

3D-tulostuksen liiketoimintamahdollisuudet

Kari Knaapi

Opinnäytetyö
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma
2017



Tekijä(t) Kari Knaapi	
Koulutusohjelma Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma	
Opinnäytetyön otsikko 3D-tulostuksen liiketoimintamahdollisuudet	Sivu- ja liitesivumäärä 25 + 1
Opinnäytetyön otsikko englanniksi Business Opportunities in the Field of 3D Printing	
<p>Opinnäytetyössä selvitetään, kuinka 3D-tulostuksen ympärille voitaisiin rakentaa kannattavaa liiketoimintaa. Aihe oli tutkimisen arvoinen, koska 3D-tulostamisen on ennustettu olevan seuraava teollisen valmistuksen mullistava asia (uusi teollinen vallankumous). 3D-tulostusta on jo vuosia käytetty teollisuudessa mutta suuria odotuksia on asetettu kuluttajamarkkinoille, joiden odotetaan kasvavan räjähdysmäisesti lähivuosina.</p> <p>Opinnäytetyön päätavoitteena ja yhtenä pääkysymyksistä oli siis selvittää miten ja minkälaista liiketoimintaa 3D-tulostamisen ympärille voisi rakentaa. Eli voisiko pelkällä 3D-tulostamisella luoda liiketoimintaa. Kannattava liiketoiminta edellyttää luonnollisesti, että tarjotuille tuotteille ja palveluille on ylipäättänsä kysyntää ja tarvetta kuluttajien puolelta. Lisäksi liiketoiminnan kannalta merkittävänä kysymyksenä selvitettiin ovatko nykyiset tulostinlaitteistot tarpeeksi kehittyneitä ja tehokkaita, jotta niillä pystyttäisiin kustannustehokkaasti täyttämään asiakkaiden 3D-tulosteille asettamat hinta- ja laatuvaatimukset. Myöskin pohdittiin tulostinlaitteistojen tarjoamia mahdollisuuksia, eli mitä toimintoja ja ominaisuuksia niitä liiketoiminnassaan käyttävät henkilöt tarvitsevat ja miten laitteistot tekniikkansa puolesta täyttävät nämä odotukset.</p> <p>Opinnäytetyö rajattiin koskemaan pienvaivatuotteen, tuotesuunnittelun ja -kehityksen alueita. Opinnäytetyössä ei otettu kantaa 3D-tulostukseen lääketieteen tai elintarviketeollisuuden aloilla mutta niitä sivuttiin lyhyesti. 3D-tulostukseen liittyvää tutkimusaineistoa ja teknistä dokumentaatiota oli saatavilla sähköisenä sekä painettuna materiaalina huomattavissa määrin. 3D-tulostuksen liiketoiminnalliseen puoleen liittyvää materiaalia oli tarjolla rajoitetummin. Lisäksi käytettiin hyväksi 3D-tulostamisesta aiemmin tehtyjä tutkimuksia, 3D-laittevalmistajien dokumentaatioita sekä verkkojulkaisuja, kuten blogeja. Opinnäytetyössä todettiin, että 3D-tulostamiseen liittyy erinäisiä ehkä yllättäviäkin kustannustekijöitä, jotka voivat nopeasti syödä 3D-tulostamisesta muuten saatavan hyödyn. Laitteistot eivät ole tarpeeksi halpoja, nopeita ja helppokäyttöisiä. Tulevaisuudessa suurilla 3D-tulostuspalveluja tarjoavilla yrityksillä voi olla entistä vahvempi jalansija markkinoilla, jolloin uusien markkinoille yrittävien yritysten menestyminen voi olla hankalaa, elleivät ne erikoistu johonkin tiettyyn osaamisalueeseen.</p>	
Asiasanat 3D-tulostus, liiketoiminta, pikavaivatuotteen	

