asettaa kulkemaan toistensa läpi vai ei. Jos sävytintä mahdollistaa syvyyskerrotykartaan kuten Unreal Engine (4.15) demonstroi, läpiasettelu ei luo ikäviä rajoja korttien kohtauspintaan ja oikeastaan parantaa uskottavuutta saaden kimput näyttämään toisiinsa sekottuneilta (Jiang 2016; Polycount wiki 2015a).

Edellä mainittujen vaiheiden lisäksi keskustelufoorumeilla näkee puhetta kampauksen muotoisen kiinteän polygoniverkon tekemisestä hiuskorttien alle. Kikkaa käyttää myös 3D Bjork (2016a) videossaan, kutsuen verkkoa hair capiksi. Sen avulla volyymin aikaansaamiseksi kortteja ei tarvitse käyttää niin montaa eikä niitä asetellessa huolehtia liikoja niiden väleistä läpi näkymisestä. En kuitenkaan huomannut toisissa lähteissäni (esimerkiksi Johnson ym. 2016; Lecouturier 2018; Karis & Walker 2015; Verhoolen 2018) vastaavaa mainittavan ollenkaan. Tulee mieleen, että jos hiuksia halutaan animoida, kiinteä muoto saattaisi helposti paljastua korttien lomasta ja liikkua epäuskottavasti verrattuna korttien liikkeeseen.

Hiuskorttien teksturointia ja mallinnusta tutkiessani olen törmännyt useaan eri työskentelytapaan. Toiset haluavat tehdä asioita niin sanotusti käsin, toiset taas hyödyntävät vaiheisiin erilaisia automatisoivia työkaluja. Työkaluilla iteroiminen ja jäljen siistiminen vaikuttaa monessa kohtaa yhtä hitaalta prosessilta kuin käsin tekeminen. Lopputuloksena kaikista tavoista vaikuttaisi tulevan jotakuinkin yhtä paljon tekstuuridataa ja polygoneja. Kuten Epic Gamesin haastattelussa (Karis & Walker 2015) ja 3D Bjorkin (2016a) videossa todetaan, usein työtapojen valinnassa on enemmänkin kyse siitä, mikä niistä sattuu olevan kyseisen artistin mieleen henkilökohtaisesti. Toki muitakin vaikuttavia asioita on, ja pyrin käymään niitä läpi seuraavaksi.

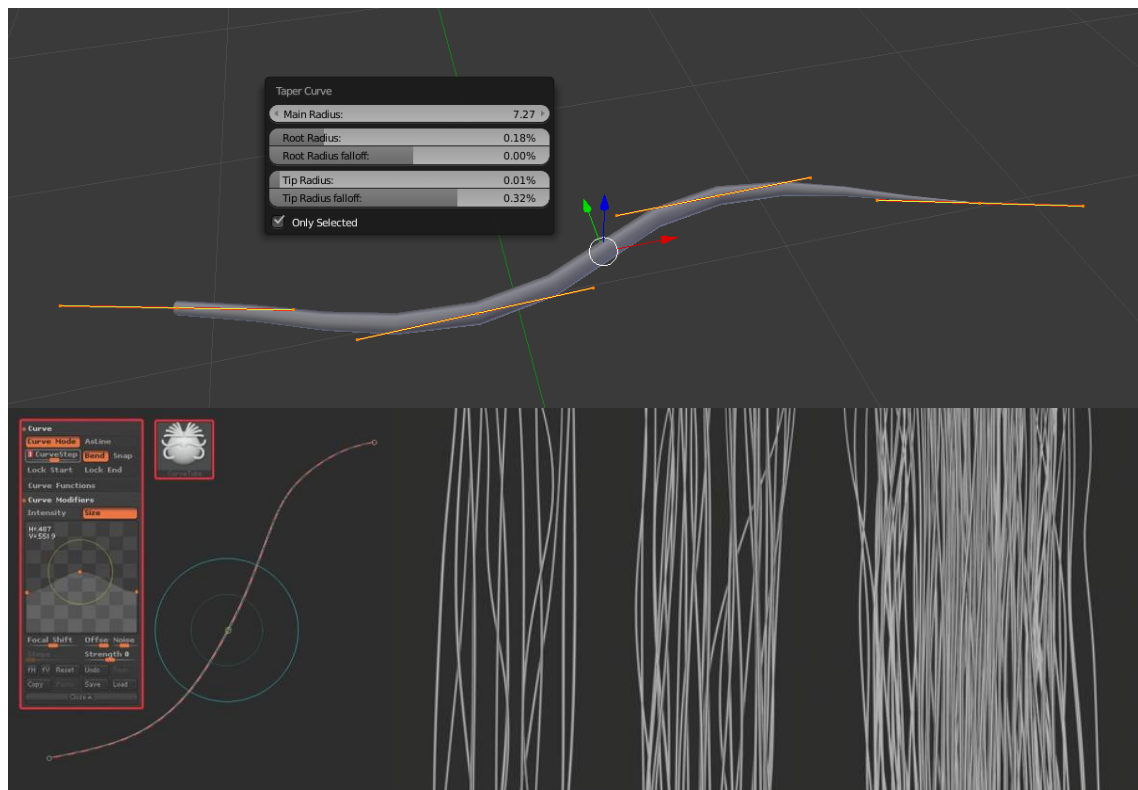
4.2 Tapoja teksturointiin

Varsinkin ennen taisi olla tapana teksturoida hiuskortit piirtämällä hiuskimppuja kuvankäsittelyohjelmassa. JoseConseco (2017) käy videossaan yksityiskohtaisesti läpi prosessinsa tähän, ja tekniikasta mainitsee myös 3D Bjork (2016b). Nykyään realistista jälkeä tavoitellessa näkyy tekstuurit lähes poikkeuksetta kehitettävän kimpuista mallinnettuja 3d-hiuksia. Voisin kuitenkin kuvitella, että piirtämisestä voi tulla varteenotettava vaihtoehto, jos artisti hakee hiuksiin tyyliä ilmettä tai jos hiusten kohde ei ole pelissä kovin merkittävä ja piirtäminen on artistille selvästi nopeampi työskentelytapa. Piirtämistä käyttävät edelleen myös esimerkiksi Verhoolen (2018) ja Nirmalendu (2018) luodakseen itselleen ohjeet 3d-hiuskimpuille.



Kuvio 5. Nirmalendu (2018) käyttää kaksiulotteisia piirustuksiaan ohjeena 3d-hiuskimpuille, joista hän kehittää varsinaisen tekstuurin.

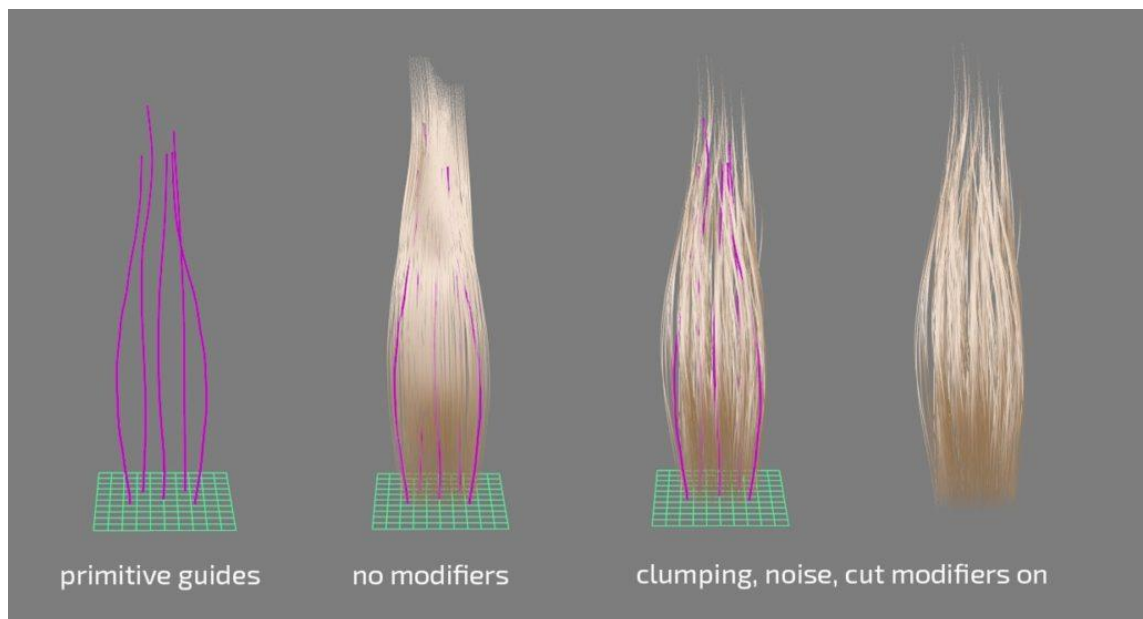
3d-hiuskimppuja taas toteutetaan yleensä joko kurveilla tai partikkelisysteemeillä. Kurvit käyttäytyvät kuten kuvankäsittelyohjelmista löytyvät vektorit: niitä käsitellään kahvoilla tai pisteillä, ja niillä on helppo aikaansaada pehmeitä kaareutuvia linjoja. Tässä tapauksessa niillä ohjataan yksittäisiä polygoniverkoista muodostuvia 3d-hiuksia, joita kopiaimalla tarpeeksi saadaan aikaan kimppu. Eri paksuiset kimput syntyvät näin melko luonnollisesti kopioinnin välivaiheista. Muun muassa Blenderistä löytyy "Data"-valikon alta työkalut polygoniverkon automaattiseen luomiseen kurvin ympärille ja sen säätämiseen halutun muotoiseksi. Styperekin (2018a) Hair Tool -lisäosalla tätä on vielä helpotettu "Taper Curve" -optiolla. ZBrushissa piirtopöytä käyttäen voi kurveja myös ikään kuin maalata suoraan 3d-tilaan. Työtapa sopii erityisesti vähempihiuksisten kimppujen ja esimerkiksi ripsien tekstuurin luomiseen. (Parker 2015; Styperek 2017.)



Kuvio 6. Yläpuolella kurvihiuksen muokkausta Hair Toolin (Styperek 2018a) avulla Blenderissä. Alapuolella Parkerin (2015) kurvihius ZBrush 3d-ohjelmassa ja lähikuva hänen kurveilla luomistaan hiuskimpuista.

Kaikkein suosituinta taitaa olla toteuttaa tekstuuri partikkelisysteemeillä. Ne ovat työkaluja, joilla luodaan ja sijoitetaan haluttuja kappaleita, partikkeleita, ennalta määrätystä

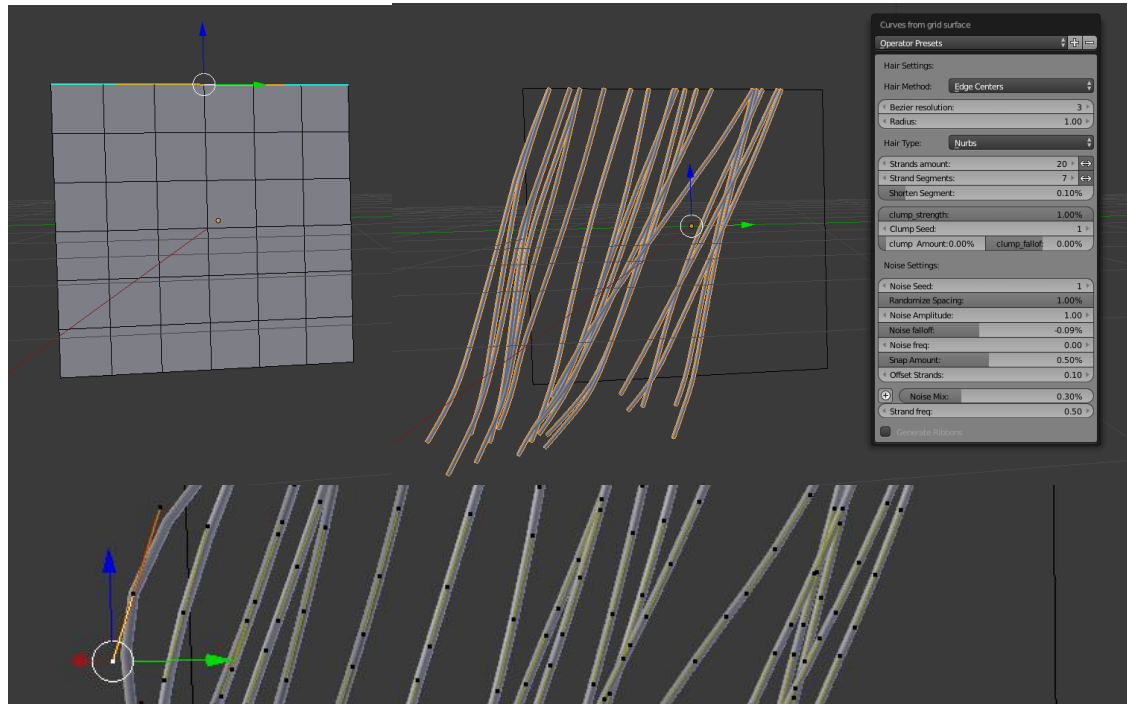
”lähettimestä” lähtien automaattisesti 3d-tilaan. Hiusten kohdalla lähettimenä toimii tyyppillisesti polygonipinta. Polygonipinta kannattaa asettaa hieman vinoon hiusten kasvamissuuntaan nähden, jotta hiusten juuriin renderöityy tekstuuria kehittäessä variaatiota. Partikkelisysteemistä on hyötyä erityisesti paksuja kimppuja luodessa, mutta samalla kertaa sillä voi yhtä hyvin toteuttaa myös tarvittavat ohuet kimput. Partikkelisysteemien käyttöliittymässä on yleensä lista säätimiä, joista partikkelien asetteluun ja ulkomuotoon voi vaikuttaa. Hiusten tekoon tarkoitetuissa systeemeissä on myös yleensä vaihtoehto partikkelien manipulointiin veistotyökaluja muistuttavilla harjaustyökaluilla (englanniksi ”groom”). Maya 3d-ohjelman XGen lisäosa vaikuttaa olevan tällä hetkellä monen artistin suosiossa partikkelihiusten tekoon, mutta myös Blenderistä löytyy hiuspartikkelisysteemi ja siitä XGeniä vastaavat säädöt Cycles-renderöijää käyttämällä. Porfyridoun (2018) julkaisusta voi lukea tarkemmin XGenin käytöstä. (Blender n.d. a; Blender n.d. b; Lecouturier 2018; Verhoolen 2018; Porfyridou 2018; Wikipedia 2018a.)



Kuvio 7. Porfyridou (2018) käyttää partikkelihiuksiin Mayan XGen lisäosaa. Partikkelit syntyvät lähettin polygonipinnasta poispäin.

