

**3D-MALLINTAMISEN JA -TULOSTAMISEN HYÖDYNTÄMINEN
JALKINESUUNNITTELUSSA
– CASE HALTI OY**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Visamäki, Muotoilun koulutusohjelma

Kevät, 2019

Venla Varjus

Muotoilun koulutusohjelma

Visamäki

Tekijä

Venla Varjus

Vuosi 2019

Työn nimi 3D-mallintamisen ja -tulostamisen hyödyntäminen jalkinesuunnittelussa
-Case Halti Oy

Työn ohjaajat

Mirja Niemelä, Ville Siipola

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä tarkastellaan 3D-mallintamisen ja -tulostamisen mahdollisuuksia jalkinealalla erityisesti suunnittelun näkökulmasta. Opinnäytetyö tehtiin toimeksiannosta urheilu- ja retkeilytuotteita sekä -varusteita suunnittelevalle ja valmistuttavalle Halti Oy:lle. Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli tuoda esiin 3D-mallinnukseen käytettäviä ohjelmia, joilla on mahdollista 3D-mallintaa jalkineita. Lisäksi opinnäytetyössä kartoitetaan muutamia jalkinealalla 3D-mallinnusta- ja tulostusta hyödyntäviä yrityksiä.

Opinnäytetyön toiminnallisena osuutena oli jalkineen 3D-mallintaminen Autodeskin Fusion 360-mallinnusohjelmalla. Mallinnuksen tavoitteena oli tuottaa fotorealistinen esityskuva opinnäytetyön tekijän Halti Oy:lle suunnittelemapa vaelluskengästä.

Opinnäytetyössä on käytetty laadullisia ja toiminnallisia tutkimusmenetelmiä. Opinnäytetyöhön sisältyy 3D-mallinnusalalla toimiville suunnittelijoille ja kouluttajille tehty kysely. Keskustelut opinnäytetyön aiheesta kahden 3D-mallinnuksen opettajan kanssa ja haastattelu yhden urheilu-jalkineita suunnittelevan 3D-mallintajan kanssa toimivat myös merkittävinä tietolähteinä. Koska alan kirjallisuus on vähäistä, on aineistona käytetty verkkolähteitä 3D-mallinnukseen ja -tulostukseen liittyen. Lisäksi opinnäytetyön tekijän suorittama verkkokurssi, ja sen hyödyntäminen 3D-mallinnuksessa toimivina tutkimusmenetelminä.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi selvitys jalkineiden 3D-mallintamiseen käytettävistä ohjelmista sekä Fusion 360-ohjelmalla 3D-mallinnettu vaelluskengä ja siitä tehdyt esityskuvat. Työssä tarkastellaan 3D-mallintamisen- ja -tulostamisen käytettävyyttä ja mahdollisuuksia erityisesti jalkinesuunnittelun näkökulmasta. Opinnäytetyön käytännönoisuus tuo tietoa erityisesti Fusion 360-mallinnusohjelman käytettävyydestä jalkineen fotorealistisen esityskuvan 3D-mallintamisessa.

Avainsanat 3D-mallinnus, 3D-tulostus, jalkinesuunnittelu, renderointi,
fotorealismi

Sivut 40 sivua, joista liitteitä 2 sivua

Degree Programme in Design
Visamäki

Author	Venla Varjus	Year 2019
Subject	3D modeling and 3D printing as tools for designing footwear - Case Halti Oy	
Supervisors	Mirja Niemelä, Ville Siipola	

ABSTRACT

The aim of this thesis is to examine how to use 3D modeling and 3D printing as a tool for designing footwear. The thesis was commissioned by Halti Oy. Halti Oy is a sport and hiking brand which designs and sells clothing, camping accessories and footwear. The thesis investigates the 3D software that can be used for designing footwear. It also discusses footwear brands which have used 3D modeling and 3D printing as a tool of their prototyping or producing process.

In the practical part of the thesis, the author 3D modelled a footwear by using Autodesk's Fusion 360 3D modeling software. The purpose of the 3D modeling was to model a hiking shoe that was designed for Halti Oy by the author.

The research methods that were used in this work are qualitative. A study was made to know which 3D software the professional 3D modelers and 3D teachers would suggest for designing shoes. One 3D designer who works in a sport shoe business was interviewed through Instagram to find out what software he uses and how his workflow goes. The author used articles and news from Internet as a source material for the reason that it is difficult to find printed literature about the topic. The practical part was also a research method to know how Fusion 360 software works when designing shoes.

The conclusion of the thesis was a 3D modeled shoe and rendered pictures of it. Also the findings of the study and the interview were part of the results. The theoretical part of 3D software and the benchmarking part had an effect on the results too. Also the practical part gave results about 3D modeling a shoe by using Fusion 360.

Keywords 3D modelling, 3D printing, footwear design, rendering, photorealism

Pages 40 pages including appendices 2 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Aiheenvalinta.....	1
1.2	Halti Oy.....	2
1.3	Kysymysten asettelu ja tiedonhankintamenetelmät	2
1.4	Viitekehys	3
1.5	Opinnäytetyössä esiintyvät käsitteet	4
2	3D-MALLINNUSOHJELMAT, SUUNNITTELIJA JA MUUT RESURSSIT	5
2.1	3D-mallinnusohjelmat	5
2.1.1	ICad3d	5
2.1.2	Shoemaster.....	6
2.1.3	Romans CAD	6
2.1.4	Modo	6
2.1.5	Rhinoceros	6
2.1.6	Fusion 360	7
2.1.7	3DCOAT.....	7
2.1.8	Liitännäiset (plug-ins)	8
2.1.9	Vaatteiden 3D-mallinnusohjelma: Browzwear	8
2.2	Suunnittelija ja muut vaatimukset	9
2.2.1	Suunnittelija.....	9
2.2.2	Kuvat materiaaleista.....	9
2.2.3	Lesti ja pohja.....	9
2.2.4	Alihankkijan valmiudet	9
3	KYSELY JA HAASTATTELU	10
3.1	Kysely.....	10
3.2	Haastattelu	12
4	BENCHMARKING.....	13
4.1	Adidas.....	13
4.2	Reebok.....	13
4.3	Nike.....	14
4.4	Keen.....	14
4.5	Brooks.....	15
4.6	Hoka oneone	15
5	3D-MALLINTAMISEN JA- TULOSTAMISEN MAHDOLLISUUDET JALKINEISSA.....	16
5.1	Luonnokset ja prototyypit	16
5.2	Muotit.....	16
5.3	Malli/katalogikuvat	17
5.4	3D-tulostettavat kappaleet	17
5.4.1	Kokonainen kenkä	17
5.4.2	Pienempiä osia.....	17
5.5	Lestin muokkaus/jalan 3D-skannaus.....	19

5.6	Infografiikka.....	19
5.7	360-asteinen kuva	19
5.8	Muut hyödyt: Ympäristö ja kustannukset.....	19
6	VAELLUSKENGÄN 3D-MALLINNUS.....	21
6.1	Mallinnuksen lähtökohdat	21
6.2	Mallinnusprosessi.....	21
6.3	Lopputulos ja päätelmät	25
7	TULOS	29
8	POHDINTA.....	32
9	LÄHTEET	34
10	KUVALÄHTEET.....	37
11	HAASTATTELU, KESKUSTELUT JA SÄHKÖPOSTIVIESTIT	38

Liitteet

Liite 1	Jalkineiden 3D-mallinnuksesta-kysely
---------	--------------------------------------

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty toimeksiannosta Halti Oy:lle. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää 3D-mallintamisen ja -tulostamisen mahdollisuuksia jalkinealalla toimivalle yritykselle erityisesti suunnittelun näkökulmasta, sekä selvittää alalla jo 3D-mallinnusta ja -tulostusta jalkineissa hyödyntäviä yrityksiä ja tuoda esiin ohjelmia, joita jalkineiden 3D-mallintamiseen voidaan käyttää. Opinnäytetyössä tarkastellaan myös, mitä muita resursseja 3D-mallintamisen hyödyntäminen jalkinesuunnittelussa vaatii. Opinnäytetyöhön sisältyy toiminnallinen osuus, jossa 3D-mallinsin Halti Oy:lle harjoittelijana ollessani suunnittelemani vaelluskengän käyttäen Fusion 360-mallinnusohjelmaa.

Opinnoissani olen suuntautunut jalkinemuotoiluun. Ennen opinnäytetyötäni olen tutustunut 3D-mallintamisen ja -tulostuksen maailmaan kahden kurssin verran käyttäen niissä Rhinoceros- ja 3DSMax-mallinnusohjelmia. Toisella kurssilla mallinsin muun muassa huonekaluja ja toisella kengän pohjan(kuva2). Lisäksi olen suunnitellut ja valmistanut jalkinemalliston vuonna 2018, jossa hyödynsin 3D-mallintamista ja -tulostusta pienemmissä jalkineiden osissa (kuvat: 8 ja 9). Olen kiinnostunut ja utelias 3D-mallintamisen ja -tulostamisen mahdollisuuksista ja haluan laajentaa niissä tietojani ja taitojani.

1.1 Aiheenvaihtelu

Aihe valikoitui Halti Oy:n toimeksiannosta ja omasta mielenkiinnostani aiheesta ja yrityksen toimialaa kohtaan. Urheilu ja luonto ovat minulle henkilökohtaisesti tärkeitä ja lisäksi ihmisten ympäristötietoisuuden lujittaminen ja kehittäminen ovat mielestäni oleellisia asioita. Yrityksen arvot kohtaavatkin omani. Lisäksi tulevana jalkinesuunnittelijana minua kiinnostaa erityisesti teollisesti tuotetut jalkineet ja tekniset materiaalit.

Yritys halusi teoriatietoa kenkien 3D-mallinnuksen vaatimuksista ja sen käyttöönotosta teolliseen tuotantoon. Lisäksi yritys halusi tietoa siitä, millaista ohjelmistoa 3D-mallinnuksen hyödyntäminen jalkinealalla vaatii ja mitä suunnittelijalta vaaditaan sekä tietoa siitä, mitä sen hyödyntäminen ylipäänsä vaatii toimeksiantajalta. Yrityksen toiveena on, että 3D-mallinnetut tiedostot olisi mahdollista siirtää nettikauppaan ja katalogihjelmaan ja että ne olisi mahdollista lähettää tehtaille. 3D-mallinnettujen tiedostojen pohjalta tehdas voisi valmistaa tuotteet. Yrityksen toiveena oli myös saada 3D-mallinnos tai mallinnoksia tulevasta mallistosta. Luultavasti myöhemmin yritystä kiinnostaa lisäksi 3D-tulostuksen mahdollisuudet.

Sain melko vapaat kädet valitessani näkökulmaa ja lähestymistapaa, ja otin mukaan myös 3D-tulostuksen, kuitenkin pääosin keskittyen mallintamiseen. Lisäksi opinnäytetyön edetessä ja siitä keskusteltuani Haltin ohjaajani, Hanna Tuomasen (jalkineiden tuotepäällikön kanssa), muuttui rajaus myös hieman. Katsoimme, että on hyvä käsitellä aihetta laajemmin ja pohdita aihetta eri näkökulmista.