Sisällys

1	Johdanto	1
2	3D-tulostaminen	3
2.1	Keskeisimmät käsitteet	3
2.2	Kehityspolku	3
3	Tulostuslaitteistot	6
3.1	Stratasys.....	6
3.2	3D Systems	7
3.3	Hewlett-Packard.....	8
4	Liiketoimintamahdollisuudet	10
4.1	Nykytila ja sovellutukset	10
4.2	Uudenlaiset tuotteet	11
4.3	Tuotekehitys	11
4.4	Muotoilu	11
4.5	Autoteollisuus ja varaosat	12
4.6	Erään startupin opetus	13
5	Suomalaisten yrittäjien kokemuksia.....	15
5.1	Kyselyn toteutus.....	15
5.2	Kyselyn tulokset.....	15
6	Yhteenveto ja johtopäätökset	19
	Liitteet.....	26
	Liite 1. 3D-yrittäjille ja alalle pyrkiville esitetyt kysymykset	26

1 Johdanto

Opinnäytetyössä on tarkoitus selvittää, kuinka 3D-tulostuksen ympärille voitaisiin rakentaa kannattavaa liiketoimintaa. Aihe oli tutkimisen arvoinen, koska eri asiantuntijatahot ovat jo useamman vuoden ajan ennustaneet 3D-tulostamisen olevan se seuraava iso juttu, joka mullistaisi teollisen valmistuksen (uusi teollinen vallankumous). Esimerkiksi tulevaisuuden-tutkija Linturin mielestä 3D-tulostus siirtäisi teollisuustuotannon takaisin Kiinan suurista teollisuuslaitoksista pieniin paikallisiin tuotantolaitoksiin (YLE 2015a).

3D-tulostusta on jo vuosia käytetty teollisuudessa mutta kaikkein suurimmat odotukset on asetettu kuluttajamarkkinoille, joiden odotetaan kasvavan räjähdysmäisesti lähivuosina. Teollisuudessa tietotekniset ja muut tekniset haasteet eivät ole olleet ongelmana 3D-tulostuksen yleistymiselle mutta kuluttajamarkkinoilla tilanne on toinen. Nykyiset tietotekniset ratkaisut ja laitteet, joita 3D-tulostamisen yhteydessä tarvitaan, ovat liian monimutkaisia, hitaita ja kalliita, jotta suuret massat voisivat täysipainoisesti ja helposti hyödyntää tätä uutta teknologiaa. Samat tekniset rajoitukset ovat olleet myös kannattavan liiketoiminnan kehittämisen jarruna.

Suomalainen teollisuus on ollut hieman jälkijunassa muihin maihin verrattuna, eikä 3D-tulostamisen yleistymisestä kodeissa olla varmoja (YLE 2015b). Joka tapauksessa jo nykyisillä laitteilla ja ohjelmistoilla voidaan tuottaa hyvinkin monimutkaisia asioita rajoituksista huolimatta, Suomessa pitäisi vain olla ehkä aktiivisempia ja nopeampia tämän uuden teknologian käyttöönotossa, jotta muut maat eivät saisi liikaa etumatkaa. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n johdolla onkin aloitettu kolmen miljoonan euron hankekokoisuus, jolla pyritään luomaan uutta liiketoimintaa materiaalia lisäävän valmistuksen saralla, jonka katsotaan olevan keskeinen tekijä valmistavan teollisuuden digitalisoitumisen murroksessa ja teollisen internetin hyödyntämisessä (VTT 2015a).

Yhdysvalloissa ollaan oltu aktiivisia jopa ylimmällä tasolla, sillä itse presidentti Obama otti kantaa 3D-tulostukseen Liittovaltion tilaa luotaavassa puheessaan (State of the Union Address) vuonna 2013 todeten ”sen mullistavan tavan, jolla teemme asioita”. Lisäksi hän ehdotti, että ”Kongressin on luotava 15 materiaalia lisäävän tuotannon keskittymää, näin taattaisiin valmistuksen seuraavan vallankumouksen tapahtuminen juuri Amerikassa” (The White House 2013).