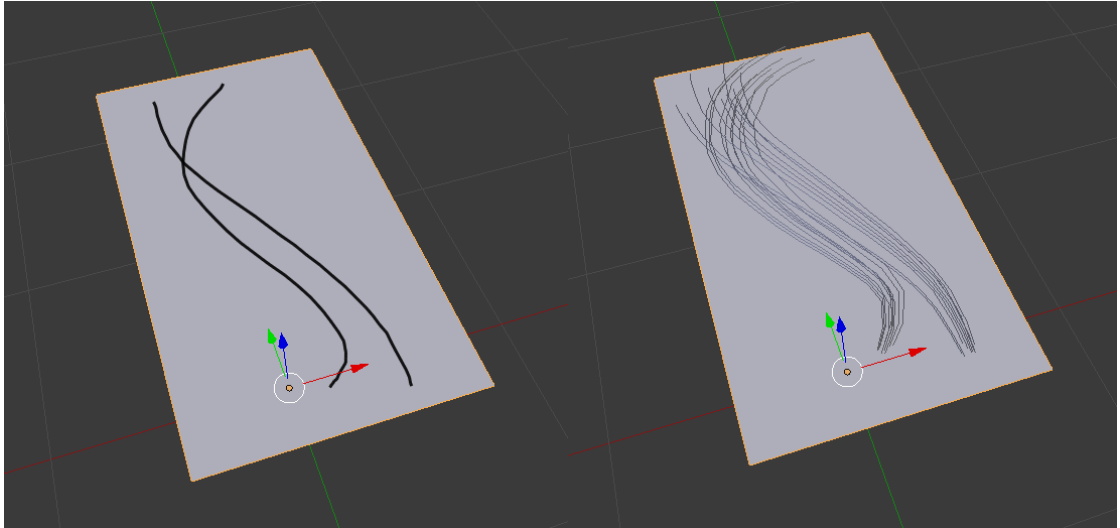
Johonkin kurvien ja partikkelien väliin asettuu Hair Toolin (Styperek 2018a) erikoisominaisuus ”Curves from grid surface” -toiminto. Tällä toiminnolla luodaan curveja, jotka, toisin kuin lähettin polygonipinnasta poispäin syntyvät partikkelihiukset, syntyvät polygonipinnan kanssa samansuuntaisesti. Variaation juuriin aikaansaamiseksi, kannattaa näin syntyviä hiusrivejä luoda muutama päällekkäin. Kurvien asettumista voi paljolti hallita muokkaamalla jo lähettintä halutun kimpun muotoiseksi. Toimintoa käyttäessä

valikosta löytyy mahdollisuus säätää kurvien ominaisuuksia, kuten resoluutiota, jakautumista ja pituuksia. Valikosta voi myös valita, haluaako kurveja ohjaamaan pisteitä vai kahvoja. Toiminnon jälkeen kurvihiuksia voi kopioida ja muokata normaaliin tapaan, ja niiden muotoon pääsee helposti käsiksi mainitsemani Taper Curve -optiolla. Työkalulla voi myös muuntaa partikkelisysteemin pelkiksi kurveiksi. (Styperek 2017.)



Kuvio 8. Hair Toolin "Curves from grid surface" -toiminolla (Styperek 2018a) partikkelisysteemin tavoin toteutettuja kurveja.

3d hiusnipun voi aikaan saada myös piirroksesta. Tähän pystyy ainakin Hair Tool (Styperek 2018a). Ensin 3d-tilaan piirretään viivoja Blenderin "Grease Pencil" -työkalulla. Apuna tähän voi käyttää kynällistä piirtopöytää hiirellä piirtämisen sijaan. Sitten piirros Hair Toolin avulla muunnetaan joko pelkiksi polygoneiksi, polygoneja ohjaaviksi kurveiksi tai jopa hiuspartikkelisysteemiksi, jonka partikkelit seuraavat automaattisesti piirroksen viivoja. (Styperek 2017.)



Kuvio 9. Hair Tool (Styperek 2018a) kykenee muuntamaan piirrosjäljen automaattisesti jopa partikkelisysteemiksi.

Kaiken edellä mainitun työnteon voi myös periaatteessa ohittaa käyttämällä hyödykseen valmista tekstuurikirjastoa. Tästä antaa meille malliesimerkin la cup (2018) videossa. Hän hyödyntää teksturointiohjelma Substance Painteristä löytyvää kuvaa karvoituksesta asettamalla sen kaikkien korttien UV-koordinaattien päälle ja venyttämällä ja muokkaamalla sen kulkemaan koordinaattien mukaisesti. Seuraavaksi hän asettaa väri, heijastavuus, läpinäkyvyys- ja korkeussäädöt kohdalleen ja kehittää ohjelmasta ulos valmiit tekstuurikartat. Tällä tavoin ei tietystikään saavuteta aivan samanlaista realismia ja yksilöllisyyttä kuin itse tehdyistä 3d-hiuksista kehittämällä saa aikaan, mutta tulos on silti melko vakuuttava ja työprosessi erittäin nopea. (La cup 2018.)



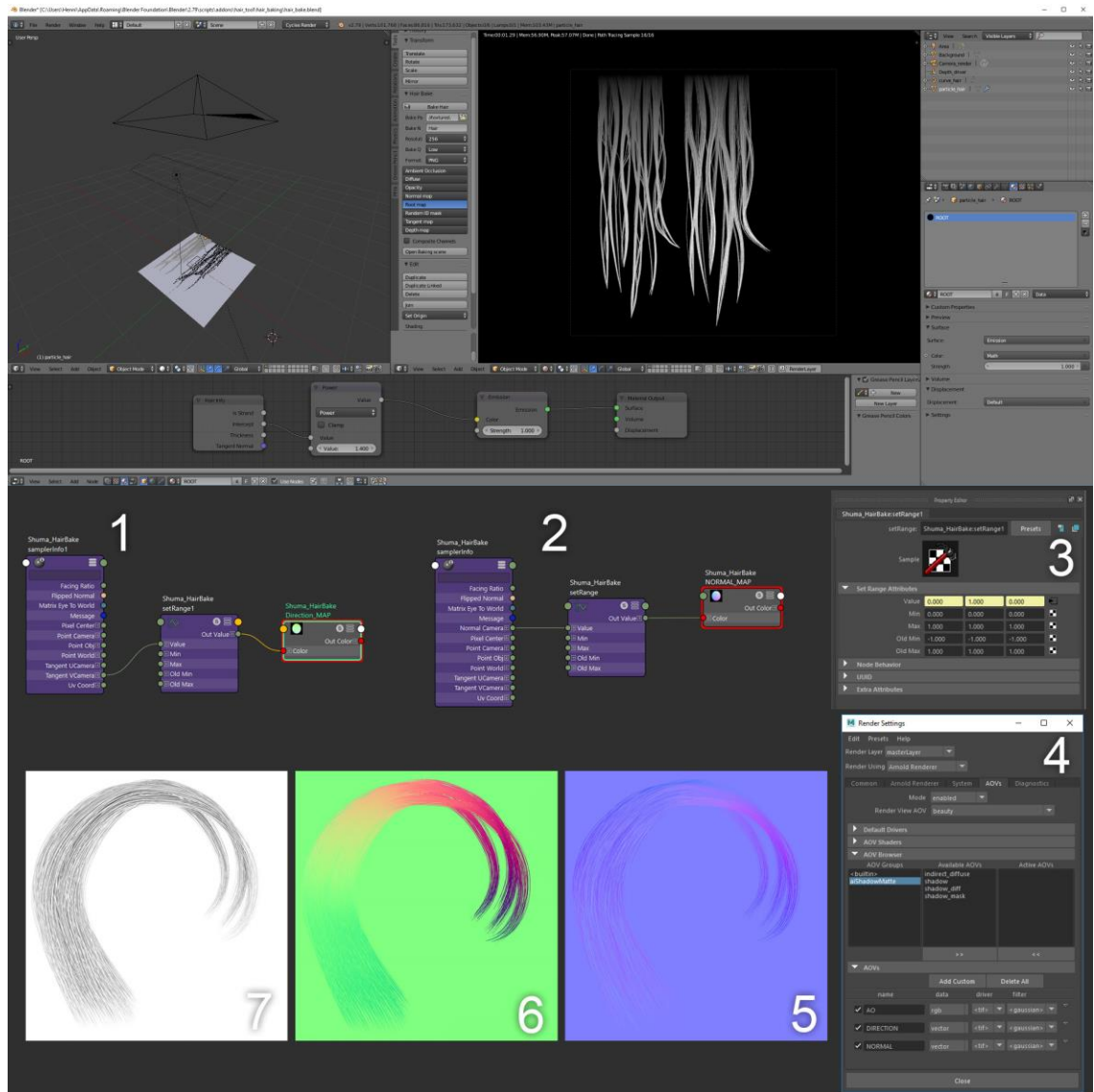
Kuvio 10. La cup (2018) toteuttaa tekstuurin kuvakirjastosta löytämällään kuvalla.

Yleinen vaihtoehto tekstuurien kehittämiseen tuntuu olevan XGenillä kehittäminen Mayassa, mistä kertoo muun muassa Lecouturier (2018). Blenderin Hair Toolista (Styperek 2018a) löytyy käytettävyydeltään hyvin samantapaiselta, ellei jopa astetta helpommalta, vaikuttava ”kehitystiedosto”, jonka saa auki työkalun valikosta optiolla ”Open Baking scene”. La cupin (2018) tavoin kehittämisen voi myös periaatteessa tehdä teksturointiohjelmassa, kuten Substance Painterissa. Kehittämisen voi toteuttaa erillistä polygonitasoa vasten, ja mallintaa ja UV-kartoittaa itse hiuskortit vasta jälkeinpäin syntyneen tekstuurikartan/karttojen perusteella. Toisaalta, jos korttien muoto ja sijoittuminen UV-kartalle on jo tiedossa, voi kortit toteuttaa ensin ja tekstuurin kehittää suoraan korteille kuten Verhoolen (2018) tekee.



Kuvio 11. Verhoolen (2018) kehittää partikkelihiuksistaan tekstuurin aiemmin piirtämällä määrittämilleen hiuskorteille. Kortit on kuvassa asetettu tasoksi, mutta myöhemmin hän haluaisi ne erilleen.

Hair Toolin (Styperek 2018a) kehitystiedostosta löytyy valmiiksi eri materiaalit erilaisten tekstuurikarttojen toteuttamiseen. XGeniinkin löytyy valmiita kehitykseen käytettäviä materiaaleja, mutta ne on etsittävä netistä. Hair Toolissa halutun tekstuurikartan nappia painamalla kaikkiin 3d-tilassa oleviin objekteihin määräytyy automaattisesti materiaali, jolla kartan saa kehitettyä. Tiedostossa on myös kamera, lamppu ja taustataso aseteltuna kehitystä varten. Tiedoston avaamaan kameranäkymään ”rendered”-vaihtoehdon valitsemalla näkee, miltä milläkin materiaalilla kehitettävä kartta tulee renderöitynä näyttämään. Valikossa on asetukset kehittyvien kuvatiedostojen säätämiseen halutunlaisiksi. Jos materiaaleja valitsee shift-nappi pohjassa useamman, kehittyvät ne kaikki kerralla, ja jos ”composite” on raksittuna, ne myöskin kompositoituvat. Itse materiaaleja voi säätää automaattisesti avautuneessa ”node”-ikkunassa olevista nodeista (ominaisuus laatikoita, joilla voi ohjelmoida) löytyvillä säätimillä. (Styperek 2018b.)



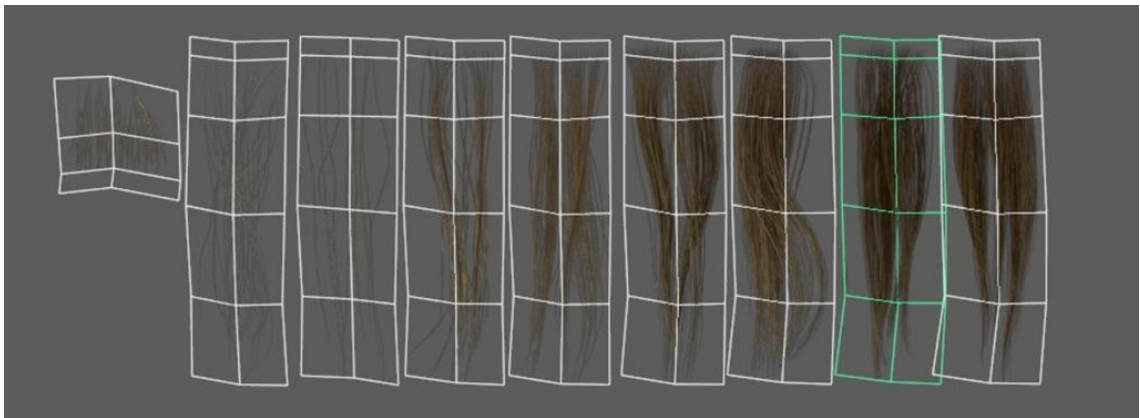
Kuvio 12. Tekstuurin kehittämistä Blenderissä Hair Toolin (Styperek 2018a) avulla ja alla Mayassa XGenin avulla (Lecouturier 2018). Tavat muistuttavat huomattavasti toisiinsa.

Viimeisenä mainitsen vielä kikästä, mitä näin käytettävän Polycount forumilla. Siinä tekstuuridata optimoidaan viimeisilleen käyttämällä toistuvaa tekstuuria saman hiussuortuvan sisällä. Kunhan tekstuurin ylä- ja alareuna ovat samanlaiset, voidaan korttien polygonit UV-kartoittaa päällekkäin. Tällöin tekstuurin kannattaa olla lyhyt otanta keskeltä suorien hiusten pituutta, ja kaikki variaatio kuten kihartuminen ja hiusten kapeneminen latvoihin päin luoda kortteja mallintaessa. Mielenkiintoisen lopputuloksen aikaansaamiseksi tällä tavalla pitää käyttää enemmän polygoneja ja aikaa mallinnusvaiheessa, minkä lisäksi pienen tason elävyyys jää silti luultavasti köyhähköksi.

4.3 Tapoja mallintamiseen ja UV-kartoitukseen

Hiuskorteissa on tavallaan kyse kahdesta isosta aseteluvaiheesta. Toisessa niistä yksittäiset hiukset asetellaan hiuskimpuiksi ja muunnetaan hiuskorteiksi, ja toisessa näitä hiuskortteja asetellaan vielä suuremmaksi kokonaisuudeksi eli kampaukseksi. Siispä muutamia jo läpikäytyjä tekniikoita tulee esiintymään tässäkin alaluvussa.

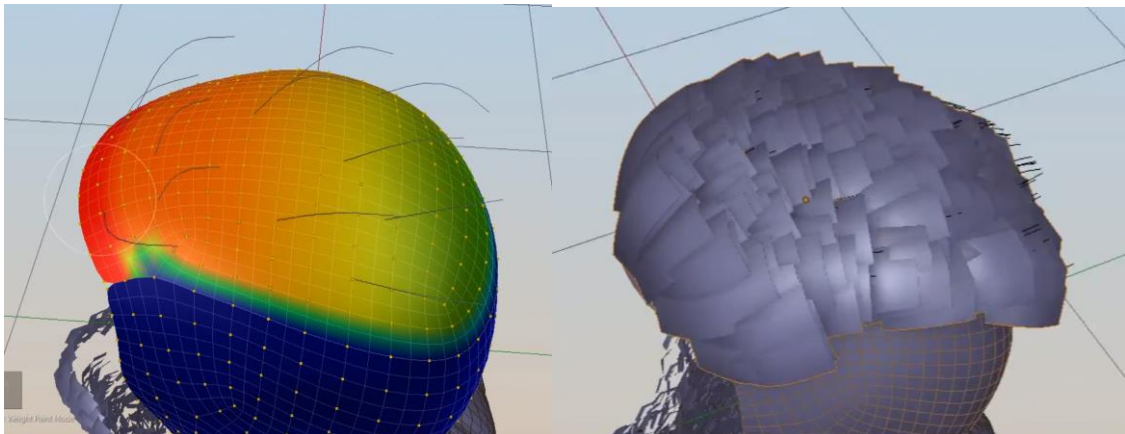
Tyypillisintä tuntuu olevan toteuttaa ensin tekstuuri, sitten mallintaa jokaiselle erilaiselle hiussuortuvalle oma hiuskortti käsin ja tämän jälkeen UV-kartoittaa kortit hiussuortuvien kohdalle valmiilla tekstuurikartalla. Kun näin on tehty, aletaan syntyneitä ”valmiita hiussuortuvia” kopioimaan ja mallintamaan kampaukseksi, tämäkin vaihe toteutettuna käsin. (Porfyridou 2018; Unreal Engine 4.15; Verhoolen 2018.)