1.2 Halti Oy

Halti Oy on urheilu- ja retkeilyvaatteita ja -jalkineita sekä muun muassa telttoja ja reppuja suunnitteleva ja valmistuttava suomalainen yritys. Yritys on perustettu vuonna 1976. (Halti, 2019)

Haltin perustaja Juhani Hyökyaara halusi tuoda ihmisen lähemmäksi luontoa. Hän halusi kehittää ulkoilutuotteita, ja tämä mielessään yritys sai alkunsa. Haltin päätavoite onkin yhdistää ihminen luontoon. Tuotteet on suunnattu huipputason urheilijoille ja retkeilijöille, mutta myös jokapäiväiseen liikuntaan luonnossa, sekä myöskin urbaanissa ympäristössä kulkemiseen. (Halti, 2019)

Halti suunnittelee ja valmistaa kestäviä premium-tason toiminnallisia tuotteita erityisesti pohjoisen ilmaston pohjoismainen estetiikka mielessään. Halti onkin muotoutunut pohjoisen luonnosta ja sen mallistosta löytyy tuotteita joka säähän. (Halti,2019)

Jalkineet valmistetaan teollisesti pääosin Kauko-Idässä, osa Euroopassa (Tuomanen, 2019). Jalkinevalikoimaan kuuluu sandaaleja, trailrunning-, hiking- ja trekking-kenkiä sekä vapaa-ajankenkiä ja ne on suunnattu aikuisille ja lapsille.

Haltilla on vaatesuunnittelussa käytössä vaate- ja asustesuunnitteluun suunnattu 3D-mallinnusohjelma Browzwear, mutta jalkinepuolella suunnittelu tapahtuu vielä perinteisin menetelmin.

1.3 Kysymysten asettelu ja tiedonhankintamenetelmät

Pääkysymys opinnäytetyössäni on:

Miten Halti voi hyödyntää 3D-mallinnusta ja -tulostusta jalkinesuunnittelussa?

Alakysymyksiä ovat:

1. Miten jalkinealalla jo hyödynnetään 3D-mallinnusta ja -tulostusta?
2. Millaisia ohjelmia on tarjolla jalkineiden 3D-mallinnukseen?

3. Mitä mahdollisuuksia 3D-mallinnus ja -tulostus tuo jalkinealalle erityisesti suunnittelun näkökulmasta?
4. Miten 3D-mallinnusohjelma Fusion 360 toimii jalkineen mallintamisessa?

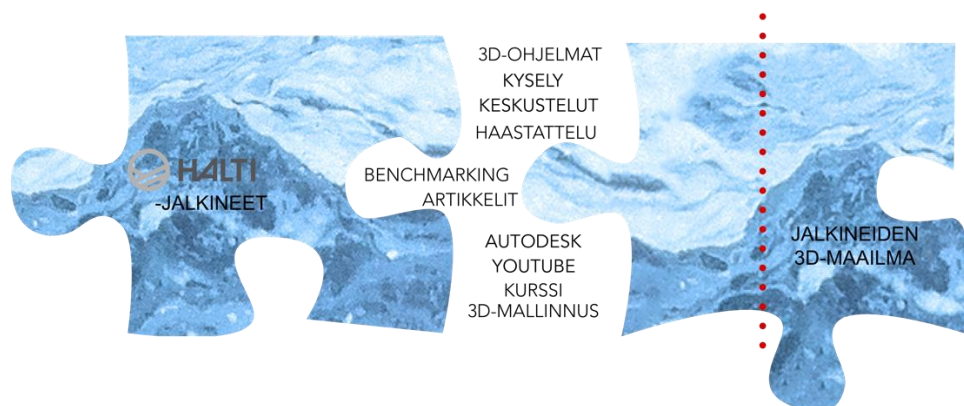
Opinnäytetyössä on käytetty laadullisia ja toiminnallisia tutkimusmenetelmiä. Tein kysymyslomakkeen liittyen 3D-mallinnusohjelmiin ja lähetin sen yhteensä 26:lle 3D-alalla toimivalle yritykselle ja asiantuntijalle. Lisäksi keskustelin kahden 3D-mallinnuksen opettajan, Ville Siipolan ja Markku Laskujärven kanssa 3D-mallintamisesta. Siipola on myös jalkinesuunnittelun opettaja ja opinnäytetyöni ohjaaja. Tein myös haastattelun indonesialaiselle urheilukenkien 3D-mallintajalle ja suunnittelijalle Instagramin välityksellä.

Lisäksi etsin tietoa 3D-mallinnusohjelmista ja alaan liittyvistä artikkeleista lähinnä verkosta, koska alan kirjallisuus on vähäistä. Tein myös vertailuanalyysia, eli etsin tietoa siitä, mitä muut alalla toimivat ovat jo tehneet. Opinnäytetyötä tehdessäni osallistuin jalkineen 3D-mallintamisen verkkokurssille, jonka lisäksi myös Autodeskin sivusto ja Youtube toimivat apunani kun kohtasin ongelmia mallintaessani jalkinetta. Lisäksi vaelluskengän mallintamisprosessi toimi omanlaisena tiedonhankintamenetelmänä.

Lisäksi sain Halti Oy:llä harjoittelua suorittaessani näytön ja teoretietoa siitä, kuinka vaatteiden mallintamiseen suunnatulla 3D-ohjelma-Browzwearilla vaatteiden 3D-mallintaminen tapahtuu. Sain näin ollen vertailukohtaan jalkineiden 3D-mallintamiselle.

Opinnäytetyötä tehdessäni suorittamani harjoittelu Haltilla toi myös tietoa Haltin toiminnasta.

1.4 Viitekehys



Kuva 1. Opinnäytetyön viitekehys

Opinnäytetyön viitekehys on palapeli, jonka kokoajana minä toimin. Palapelissä on kaksi tunturia: Halti (Haltin jalkineosasto) ja Jalkineiden 3D-maailma. Halti-tunturi kuvastaa Haltin nykyistä jalkineiden suunnitteluprosessia. Jalkineiden 3D-maailma-tunturi puolestaan kuvaa yleisesti tämän hetkistä ja tulevaa jalkineisiin liittyvää maailmaa, jossa 3D-mallinnusta ja tulostusta käytetään. Palapelin palojen väliin jäävät opinnäytetyön vaiheet ja siitä näkyy, millaisia erilaisia osa-alueita opinnäytetyössä on käytetty tuloksen aikaansaamiseksi. Benchmarking-osio näyttää, mitä Jalkineiden 3D-maailma-tunturilta tällä hetkellä löytyy. Palojen yhdistyessä syntyy opinnäytetyön tulos. Palapeli voidaan nähdä karttana, jota luetaan vasemmalta oikealle. Punaiset pisteet kuvaavat viivaa, jonne saakka toimin ”matkappaana”. Lopullinen Jalkineiden 3D-maailma-tunturin valloitus jää Halti Oy:n käsiin.

1.5 Opinnäytetyössä esiintyvät käsitteet

Opinnäytetyössä esiintyy käsitteitä, jotka on määritelty seuraavasti:

3D-mallinnus on tietokoneavusteista kolmiulotteista suunnittelua käyttäen 3D-mallinnukseen tarkoitettua ohjelmaa (Sculpteo, 2019).

3D-tulostus on kolmiulotteisen objektin tekemistä/tulostamista digitaalisesta tiedostosta (Strikwerda & Dehue, 2019).

2D:llä tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä tasossa tuotettua kuvaa.

Benchmarking on vertailuanalyysia, eli toisilta oppimista (Hotanen, Laine & Pietiläinen, 2001).

Fotorealistinen on jollain muulla tavoin kuin valokuvaamalla tuotettu lähes realistisen näköinen kuva (Tieteentermipankki, 2019).

Parametrinen mallinnus on numeroarvoihin pohjautuvaa muokkausta, jossa jokin algoritmi laskee lopputuloksen malliin annetuilla parametreilla, eli lukuarvoilla (Laskujärvi, 2019).

Renderointi on kaksiulotteisen kuvan tuottamista 3D-mallinteesta. Ohjelma tuottaa kuvan laskemalla valon käyttäytymistä suhteessa objektiin (Laskujärvi, 2019; Techopedia, 2019).

Solidi on 3D-mallinnettu kappale, joka on umpinainen. Katso kuva 14 (s.23), jossa iltti (harmaa osa) on solidi, mutta päällinen ei, eli se on vain pinta.

2 3D-MALLINNUSOHJELMAT, SUUNNITTELIJA JA MUUT RESURSSIT

3D-mallintamiseen löytyy monia ohjelmia eri valmistajilta. Olen valinnut tarkasteltavaksi seitsemän sellaista ohjelmaa, joilla on ainakin mallinnettu jalkineita, tämä ei kuitenkaan sulje pois sitä, etteikö kenkiä voisi mallintaa muillakin ohjelmilla. Osa valitsemistani ohjelmista on sovellettu erityisesti jalkineisiin, osa ei. Erityisesti jalkineisiin suunnatut ohjelmat sisältävät myös kaavoitusmahdollisuuden, näitä ovat: Shoemaster, ICad3d ja RomansCad. Ohjelman valintaan vaikuttaakin muun muassa se, mitä kaikkea ohjelmalla halutaan tehdä. Halutaanko esimerkiksi, että ohjelma mahdollistaa samalla jalkineiden kaavoituksen, vai halutaanko esimerkiksi luoda juuri fotorealistic näköisiä esityskuvia.

3D-Mallinnusohjelmien lisäksi on olemassa myös niin kutsuttuja plug-inejä (liitännäisiä), eli ohjelmia, joilla voidaan mahdollistaa alkuperäisen 3D-ohjelman sisältämättömien toimintojen käyttö.

Lisäksi käyn tässä osiossa lyhyesti läpi, mitä eroja huomasin jalkineiden 3D-mallinnuksessa verrattuna vaatteiden 3D-mallinnukseen, kun sain nopean esittelyn Halti Oy:llä harjoittelussa ollessani vaatesuunnitteluun käytettävästä 3D-mallinnusohjelmasta, Browzwearista.

3D-ohjelmien käsittelyn jälkeen tuon esiin alihankkijan ja suunnittelijan tarvitsemia välineitä ja taitoja.

2.1 3D-mallinnusohjelmat

Valitsin opinnäytetyöhön tarkasteltaviksi seitsemän sellaista ohjelmaa, joista löysin tietoa siitä, että niillä oli mallinnettu jalkineita.