Opinnäytetyön tavoitteena ja yhtenä tutkimuskysymyksistä on selvittää miten ja minkälaista liiketoimintaa 3D-tulostamisen ympärille voisi rakentaa. Eli voisiko pelkällä 3D-tulostamisella luoda liiketoimintaa. Kannattava liiketoiminta edellyttää luonnollisesti, että

tarjotuille tuotteille ja palveluille on ylipäättänsä kysyntää ja tarvetta kuluttajien puolelta. Toisena liiketoiminnan kannalta merkittävänä kysymyksenä selvitetään ovatko nykyiset tulostinlaitteistot tarpeeksi kehittyneitä ja tehokkaita, jotta niillä pystyttäisiin kustannustehokkaasti täyttämään asiakkaiden 3D-tulosteille asettamat hinta- ja laatuvaatimukset. Kolmantena tutkimuskysymyksenä pohditaan tulostinlaitteistojen tarjoamia mahdollisuuksia, eli mitä toimintoja ja ominaisuuksia niitä liiketoiminnassaan käyttävät henkilöt tarvitsevat ja miten laitteistot tekniikkansa puolesta täyttävät nämä odotukset. Ennakolettamana eli hypoteesina tässä on, ettei yksinomaan 3D-tulostamiseen perustuvaa liiketoimintaa saa helposti kannattavaksi, vaan se tarvitsee aina muuta liiketoimintaa ympärilleen tai tukee muuta liiketoimintaa.

Opinnäytetyö rajataan koskemaan pienvalmistuksen, tuotesuunnittelun ja -kehityksen alueita. Opinnäytetyössä ei oteta kantaa 3D-tulostukseen lääketieteen tai elintarviketeollisuuden aloilla, mutta niitä sivutaan lyhyesti.

3D-tulostukseen liittyvää tutkimusaineistoa ja teknistä dokumentaatiota on saatavilla sähköisenä sekä painettuna materiaalina huomattavissa määrin. 3D-tulostuksen liiketoiminnalliseen puoleen liittyvää materiaalia on tarjolla rajoitetummin. Lisäksi käytetään hyväksi 3D-tulostamisesta aiemmin tehtyjä tutkimuksia, 3D-laitevalmistajien dokumentaatioita sekä verkkojulkaisuja, kuten blogeja. Kerätystä aineistosta pyritään hyödyntämään oman tutkimuksen kannalta olennainen sisältö, joten elintarvike-alan ja lääketieteellisen alan 3D-tulostamiseen liittyvää aineistoa ei käytetä, koska ne eivät kuulu tämän opinnäytetyön piiriin. Aloja sivutaan lyhyesti 3D-tulostamisen historiaa ja taustoja selvitettävässä osiossa.

3D-tulostuksen nykytilan kartoittamiseksi Suomessa tehdään myös yrittäjähaastattelu sähköpostilla. Haastattelulla pyritään selvittämään käytetty laitteisto ja pääasialliset asiakasprojektit ja niiden yhteydessä kohdatut haasteet. Lisäksi selvitetään miten tai miksi 3D-tulostusta on alettu yrityksessä hyödyntää, miten sen on katsottu hyödyntävän liiketoimintaa tai onko mahdollisesti ajateltu luotavan jotain uutta liiketoimintaa 3D-tulostuksen avulla. Haastateltavat valitaan 3D-tulostusta käyttävien yritysten tai 3D-tulostusalalle pyrkivien henkilöiden joukosta.

2 3D-tulostaminen

2.1 Keskeisimmät käsitteet

3D-tulostuksessa tuotetaan 3-ulotteisesta digitaalisesta mallista fyysinen 3-ulotteinen kappale. 3-ulotteinen malli on tietokoneessa, joko käsin luotuna, CAD-ohjelmistoa tai muuta 3D-mallinnusohjelmistoa apuna käyttäen luotu. Digitaalinen malli on voitu luoda myös skannaamalla esine 3D-skannerilla sekä mahdollisesti jälkikäsittelemällä tätä. 3-ulotteinen malli viipaloidaan ohjelmallisesti kerroksiksi, jotka lähetetään 3D-kirjoittimelle, joka taas kerrostaa nämä viipaleet, muodostaen 3-ulotteisen esineen. (Barnatt 2014.)