Kuvio 13. Porfyridou (2018) on UV-kartoittanut hiussuortuville luomansa kortit ja aloittaa seuraavaksi kopioimaan ja asettelemaan niitä kampaukseksi.

Hiuskorttien ”käsin” manipuloimiseen käytetään kurveja (polygoniliuska kiinnitetään kurviin mallinnuksen ajaksi), veistotyökaluja ja myös ihan perinteistä ”siirrä, pyöritä, skaalaa” -mallinnusta verteksitasolla. Styperek (2018c) suosittelee Blenderin käyttäjille myös näppärää Mira-mallinnustyökalua (Mifith 2016), joka on saatavilla ohjelmaan lisäosana. Styperek on lisännyt työkaluun mahdollisuuden vaikuttaa polygonien lisäksi kurveihin. Sillä saa luotua väliaikaisen, lennosta muokattavan ohje objektin, joka antaa valinnan voimakkuudelle suunnan, toisin kuin Blenderistä automaattisesti löytyvä pehmeä valinta -optio, joka muokkaa valinnan voimakkuutta joka suuntaan kursorista katsoen. Muun muassa myös Modo-3d-ohjelmasta löytyy vastaava työkalu. (Johnson ym. 2016; Karis & Walker 2015; Mifith 2016; Styperek 2018c.)

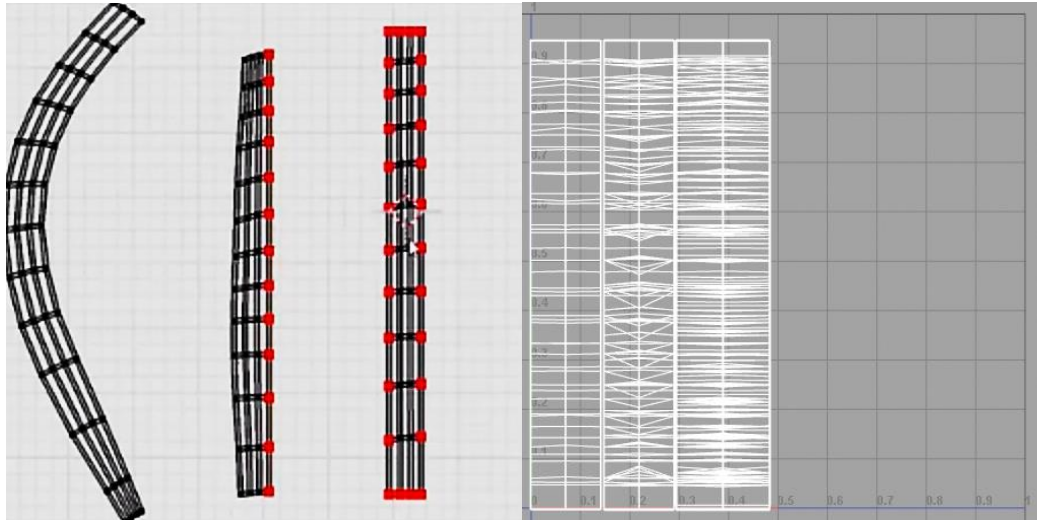
Valmiita hiuskortteja voi myös monistaa ja asetella partikkelisysteemin avulla. Lopputulosta joutuu kuitenkin todennäköisesti siistimään ja tekemään mielenkiintoisemmaksi käsin jälkeen päin, sekä oikeiden asetusten iteroimiseen menee oma aikansa. Hiuskorttipartikkelien lähettimenä toimii hahmon päänahka, josta voi esimerkiksi prototyyppi veistosta hyödyntämällä maskata alueita erilaisten hiuskorttien synnyttämiseen eri kohtiin. Partikkelikorttien ohjaamiseen voi käyttää teksturointiosiossa mainitsemani harjaustyökaluja tai esimerkiksi Hair Toolia (Styperek 2018a) käytettäessä Blenderin piirustustyökalua. Koska pitkiä hiuksia toteutettaessa usein riittää vähempi määrä kortteja, sillä kortit voivat alkaa jakauksen lähettyviltä ja peittää sitten kaiken muun alleen, mutta lyhyissä hiuksissa korttien määrän on katettava koko päänahka, partikkelisysteemin käyttö soveltuu mielestäni erityisesti lyhyiden hiuksien tekemiseen. Lisäksi lyhyissä hiuksissa kortit voivat muistuttaa enemmän toisiaan, sillä ne eivät pääse taipumaan niin paljoa maailman voimien vaikutuksesta. Voisin kuvitella käyttäväni partikkelisysteemiä myös pohjakerroksien tekemiseen, vaikka päällimmäiset tekisikin käsin, sillä pohjakerroksia ei niin paljoa näe ja niiden päätarkoitus on piilottaa päänahka ja luoda massaa. (3D Bjork 2016a; Styperek 2017.)



Kuvio 14. Hiuskortteja partikkelisysteemillä asetellessa voi hyödyntää lähettimen maskausta ja Hair Toolin (Styperek 2018a) avulla myös piirtämistä (Styperek 2017).

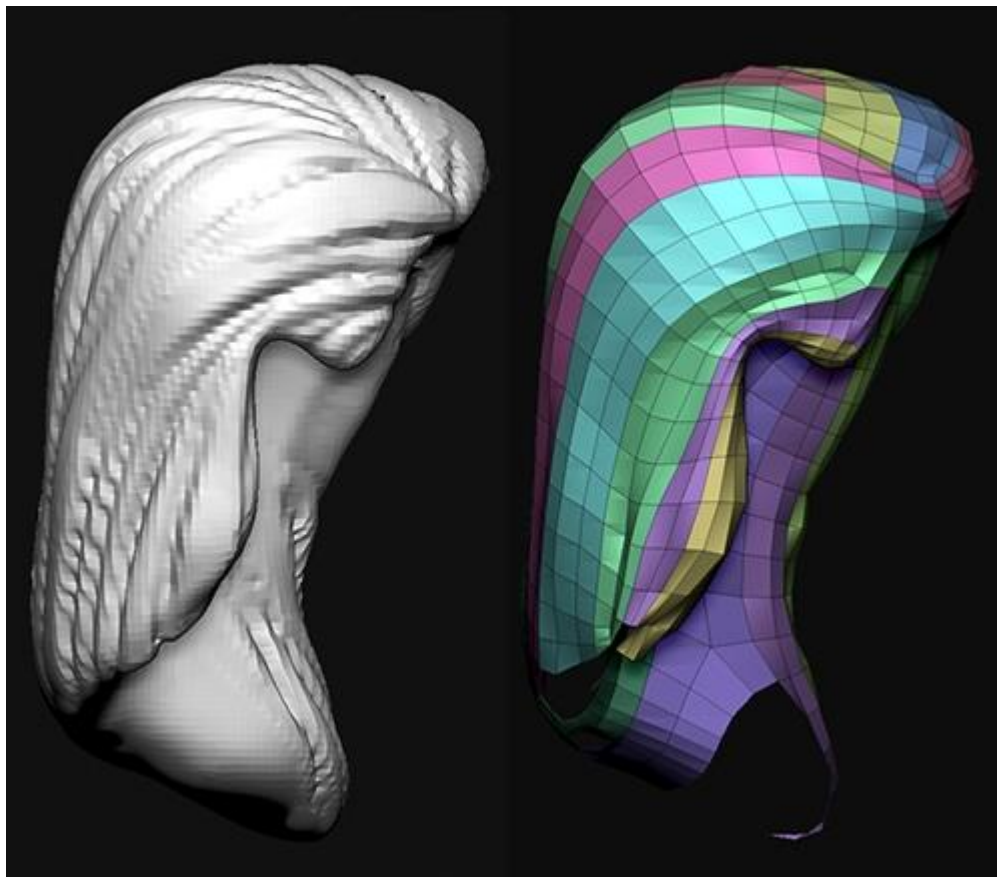
Vaihtoehtoinen työjärjestys on mallintaa kampausta niin sanotusti sokkona ensin, ja sitten vasta teksturoida/UV-kartoittaa se. Muun muassa 3D Bjorkin (2016a) on tehtävä näin, sillä hän luo hiuskortit samalla kun asetellee niitä, synnyttämällä polygoniliuskoja kurvien geometria asetuksilla Blenderissä. Seurauksena hänen ei tarvitse hirveämmin huolehtia tekstuurien ja korttien venymisestä kummallisesti, sillä kurvit synnyttävät aina tasaista polygoniverkkoa ja ne tosiaankin UV-kartoitetaan vasta jälkeinpäin. Kartoittaessa valitaan valmiista kampauksesta ne kortit, joille halutaan sama teksturi ja ensin

automaattikartoitetaan ne. Sitten UV-näkymässä UV-työkaluilla koordinaatit pakotetaan suoriksi levyiksi ja asetetaan päällekkäin. Koordinaattilevypinon kohtaan voi nyt toteuttaa haluamansa laisen tekstuurin, tai jos tekstuuri on jo toteutettu, pinon voi asettaa nyt oikean suortuvan päälle. (3D Bjork 2018b; Parker 2015.)



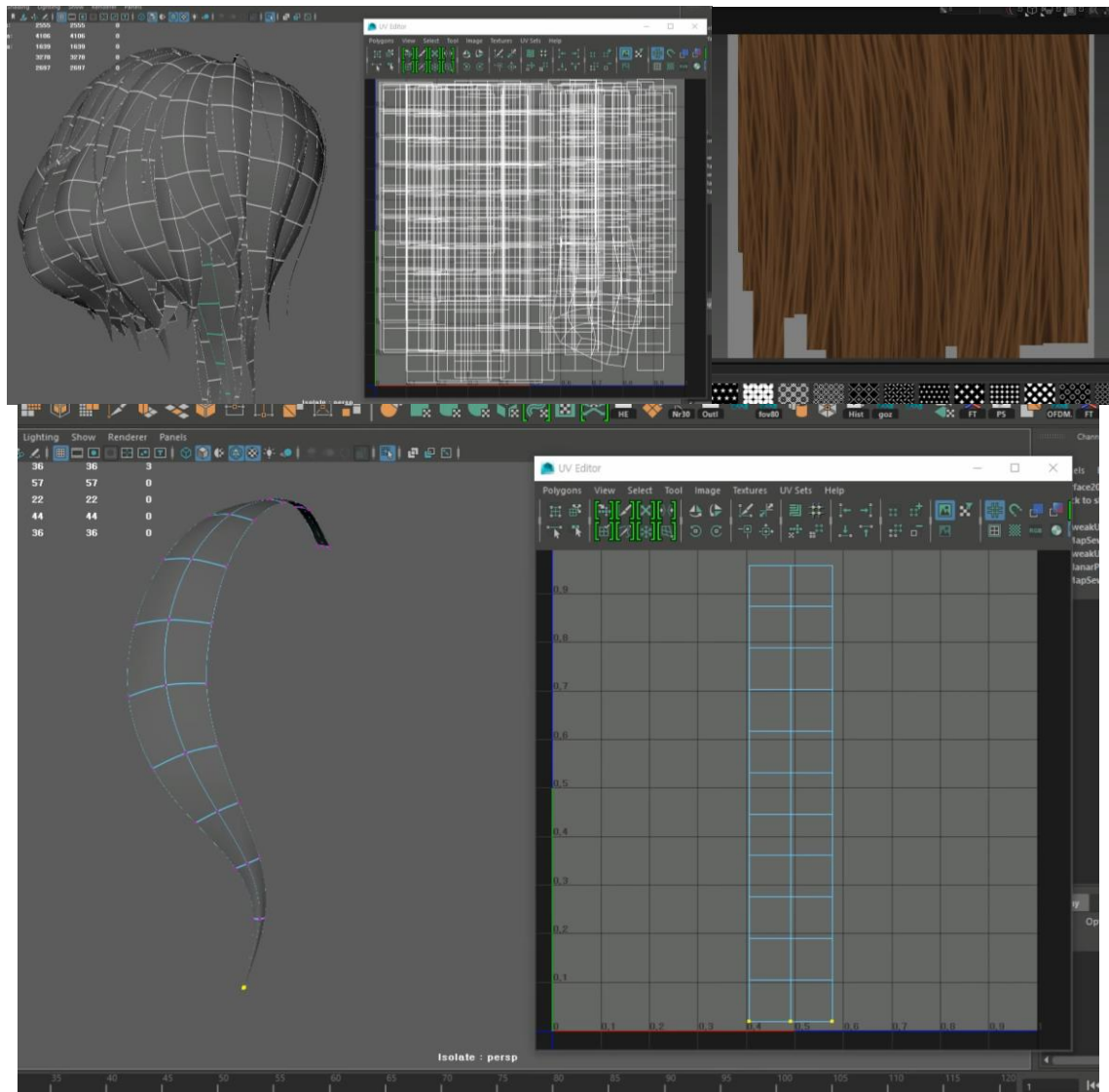
Kuvio 15. 3D Bjork (2018b) vasemmalla ja Parker (2015) oikealla pakottavat UV-koordinaatit kohdilleen kampauksen mallinnuksen jälkeen UV-työkaluja käyttämällä.

Jos haluaa käyttää luvussa kolme mainitsemaani tekniikkaa, missä prototyypiveistos leikataan suoraan hiuskorteiksi, pitää UV-kartoittaminen toteuttaa myöskin juuri edellä mainitulla tavalla. MrHobo (2017) tekee itse kortit maskaamalla veistoksesta ZBrushilla polygoniryhmiä. Sitten hän lasketuttaa ohjelmalla polygoniverkon uudelleen ryhmien säilytys -optio päällä. Kun verkko on tarpeeksi vähäpolygoninen, siisti ja kulkee ryhmien ja kampauksen mukaisesti, hän vie mallin ryhmineen 3d-ohjelmaan. Siellä hän irrottaa ryhmät toisistaan korteiksi, siistii ne ja suorittaa yllä kuvaillun jälkikäteisen UV-kartoituksen. Lisää kortteja kampaukseen saa kopioimalla näitä, tai esimerkiksi toistamalla prosessin samasta veistoksesta hieman eri kohdista jaetuilla polygoniryhmillä. (MrHobo 2017.)