2.1.1 ICad3d

ICad3d on suunniteltu erityisesti jalkineiden suunnitteluun. Se mahdollistaa 3D-suunnittelun ja samanaikaisen kaavoituksen (2D). Ohjelmalla on mahdollista suunnitella myös pohjia (toisin kuin esimerkiksi Shoemasterilla), sekä myös asusteita. Ohjelma sisältää renderointi-ominaisuudet ja myös mahdollisuuden muokata lestejä. Lisäksi ohjelmassa on valmiita yksityiskohtatyökaluja, kuten esimerkiksi tikkaustyökalu ja nauhoituksen automatisointi. ICad3d+ on Footwear Technology Instituten (INESCOP) kehittämä ohjelma. (ICAD3D+, 2019)

2.1.2 Shoemaster

Shoemaster on suunnattu nimensä mukaisesti jalkineisiin. Ohjelmassa on mukana kaavoitus- ja myös lestin muokkausominaisuus. Ohjelmalla on mahdollista myös tehdä esityskuvia jalkineista. Ohjelma mahdollistaa samanaikaisen 3D-suunnittelun ja kaavoituksen. (Atoms-Shoemaster)

Shoemasterilla ei voida suunnitella pohjia, mutta voidaan tuoda muilla ohjelmilla mallinnettu pohja ohjelmaan (Siipola, 2018).

2.1.3 Romans CAD

Ohjelma on suunnattu erityisesti jalkineisiin ja nahkatuotteisiin. Ohjelma mahdollistaa samanaikaisen 3D-mallintamisen ja kaavoituksen.

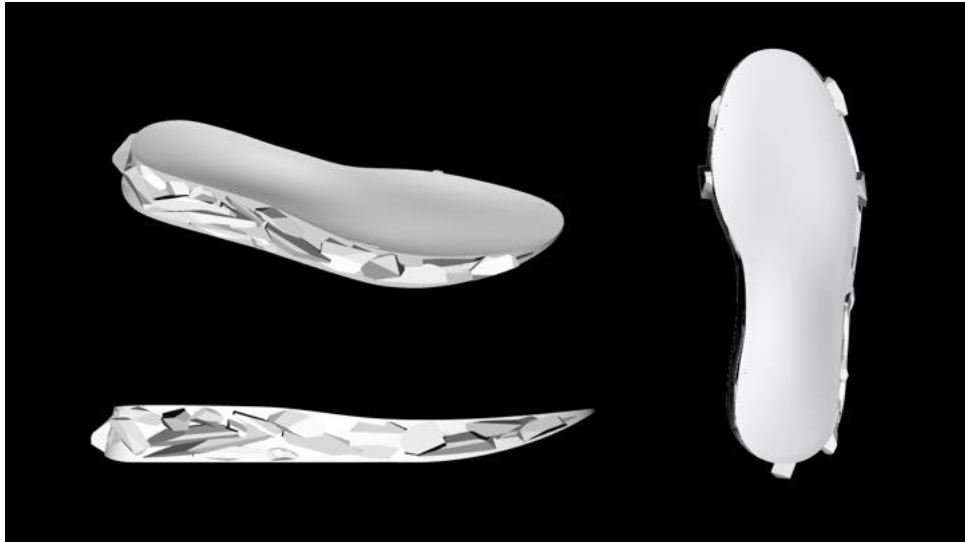
Ohjelmalla on mahdollista muokata lestejä, ja se sisältää työkalun, jolla lestit on mahdollista sarjota kaikkiin olemassa oleviin sarjontajärjestelmiin. (Romans CAD, 2019)

2.1.4 Modo

Modo on erityisesti luoville aloille suunnattuun 3D-mallintamiseen. Sitä käytetään monenlaiseen teolliseen suunnitteluun, esimerkiksi autojen, urheilutuotteiden, korujen, lelujen ja kenkien (Foundry, 2019). Sillä voidaan tehdä tarkkoja fotorealistisia esityskuvia. Kenkien 3D-mallinnuksessa Modoa käyttävät muun muassa New Balance ja Brooks (Foundry, 2015).

2.1.5 Rhinoceros

Rhinoceros on melko laajasti käytössä oleva 3D-mallinnusohjelma, ja se soveltuu monenlaisten asioiden mallintamiseen. Sillä voidaan mallintaa tarkasti mitoilla tai muotoilla vapaasti (Rhinocenter, 2019). Kuvassa2 on Rhinocerosilla mallintamani pohja. Lisäksi olen mallintanut Rhinocerosilla suunnittelemani ja valmistamani jalkinemallistoon Carbonized Legos muun muassa jalkineiden reunoille asettuvat pienemmät kappaleet (kuvat:7 ja 8).



Kuva 2. 3D-mallinnettu pohja (2018)

2.1.6 Fusion 360

Autodeskin Fusion 360 on suhteellisen uusi 3D-mallinnusohjelma, eikä välttämättä sisällä kaikkia mahdollisia työkaluja ainakaan vielä (Landeros, 2018). Ohjelma on kuitenkin kokenut viime vuosina uusien ominaisuuksien nopeaa kehitystä. Lisäksi se toimii pilvipalvelussa, joten se mahdollistaa ohjelman helpon käytön koko tuotesuunnittelutiimille. (Outcome, 2017).

Käyn osioissa "Vaelluskengän mallinnus" ja "Tulos" läpi Fusion 360:n käyttöä jalkinemallintamisessa. Esimerkkinä Fusion 360:llä mallinnetuista kengistä löytyy opinnäytetyön toiminnallisen osuuden tuloksena syntyneet renderoidyt kuvat (s. 25-27). Lisäksi opinnäytetyötä tehdessäni suorittamallani Udemyn verkkokurssilla mallinnettiin sneakertyyppinen kenkä, jota mallinnettiin Fusion 360:llä.

2.1.7 3DCOAT

3DCoat-ohjelmalla on mahdollista mallintaa lähes mitä vain. Muotoilija Linus Lundqvist käyttää ainakin 3DCoat-ohjelmaa ja Keyshotia mallinnoissaan (Lundqvist, 2019). Kuvassa 3 on muotoilija Linus Lundqvistin 3DCoatilla mallintama pohja.



Kuva 3. Linus Lundkvistin mallintama pohja (WGSN)

2.1.8 Liitännäiset (plug-ins)

On olemassa niin kutsuttuja liitännäisosia (englanniksi plug-ins), joita voidaan käyttää yhdessä 3D-mallinnusohjelmien kanssa laajentamaan ohjelmien käyttömahdollisuuksia. Liitännäisiä löytyy paljon eri valmistajilta. Yhtenä esimerkkinä tuon esiin Grasshopperin, joka toimii ainakin Rhinoceros-ohjelman kanssa. Nykyään uudemmissa versioissa kyseinen liitännäinen on kuitenkin jo automaattisesti sisällytetty Rhinocerosiin. Lisäksi esimerkkinä Keyshot, joka mahdollistaa muun muassa objektien renderoimisen (Keyshot, 2019). Se on käytössä aiemmin mainitun Linus Lundkvistin lisäksi muun muassa haastattelemallani indonesialaisella jalkinesuunnittelijalla. Ensin hän mallintaa 3D-mallit Rhinocerosilla ja sitten renderoi ne käyttäen Keyshotia. (Haastattelu, 2019)

2.1.9 Vaatteiden 3D-mallinnusohjelma: Browzwear

Harjoittelussa ollessani Halti Oy:llä minulle esiteltiin lyhyesti, kuinka vaatesuunnitteluosastolla käytetään vaatesuunnitteluun Browzwearia, 3D-mallinnusohjelmaa, joka on tarkoitettu vaatteiden ja asusteiden mallintamiseen. Merkittävänä erona verrattuna jalkineiden mallintamiseen, huomasin sen, että vaatteiden mallinnuksessa tehdään ensin "kaavoitus" tasossa, jonka jälkeen kappaleet "asetellaan" 3D-avataarin/mallinukun päälle. Jalkineiden mallintamisessa puolestaan lesti, eli kolmiulotteinen muoto, antaa mallille ja kaavoille muodon ja lähtökohdan.

2.2 Suunnittelija ja muut vaatimukset

2.2.1 Suunnittelija

Vaatimukset suunnittelijan kyvyistä ja mallintamisessa mahdollisesti tarvittavista materiaaleista riippuu siitä, mitä halutaan mallintaa. Jos halutaan 3D-mallintaa kokonainen kenkä ja halutaan sen toimivan tietylle lestille, tarvitaan lesti 3D-tiedostona. Tällöin ymmärrys jalkineen toiminnallisuudesta ja kaavoituksesta on oleellista, jotta osataan mallintaa ja suunnitella kappaleet niin, että ne on mahdollista kaavoittaa.

Lisäksi esimerkiksi ymmärrys lestin asettamisesta suhteessa horisonttiin, toisin sanoen ymmärrys koron korkeudesta, mallintaessa esimerkiksi pohjaa, on oleellista.

2.2.2 Kuvat materiaaleista

Fotorealistisen näköisiin esityskuviin tarvitaan kuvat käytetyistä pintamateriaaleista, mikäli halutaan, että lopullinen mallinnus näyttää mahdollisimman oikealta.

2.2.3 Lesti ja pohja

Jalkineiden 3D-mallintamiseen tarvitaan lesti stl-tiedostona/ 3D-skannattuna, mikäli halutaan mallintaa tietylle lestille ja halutaan mahdollisimman todellisen näköinen lopputulos.

Toisaalta, jos halutaan esimerkiksi mallintaa referenssimalli jostain pienemmästä kappaleesta, ei lestiä välttämättä tarvita. Esimerkiksi mallistooni Carbonized Legos mallintamiini kappaleisiin (kuvat 8 ja 9) käytin apuna jalkineiden kaavoituksessa muodostuvaa keskikopiota, joka on litteä kaksiulotteinen "kaava", eikä kolmiulotteinen.

Lisäksi olisi hyvä olla myös 3D-tiedostot käytettävistä pohjista, mikäli mallinnuksesta halutaan mahdollisimman aidon näköinen.