2.2 Kehityspolku

3D-tulostamisen alkuna voidaan pitää jo vuotta 1976, jolloin mustesuihkukirjoitin keksittiin. Erinäiset sovellutukset ja edistykset mustesuihkutulostuksessa johtivat vuonna 1984 myös muiden materiaalien käyttöön tulostamisessa. Vuosikymmeniä myöhemmin lukuisia eri 3D-tulostusmenetelmiä on kehitetty teollisuuden eri aloilla. (T. Rowe Price 2012.)

Vuotta 1984 voidaan pitää 3D-tulostuksen syntyvuotena. Tällöin eräs 3D Systems -yhtiön perustajista (Charles Hull) keksi stereolitografian, jossa puhtaasti digitaalisesta aineistosta voitiin luoda kolmiulotteinen käsin kosketeltava esine. Ideana oli luoda 3-ulotteinen malli kuvasta, jotta sen ominaisuuksia voitaisiin testata ennen laajempaan tuotantoon investointia. (T. Rowe Price 2012.)

Vuonna 1992 3D Systems kehitti ensimmäisen stereolitografialaitteen (stereolithographic apparatus, SLA). Tulostusprosessissa ultraviolettilaser jähmettää hunajaa väriltään ja viskositeetiltaan muistuttavan nesteen, valopolymeerin, josta muodostuu kerros kerrokselta kolmiulotteinen esine. Laite osoittaa, epätäydellisyyksistä huolimatta, että on mahdollista valmistaa monimutkaisia osia yhdessä yössä. (T. Rowe Price 2012.)

Vuonna 1999 potilas sai virtsarakon laajennuksen, jossa 3D-tulostettu synteettien tukirakenne oli päällystetty potilaan omilla soluilla. Tämä Wake Forest -instituutissa kehitetty teknologia avasi uusia mahdollisuuksia elinten valmistamiseen, mm. 3D-tulostusta hyödyntäen. Potilaan omia soluja käytettäessä vältetään hylkimisreaktioilta. (T. Rowe Price 2012.)

Vuonna 2002 onnistuttiin valmistamaan pienoiskokojen toimiva munuainen, joka suodatti verta ja tuotti laimennettua virtsaa eläimellä. Kehitys johti Wake Forest -instituutissa re-

generatiivisen lääketieteen tutkimiseen, jossa elimiä ja kudosta voidaan tulostaa 3D-tulostustekniikalla. (T. Rowe Price 2012.)

Vuonna 2005 Bathin yliopiston tohtori Adrian Bowyer perusti RepRap-hankkeen, jossa tavoitteena oli rakentaa 3D-tulostin, joka pystyy tulostamaan suurimman osan omista osistaan. Projektin tavoitteena oli demokratisoida tuotanto toimittamalla halpoja RepRap-laitteita kaikille, jotta kaikki voisivat tulostaa arjessa tarvittavia esineitä. (T. Rowe Price 2012.)

Vuonna 2006 ensimmäinen laser-sintraus -laite (selective laser sintering, SLS) tuli kannattavaksi. Valmistuksessa käytetään laseria sulattamaan materiaalia 3-ulotteisiksi esineiksi. Läpimurto mahdollisti teollisten osien ja myöhemmin proteesien laajamittaisen kustomoinnin ja kysynnän mukaisen valmistuksen. Samana vuonna 3D-tulostusjärjestelmien ja materiaalien toimittaja Objet kehitti laitteen, jolla voi tulostaa samanaikaisesti useampaa materiaalia, mukaan lukien elastomeerit (kumin elastiset ominaisuudet) ja polymeerit. Laitteella voi tulostaa esineen, jossa on erilaisia tiheyksiä ja materiaaliominaisuuksia. (T. Rowe Price 2012.)