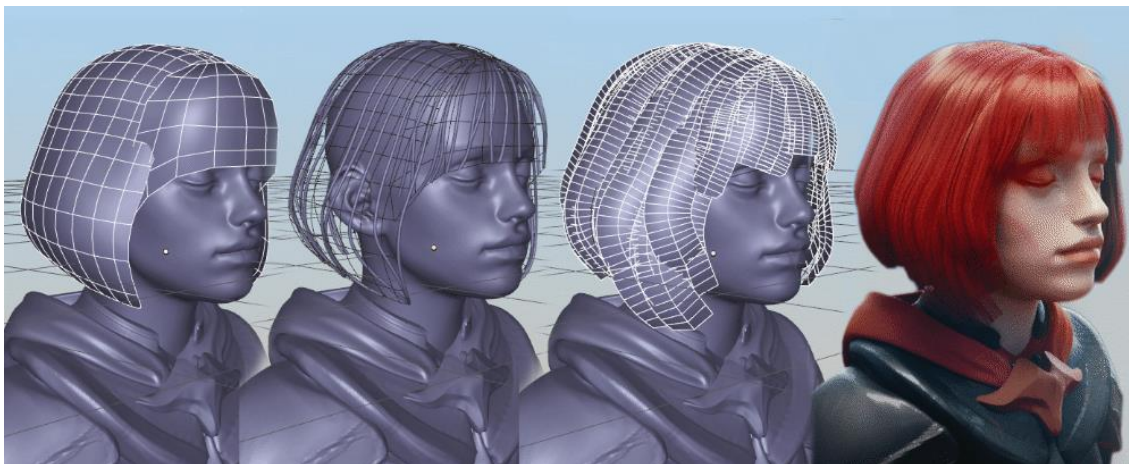
Kuvio 16. MrHobo (2017) rikkoo veistoksen hiuskorteiksi.

Myös la cupin (2018) menetelmä on mallintaa ensin ja teksturoida vasta lopuksi. Koska hän teksturoi kaikki kortit samalla kuvalla karvaa (tekniikasta enemmän teksturointi alaluvussa), on tärkeää, että hiuskortit UV-kartoitetaan kulkemaan samansuuntaisesti. Lisäksi eri korttien UV-koordinaatit kannattaa sijoitella vähän eri kohtiin UV-karttalla variaation aikaansaamiseksi. Olennainen osa la cupin työskentelyä on myös pitää korttien UV-koordinaatit tasaisen levyisinä yläreunasta alas asti, mutta mallintaa itse kortit taas kaventumaan loppupäätä kohti. Tällä tavoin oikeasti tasapaksu tekstuuri näyttää kapenevan korttien mukana ja hiukset näyttävät realismia jäljitellen ohenevan ja kimpuuntuvan päätyä kohti. (La cup 2018.)



Kuvio 17. Lacup (2018) mallintaa kampausten ensin ja lopuksi teksturoi kaikki kortit samalla kuvalla karvaa. Hiuskortin kapeneminen sen tasapaksuun UV-kartaan verrattuna on tässä työtavassa tärkeää.

Partikkelisysteemin tavoin myös Hair Toolin (Styperek 2018a) ominaisuus "Curves from grid surface" tarjoaa mahdollisuuden asettaa kortteja automaattisesti. Tekniikka on kuitenkin mielenkiintoinen, sillä se mahdollistaa hiuskorttien synnyttämisen kulkemaan pitkin halutun muodon pintaa eikä vain lähtemään siitä. Hiuskortteja voi jopa piirtää piirtopöydällä muotojen pinnalle ja hallita niiden kaventumista paineentunnistuksella. Lisäksi Hair Tool tarjoaa parametrejä muun muassa hiusten taivuttamiseen juuresta kohti päänahkaa, kihartamiseen ja letittämiseen.



Kuvio 18. Hair Toolin yksi erikoisominaisuus on synnyttää kurveja automaattisesti polygonipinnalle. Kurveilla voi toteuttaa yksittäisiä hiuksia high poly malleihin tai hiuskortteja low polympiin tarpeisiin. (Styperek 2018a)

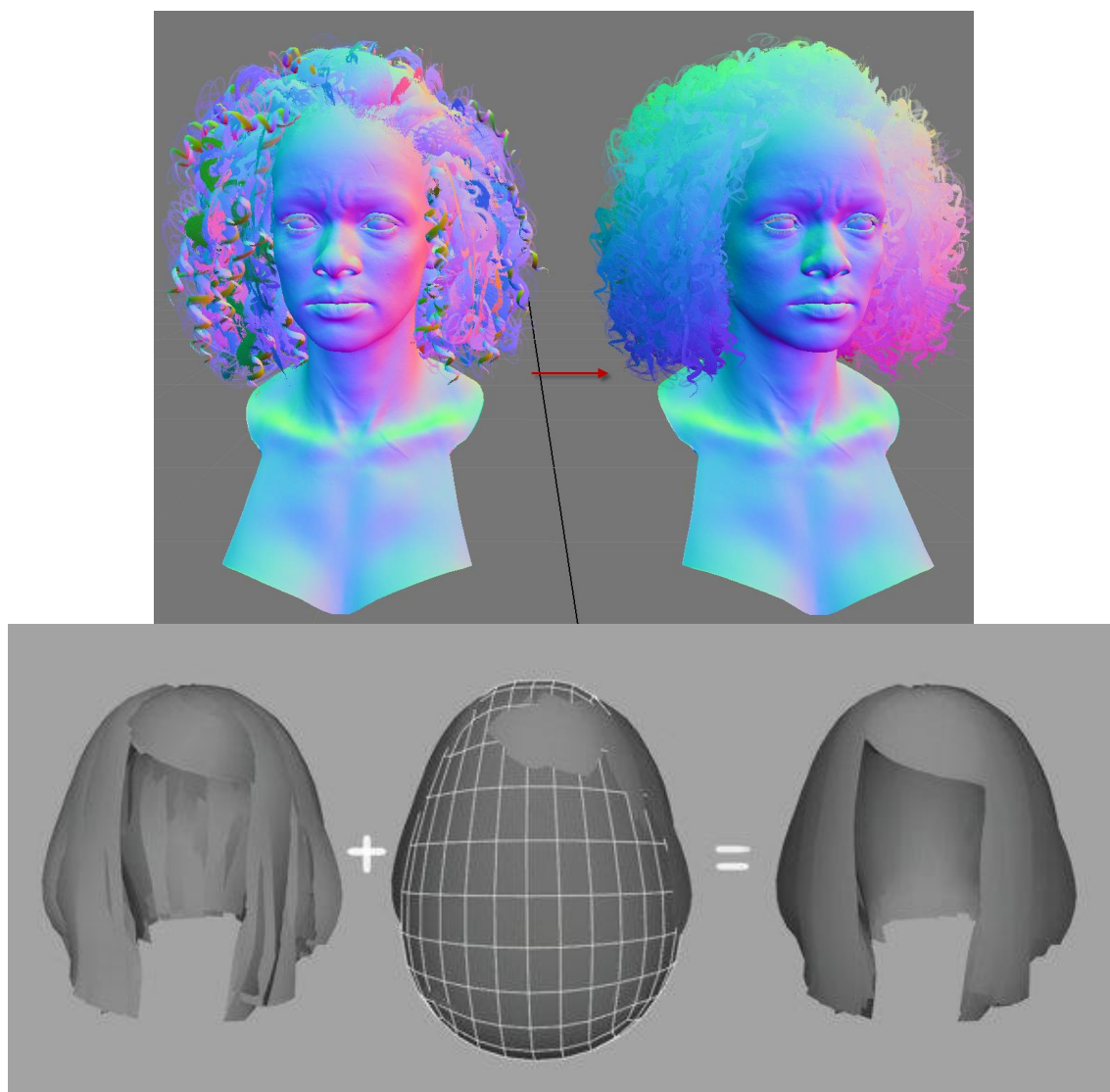
UV-kartoittamiseen Hair Tool (Styperek 2018a) tarjoaa ihan omanlaisensa vaihtoehdon. ”Draw uv area for hair” -toiminolla voi missä tahansa vaiheessa vetää UV-näkymään suorakulmion haluamalleen kohdalle, johon työkalulla tekeillä olevat hiuskortit sitten UV-kartoittuvat automaattisesti. Jos suorakulmioita tekee useamman, työkalu määrittää satunnaisesti eri korteille eri suorakulmioiden UV-koordinaatit. Työkalun ”preferences”-valikosta voi myös määrittää satunnaisen määrän korteista peilaamaan UV-koordinaattinsa, ja saada variaatiota aikaiseksi myös tällä tavoin. Hair Tool luo oman materiaalin joka UV-nelikulmiolle, mutta kortit pelkiksi polygoneiksi muunnettaessa materiaalit yhdistyvät yhdeksi. Tällä tekniikalla työskennellessä kannattaa kortteja jakaa eri objekteihin, jotta oikeat tekstuurit päätyvät oikeille alueille. (Styperek 2018c.)

5 Pelimoottoriin valmistelu ja vieminen

Tässä luvussa käyn läpi, mitä tekstuurikarttoja ja valmisteluja pelimoottoria ja sen sävytintä varten voidaan tarvita. Kuten johdannossani mainitsen, sävyttimien käsittely jää opinnäytetyössäni enemmän pintaraapaisuksi niiden teknisyiden ja laajuuden takia ja käsittelen aihetta lähinnä kokeiluilleni valitsemani valmiin hiussävyttimen näkökulmasta.

Koska verteksinormaalit voivat paljastaa hiuskorttien levymäisyyden ja irrallisuuden toisistaan varjostumisessa, voidaan niitä vielä manipuloida. Tarkoituksena on saada korteille yhtenäinen varjostus, joka kohtelee koko hiuskokonaisuutta yhtenä massana, eli käytännössä joka verteksin normaali tulisi osoittamaan suuntaan, johon ympärillä

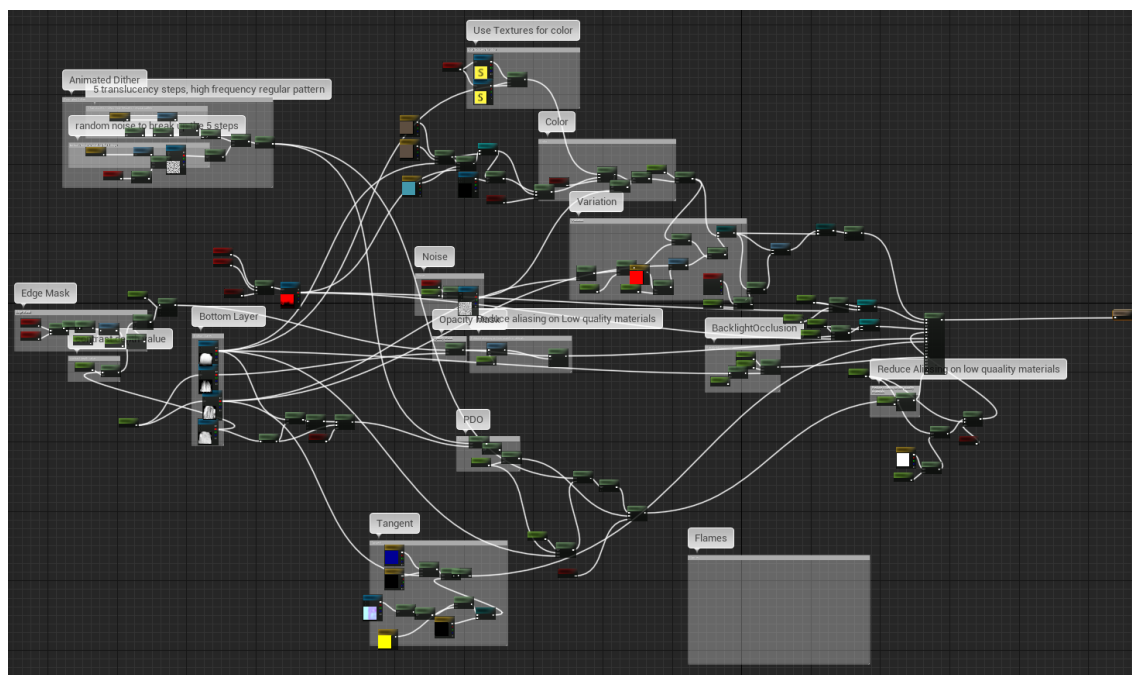
olevien verteksin normaalit osoittavat keskiarvoisesti. Tähän on esimerkiksi Maya 3d-ohjelmassa automaattinen toiminto "Normals > Conform", mutta joissakin ohjelmissa on tarpeellista mallintaa itse keskiverto verkko kokonaisuudesta ja projisoida normaalit siitä. (Jiang 2016; Parker 2015)



Kuvio 19. Jiang (2016) yllä ja Parker (2015) alla esittelevät hiuskorttien verteksinormaalien yhtenäistämistä.

Sävyttimiä tarvitaan kahdessa eri vaiheessa hiuskorttien tekemisestä. Ensin kun tekstuurikarttoja kehitetään 3d-ohjelmassa, ja myöhemmin lopulliseen materiaaliin pelimootorissa. Tekstuurikarttoihin käytän kokeiluissani Hair Toolin (Styperek 2018a) mukana tulevia Blender-materiaaleja, ja esimerkiksi Porfyridou (2018) käyttää Mayaan löytyvää

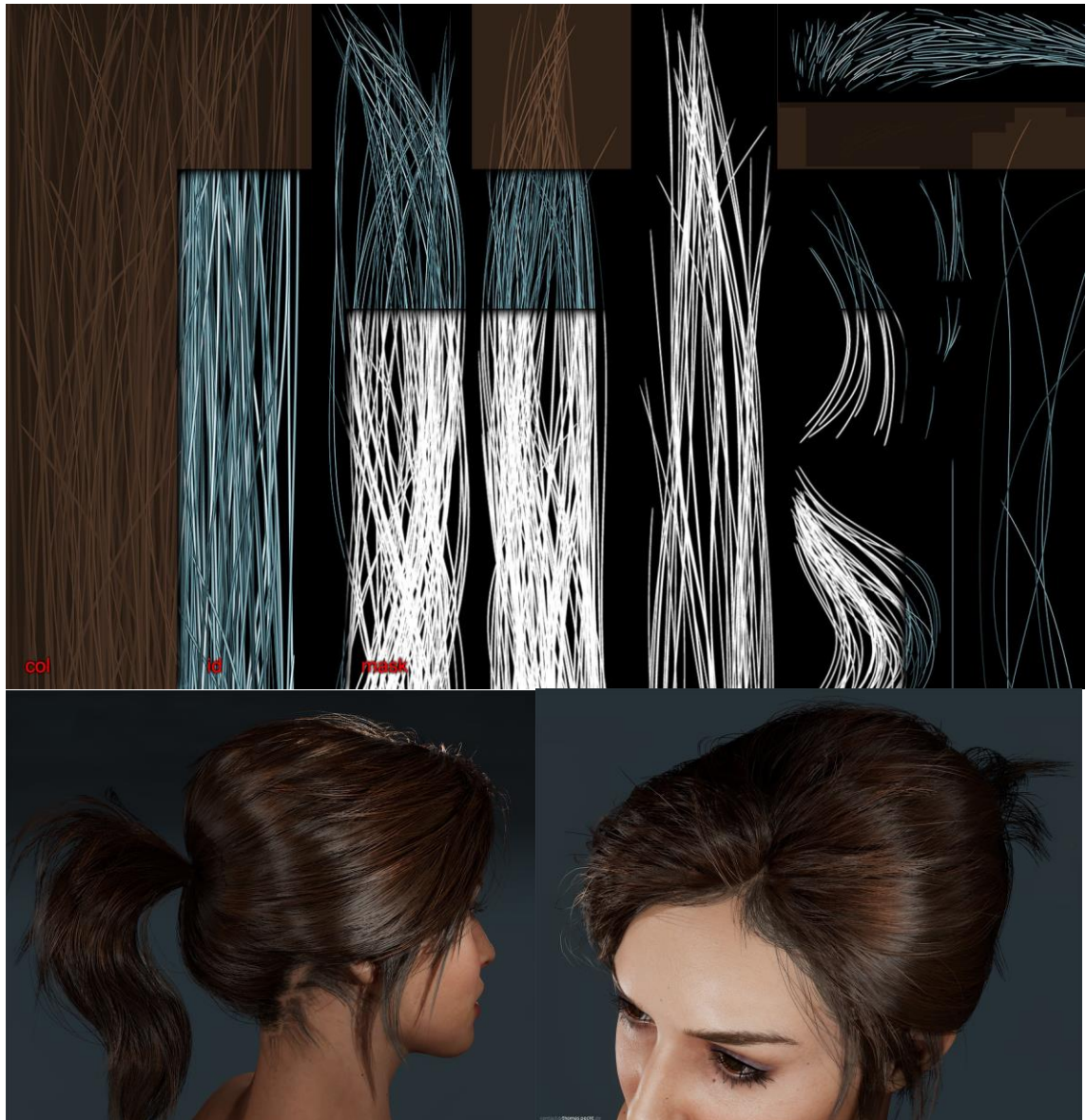
Anders Langlandsin ”dual scattering” -sävytintä. Pelimoottorissa käytän muun muassa Verhoolenin (2018) ja Porfyridoun (2018) tapaan Epic Gamesin Paragon peliä varten tekemää Unreal Enginen (4.15) esimerkkihiussävytintä. Ilmeisesti ominaisuuksia kuten hiusten läpikuultavuus ja valaistuminen on vaikea toteuttaa halvasti hyvännäköisesti, mutta Epic Gamesin työntekijät vaikuttavat ratkaiseen asian melko hyvin sävyttimesään. (Jiang 2016; Karis & Walker 2015; Unreal Engine 4.15.)