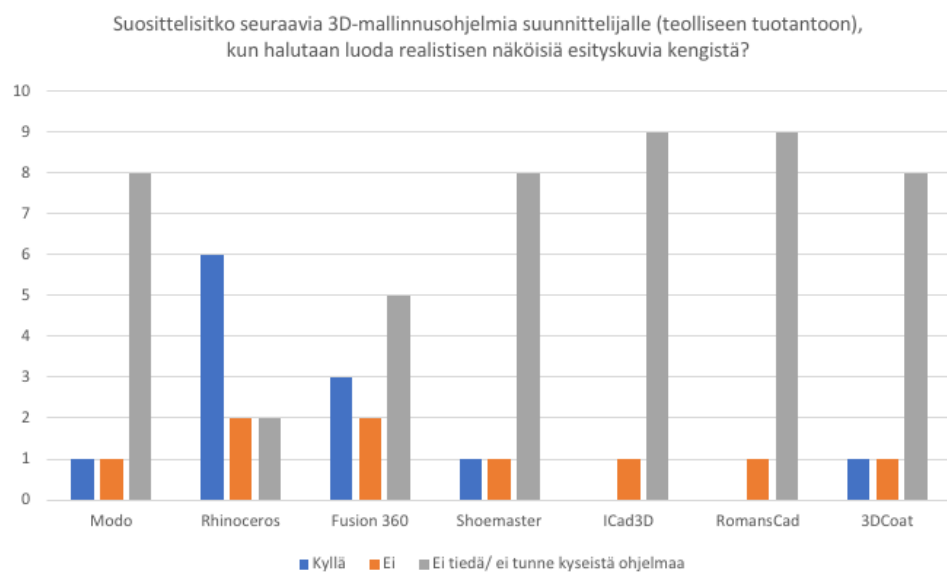
2.2.4 Alihankkijan valmiudet

Alihankkija, eli tuotteita valmistava tehdas, tarvitsee 3D-viewer-ohjelman, eli ohjelman, jolla voidaan katsella 3D-mallia, tai vaihtoehtoisesti 3D-mallinnusohjelman, mielellään saman kuin suunnittelijalla, jotta tiedosto varmasti aukeaa. Toisaalta tehtaalle voisi lähettää renderoityja kuvia 3D-mallinteesta eri kulmista, jolloin se saisi käsityksen kengästä tai muusta 3D-mallinnetusta tiedostosta ilman 3D-formaattia.

3 KYSELY JA HAASTATTELU

3.1 Kysely

Lähetin kyselyn liittyen jalkineiden 3D-mallinnukseen 26:lle 3D-mallinnusta työssään käyttävälle ammattilaiselle. Vastanneiden joukossa on esimerkiksi teollisia muotoilijoita ja 3D-mallinnuksen opettajia. Sain yhteensä 10 vastausta. Kysely löytyy liitteenä opinnäytetyön lopusta. Kysely sisälsi yhden monivalintakysymyksen liittyen valitsemiini 3D-mallinnus-ohjelmiin, jotka on käyty läpi edellisessä kappaleessa. Lisäksi kysely sisälsi avoimia kysymyksiä. Kuvassa4 on yhteenveto monivalintakysymyksen tuloksista.



Kuva 4. Jalkineiden 3D-mallinnuksesta-kyselyn monivalintakysymyksen tulos

Kyselyyn vastanneet tunsivat vain muutamia valitsemiani ohjelmia, ja erityisesti jalkineisiin suunnatut ohjelmat eivät olleet kyselyyn vastanneille kovinkaan tuttuja. Tunnetuin ja eniten suositus-ääniä jalkineiden mallintamiseen saanut ohjelma oli Rhinoceros. Se sai kuitenkin myös muutamia ei-äänien. Perusteluina ei-äänille oli se, että Rhinoceros ei ole parametriohjelma, ja sen sanottiin tuottavan mahdollisesti ongelmia, mikäli malliin haluttaisiin myöhemmin tehdä muutoksia. Erityisesti mainittiin, että teollisuuden näkökulmasta tämä tuo haasteita.

Erästä vastaajaa lainaten (kommentti Rhinoceros-ohjelmasta):

”Malli täytyy tehdä uudestaan lähes kokonaan, mikäli myöhemmin halutaankin muokata jotain.”

On myös huomioitava, ettei parametrisuus aina välttämättä tarkoita, että mallia on mahdollista jälkepäin lähteä muokkaamaan (Laskujärvi,2019). Eräs kyselyyn vastanneista kertoi Rhinocerosin olevan käytössä monilla jalkinealan yrityksillä. Kyseinen henkilö ei kuitenkaan itse toimi jalkinealalla.

Yksi kyselyyn vastanneista muotoilijoista oli toiminut yrityksessä, joka suunnitteli Nokian kumisaappaita. He käyttivät kumisaappaiden mallintamiseen ProE- ohjelmaa, mutta kyseinen ohjelma oli käytössä siksi, että he mallinsivat sillä pääosin muita asioita.

Autodesk Fusion 360 sai toiseksi eniten kyllä-ääniä. Noin puolet vastaajista tiesivät kyseisen ohjelman. Ohjelmaa suositeltiin muun muassa siksi, että se on parametrinen toisin kuin esimerkiksi Rhinoceros. Fusion 360 sai myös palautetta sen monikäyttöisyydestään ja yhteensopivuudesta muiden CAD-ohjelmien kanssa.

Kyselyyn vastanneet suosittelivat myös muun muassa seuraavia ohjelmia: Solidworks, Creo Parametric ja 3DsMax.

Lisäksi useampi vastaaja mainitsi, että ohjelman valinta riippuu mallintajan taustasta ja kokemuksesta. Erästä vastaajaa lainaten:

”--valinta kaatuu oikeastaan siihen, että testailee eri softien kokeiluversiona läpi ja jos sieltä joku tuntuu itselle intuitiiviselta ja helpolta käyttää, niin valitsee sen”

Toinen vastaaja sanoo, että:

”Nykyään lähes millä vain ohjelmalla on mahdollista luoda realistisen näköisiä esityskuvia.”

Lisäksi oleellisena pidettiin sitä, että mihin tarkoitukseen mallinetta todella halutaan käyttää. Halutaanko luoda vain fotorealistisia esityskuvia, vai halutaanko esimerkiksi mallintaa osia, jotka täytyy sarjota eri lestikoille, tai halutaanko, että tehdään samalla myös kaavoitus. Tai halutaanko esimerkiksi vain pienemmän yksityiskohdan referenssimalline, jonka pohjalta alihankkijan on mahdollista uudelleen mallintaa kyseinen kappale teknisesti oikeanlaiseksi ja sarjota se eri kokoihin.

Yksi kyselyyn vastanneista, jolla on kokemusta jalkineiden mallintamisesta, ehdotti myös, että voisi yhdistää kahta ohjelmaa, esimerkiksi niin, että mallintaa toisella ohjelmalla esimerkiksi Rhinocerosilla pohjan ja päällisen esimerkiksi Shoemasterilla.

Lisäksi nousi esiin ohjelmien hintaerot ja koulutusmahdollisuuksien saavutettavuus.

Kyselyn vastaajien pienestä määrästä johtuen on tuloksiin myös järkevä suhtautua kriittisesti. Koska kyseessä on pääosin laadullinen tutkimusmenetelmä, on se myös aina riippuvainen henkilöiden tulkinnoista (Mäkelä-Marttinen, 2009, s.132).



Kuva 5. Kyselyssä esiin nousseita asioita

3.2 Haastattelu

Kyselyn lisäksi haastattelin myös Instagramin välityksellä indonesialaista jalkinealalla toimivaa 3D-mallintajaa (Instagram-tili: artkhan_3d), joka suunnittelee urheilukenkkiä. Kysyin muun muassa, että mitä mallinnusohjelmia hän käyttää työssään. Hän vastasi käyttävänsä Rhinocerosia ja Keyshot-ohjelmaa (artchan_3d, 2019). Tämän voisi nähdä tukevan kyselyn tulosta Rhinocerosin kohdalla. Haastateltavan mallinnusprosessista tietoa myös aiemmin kohdassa: ”Liitännäset(Plug-ins)”.

4 BENCHMARKING

Käsittelen tässä osiossa valitsemiani urheilu- ja retkeilykenkiä valmistavia yrityksiä, jotka ovat käyttäneet 3D-mallintamista ja/tai 3D-tulostamista ja tulostusta jalkinealalla suunnitteluun, prototypointiin tai esimerkiksi pienempien kappaleiden 3D-mallintamiseen ja tulostamiseen.

4.1 Adidas

Futurecraft 4D on Adidaksen vuonna 2018 lanseeraama 3D-printattu jalkinemalli (Sneakernews, 2016). Sitä on ollut saatavilla niin, että vain välipohja on tulostettu, mutta saatavilla on ollut myös sellaisia versioita, joissa lähes koko kenkä on tulostettu, eli ainakin pohja ja päällinen, ilmeisesti kuitenkin jotkin komponentit on tuotettu perinteisin menetelmin.



Kuva 6. Adidaksen Futurecraft 4D (WGSN)

Vuonna 2020 Adidas aikoo lanseerata täysin 3D-tulosteisen jalkinemallin nimeltään Futurecraft Loop. Kyseinen malli valmistettaisiin käyttäen vain yhtä materiaalia, ja mahdollistaen näin tuotteen kierrätettävyyden kokonaisuudessaan niin, että siitä olisi mahdollista valmistaa jopa täysin uusi kierrätetty jalkine. Lisäksi kyseinen jalkine tulee olemaan täysin liimaton. Malli tulee olemaan markkinoilla kuluttajille todennäköisesti vuonna 2021. (Burgess, 2019)

4.2 Reebok

Vuonna 2016 Reebok lanseerasi The Reebok Liquid Speed- mallinsa, jossa käytettiin silloin uudenlaista BASFin kehittämää 3D-tulostustekniikkaa ja

filamenttia(nestemäistä). (Scott,2018). (BASF on saksalainen johtava kemian alan yritys). Kyseisessä mallissa 3D-tulosteinen osa on pohjassa kiinni ja siitä lähtee siivekkeet, joissa nauhat ovat kiinni (kuva7). Yrityksen mukaan tämä kiinnittää kengän paremmin jalkaan. Mallia oli myynnissä vain 300 kappaletta. (Scott,2018)

Reebokin (head of Future) Bill MCInnis kertoo, että merkittävä seikka 3D-tulostetuksessa on se, että sitä hyödyntämällä voidaan välttää esimerkiksi hidas ja kallis pohjajamuottien valmistus. (Taylor, 2016)



Kuva 7. Reebok: Liquid Speed (WGSN)

4.3 Nike

Nike on käyttänyt 3D-tulostusta jo lähes vuosikymmenen, mutta pääosin prototyyppien tekoon, kertoo Bret Schoolmester, Niken Senior Director. Vuonna 2018 Nikelta tuli markkinoille Flyknit, jossa on 3D-tulostettu päällinen. Ideana oli saada aikaan erittäin kevyt päällinen, koska se kehitettiin erityisesti maraton juoksijalle Eliud Kipchogelle, mutta myyntiin pääsi myös rajoitettu erä kyseisiä jalkineita. Kyseinen päällinen on 3D-tulostettu yksittäisprintatuista langoista. (Burgess, 2018)

4.4 Keen

Keen on muun muassa retkeilyjalkineita- ja asusteita valmistava yritys. Keen käyttää Modoa jalkineiden 3D-mallinnukseen. Yrityksen mukaan 3D-mallinnus on nopeuttanut tuotantoprosessia merkittävästi, koska sen avulla on mahdollista nähdä suunniteltu tuote jo ennen ensimmäistä prototyyppiä. (Foundry, 2018)

4.5 Brooks

Brooks suunnittelee ja valmistuttaa urheiluvaatteita-ja kenkiä. Yritys on suuntautunut erityisesti juoksijoille suunnattuihin tuotteisiin. Heillä on käytössään ainakin Modo-ohjelma 3D-mallinnuksessa (Foundry, 2015).