Vuonna 2008 RepRap-hanke julkisti Darwinin, ensimmäisen itsensä kopioivan tulostimen, joka pystyi tulostamaan suurimman osan omista osistaan. Tulostimen omistaja voi näin tulostaa uusia tulostimia ystävilleen. Samana vuonna Shapeways julkaisi suljetun beta-version uudesta yhteisöllisestä palvelustaan, jossa taiteilijat, arkkitehdit ja muotoilijat voivat luoda halvalla 3D-malleistaan fyysisiä esineitä. Proteesien tuotannossa tapahtui läpimurto, kun ensimmäinen ihminen käveli 3D-tulostetulla proteesilla, jossa on kaikki jalan normaalit osat; polvi, jalkaterä, istukkaosa jne. Kehitys johti Bespoke Innovations-yrityksen perustamiseen. Yritys valmistaa proteeseja sekä näihin räätälöityjä suojakerroksia. (T. Rowe Price 2012.)

Vuonna 2009 ilmestyivät tee-se-itse 3D-tulostinpaketit, kun avoimen laitteiston (open source hardware) yritys MakerBot Industries aloitti oman laitteensa myynnin. Paketin ostaja saattoi tehdä itse oman tulostimensa ja tulostaa sillä esineensä. Biotulostuksen innovaattori Organovo tulosti ensimmäisen verisuonen käyttäen tohtori Gabor Forgacsin menetelmää. (T. Rowe Price 2012.)

Vuonna 2011 Southamptonin yliopiston tutkijoiden suunnittelema ja 3D-tulostettu miehitämätön lentokone suoritti ensilentonsa. Kone oli rakennettu seitsemässä päivässä 5000 punnan budjetilla. Lentokoneen siivet oli 3D-tulostuksen avulla saatu elliptisiksi. Tämä muutoin kallis ominaisuus parantaa aerodynaamisia ominaisuuksia ja vähentää ilmanvas-

tusta. Samaisena vuonna Kor Ecologic julkaisi ympäristöystävällisen auton prototyypin, jonka kori oli 3D-tulostettu TEDxWinnipeg-tapahtuman yhteydessä. i.materialise toi ensimmäisenä 3D-tulostuspalveluyrityksenä markkinoille 14-karaatin kulta- ja hopeamateriaalit tulostusmateriaalivaihtoehtoina. Tämä mahdollistaa uuden ja halvan valmistustavan korumuotoilijoille. (T. Rowe Price 2012.)

Vuonna 2012 Hollannissa lääkärit ja tutkijat käyttävät LayerWise-yhtiön 3D-tulostinta luodakseen räätälöidyn kolmiulotteisen keinotekoisen alaleuan, joka asennetaan 83-vuotiaalle, kroonisesta luutulehduksesta kärsivälle naiselle. Menetelmää toivotaan voitavan käyttää uuden luukudoksen kasvattamiseen. (T. Rowe Price 2012.)

3 Tulostuslaitteistot

Vuoden 2014 lokakuussa maailmassa oli 10 suurta merkittävää 3D-tulostinten valmistajaa, näistä kahdeksan oli keskittynyt pelkästään 3D-tulostamiseen. Näiden lisäksi ranskalainen Group Gorgé ja HP ovat tulossa 3D-tulostinmarkkinoille. HP on ilmoittanut, että sen avainasiakkaiden vuoden 2015 aikana tekemän Beta-testauksen jälkeen tulostin tuodaan yleiseen myyntiin 2016 (Barnatt 2014). Seuraavassa taulukossa 1 vertaillaan suurimpien tulostinvalmistajien markkinaosuuksia.

Taulukko 1. 3D-tulostamiseen keskittyneiden yritysten markkinaosuus 15.10.2014.

Yritys	Miljoonaa dollaria
Stratasys	5470
3D Systems	4510
Organovo	458
SLM Solutions	388
Arcam	376
ExOne	280
voxeljet	234
Tinkerine	9

HP:n tulo 3D-tulostusbusinessiin saattaa olla se merkittävä tekijä, joka tuo 3D-tulostuksen suuren yleisön tietoisuuteen. Mikäli HP pystyy tekemään saman 3D-tulostukselle, kuin se on tehnyt lasertulostimille, joita löytyy jokaisesta vähänkin isommas- ta toimistosta, niin se merkitsisi todellista läpimurtoa alalle. Suomessakin HP on kiitettä- västi panostanut oman 3D-tulostustekniikkansa markkinointiin ja esille tuomiseen. Yrityk- sen verkkosivuilla tuodaan näyttävästi esiin tekniikan etuja ja kustannussäästöjä. HP Jet Fusion 3D -tulostimen tulostuskustannusten kerrotaan olevan noin puolet huhtikuussa 2016 saatavilla olleisiin hintaluokan 100 000 – 300 000 \$ FDM- ja SLS-tulostimiin verrat- tuna. (Hewlett-Packard 2017a.)