Kuvio 20. Epic Gamesin Paragon peliin luoma hiussävytin joka on saatavilla Unreal Enginen (4.15) esimerkki projektissa ”Photorealistic character”.

Lopullisesta pelimoottorin sävyttimestä riippuen pitää tekstuurista kehittää eri informaatiota antavia tekstuurikarttoja. Epic Gamesin hiussävyttimen kanssa voi käyttää ”diffuse-” eli värikarttaa, ”alpha-” eli läpinäkyvyyskarttaa, ”root-” eli juurikarttaa, ”depth-” eli syvyyskarttaa sekä ”unique ID” eli (melko vapaasti käännettynä) yksilöityskarttaa. Tarvittaessa siihen voi lisätä myös ”flow-” eli virtauskartan. Koska kaikki näistä paitsi väri- ja virtauskartta ovat harmaasävyisiä, voidaan ne tarpeen vaatiessa kompositoida saman kuvatiedoston neljälle eri kanavalle (R, B, G, A). (Styperek 2018b; Unreal Engine 4.15.)





Kuvio 21. Yllä Porfyridoun (2018) kehittämät läpinäkyvyys-, yksilöitys-, syvyys-, ja juurikartat sekä lopputulos. Lisäksi hän käytti myös värikarttaa. Alla Pecht (2017a) taas jättää syvyys- ja juurikartan käytön pois, mutta on lisännyt virtauskartan.

Värikartan sijaan voidaan käyttää epätarkempia, mutta halvempia verteksivärejä, tai kuten Epic gamesin hiussävyttimellä, väri voidaan luoda sävyttimeen rakennetuilla säätöarvoilla. Säätöarvot ovat käteviä iterointiin ja käyttävät juuri ja yksilöinti karttoja hyödykseen, ja eivät verteksivärien tavoin tarvitse värikarttaa, mutta esimerkiksi Unrealin hiussävytin antaa vaihtaa vain kahta (juuri ja pääty) väriä, eli kolmen värin liukuvärit eivät onnistu. Juurikarttaa voidaan käyttää myös teennäiseen varjon luomiseen hiusten juuriin ja vähentämään niiden heijastavuutta. Lisäksi ymmärrykseni mukaan juurikartalla voi myös ohjata hiusten animoitumista. (Pecht 2017b; Unreal Engine 4.15.)

Laskentatehoja säästääkseen Epic Gamesin hiussävyttimen kanssa käytetään läpinäkyvyyskarttoja, joissa on pelkkää mustaa tai valkoista eli täysin läpinäkyvää tai läpinäkymätöntä informaatiota. Harmaasävyisiä puoliläpinäkyvyyksiä ei käytetä. (Unreal Engine 4.15.)

Syvyyskarttaa Epic Gamesin sävyttimessä käyttää erittäin nerokas toiminto ”Pixel depth offset”. Toiminto luo illuusion, missä tummalla merkityt asiat näyttävät sijaitsevan syvemmällä kuin vaalealla merkityt. Efektiä voi tukea käyttämällä syvyyskarttaa myös värin ja heijastavuuden hallitsemiseen. Realistisen ilmeen lisäksi illuusio auttaa suuresti piilottamaan korttien risteyskohtia. (Unreal Engine 4.15.)



Kuvio 22. Unreal Engine (4.15) demonstroi ”Pixel depth offset” toimintoa, joka hyödyntää hiuskorteille kehitettyä syvyys tekstuurikarttaa.

Ulkonäöltään syvyyskarttaa muistuttavassa yksilöityskartassa jokaiselle hiukselle on annettu oma arvo (harmaasävy) välillä nollasta yhteen. Se auttaa varioimaan sävyttimen lopputulosta niin, että hiukset näyttävät orgaanisilta eivätkä koostu identtisistä hiusyksilöistä. (Unreal Engine 4.15.)

Hiusten ”speculaaria” eli hiusten kiiltoa ohjataan kulkemaan hiusten taipuneisuuden mukaan tangenttivektoreilla. Sävytin laskee tangentit automaattisesti, jos kaikkien hiuskorttien UV-koordinaatit kulkevat juuresta latvaan alhaalta ylös UV-koordinaatistossa. Jos näin ei ole tai hiukset ovat pitkät ja kortit taipuilevat itse paljon eri suuntiin, voi olla

kannattavaa käyttää tangenttien määrittämiseen erikseen kehitettävää virtauskarttaa. Näin saadaan voimistettua vaikutelmaa hiusten taipumisesta halutulla tavalla. Virtauskartan käsin tekemisen mahdollistaa esimerkiksi Substance Painter. (Substance Painter 2019; Unreal Engine 4.15.)



Kuvio 23. Lecouturieri (2018) esittelee artikkelissaan hiusten kiiltoa ilman virtauskarttaa ja sen kanssa. Hän käyttää kartasta nimeä "direction map", eli suuntakartta.

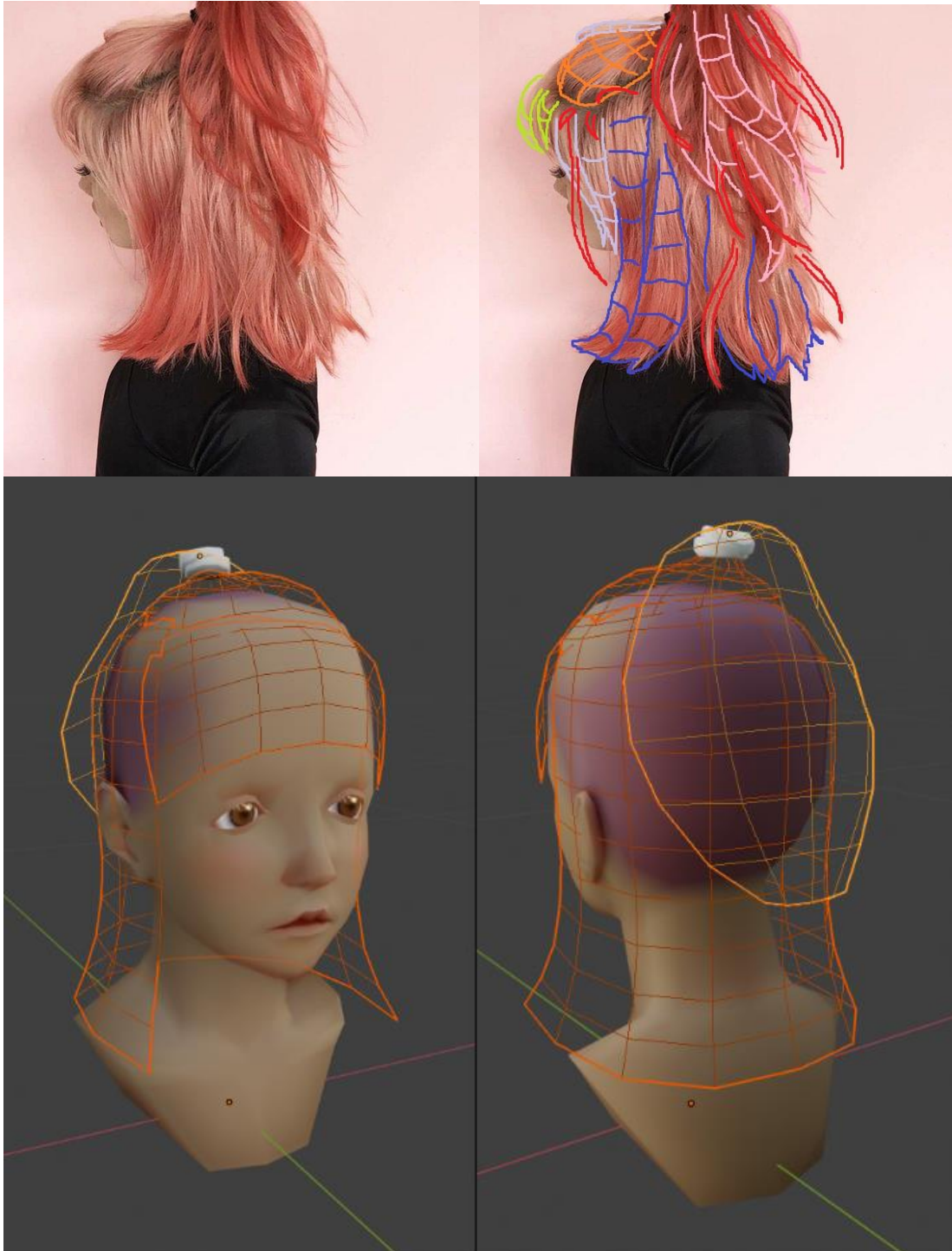
Muun muassa Verhoolen (2018) ja Jiang (2016) puhuvat myös vaiheesta, missä varjostumisesta kehitetään tekstuurikartta koko kampaukselle erillistä UV-kanavaa tai verteksivärejä hyödyntäen. Aihe menee kuitenkin niin tekniseksi, että jätän vaiheen pois omista kokeiluistani.

6 Omat kokeiluni

Hair Tool -lisäosa Blenderille (Styperek 2018a) vaikuttaa erittäin kätevältä, mutta puhetta siitä löysin kovin vähän. Varsinkaan isompiin pelifirmoihin työkalu eikä oikeastaan koko ohjelma näytä vielä aivan löytäneen tietään. Minulla on pieni epäily, että Hair Toolin kohdalla kyseessä saattaa olla niin sanottu kätkeyty helmi, josta monikin 3d-artisti voisi olla kiinnostunut, jos vain siitä tietäisi.

Mallina ensimmäiselle kokeilulleni päätin käyttää Pinterestissä vastaan tullutta kuvaa (Ninja Cosmico 2016). Hahmotellakseni tulevaa työtä jaoin hiukset osioihin. Pysin arvi-

oimaan, mitkä osiot olisi hyvä generoida erilaisilla Hair Toolin asetuksilla ja/tai mitkä käyttäisivät eri tekstuuria. Päädyin luomaan neljä eri verkkoa “Curves from grid surface” -toimintoa varten: pääosio, otsahiukset, pänpäällisosio sekä ponihäntä.



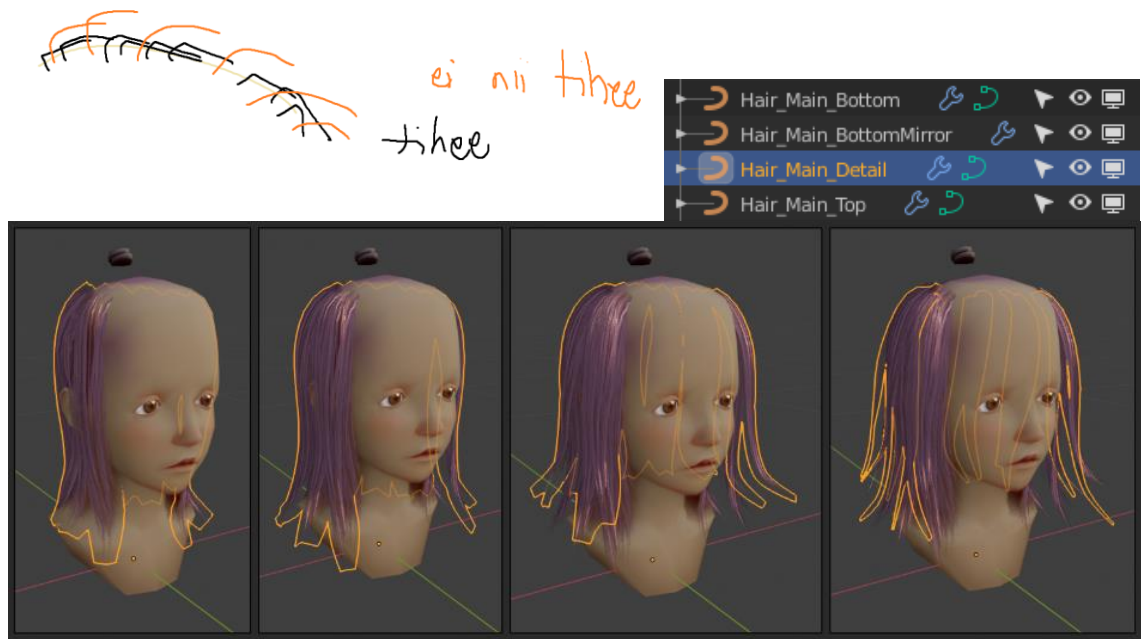
Kuvio 24. Pinterestistä löytämäni mallikuva (Ninja Cosmico 2016) hiuksille ja niiden jaottelu osioihin pohjaverkkoja varten

Hyvin nopeasti koin hyödylliseksi seurata lopputulosta pelimoottorissa Blender-näkymän lisäksi, sillä näkymä siellä on hyvin eri verrattuna Hair Toolin Blenderin sisäiseen materiaaliin. Päätin hyödyntää Unrealin valmiin hiussävyttimen värigenerointia diffuse-kartan sijaan. Perusasetukset olivat suoraan miellyttävät, ja säädin lähinnä juurien ja päätyjen värin mieleiseksini.