4.6 Hoka oneone

Hoka One One on retkeily-ja urheilujalkineita valmistava yritys (Hoka-OneOne, 2019). Yritys käyttää 3D-mallinnusta ja -tulostusta ainakin prototyyppien tulostukseen (Romans CAD, 2017).

5 3D-MALLINTAMISEN JA -TULOSTAMISEN MAHDOLLISUUDET JALKINEISSA

3D-mallintamisen ja -tulostamisen mahdollisuudet ovat lukemattomat ja varmasti vielä vasta lähes alkutekijöissään jalkinemaailmassa. Seuraavassa käyn kuitenkin läpi joitakin mahdollisuuksia, joita 3D-mallintaminen ja -tulostaminen tarjoavat.

5.1 Luonnokset ja prototyypit

3D-mallinnus mahdollistaa niin kutsutun ”rapid prototypingin”. Se mahdollistaa nimensä mukaisesti nopean prototyyppien teon virtuaalisesti tai jopa 3D-tulosteena, jolloin on mahdollista saada myös kuluttajan tai esimerkiksi kauppiaiden mielipiteet tuotteesta esiin jo varhaisessa vaiheessa. Rapid prototyping mahdollistaa myös hullujenkin ideoiden tuomisen esiin, koska se ei vie niin paljon aikaa. Näin voidaan mahdollistaa uusien ja erilaisten ideoiden, innovointien, syntyminen. (Schwarz, 2018)

Lisäksi voidaan nopeastikin vaihtaa ja kokeilla eri materiaaleja ja värejä luonnoksiin tai prototyyppihin.

Esimerkiksi Hoka One One 3D-tulostaa prototyyppinä (Romans CAD, 2017).

5.2 Muotit

3D-mallintamalla suunnittelijan on mahdollista mallintaa esimerkiksi pohja, jonka avulla pohjia valmistavan tehtaan on mahdollista tuottaa muotti kyseisestä pohjasta. 3D-mallinnuksen avulla suunnittelijan saattaa olla helpompaa tuoda ideansa esiin, kuin jos pohjan luonnos olisi vain esimerkiksi viivakuvana toteutettu, ja jonka pohjalta tehtaan olisi mallinnettava muotti. Näin ollen mahdollisesti säästytään virheiltä tulkinnoissa. (Siipola, 2018)

3D-tulostus mahdollistaa pohjien valmistuttamisen myös ilman muotteja, joten tuotteet saadaan nopeammin markkinoille, kun kallista ja hidasta muottiprosessia ei tarvitse tehdä (Davies, 2016). Ainakin Adidaksella on ollut markkinoilla jalkinemalli, jonka pohja on 3D-tulostettu. Toisaalta vielä tällä hetkellä tulostus on suhteellisen kallista, mutta tulevaisuudessa 3D-tulosteinen pohja saattaa olla edullisempi kuin perinteisellä ruiskuvalu-muotilla valmistettu, ainakin mahdollisesti siinä tapauksessa, että tuotantoerät ovat pienempiä, tai jos halutaan esimerkiksi tietylle urheilijalle spesifioidusti suunniteltu pohja. Tulostettu pohja voi tuoda tuotteelle myös lisäarvoa, mikäli se esimerkiksi valmistetaan lähellä kuluttajaa.

5.3 Malli/katalogikuvat

Realistisen näköiset esityskuvat mahdollistavat muun muassa ennakkomarkkinoinnin ja konseptoinnin ilman todellisia tuotteita tai prototyyppejä. Lisäksi ne mahdollistavat myös sen, että suunnittelija pystyy tuomaan ideansa esiin esimerkiksi alihankkijalle kolmiulotteisesti ilman todellisuudessa valmistettua prototyyppiä tai perinteistä luonnosta/2D-kuvaa. Lisäksi, mikäli lopullinen tuote vastaa 3D-mallinetta on tiedostoa myös mahdollista käyttää esimerkiksi verkkokaupassa, eikä tuotetta tarvitse tällöin välttämättä erikseen kuvata.

5.4 3D-tulostettavat kappaleet

5.4.1 Kokonainen kenkä

Niin kuin edellä Benchmarkin-osiossa on jo mainittu, on Adidas tuomassa markkinoille kokonaan 3D-tulosteisen kengän. Tämä mahdollistaa muun muassa kengän liimattomuuden ja kierrätettävyyden kokonaisuudessaan. (Burgess, 2019).

Lisäksi kokonaan 3D-tulostettu kenkä mahdollistaa päällisen saumattomuuden. Saumattomuus voi olla varsin hyvä etu erityisesti käyttömukavuutta vaativilta jalkineilta.

5.4.2 Pienempiä osia

Päällisen 3D-tulostaminen mahdollistaa muun muassa hengittävyden, joustavuuden, erilaisen tuen ja tekstuurin sekä struktuurin mahdollisuuden eri kohtiin jalkinetta. (WGSN,2019)

Lisäksi, jos 3D-tulostetaan kokonainen päällinen, vältetään myös ompeluvaiheelta. Näin ollen vältetään saumoilta, niin kuin edellä jo mainittiin. Tämä voi olla erityisesti mukavuutta vaativissa jalkineissa hyvä etu.

Esimerkiksi Nike on valmistanut maraton juoksijalle Eliud Kipchogelle erittäin kevyen 3D-tulostetun päällisen muun muassa Lontoon 2018 maratonia varten (Burgess, 2018).

Vuonna 2018 3D-mallinsin Rhinocerosilla ja 3D-tulostin kenkämallistooni Carbonized Legos osia muun muassa sandaaliin ja sneakeriin. Osat asettuvat jalkineiden reunoille (kuviissa:8 ja 9 kenkien sivuilla olevat mustat osat). Sneakerissä kappaleet ovat lähinnä vain visuaalisia elementtejä, mutta sandaalissa osat ovat kengän toiminnallisuuteen liittyviä. Sandaalin osissa on reiät, joista kuminauhat kulkevat ja pitävät kengän jalassa.

Suunnittelijan näkökulmasta pienten yksityiskohtien prototyyppikappaleiden 3D- tulostaminen voi olla järkevää, koska esimerkiksi suunnittelemani malliston edellä mainituissa osissa, suunnittelin osien pinnan rakenteen tietynlaiseksi. Halusin sen muistuttavan räjäytetyn kallion pintaa. Todellisen kappaleen näkeminen voi auttaa suunnittelussa, toisaalta tähän vaikuttaa myös tulostimen laatu ja se onko tulostetusta kappaleesta loppujen lopuksi apua, jos se todellisuudessa tehdään esimerkiksi perinteisellä valumuotilla. Tuotekehittelyvaiheessa todellisen fyysisen kappaleen näkeminen ja käsin kosketeltavuus voivat olla edesauttavia ja merkittäviäkin tekijöitä tuotteen jatkokehittelyyn ja esimerkiksi jalkineen toiminnallisuuteen liittyen.



Kuva 8. Sneakerit mallistostani Carbonized Legos (Vares, 2018)



Kuva 9. Sandaalit mallistostani Carbonized Legos (Ahonen, 2018)

5.5 Lestin muokkaus/jalan 3D-skannaus

3D-mallintaminen mahdollistaa olemassa olevan lestin muokkaamisen halutun laiseksi. Tämän toiminnon mahdollistavat erityisesti jalkineisiin suunnatut 3D-ohjelmat (ICAD3D+; Atoms-Shoemaster; Romans CAD).

Jalkojen 3D-skannaus puolestaan mahdollistaa 3D-mallintamisen persoonisesti yksilölliset jalan muodot ja mitat huomioon ottaen. Tätä hyödynetään esimerkiksi Nike huipputasen urheilijoille personoiduissa juoksukenissä (Burgess, 2018).

5.6 Infografiikka

3D-mallinnus mahdollistaa esimerkiksi nettisivuille, tuote-esitteisiin tai alihankkijalle infografiikan tekemisen tuotteen ominaisuuksista, jotka eivät välttämättä näy tuotteesta päällepäin. Tällaisia ominaisuuksia voi olla esimerkiksi pohjan rakenteesta tai ne voivat olla esimerkiksi muita teknisiä ominaisuuksia kengän materiaaleissa, joita ei paljain silmin voida nähdä.

5.7 360-asteinen kuva

3D-mallinnus mahdollistaa myös 360-asteisen videon tai tiedoston teon 3D-mallinteesta. 360-asteiset 3D-formaatit mahdollistavat sen, että kuva voidaan zoomata niin, että se ei pikselöidy ja pienimmätkin yksityiskohdat näkyvät tällöin tarkasti. 360-asteiset 3D-kuvaformaatit ovat kuitenkin raskaita käyttää (Laskujärvi, 2019).

Lisäksi on hieman kyseenalaista mikä on järkevintä: kuvata valmista fyysistä tuotetta vai mallinnetusta tiedostosta videon tekeminen. Valokuvauksen tulee todennäköisesti halvemmaksi ja nopeammaksi. (Sirv, 2019). Vaihtoehtona on myös lopullisen tuotteen 3D-skannaaminen (Tuomanen, 2019).

5.8 Muut hyödyt: Ympäristö ja kustannukset

3D-mallintaminen mahdollistaa nopean prototypoinnin sähköisessä muodossa tai 3D-tulosteena, jolloin oikeaa prototyyppiä ei tarvitse ainakaan heti valmistaa. Näin voidaan säästää materiaalikustannuksissa. Lisäksi, jos 3D-tulosteinen prototyyppi on mahdollista tehdä siellä missä tuote suunnitellaan, vältetään myös kuljetuskustannuksilta.

3D-tulostaminen mahdollistaa sen, että tuotteita tai osia voidaan tulostaa lähellä, tällöin säästetään myös lopullisen tuotteen kuljetuskustannuksissa. 3D-tulostamista hyödyntäessä säästetään myös materiaaleja, kun

esimerkiksi leikkuu ylijäämää ei synny. Lisäksi, kun tulostin tulostaa esimerkiksi päällisen vältetään ompeluvaiheita.

3D-tulostaminen voi mahdollistaa jalkineen tuottamisen käyttäen vain yhtä materiaalia, jolloin jalkineen kierrätettävyys paranee huomattavasti, tällöin on mahdollista myös liiman poisjättäminen (Burgess, 2019). Jalkineisiin käytetään niin paljon erilaisia materiaaleja ja komponentteja sekä lisäksi useimmat kengät tehdään liimakenkinä, eli pohjat liimataan kiinni. Liimat, joita käytetään ovat voimakkaita eivätkä ympäristölle tai ihmisille suopeita. Toisaalta tietenkin oleellista on myös se, mitä materiaaleja 3D-tulostuksessa käytetään, ja se ovatko ne kuitenkaan ympäristön kannalta parempia vaihtoehtoja kuin perinteiset jalkinematteerit.