3.1 Stratasys

Alan suurimpia yrityksiä, toi ensimmäisen kaupallisen tulostimensa markkinoille 1992. Tekniikka perustui materiaalin pursottamiseen, fused deposition modelling (FDM). Yritys on kasvanut voimallisesti yritysostojen kautta ja omistaa nykyään mm. MakerBotin. Ma- kerBotin hankinta oli merkittävä siinä mielessä, että aiemmin vain suuryrityksiä, kuten Bo- eing, Intel ja Ford, palvelut Stratasys siirtyi yhdellä yritysostolla merkittäväksi tekijäksi myös kuluttajapuolen 3D-tulostuksessa. MakerBot toimii Stratasysin tytäryrityksenä tarjo-

ten halpoja pöydällä pidettäviä tulostimia, jotka perustuvat pursotustekniikkaan. Tärkeä osa MakerBotia on sen Thingiverse-yhteisöpalvelu, jossa MakerBotin tai muiden 3D-tulostinten omistajat voivat vaihtaa keskenään 3D-malleja. Sen on sanottu olevan maailman suurin 3D-mallien jakoon erikoistuneen sivuston. (Barnatt 2014.)

SolidScape ja Objet -yrityksien myötä Stratasys pystyy nykyään tarjoamaan myös materiaalin suihkutustekniikkaan (material jetting) perustuvia tulostimia. Sen PolyJet-teknikaksi kutsumalla suihkutustekniikalla voidaan tulostaa korkealaatuisia, useasta materiaalista koostuvia esineitä. Toinen suihkutustekniikka nimeltään wax deposition modeling (WDM) soveltuu hammaslääketieteelliselle sektorille ja muille teollisuuden aloille. WDM-menetelmällä tulostetaan valumuotit, ei itse esinettä. Stratasys toi tammikuussa 2014 markkinoille maailman ensimmäisen 3D-tulostimen, Objet500 Connex3, joka pystyy tulostamaan useaa materiaalia eri väreillä. (Barnatt 2014.)

3.2 3D Systems

Vuonna 1983 Chuck Hull käytti tietokoneohjattua ultraviolettiaserian muokkaamaan ja jäähmettämään esineen kerros kerrokselta nestemäisestä valopolymeeristä. Hull keksi näin 3D-tulostuksen ja pitkällisen kehitystyön jälkeen patentoi stereolitografiaan perustuvan laitteen maaliskuussa 1986. Samana vuonna hän perusti 3D Systemsin. Kahden vuoden kuluttua tuotiin markkinoille ensimmäinen kaupallinen 3D-tulostin, StereoLithography Apparatus (SLA). Samalla luotiin vielä nykyäänkin käytössä oleva STL-tiedostoformaatti tietokoneen ja 3D-tulostimen väliseen kommunikointiin. Nykyään 3D Systems myy myös pursotustekniikkaan (material extrusion), jauhepetitekniikkaan (Selective laser sintering, direct metal laser sintering), suihkutustekniikkaan (MultiJet Printing) ja sidontateknikkaan (ColorJet Printing) perustuvia tulostimia. Sidontateknikassa materiaalin suihkutetaan liimaa sidosaineeksi ja se mahdollistaa täysväritulostuksen. Myös 3D Systems on laajentunut voimakkaasti yritysten kautta. (Barnatt 2014.)