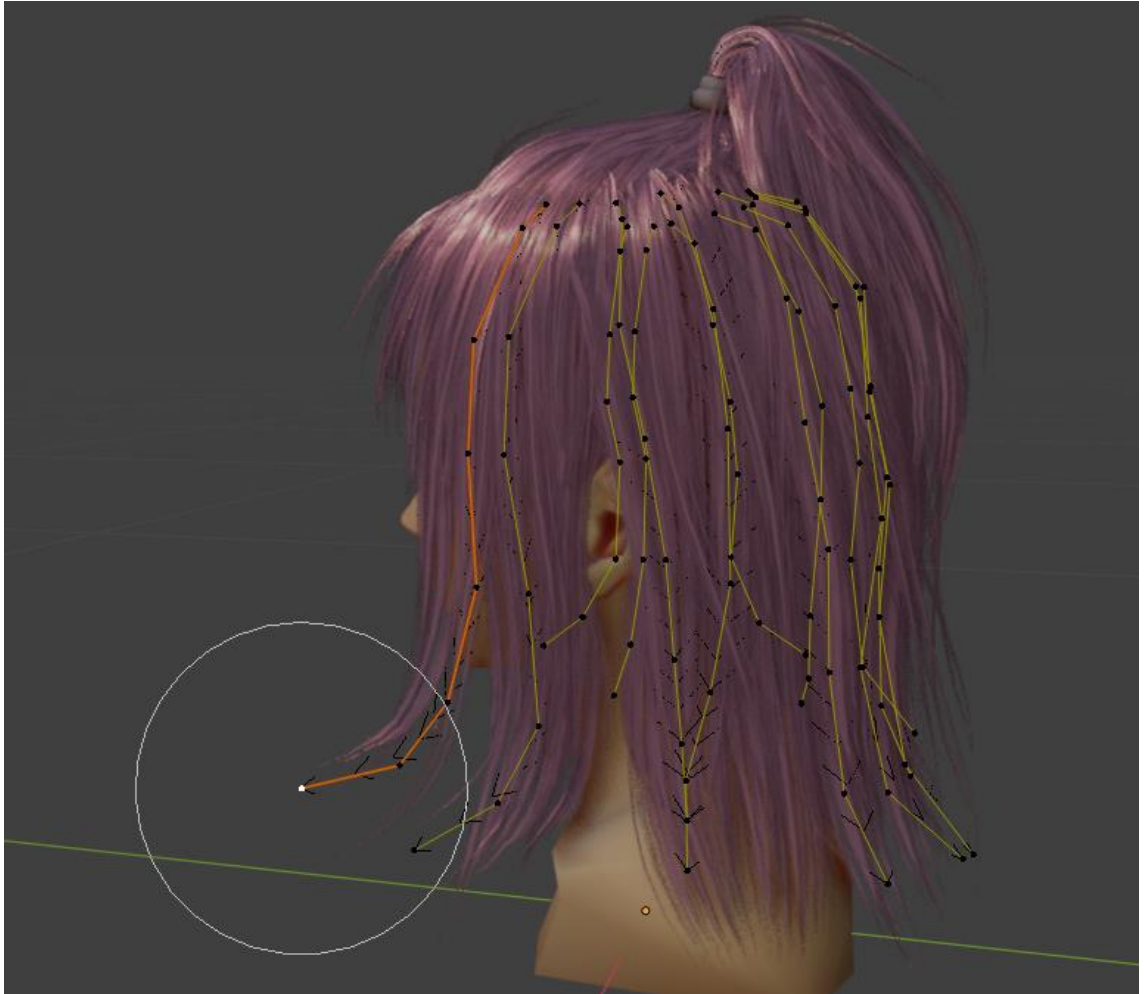
Kuvio 25. Näkymä Blenderissä verrattuna näkymään Unrealissa

Pikaisella päättelyllä tulin tulokseen, että osiot luultavasti tarvitsisivat erilaisia kerroksia. Alimmaisat kortit tein leveiksi, tiheästi asetelluiksi ja pään myötäisiksi peittääkseeni päänahan ja luodakseni massaa, päällimmäiset päinvastoin luodakseni variaatiota ja matkiakseni oikean elämän fysiikkaa. Yhdellä pohjaverkolla sain luotua saman osion kaikki eri kerrokset "Curves from grid surface" -toimintoa eri arvoilla toistaen.



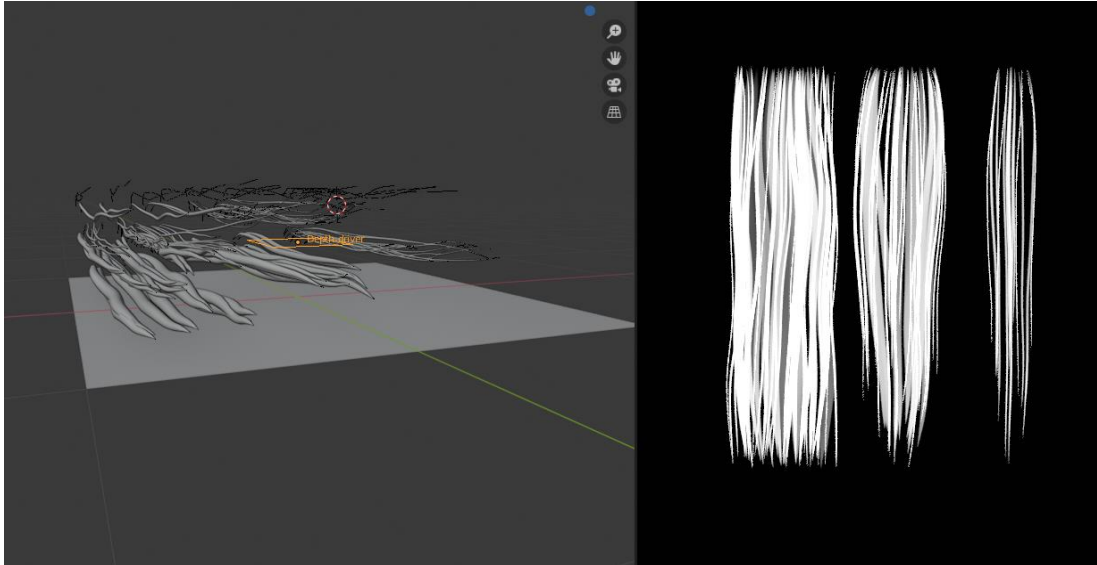
Kuvio 26. Osioiden jakaminen kerroksiin

Muutin esimerkiksi korttien nostoa sekä matkaa ja jyrkkyyttä, jolla korttien juuret lähtevät uppoamaan päänahkaa kohti. Päälimmäisimmät irtosuikaleet koin miellyttäväksi piirtää itse hiirellä kulkemaan miten halusin, mikä onnistui hyödyntämällä Hair Toolin korttien piirtotoimintoa asetuksella "projected" ja korkealla nosto arvolla. Jos jotakin tulosta ei saanut helposti aikaan generoimalla, kortteja oli helppo hienosäätää generoinnin jälkeen normaaleilla kurvityökaluilla "proportional editing" -toiminto päällä. Käytin niitä esimerkiksi yksittäisten korttien kääntämiseen, kavennukseen ja liikutteluun. Pohjimmaisena kerroksena päädyin kopioimaan peilattuna saadakseni helposti lisää massaa hiuksiin.



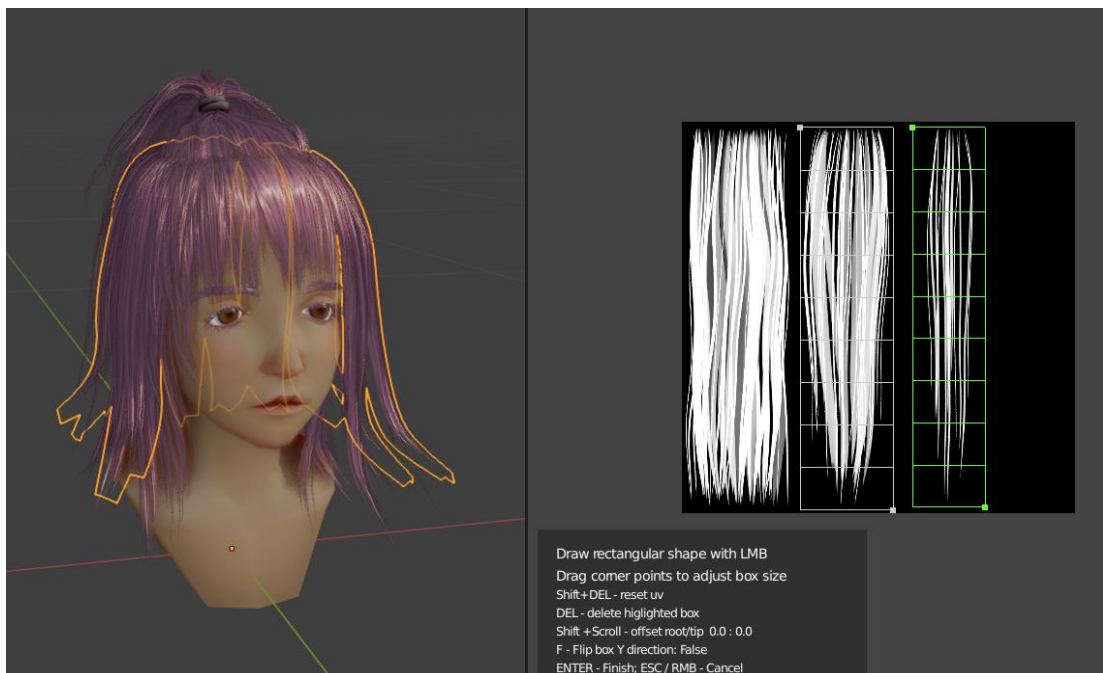
Kuvio 27. Hiuskorttien hienosäätöä kurvityökalujen avulla

Tekstuurikarttojen kehitystiedostossa koin helpoimmaksi hyödyntää uudelleen Hair Toolin “Curves from grid surface” -toimintoa, sillä sen käyttöliittymä on mielestäni selkeämpi kuin Blenderin partikkelisysteemien. Loin tännekin eri paksuisia ja tiheyksisiä kerroksia, jotka asettelin selkeästi eri korkeuksille helppoa muokkausta varten. Tämä oli mahdollista, koska tekstuurikartat kehitetään suoraan ylhäältäpäin, ja syvyyskarttaa varten on tiedostossa valmiina objekti, jolla voi määrittää alueen jolta syvyys lasketaan. Alimpien kerroksien hiukset jätin ensimmäiseen kokeiluun melko paksuiksi mielenkiinnosta, koska esimerkiksi maalatessa on minusta miellyttävän näköistä, jos osa hiuksista sulautuu yhteen. Lisäksi kehittäminen on nopeampaa vähemmällä määrällä geometriaa.



Kuvio 28. Tekstuurikarttojen kehitystiedostossa koin hyödylliseksi erotella hiuksia kerroksiin

Tekstuurikarttoja oli todella helppo iteroida Hair Toolin kehitystiedoston sekä UV koordinaattien piirto toiminnon avulla. Aloitin yhdellä suortuvalla ja päädyin kolmeen eri suortuvaan: paksu ja tiheä, ohut ja harva, kolmas siltä väliltä. Jos suortuvien sijainti tekstuurikartoissa muuttui, tai halusin lisätä yhteen kerrokseen satunnaisesti useampaa kuin yhtä suortuvaa, minun tarvitsi vain valita materiaali, jota kerros käytti ja raahata koordinaatit uusille paikoilleen.



Kuvio 29. UV kartoitusta Styperekin (2018a) Hair Toolilla

Ripset ja päänpäällisen ponihäntään johtavan hiusmassan alimman kerroksen päädyin toteuttamaan erillisten korttien sijaan yhtenäisinä leveinä muotoina, jotka avasin UV-kartalle käsin. Kummatkin ovat jyrkästi kapenevia/leveviä muotoja, joten koin että näin tehden pystyin ohjaamaan tekstuuria helpommin kulkemaan haluamallani tavalla. Ongelmaksi kuitenkin osoittautui, että rajusti venyvä tekstuuri vääristyy paljastaen polygonien kolmioitumisrajat. Hiusten väriksi värjätty päänahka ja päälle asetellut vähemmän venyvät hiuskortit auttoivat piilottamaan vääristymistä.



Kuvio 30. Tekstuurin voi venyttää noudattamaan haluttua muotoa (yläivi). Seurauksena tekstuuri voi kuitenkin vääristyä polygonien kolmioitumiskohdista, minkä pyrin piilottamaan lisäämällä vääristymättömiä hiuskortteja päälle.

Ensimmäisen kokeiluni lopputulos on vain 6640 kolmiota, eli reippaasti alle AAA-tuotannon päähenkilön hahmon hiusbudjetin, joka vaikutti pyörivän 30 000 paikkeilla. Lopputulosta olisi siis varaa hioa vielä esimerkiksi lisäämällä erilaisia kerroksia runsautta ja variaatiota tuomaan tai vaikka yksinkertaisesti tihentämällä korttien polygoniverkkoja UV-vääristymien ja siluetin silottamiseksi. Koen kuitenkin, että tämä lopputulos demonstroi tarpeeksi pitkälle sekä minulle itselleni että lukijalle tekniikoiden ja työkalujen käyttöä.



Kuvio 31. Lopullinen kampaus ilman tekstuuria Blenderissä verrattuna tekstuurin kanssa Unrealissa

Aluksi unohdin kääntää tekstuurikartat ja UV-kartoituksen kulkemaan alhaalta ylöspäin, kuten Unreal enginen hius sävyttimen käyttöohjeet neuvovat (Unreal Engine 4.15.), eli juuret alas ja päädyt ylös. Vaikutus oli pieni, ja olin jo kerennyt muokata hiuksia hie-
man, ennen kun tajusin kääntää ne, mutta näyttäisi siltä, että varsinkin kaarevat muodot ja niiden kiillot nousevat paremmin esiin, kun kartat ovat sävyttimen kannalta oikein päin.



Kuvio 32. Ylärivillä tekstuurikartat ja UV:t ovat väärin päin Unrealin hius sävyttimen kannalta, alarivillä oikein päin.

Virtauskartasta en ennen opinnäytetyötä varten tekemääni tutkimustyötä ollut itse ikinä kuullut, mutta ainakin Unrealin sävyttimen kanssa ero on selkeä. Virtauskartta nostaa esiin tekstuurin kiillon polveilun aivan eri tavalla. Pidin vaikutuksesta niin paljon, että voimistin kartan kontrastia keinotekoisesti lisätäkseni vaikutusta.



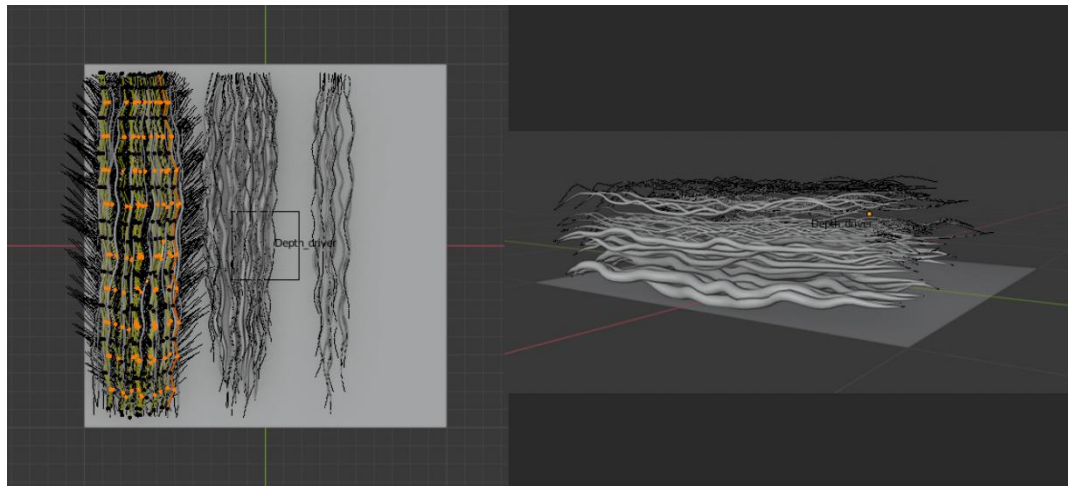
Kuvio 33. Vasemmalla sama kampausta ilman virtauskarttaa, oikealla sen kanssa

Hiuskorttien verteksinormaalien yhtenäistämällä en saanut aikaan selkeää muutosta millään, enemmänkin vain pahensin tilannetta, joten päätin jättää sen käytön pois. Testasin mielenkiinnosta saman kampausta myös ohuempi ja paksumpi hiuksisilla tekstuureilla. Tyylyttelyn nimissä tykästyin kaikista paksuimpaan versioon, sillä siinä toteutuu aiemmin mainitsemani yhteen sulanut, maalauksellinen vaikutelma, josta pidän. Lisäksi sävyttimen luoma polveileva hiusten kiilto korostuu siinä mielestäni kauniisti.