Kokonaisen kengän tulostaminen mahdollistaa lisäksi sen, että vältetään käsin tekemiseltä kokonaan, koska 3D-tulostin hoitaa asian. Toki saatetaan tarvita ihminen valvomaan tulostusta. Näin on mahdollista siirtää tuotanto takaisin länsimaihin tai lähelle kuluttajia. Edellinen on kuitenkin lähinnä vain hypoteettista tulevaisuuden pohdintaa.



Kuva 10. Kuvassa yhteenveto 3D-mallintamisen- ja tulostamisen mahdollisuuksista jalkinesuunnittelussa

6 VAELLUSKENGÄN 3D-MALLINNUS

6.1 Mallinnuksen lähtökohdat

3D-mallinnuksen lähtökohtana oli mallintaa fotorealistinen esityskuva jalkineesta. Tein 3D-jalkinemallinteen käyttäen Autodeskin Fusion 360:tä ja osallistumalla Udemyn järjestämälle verkkokurssille. Valitsin kyseisen ohjelman, koska suorittamani kurssi oli suunnattu kyseiselle ohjelmalle. Mietin aluksi kuitenkin myös Blenderin ja Rhinocerosin valintaa ja tein kyseisillä ohjelmilla muutamia kokeiluja alkuun. Kurssin opettaja on Autodeskin valtuuttama opettaja ja tuotesuunnittelija. Kurssilla opittiin mallintamaan sneaker-tyyppinen kenkä. Verkkokurssin lisäksi omat kokeilut ja Autodeskin verkkosivut, Youtube ja Google toimivat apuna kohdatessani ongelmia vaelluskengän mallintamisessa.

Jalkinemalli, jonka mallinsin, on Haltilla harjoittelussa ollessani suunnittelemani uudistus Haltin Gelo-vaelluskengän tilalle (kuva12). Suunnittelemani mallin nimi on Icy (kuva 15 viiva- ja värikuva mallista ja lopulliset renderöidyt kuvat sivuilla: 25-27).



Kuva 12. Haltin Gelo- vaelluskengä (Halti Oy)

6.2 Mallinnusprosessi

Mallinsin lestikopion käyttäen pohjana 3D-skannattua lestiä. Lestikopiota ja viivakuvaa mallinnettavasta kengästä sekä kuvaa Gelo-mallista käyttäen mallinsin kengän pohjan ja päällisen. Aloitin mallintamisen verkkokurssilla saamalleni stl-muotoiselle lestille, koska 3D-skannattujen Haltin lestien saapumiseen meni aikaa. Muokkasin lestiä kuitenkin niin, että se muistuttaa Haltin käyttämää lestiä. Kuvassa 13 on vasemmalla Haltin korkeampi

vartinen 3D- skannattu lesti ja oikealla verkkokurssilla mallintamani sneaker-tyyppisestä lestistä 3D-mallinnettu lestikopio. Kuten kuvasta näkyy, on Haltin lesti korkeampi ja muodokkaampi verrattuna oikean puoleiseen.



Kuva 13. 3D-skannattu Haltin lesti ja 3D-mallinnettu lestikopio

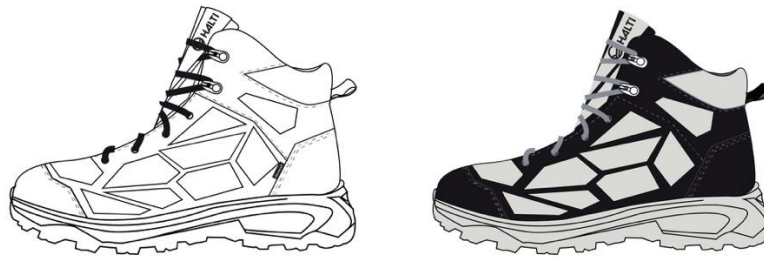
Mallintaessa minulle tuli vastaan joitakin ongelmia. Yksi suuri ongelma oli se, että en pystynyt käyttämään erästä ohjelman työkalua päällisen kappaleeseen. Pohjaan ja ilttiin kyseinen toiminto/työkalu kyllä toimi. Kuvassa 14 näkyy, että iltti on onnistunut (se on paksumpi), mutta päällinen on kuvassa edelleen vain pinta eikä niin kutsuttu solidikappale. Yrittäessäni ratkaista ongelmaa huomasin, että muilla oli ollut samankaltaisia ongelmia, ja kyseinen ongelma ilmeisesti on yksi Fusion 360 ongelmakohdista. Sekä yleisestikin parametrinen mallinnuksen ongelmakohdista (Siipola, 2018). Ongelma liittyy siihen, että jos kappale on monimutkainen ja sisältää tietynlaisia kulmia tai muita muotoja, ei ohjelma pysty tekemään kappaleista niin kutsuttuja solideja, eli ne jäävät litteiksi pinnoiksi. Kokeilin muun muassa jakaa päällisen kappaleen erilaisiin osiin, jotta työkalun käyttö olisi onnistunut. Se toimi, mutta vain joihinkin kohtiin. Työkalu toimi myös matalamman mallin päälliseen, jolla harjoittelin mallintamista. Eli varren ollessa korkeampi ja monimuotoisempi, syntyi ongelma.



Kuva 14. Päällisen mallinnusta Fusion 360:llä

Sain kuitenkin lopulta kyseisen ongelman ratkaistua käyttäen eri työkalua kuin iltissä ja pohjassa, ja pystyin etenemään mallintamisessa.

Kuvassa15 on viiva- ja värikuva mallista, jonka suunnittelin Halti Oy:lle harjoittelussa ollessani. Aluksi olin piirtänyt kärkipalan ja varrensuussa olevan palan vähemmän kulmikkaiksi. Kuitenkin mallista haluttiin kulmikkaampi myös edellä mainituista osista, jotta se sopisi paremmin kengän tyyliin, joten muutin kyseisiä kappaleita kulmikkaimmiksi. Olin kuitenkin piirtänyt kappaleet siksi hieman pyöristetymmin, koska erityisesti kärjessä olevat terävät kappaleet saattavat näyttää kengässä hieman oudoilta, varsinkin jos kengän kärki on kovin pyöreä. 3D-mallintaessa pystyi näkemään varsin selkeästi, miltä kyseiset kappaleet näyttäisivät lestin päällä todellisuudessa. Kuvassa16 on 3D-kokeilu siitä, miltä kengän kärkipala näyttäisi. Keltaisella on ympyröity kohta, joka ei mielestäni toimi. Sivukuvasta ongelmakohtaa ei välttämättä huomaa. Myöskään suoraan ylhäältä päin katsottaessa malli ei mielestäni toiminut. 3D-mallintaessa suunnittelija pystyykin näkemään mallin joka kulmasta ilman, että siitä tarvitsee piirtää kuvia eri suunnista ja näin pystyy näkemään, miten mallin kaavanosat toimivat lestillä.



Kuva 15. Viivakuva ja värikuva Haltille suunnittelemani mallista: Icy



Kuva 16. Mallinnuskokeilu Icy-mallin kärjestä

Toinen hieman samankaltainen ongelma syntyi, kun käytin toista työkalua solid-modeling vaiheessa, jossa yritin luoda materiaalien paksuuseroja kappaleiden välille. Lisäksi esimerkiksi nauhoituksen tekeminen solideiksi ei meinannut onnistua. Ongelmia aiheutti myös aiemmin ”leikatut” kappaleet, joiden poistaminen olisi tuhonnut tiedoston muita osia. Myös tikkauksien mallintaminen aiheutti ongelmia, kun en saanut pattern-työkalua toimimaan. Teinkin tikit lopulta kopioimalla, ja tämä vei melko kauan aikaa.

6.3 Lopputulos ja päätelmät







Kuva 17. Renderöidyt kuvat 3D-mallinnetusta Icy-vaelluskengästä

3D-mallinnuksen lopputuloksena syntyi 3D-mallinnettu Icy-vaelluskengä ja renderoidyt esityskuvat mallista.

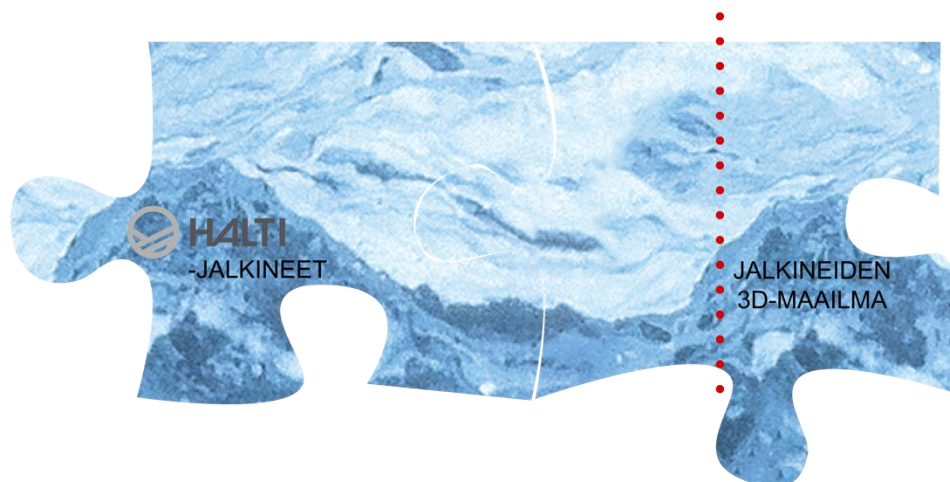
Fusion 360 ongelmakohtia jalkineen 3D-mallintamisessa voivat olla pintojen muuttaminen solideiksi kappaleiksi, varsinkin jos mallinnettu kappale sisältää hyvinkin paljon erilaisia kaaria ja muotoja. Toisaalta joissain tilanteissa tämän ongelman pystyy ratkaisemaan käyttämällä toista toimintoa, mutta esimerkiksi nauhoituksen, joka sisältää paljon mutkia ja muotoja, tekeminen solidiksi tuotti haasteita, enkä saanut siitä aivan niin paksua kuin olisin halunnut. Lisäksi nauhoituksen muokkaaminen jälkeempään oli haastavaa.

Mallinnusprosessissa huomasin, että erilainen työskentely-ympäristö (3D-ympäristö materiaaleineen) herätti uudenlaisia ideoita. Suunnittelemani mallin idea lähti alun perin Gelo-nimestä, josta minulle tuli miellelyhtymä jäästä. Tästä syntyi ajatus jäästä, joka on halkeillut teräviksi palasiksi ja kelle tumman veden pinnalla. Alussa ajatukseni oli, että mallin kappaleet(kaavat) olisivat sellaiset, että jäät muodostuisivat aukoista, jotka leikkattaisiin päällä olevasta kappaleesta. Kuitenkin mietin silloin, että olisi kiva, jos jääkappaleet olisivat kolmiulotteisia ja nousisivat alla olevan materiaalin pinnalta, ja näin ollen myös näyttäisivät enemmän jäältä. Hylkäsin kuitenkin ajatuksen, kun ajattelin että jäitä ei voisi tehdä yksittäisistä kappaleista. Kuitenkin mallintaessani ja kokeillessani materiaalien tuontia 3D-mallinteeseen syntyi idea siitä, että jääkappaleet voisivat olla kolmiulotteista kumiprinttiä, jota käytetään melko paljon etenkin urheilujalkineissa. Idea syntyi siitä, kun selasin Fusion 360 materiaalipankkia ja kokeilin kengän kärkeen ja pohjaan kumimateriaalia ja tajusin, että jääosat voisivat olla kumiprintattuja, jolloin myös alkuperäinen idea tulisi paremmin esiin.