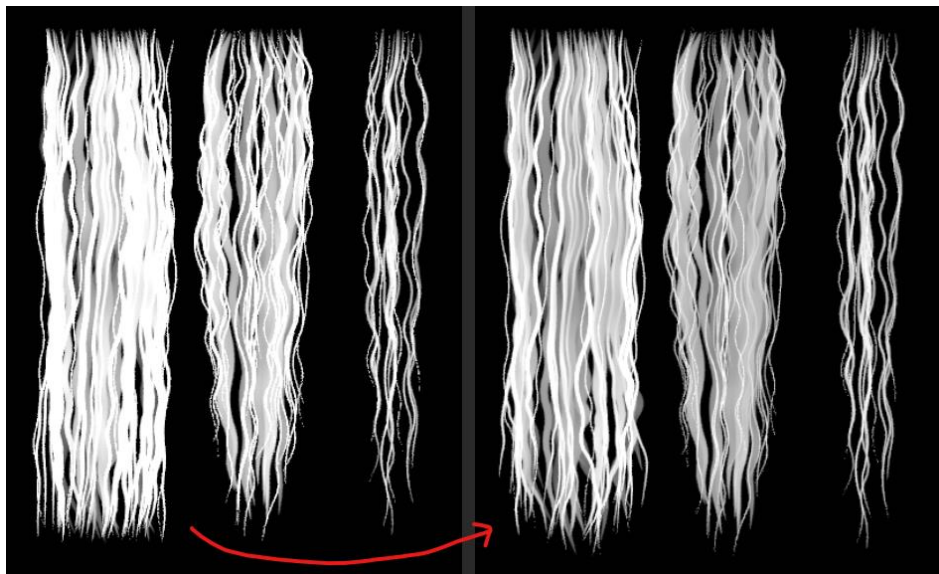
Kuvio 34. Sama kampaus ohut-, keskipaksu- ja paksuhiuksisilla tekstuureilla

Seuraavaksi testasin hiusten kihartamista. Kokeilin ensin, kuinka pitkälle pääsen vain muuttamalla tekstuurit kihariksi koskematta itse korttien geometriaan. Koska halusin hyödyntää automatisoinnin avulla luomiani aikaisempia kehityshiuksia, en lähtenyt generoimaan mitään uudestaan vaan tartuin vain satunnaisiin riveihin ja liikutin niitä ja käänteistä valintaa eri suuntiin. Sivuhuomiona että unohdin ensin syvyys suunnassa kihartamisen, jonka lisääminen auttoi heti lopputulosta.



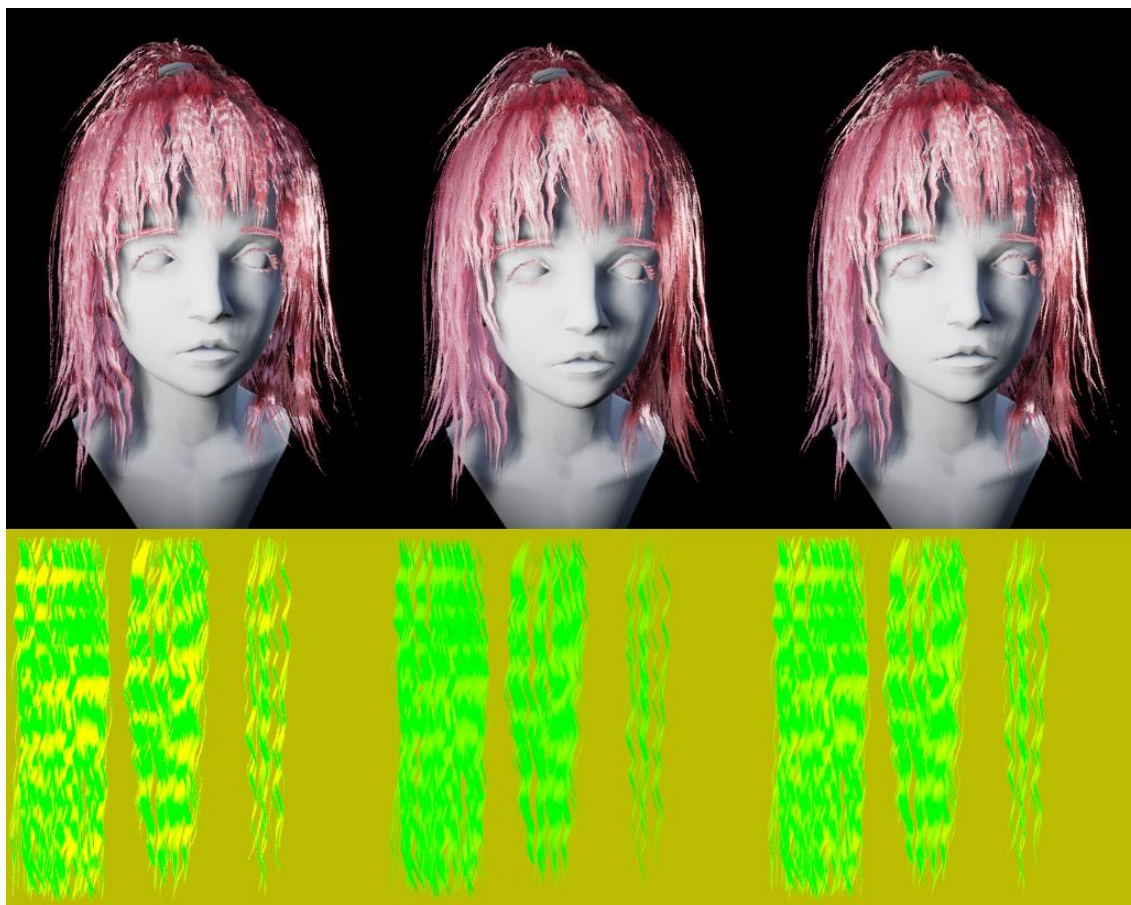
Kuvio 35. Tekstuurin irtohiukset käsin kiharrettuina. Muistutuksen arvoista ottaa huomioon myös syvyys suunta kihartaessa.

Tässä vaiheessa hoksasin myös, että levein hiussuikale oli kovin laatikkomainen latvastaan, joten muokkasin sitä hieman orgaanisemmaksi.



Kuvio 36. Tekstuurin muokkaus orgaanisemmaksi

Näkymä Unrealissa oli jo melko vakuuttava, mutta aiemmin kasvattamani virtauskartan voimakkuus osottautui liian suureksi kiharalla tekstuurilla ja sai aikaan geelipäällysteisen vaikutelman. Hair Toolin oletusarvo oli kuitenkin mielestäni edelleen liian vaisu, joten madalsin voimakkuuden viisinkertaisesta kaksinkertaiseen.



Kuvio 37. Virtauskartan vaikutus eri voimakkuuksilla. Vasemmalla viisinkertainen Styperekin (2018a) Hair Toolin oletusarvoon verrattuna, joka oli mieleeni suorien hiuksien kanssa mutta ei kiharoilla. Keskellä oletusarvo ja oikealla kaksinkertainen, mihin päädyin kiharien kanssa.

Totesin, että jonkun verran kiharat kaipaivat tukea geometrialta siluettiinsa, joten päätin Unchartedin hiusartistien tavoin (Jiang 2016) kokeilla kihartaa uloimmat hiukset, mutta jättää sisemmät suoriksi, jotta polygonimäärä kasvaisi mahdollisimman vähän. Lopputulos oli mielestäni riittävän hyvä, ja polygonimäärä kasvoi vain noin viidesosalla, eli 6640:stä 8088 kolmioon. Voisin arvioida, että kihartamalla kaikki hiukset määrä olisi kaksin- tai jopa kolminkertaistunut. Jälkeenpäin tulin ajatelleeksi että osaa korteista olisi pitänyt vielä kierrättää oman akselinsa ympäri jos haluaisi hiusten näyttävän enemmän luonnonkiharoilta ja vähemmän kihartimella painetuilta.



Kuvio 38. Tiheän kiharan versio ensimmäisestä kampauksesta. Vain päällimmäisten irtohiuksien geometria on oikeasti kiharrettu.

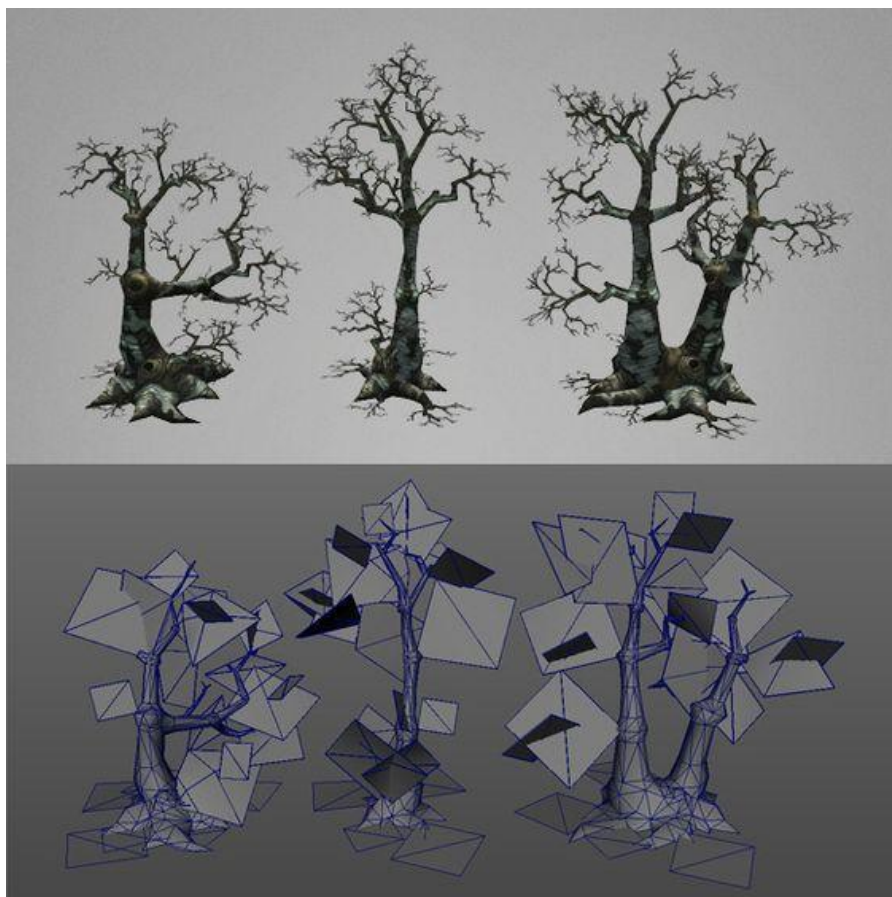
Viimeisenä kokeiluna tein vielä löysät isot kiharat. Hyödynsin vielä viimeisen kerran Hair Toolia ja automatisoin eri säätöarvoilla kortit kihartumaan latvoja kohden satunnaisesti suuntiin. Koska olin jakanut hiukset osioihin, minun oli helppo asettaa eri pituisille korteille omat voimakkuudet ja tiheydet kihartumiseen. Koin että hyvältä näytti kun pitkät hiukset kiertyivät isoille korkkiruuveille mutta suoristuivat juuria kohden hiusten painosta ja lyhyet taas saivat jäädä hiukan tiheämmille laineille. Lopputulosta auttoi myös paljon se, että kortteja skaalasi leviämään latvoista kauemmas, niin että kiharoille jäi enemmän tilaa. Kolmioita kertyi 10761, sillä tällä kertaa koin, että kaikki kortit kannattanevat kihartaa. Tekstuuri ja sijoittelu kaipaisivat vielä hiontaa, mutta suunta on mielestäni tarpeeksi kohdallaan, että työstä näkee minne sen voisi hiomisella viedä.



Kuvio 39. Löysän kiharan versio kampauksesta. Yllä kampaus ennen kuin tajusin levittää latvoja isommalle alueelle kiharoiden puskevana.

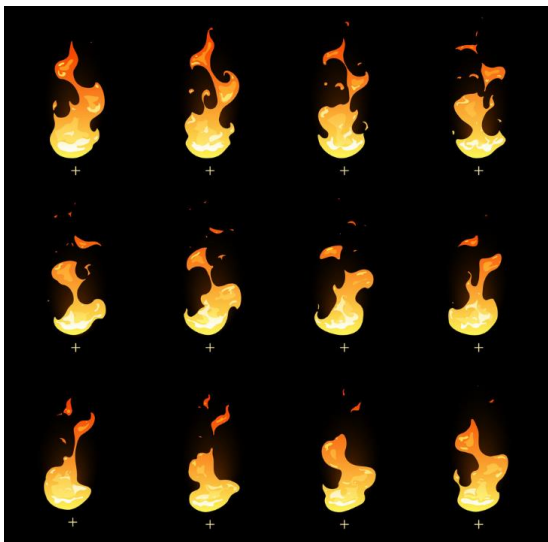
7 Esiintyneiden tekniikoiden hyödyntäminen muussa pelituotannossa

Samoja tekniikoita, joita olen tässä opinnäytetyössä käynyt läpi vain hiusten toteuttamisen kannalta, hyödynnetään myös muihin tarkoituksiin pelituotannossa. Luonnollisesti hiuskortit käyvät minkä tahansa karvaisen asian, kuten turkkien tai ruohon tekoon, mutta osa tekniikoista on myös käytössä esimerkiksi joidenkin pelien puiden oksissa ja jopa nuotion liekeissä.



Kuvio 40. Muutama toistuva sprite muodostamassa puiden pikkuuksien verkoston hyvin samaan tapaan kuten hiuskortit muodostavat kampauksen (BITGEM 2014).