Koin, että ohjelman sisältävät materiaalipankki ja Pantone-väripankki toimivat ikään kuin fyysisenä varastona, jossa pystyi seikkailemaan ja pohtimaan erilaisia väri- ja materiaaliyhdistelmiä.

Mallinnus menee mahdollisesti Halti Oy:llä käyttöön ainakin vaatepuolelle, jossa heillä on käytössä mallinnusohjelma, jonka avatarit tarvitsevat Haltin kengät. Nyt ne ovat paljain jaloin, koska ohjelmasta ei löydy kuin perinteiset tennarit ja korkokenkiä tai avokkaita. Voi kuitenkin olla, että joudun radikaalisti muokkaamaan mallia, koska se ei saa sisältää kuin tietyn määrän parametreja. Lähtökohtanani kun oli 3D-mallintaa jalkine ja renderoida tiedostosta esityskuvia. Vaateosaston pyyntö jalkineen mallintamisesta avatarille tuli kesken jo aloitetun mallinnuksen, joten jää nähtäväksi onnistuuko avatar samaan juuri tuon kyseisen suunnittelemani mallin jalkoihinsa.

7 TULOS



Kuva 18. Opinnäytetyön tulos

3D-mallintamisesta ja-tulostuksesta voi olla monenlaista etua jalkinealan yritykselle. Niin kuin edellä on käyty läpi mahdollistavat ne paljon muuta-kin kuin vain realistisen näköisten esityskuvien tekemisen. Toisaalta juuri se on Halti Oy:n tavoite ja toimeksiannon tärkein lähtökohta. Hyvin tehty 3D-mallinnus mahdollistaakin muun muassa sen, että tuotteesta on mahdollista tehdä esimerkiksi vain yksi fyysinen prototyyppi, koska malline on jo niin todellinen versio lopullisesta tuotteesta. Edellisen lisäksi 3D-mallinnus mahdollistaa myös pienempien osien yksityiskohtaisen mallinnuksen ja esimerkiksi pohjan referenssimallinnuksen muotteja varten. Myös teknisten esityskuvien ja videoiden tekeminen esimerkiksi pohjan rakenteesta ovat mahdollisia hyödyntämällä 3D-mallinnusta. Jalkojen 3D-skannaaminen mahdollistaa myös esimerkiksi urheilijoille henkilökohtaiset tarpeet huomioon ottavan jalkinesuunnittelun.

Mahdollisesti tulevaisuudessa, kun 3D-tulostimien laatu paranee ja hinnat tippuvat, ehkä jopa lähiaikoina, voisi Haltikin 3D-tulostaa kenkien prototyyppisiä tai ainakin pienempiä osia (Tuomanen, 2019), niin kuin esimerkiksi Hoka One One jo tekee (Romans CAD, 2017). Tuotekehittelyssä ja suunnittelun apuvälineinä voivat konkreettiset 3D-tulostetut kappaleet olla merkittävä apu ja etu. Tai voisiko Haltikin mahdollisesti jopa 3D-tulostaa kokonaisia kenkiä tulevaisuudessa niin kuin Adidas aikoo tehdä vuonna 2020 (Burgess, 2019)?

Haltin arvoihin nojaten 3D-mallinnus ja-tulostus tulee varmasti olemaan oleellinen tekijä, jos sen avulla on mahdollista säästää niin luonnonvaroja,

kuin myös prototyyppien kuljetuskustannuksissa ja näin ollen myös lisätä tuotantoprosessin nopeutta ja parantaa tuotekehittelyä.

Opinnäytetyön yhtenä tuloksena syntynyttä 3D-mallinnusohjelmiin liittyvää kyselyä voidaan tulkita seuraavilla tavoilla:

- a. Ohjelman valinta määrittyy sen mukaan, mitä sillä halutaan tehdä
- b. Suunnittelijan taustalla on merkitystä ohjelman valintaan
- c. Ohjelman hinnan vaikutus ohjelman valintaan
- d. Koulutusmahdollisuuksien huomioonottaminen ohjelmaa valitessa

Kyselystä voidaan myös päätellä, että suurin osa vastaajista ei tunne erityisesti jalkineisiin suunnattuja ohjelmia.

Lisäksi voidaan huomata erityisesti monivalintakysymyksen tulos:

1. Vastaajien keskuudessa tunnetuin ohjelma oli **Rhinoceros**, ja kyseinen ohjelma sai eniten suositus-ääniä.
2. Toiseksi tunnetuin ohjelma oli **Fusion360**, ja se sai toiseksi eniten suositus-ääniä.

Lisäksi tekemäni haastattelu indonesialaiselle urheilujalkineita 3D-mallintavalle suunnittelijalle voidaan nähdä tukevan kyselyn tulosta, ainakin niin, että Rhinoceros voisi olla varsin varteenotettava vaihtoehto 3D-mallinnusohjelmaksi jalkinealalla. Myös avoimeen kysymykseen saatu vastaus Rhinocerosin käytöstä monien jalkinealan yritysten parissa, voidaan nähdä tukevan monivalintakysymyksen tulosta, vaikkakin Rhinoceros sai myöskin muutaman kieltävän suosituksen.

Fusion360:lla mallintamani vaelluskengän mallinnusprosessista voidaan nähdä, että Fusion360:n käyttö lähes realistisen näköiseen jalkinemallintamiseen on mahdollista. Vaikka ohjelmassa on omat haasteensa, on niitä mahdollista kiertää käyttämällä eri toimintoja, ja mahdollisesti tottuneempi käyttäjä tietää parempiakin ratkaisuja ja vaihtoehtoja, kuin vasta ohjelmaan tutustunut käyttäjä. Fusion 360:n avuksi voisi lisäksi käyttää myös jotakin renderointia tehostavaa liitännäistä (plug-iniä), kuten esimerkiksi Keyshotia, joita haastattamani indonesialainen jalkinesuunnittelija ja aiemmin mainittu Linus Lundkvist käyttävät. Näin mallinnuksen realisti-suutta voitaisiin mahdollisesti halutessa tehostaa lisää.

Teoriaosuudessa käytiin läpi myös erityisesti jalkineisiin suunnattuja 3D-ohjelmia. ICad3D-ohjelma sisältää nauhoitus- ja tikkaustyökalun (ICAD3D+, 2019). Tämä voidaan nähdä jalkineiden kannalta merkittävänä ainakin siltä osin, että Fusion360:llä mallintaessani juurikin tikkauksien ja nauhoituksen mallintaminen tuotti haasteita, ja vei sen vuoksi aikaa. Toisaalta ohjelmaan tottuneempi käyttäjä osaisi mahdollisesti ratkaista nuo haasteet.

Opinnäytetyöhön sisältynyt lyhyt katsaus vaatesuunnittelussa käytössä olevaan 3D-mallinnusohjelmaan, toi myös vertailukohdan vaatteen ja kengän 3D-mallinnuksen eroista. Jalkineiden 3D-mallinnuksessa kolmiulotteinen lesti antaa muodon ja mallin lähtökohdan toisin kuin vaatteiden 3D-mallinnuksessa, jossa malli tehdään ensin tasossa.

Tehdessäni opinnäytetyön toiminnallista osuutta, eli 3D-mallintaessani jalkinetta, havaitsin, että erilaisena työympäristönä 3D-mallinnusohjelma voi synnyttää uusia ideoita, tai ainakin saada ajatukset uusille raiteille, mitä ei välttämättä tapahdu, jos suunnittelu tapahtuu vain esimerkiksi 2D:nä paperilla tai ruudulla. Lisäksi havaitsin, että 3D-mallintaminen todella mahdollistaakin jonkinasteisen prototypoinnin ilman todellista, konkreettista prototyyppiä. Suunnitellun jalkinemallin näkeminen useasta eri kulmasta lestin päällä on varsin eri asia, kuin yhdestä tai kahdesta kulmasta piirretty 2D-malli.

Opinnäytetyön teoriaosuus toi myös esiin mahdollisia haasteita 3D-mallinnetun tiedoston hyödyntämisestä 360-asteiseen kuvaan, jota Halti Oy toivoisi voivansa hyödyntää esimerkiksi nettikaupassa. Lopullisen tuotteen valokuvaaminen kun saattaa tulla edullisemmaksi ja helpommaksi käyttää, koska 360-asteiset 3D-kuvaformaattit ovat ainakin vielä varsin raskaita käyttää (Sirv, 2019; Laskujärvi, 2019).

Opinnäytetyön tuloksena syntyi tietoa jalkineiden 3D-mallintamiseen soveltuvista ohjelmista ja muista mahdollisesti tarvittavista resursseista. Opinnäytetyö toi myös esiin 3D-mallintamisen ja -tulostuksen mahdollisuuksia jalkinealalla. Toiminnallinen osuus toi Halti Oy:lle 3D-mallinnetun tiedoston hiking-mallisesta jalkineesta sekä lisäksi renderoityjä esityskuvia 3D-mallinteesta. Lisäksi opinnäytetyö tuo tietoa Fusion 360:n soveltuvuudesta jalkinemallintamiseen, erityisesti fotorealistista esityskuvaa tehdessä.

8 POHDINTA

3D-mallintaminen on jo suhteellisen laajasti käytössä oleva suunnittelumenetelmä jalkinealalla erityisesti muottien suunnittelussa (Siipola, 2019), mutta nykyään myös jo esimerkiksi jalkineen päällisen suunnittelussa.

3D-tulostaminen puolestaan on vielä varsin vähän käytetty menetelmä teollisuudessa ja vasta kehittymässä oleva alue. Jalkinemaailma tulee hyvin todennäköisesti tulevaisuudessa kuitenkin muuttumaan. Teollisestikin tuotetut jalkineet valmistetaan nykypäivänäkin pitkälti vielä osittain käsityönä, koska työvoima on vielä Kaukoidässä halvempaa kuin länsimaissa (Tuomanen, 2019). Hinnat nousevat kuitenkin koko ajan, joten 3D-tulostus voi olla yksi ratkaiseva tekijä tulevaisuudessa, kun tuotteet voitaisiin tuottaa lähellä ja ilman käsityötä. Tämä on kuitenkin vielä tällä hetkellä teollisuuden kannalta lähes mahdotonta, mutta pienemmissä tuotantomäärittä jo mahdollista. Joitakin kenkien kappaleita onkin jo 3D-tulostettu viime vuosina markkinoille saakka päätyviin jalkineisiin, näin on toiminut esimerkiksi Adidas ja Reebok (Sneakernews, 2016; Scott, 2018).

Tulevana jalkinesuunnittelijana 3D-tulostus on mielestäni mielenkiintoinen aihealue, ja uteliaana odotan, kuinka se tulee kehittymään. Vaikka opinnäytetyössäni tuonkin esiin 3D-tulostamisen mahdollisuuksia, ovat ne vielä tällä hetkellä teollisuuden näkökulmasta vähemmän kannattavia kuin perinteinen jalkineiden valmistaminen. Vaikkakin Adidaksen aikeissa oleva kokonaan 3D-tulostettu kenkä (Burgess, 2019) on mielestäni varsin mielenkiintoinen, herättää se myös pohdintoja sen toiminnallisuudesta esimerkiksi materiaalien osalta. Koska 3D-tulostettaessa käytetyt materiaalit ovat suhteellisen uusia, ja jalkineissa niiden on oltava joustavia, mikä luo varmasti omat haasteensa, on materiaalien terveysvaikutuksia ehkä tutkittu vielä varsin vähän. Ei ainakaan voida olla varmoja niiden pidempiaikaisista terveysvaikutuksista. Lisäksi jalkineissa on oleellista niiden käyttökäytön mukavuus, joka voi olla haastavaa luoda käyttäen vain yhtä materiaalia. Toisaalta 3D-tulostamisella voidaan saada aikaan erilaisia pintastruktuureja, jolloin edellinen ei välttämättä ole ongelma.

Mikäli aloittaisin opinnäytetyöni suunnittelun tällä kokemuksella, mitä minulla nyt on, lähettäisin kyselyn todennäköisesti suoraan jalkinealalla toimiville yrityksille. Suomessa jalkinealan yrityksiä on varsin vähän - siksi suljin ne alun perin pois ja myös, koska tiesin että 3D-suunnittelu jalkinealalla Suomessa ei ole ainakaan vielä kovin yleistä. Kysely olisikin ollut järkevää tehdä englanniksi ja lähettää myös joillekin Suomen ulkopuolella toimiville jalkinealan yrityksille ja 3D-suunnittelijoille tai-kouluttajille. Kuitenkin kyselyni tuotti tietoa myös suoraan jalkineisiin liittyen vaikka suurimmalla osalla vastaajista ei ollut jalkineiden mallintamisesta kokemusta.

Opinnäytetyön tekeminen oli mielenkiintoinen seikkailu 3D-mallinnuksen ja -tulostuksen jännittävään maailmaan. Erityisen mieluinen osuus oli toiminnallinen osuus, jossa opin mallintamaan kokonaisen jalkineen. Lisäksi oli todella hienoa saada tehdä opinnäytetyöni juuri Halti Oy:lle, ja olen siitä myös hyvin kiitollinen! Toivon, että toimeksiantaja voi hyödyntää opinnäytetyötäni jalkineiden 3D-maailmaan siirtymisessä.

9 LÄHTEET

Atoms-Shoemaster. (2019)

Haettu 25.3.2019 osoitteesta: <https://atom-shoemaster.com/en/>

Burgess. (2019) A new Adidas shoes uses only one material- and is fully recyclable

Haettu 26.4.2019 osoitteesta: <https://www.wired.co.uk/article/adidas-futurecraft-loop-running-shoe-recycle>

Burgess. (2018) To make a lighter London marathon trainer, Nike 3D-printed fabric

Haettu 26.3.2019 osoitteesta: <https://www.wired.co.uk/article/london-marathon-2018-nike-fly-print-shoe-breaking-2-eliud-kipchoge-mo-farah>

Davies. (2016). Reebok introduces new Liquid factory 3D manufacturing lab.

Haettu 1.3.2019 osoitteesta: <https://www.tctmagazine.com/3d-printing-news/reebok-introduces-new-liquid-factory-3d-manufacturing-proces/>

Foundry. (2018) keen Shoes, 3D Design and Modo- Case Study

Haettu 26.3.2019 osoitteesta <https://vimeo.com/232818633>

Foundry. (2015). From 2D To3D Design With Brooks &Modo,

Haettu 6.3.2019 osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=wfBUMRdfPOA>,

Foundry. (2019)

Haettu 30.3.2019 osoitteesta: <https://learn.foundry.com/>

Halti. (2019)

Haettu 20.5.2019 osoitteesta: <https://www.halti.fi>

HokaOneOne. (2019)

Haettu 15.5. osoitteesta: <https://www.hokaoneone.eu/en/ie/meet-hoka.html>

Hotanen, J., Laine, R. & Pietiläinen, S. (2001). Benchmarkingopas. Espoo: Otamedia.

ICad3d+. (2019)

Haettu 21.3.2019 osoitteesta: <https://www.icad3dplus.com/>

Keyshot. (2019)

Haettu 20.3.2019 osoitteesta: <https://www.keyshot.com/features/>

Landeros. (2018) Should CAD Users Switch to Fusion 360? Why and Why Not?

Haettu 21.3.2019 osoitteesta: <https://www.engineering.com/DesignSoftware/DesignSoftwareArticles/ArticleID/17308/Should-CAD-Users-Switch-to-Fusion-360-Why-and-Why-Not.aspx>

Lundkvist. (2019)

Haettu 3.3.2019 osoitteesta: <https://www.instagram.com/linus.lundkvist/>

Mäkelä-Marttinen, L. Luova työ tutkimuksen kohteena- Avauksia design alojen metodologiaan s.132, Kymenlaakson Ammattikorkeakoulu, 2009).

Outcome. (2017) Fusion 360- Autodeskin pilvipohjainen tuotesuunnittelualusta

Haettu 30.3.2019 osoitteesta: <https://www.theoutcomemagazine.fi/autodesk-pilvipohjainen-tuotesuunnittelualusta/>

Rhinocenter. (2019)

Haettu 20.3.2019 osoitteesta: <https://www.rhinocenter.fi/rhino-for-mac>

Romans CAD. (2019)

Haettu 11.3.2019 osoitteesta: <https://www.romans-cad.com/3d-last-cpc1>

Romans CAD. (2017) RCS3D 3DPRINTING.

Haettu 5.3.2019 osoitteesta: <https://vimeo.com/194022824?from=outr embed>

Schwarz. (2018) What is rapid prototyping?

Haettu 21.3.2019 osoitteesta: <https://www.invisionapp.com/inside-design/rapid-prototyping/>

Scott. (2018). Basf and Reebok to Release Additional 3D Printed Liquid Speed Shoe, More Projects in Development

Haettu 1.3.2019 osoitteesta: <https://3dprint.com/221344/basf-reebok-liquid-speed/>

Sculpteo. (2019) 3D Modeling: Creating 3D Objects

Haettu 20.5.2019 osoitteesta: <https://www.sculpteo.com/en/glossary/3d-modeling-definition/>

Sirv. (2019)

Haettu 10.4.2019 osoitteesta: <https://sirv.com/demos/360-spin-3d-model/>

Sneakernews. (2016) Adidas futurecraft

Haettu 20.5.2019 osoitteesta: <https://sneakernews.com/tag/adidas-futurecraft/>

Strikwerda & Dehue. (2019) What is 3D-printing?

Haettu 15.5.2019 osoitteesta: <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

Taylor, N. (2016) Reebok to launch innovative 'Liquid Factory' in US, appoints Steinbrück creative director

Haettu 6.3.2019 osoitteesta: <https://www.wgsn.com/news/reebok-to-launch-innovative-liquid-factory-in-us-appoints-steinbruck-creative-director/>

Techopedia. (2019) Rendering

Haettu 20.5.2019 osoitteesta: <https://www.techopedia.com/definition/9163/rendering>

Tieteentermipankki. (2019)

Haettu 15.5.2019 osoitteesta: <http://tieteentermipankki.fi/wiki/Estetiikka:fotorealismi>

WGSN. (2018)

Haettu 7.3. 2019 osoitteesta: https://www.wgsn.com/content/board_viewer/#/78690/page/2

10 KUVALÄHTEET

Ahonen, A. 2018. Carbonized legos

Halti Oy. Haltin Gelo- hikingkenkä

Vares, M. 2018. Carbonized legos

WGSN. Kuva3

Haettu 10.3.2019 osoitteesta: <https://www.wgsn.com/library/results/ids/30176198%7C30176196%7C30176194%7C28677413%7C28677417%7C28677407%7C30176221%7C30176197%7C29988094%7C29988041%7C29988039%7C29988062%7C30176175>

WGSN. (2018) Kuva5

Haettu 7.3. 2019 osoitteesta: https://www.wgsn.com/content/board_viewer/#/78690/page/2

WGSN. (2016) Kuva6

Haettu 20.3.2019 osoitteesta: <https://www.wgsn.com/news/reebok-to-launch-innovative-liquid-factory-in-us-appoints-steinbruck-creative-director/>

11 HAASTATTELU, KESKUSTELUT JA SÄHKÖPOSTIVIESTIT

Laskujärvi, M. (2019). Opinnäytetyöhön liittyvä keskustelu
25.3.2019, TAMPERE

Siipola, V. (2019). Opinnäytetyöhön liittyvä ohjauskeskustelu
14.3.2019, HÄMEENLINNA

Siipola, V. (2019). Opinnäytetyöstä
Sähköpostiviesti tekijälle
19.5.2019

Tuomanen, H. (2019). Opinnäytetyöhön liittyvät keskustelut
Kevät 2019, SIPOO

artchan_3d (2019). Opinnäytetyöhön liittyvä haastattelu (haastateltava ei
halunnut kertoa nimeään Instagramin välityksellä, siksi viite on Instagra-
min nimimerkillä)
Instagram-viesti tekijälle
8.3.2019

KYSELY

Jalkineiden 3D-mallinnuksesta - kysely

Kuvassa on puinen lesti ylhäältä päin. Lesti on kenkien suunnittelussa, kaavoituksessa ja valmistuksessa käytettävä jalan "aihio", jonka pohjalta kengän muoto ja mitat syntyvät. Jalkineiden 3D-mallinnukseen tarvitaan lesti 3D-skannattuna, jonka pohjalta mallinnus voidaan tehdä. Lestit ovat muodoltaan melko kompleksisia.



1. Suositteletko seuraavia 3D-mallinnusohjelmia suunnittelijalle (teolliseen tuotantoon), kun halutaan luoda realistisen näköisiä esityskuvia kengistä?

	Kyllä	Ei	En tiedä/En tunne kyseistä ohjelmaa
Modo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rhinoceros	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fusion360	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Shoemaster	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ICad3d	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
RomansCAD	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3DCOAT	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Mitä edellä mainituista ohjelmista suosittelisit eniten? Miksi?

3. Suositteisitko jotakin muuta/muita kuin edellä mainittuja? Mitä? Miksi?

4. Mitä luulet/tiedät, että kannattaisi ottaa huomioon jalkinetta 3D-mallintaessa ja ohjelmaa valitessa?