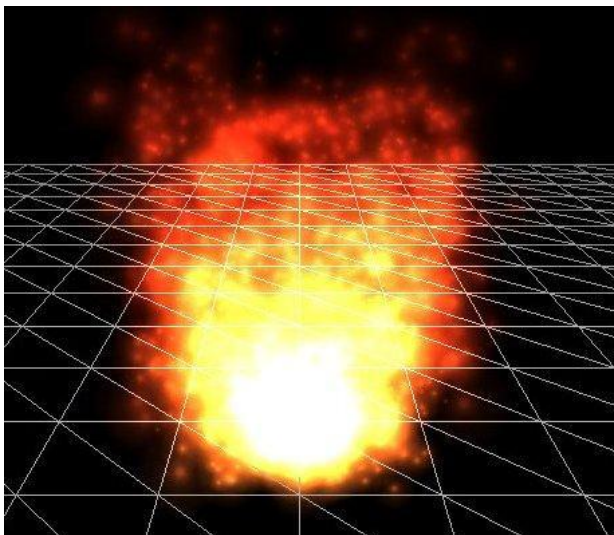
Hiuskortin kaltaista peliobjektia, joka muodostuu vähäisistä polygoneista ja saa siluettinsa läpinäkyvyystekstuurikartan avulla kutsutaan "spriteksi". Usein voi bongata esimerkiksi nuotion muodostuvan pelaajan kameraa kohti alati kääntyvästä spritestä. Spriten tekstuuria voidaan animoida, eli kortilla pyörii toistolla "elokuva" lyhyestä sarjasta ennalta toteutettuja kuvia, mikä saa objektin näyttämään elävältä. Varsinkin kääntyvistä spriteistä puhuttaessa saattaa nähdä spriten-termin sijaan termiä "billboard" käytettävän, mutta kumpaakin näkyi käytettynä vähän ristiin rastiin. (concept3d 2013; Polycount wiki 2015a; Polycount wiki 2015b.)



Kuvio 41. Yhdestä spritestä muodostuva kuvasarjalla animoituva liekki (MicroOne, luettu 2018)

Kuten Wikipediastakin (2018b) huomaa, sprite-tekniikka on melko vanha ja sitä tunnutaan käytettävän kolmiulotteisuuteen tähtäävissä peleissä lähinnä, jos objekti on hyvin kaukana kamerasta, tai jos vaihtoehtoiset tekniikat olisivat todella kalliita tai hitaita toteuttaa. Toisaalta sprite-tekniikkaa voi käyttää myös tyylidikkana, sillä sen avulla voi hyödyntää melko helposti käsinpiirrettyä animointia. Kerrostetut spritet voivat toimia hyvin myös esimerkiksi sivulta kuvatussa tasohyppelypelissä.

Luvussa neljä läpikäymääni partikkelitekniikkaa käytetään luonnollisesti oikeastaan minkä tahansa kokoelman toistuvia pieniä asioita toteuttamiseen. Näitä voivat olla esimerkiksi nurmikko, lumisade tai vaikkapa pöllähtävistä savupilvistä ja tulhiukkasista muodostuva räjähdys. Animoitumaan ohjelmoituja partikkelisysteemeitä kutsutaan monesti ”partikkeliefekteiksi”. Usein yksittäistä partikkelia edustaa pieni kaksiulotteinen sprite, mutta partikkeleina voidaan käyttää myös kolmiulotteisia malleja. (concept3d 2013; Wikipedia 2018a.)



Kuvio 42. Monesta spritestä muodostuva partikkelisysteemin animoitu liekki (Wikipedia 2018a). Kummatkin käyttävät hyödykseen hiuskorttien tapaan kaksiulotteisuutta, läpinäkyvyys tekstuurikarttaa ja taktista asetelua illuusion aikaansaamiseksi suhteellisen halvalla.

8 Yhteenveto ja hiuskorttien tulevaisuus

Olen tyytyväinen opinnäytetyön avulla saavuttamaani ymmärrykseen hiuskorteista ja niihin liittyvistä tekniikoista. Kokeiluja ja tutkimista olisi voinut jatkaa vielä esimerkiksi lyhyihin hiuksiin ja letteihin, hiusrajan teksturointiin, hiusten animointiin ja sävyttimien rakentamiseen, mutta opinnäytetyöni antaa mielestäni hyvän pohjan näiden kaltaisiin jatkotutkimuksiin. Käsitkseni 3D-geometrian, UV-kartoituksen, tekstuurikarttojen ja sävyttimen suhteesta toisiinsa on vahvistunut ja selkeytynyt huomasti opinnäytetyötä tehdessäni. En myöskään ollut tutustunut partikkelisysteemiin käyttöön hirveämmin ennen tätä projektia, vaikka tiedän, että niitä käytetään pelituotannossa paljon, joten nyt nekin ovat astetta tutumpia.

Olenaisimpia havaintoja ja päätelmiä, joita tutkimustyöni avulla tein, on ensinnäkin se, että sävytin sanelee säännöt hiuskorttien tekemiseen. Jos sitä ei ole etukäteen päätetty, ei muussa ole oikeastaan järkeä, sillä näkymä pelimoottorissa sävyttimen kanssa voi olla aivan muuta kuin mitä mallinnusohjelmassa näkyy. Siitä johtaakin heti toinen iso havainto, eli että hiukset kannattaa viedä pelimoottoriin niin nopeasti kuin mahdollista. Siten työn etenemistä pystyy kunnolla seuraamaan ja isoja muutoksia tekemään ennen kuin on liian myöhäistä. Ihanteellisinta olisi tietenkin työskennellä vieretysten teknisen artistin kanssa, joka rakentaa sävytintä 3D-graafikon toiveiden mukaisesti

samalla, kun hiuksia tehdään ja kokeillaan. Samoin tekninen artisti voi pyytää 3D-graafikkoa toteuttamaan peliin tuotavat tiedostot sävyttimelle optimaalisella tavalla.

Sävyttimen lisäksi mieleen jäi automatisoinnin ja käsityön tasapainottelu. Koko prosessi on paljolti kokeilemista ja erhettä, ja välillä automatisointi auttoi sitä mutta välillä huomasi, että säätöarvojen napsutteluun oli hujahtanut tuhattomasti aikaa siinä, missä käsin liikuttelulla olisi päässyt samaan puolel nopeammin ja ennen kaikkea varmemmin. Ja tämä johtaakin sitten tällä erää viimeiseen huomioon, eli suunnittelun tärkeyteen. Jos tietää mitä on tekemässä, pystyy isot kokonaisuudet jakamaan järkeviin osioihin, joita voi työstää itsenäisesti, eikä tarvitse niin paljoa pelätä domino-efektiä, mitä muutokset muuten voisivat aiheuttaa.

Mitä tulevaisuuteen tulee, animaatiotuotannossa toteutetaan hiuksia jo yksittäisinä karvoina. Luulen, että siinä on pelienkin tulevaisuus. Voisi kuvitella, että tarve vähäpolygonisiin hiuskortteihin ja niiden teksturointiin väistyy, ja sen sijaan hiukset kasvataan suoraan hahmon päähän ja mallinnetaan harjaustyökaluilla muotoonsa eikä tekstuurikarttoja tarvita, lukuun ottamatta ehkä värikarttaa. Tälläkin hetkellä tutoriaaleissa näkee jo toteutettavan hillittyjä määriä pelihahmojen irtohiuksia ja esimerkiksi ripsiä erillisinä karvoina.

Valitettavasti vasta opinnäytetyöni viimeisiä sivuja kirjoittaessani minulle tuli vastaan Unreal Enginen uusi esimerkki realistisen ihmisen tekoon. Siinä hiustekniikat ovat jo siirtyneet kohti yksittäisinä hiuksina tekemistä, ja sävyttimen ominaisuudet sekä sen vaatimat tekstuurikartat ovat muuttuneet. Tekniikka käyttää myös hyödykseen erilaisia UV-karttoituksia hiusten automaattiseen laskemiseen oikeanlaisiksi. Jos esimerkkiprojektin lataa itselleen, mukana tulee kuitenkin edelleen myös vanha esimerkki, jonka perusteella tein omat kokeiluni. Tämä antaa minulle toivoa, että vanhatkin tekniikat tulevat olemaan edelleen käytössä ainakin jossain määrin.

Mobiilipelituotanto tulee tunnetusti tietokonepelien perässä huonommilla laskentatehoillaan. Sillä rintamalla kuvittelisin hiuskorttien olevan käytössä vielä hyvän tovin. Lisäksi kaikenlaisia kikkailutekniikkoja tullaan mitä todennäköisimmin aina käyttämään peleissä kaukana näkyviin tai muuten vähäpätöisempiin elementteihin, jotta kaikki suurta laskentatehoa vaativat paukut saadaan keskeisiin elementteihin. Läpikäymiäni tekniikoita ja logiikkaa voi myös hyödyntää muuhunkin kuin pelkästään hiusten tekemiseen kuten viimeisessä luvussa jo hieman avasin.

Lähteet

3D Bjork 2016a. Blender 3d Tutorial: Hair creation for games part 1. YouTube. <https://youtu.be/X2GlucSORns> (luettu 05.11.2018).

3D Bjork 2016b. Blender 3d Tutorial: Hair creation for games part 2-bake. YouTube. <https://youtu.be/4lXt7QLhbG0> (luettu 11.11.2018).

Blender n.d. a. Hair. Blender 2.80 Manual. <https://docs.blender.org/manual/ko/dev/physics/particles/hair/index.html> (luettu 11.11.2018).

Blender n.d. b. Hair Particles. Blender 2.80 Manual. <https://docs.blender.org/manual/ko/dev/render/cycles/settings/objects/hair.html> (luettu 11.11.2018).

BITGEM 2014. Low poly dead tree pack. Envato market. <https://3docean.net/item/low-poly-dead-tree-pack/5278198> (luettu 6.11.2018).

Concept3d 2013. What is billboard, and can/should it be used in 3d games to create special effects for weapon blasting effects? StackExchange, Game Development. <https://gamedev.stackexchange.com/questions/54871/what-is-billboarding-and-can-should-it-be-used-in-3d-games-to-create-special-ef> (luettu 6.11.2018).

Jiang, Yibing 2016. The process of creating volumetric-based materials in uncharted 4. Siggraph2016. Luettavissa osoitteessa <http://advances.realtimerendering.com/s2016/> (luettu 7.11.2018).

Joensuu, Janne 2016. 3d-alan sanasto – 3d-grafiikan termit suomeksi. Opinnäytetyö. Kajaanin Ammattikorkeakoulu. Luettavissa osoitteessa <https://www.theseus.fi/handle/10024/113462> (luettu 11.8.2018).

Johnson, Corey; Longhi, Glauco; Scott, Adam; Thomas, Colin & Tzeng, Frank 2016. Hahmo artisti tiimi. Naughty Dog. Haastattelu: 27.5.2016. Nähtävissä osoitteessa <https://youtu.be/fgDv7njYUWU> (luettu 11.8.2018).

JordanN 2014. Polycounts in next gen games thread! Polycount. <https://polycount.com/discussion/141061/polycounts-in-next-gen-games-thread> (luettu 20.8.2018).

Karis, Brian & Walker, Jordan 2015. Seniori grafiikoiden ohjelmoija & lead artisti. Epic Games. Haastattelu: 10.12.2015. Nähtävissä osoitteessa <https://youtu.be/toLJh5nnJA8> (luettu 20.8.2018).

JoseConseco 2017. Making hair part 1 – texture. Vimeo. <https://vimeo.com/228873075> (luettu 10.11.2018).

La cup 2018. Substance hair texture tutorial. YouTube. <https://youtu.be/6xBMcnx2Kkk> (luettu 9.11.2018)

Lecouturier, Emmanuel 2018. Presentation, lighting, and hair creation for a sorceress character. Marmoset. <https://marmoset.co/posts/presentation-lighting-and-hair-creation-for-a-sorceress-character/> (luettu 7.11.2018).

MicroOne. Fire sprite sheet cartoon flame game vector image. VectorStock. <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/fire-sprite-sheet-cartoon-flame-game-vector-15143660> (luettu 6.11.2018).

Mifith 2016. Mira Tools. GitHub. <https://github.com/mifith/mifthtools/wiki/Mira-Tools> (luettu 15.11.2018).

MrHobo 2017. Fibermesh to game hair. Polycount. https://polycount.com/discussion/comment/2521300/#Comment_2521300 (luettu 7.11.2018).

Ninja Cosmico 2016 (julkaisuvuosi puuttuu, vuosi julkaisun aikaisimman kommentin mukaan). 28 Crazy hairstyle ideas you must see now. <https://ninjacosmico.com/28-crazy-hairstyles-ideas/> (luettu 9.11.2018).

Nirmalendu, Paul / Learn Game Art with Paul 2018. Hair tutorial for games with Nirmalendu Paul. YouTube. <https://youtu.be/AZpTn6S23J8> (luettu 10.11.2018).

Parker, Tom 2015. How do I create real-time hair for games? 3DArtist. <https://www.3dartistonline.com/news/2015/04/how-do-i-create-real-time-hair-for-games/> (luettu 11.11.2018).

Pecht, Thomas 2017a. Nova – skin and hair elements. ArtStation. <https://www.artstation.com/artwork/44XX4> (luettu 18.11.2018).

Pecht, Thomas 2017b. Dark Orchid (wip 2). ArtStation. <https://www.artstation.com/artwork/9VeQW> (luettu 18.11.2018).

Polycount wiki 2015a. Billboard. <http://wiki.polycount.com/wiki/Billboard> (luettu 6.11.2018).

Polycount wiki 2015b. Sprite. <http://wiki.polycount.com/wiki/Sprite> (luettu 6.11.2018).

Porfyridou, Ellie 2018. Creating hair for real-time projects. 80 Level. <https://80.lv/articles/creating-hair-for-real-time-projects/> (luettu 11.11.2018).

Styperek, Bartosz 2017. Hair Tool for Blender tutorial part 2. YouTube. <https://youtu.be/FLHbzCXOijq> (luettu 10.11.2018).

Styperek, Bartosz / bartoszstyperek 2018a. Hair Tool for Blender. Gumroad. <https://gumroad.com/l/hairtool> (luettu 9.11.2018).

Styperek, Bartsoz 2018b. Hair Tool – baking hair textures. YouTube.
<https://youtu.be/0UAXl549pNA> (luettu 11.11.2018).

Styperek, Bartsoz 2018c. Creating hair material on curve ribbons. YouTube.
<https://youtu.be/gtbhmYEKGZE> (luettu 15.11.2018).

Substance Painter 2019 (julkaisuvuosi puuttuu, vuosi luettu päivämäärän mukaan).
Flow Map Painting. Painting Tools.
<https://support.allegorithmic.com/documentation/spdoc/flow-map-painting-143327274.html> (luettu 30.12.2019)

Unreal Engine 4.15 (julkaisuvuosi puuttuu, numero pelimoottorin version mukaan).
Photorealistic Character. Epic Games. https://docs.unrealengine.com/en-us/Resources/Showcases/PhotorealisticCharacter?utm_source=launcher&utm_medium=ue&utm_campaign=uelearn (luettu 18.11.2018).

Unreal Engine 4.23 (julkaisuvuosi puuttuu, numero pelimoottorin version mukaan).
Photorealistic Character. Epic Games. <https://docs.unrealengine.com/en-US/Engine/Content/Types/StaticMeshes/HowTo/UVChannels/index.html> (luettu 30.12.2019).

Verhoolen, Calvin 2018. Techniques for game character hair creation. 80 Level.
<https://80.lv/articles/techniques-for-game-character-hair-creation/> (luettu 20.8.2018).

Wikipedia 2018a. Particle system. https://en.wikipedia.org/wiki/Particle_system (luettu 6.11.2018).

Wikipedia 2018b. Sprite (computer graphics).
[https://en.wikipedia.org/wiki/Sprite_\(computer_graphics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Sprite_(computer_graphics)) (luettu 6.11.2018).

Wright, Kiyah 2015. Modern Red Hot Color. <https://kiyahwright.com/modern-red-hot-color/> (luettu 9.11.2018).