Kuluttajamarkkinoille 3D Systems on yrittänyt päästä luomalla vuonna 2012 yhteisöpalvelun nimeltä Cubify (cubify.com), jossa suunnittelijat voivat myydä muokattavia 3D-malleja, jotka 3D Systems sitten tulostaa ja toimittaa ostajalle. Mallit voi myös ladata tulostettavaksi omalla 3D-tulostimella. Samaan aikaan tuotiin markkinoille kuluttajille suunnattu tulostin nimeltä Cube. Seuraavina vuosina tuotiin markkinoille uusia malleja ja käsiskanneri Sense sekä iPadin 3D-skanneriksi muuttava iSense lisälaitte. Vuonna 2014 julkaistiin CeraJet, värikeramiikkaa tulostava laite sekä kaksi ChefJet ruokatulostinta. Samana vuonna julkaistiin myös maailman ensimmäinen muovijauheesta täysvärisiä esineitä tulostava laite, ProJet 4500. Se on jo kaupallisessa levityksessä. (Barnatt 2014.)

3D Systemsin tarmo ja menestys 3D-tulostuksen saralla on vakuuttavaa. Yritysostoihin perustuvaa laajentumista on kritisoitu mutta toisaalta 3D-tulostusala tarvitsee suuria yrityksiä, joihin sijoittajat voivat luottaa ja jotka tekevät 3D-tulostuksesta valtavirtaa. (Barnatt 2014.)

3.3 Hewlett-Packard

HP julkisti oman Jet Fusion -tulostimensa jo lokakuussa 2014 mutta laitetta saattoi tilata vasta toukokuusta 2016 alkaen. Tulostimesta on tarjolla kaksi versiota, halvempi ja pienempikapasiteettinen 3200-sarja ja järeämpi 4200-sarja. 4200-sarjalle lupailtiin toimitusajaksi loppuvuotta 2016. Pienempi 3200-sarjan tulostin on saatavissa vasta vuoden 2017 keskivaiheilla (Computerworld 2016). Mainittakoon pienenä sivujuonena tässä yhteydessä HP:n ja Stratasysin lyhyeksi jäänyt yhteistyö vuosina 2010-2012, jolloin HP:n tuotemerkin alla ja sen markkinointikanavia hyödyntäen myytiin Stratasysin tulostimia. Yhtiöiden spekulointiin jatkavan yhteistyötä myöhemmin, kun markkinat olisivat otollisempia 3D-tulostamiselle (Popular Science 2010; Tct Magazine 2012). Näyttää kuitenkin siltä, että HP päätti kulkea omia polkujaan.

HP lupaa tulostintensa mahdollistavan todellisen massatuotannon pelkän tuotekehityksen ja prototyyppien valmistuksen sijaan. Tulosteisiin voidaan upottaa vaikkapa elektroniikkaa jo itse tulostusvaiheessa käyttämällä johtavaa materiaalia vokselitasolla (vokseli on yksittäisen kuvapisteen, pikselin, kolmiulotteinen vastine). Yksittäinen vokseli on kooltaan noin 50 mikrometriä. HP:n Jet Fusion -tulostintekniikan tekee merkittäväksi juuri mahdollisuus erilaisten materiaalien yhdistämiseen (fusion) vokselitasolla (Computerworld 2016).

HP:n mukaan, sen Jet Fusion -tulostustekniikka on myös nopeutensa puolesta ylivoimainen muihin tekniikkoihin verrattuna. Seuraavassa taulukossa 2 vertaillaan hammasrattaiden tulostamista eri tekniikoilla 3-82 tunnin aikajänteellä (Hewlett-Packard 2017a).

Taulukko 2. HP Multi Jet Fusion -tulostuksen nopeus verrattuna muihin tekniikkoihin.

	03:00 tuntia	38:00 tuntia	82:00 tuntia
Pursotustekniikka (Material Extrusion)	36 kpl	460 kpl	1000 kpl
Lasersintraus (Laser Sintering)	79 kpl	1000 kpl	2160 kpl
HP Multi Jet Fusion	1000 kpl	12600 kpl	27300 kpl

HP:n tulostustekniikka mahdollistaa moniväriset tulosteet, sillä väriä voi vaihdella vokselitasolla. Myös materiaaliin, läpinäkyvyyteen, elastisuuteen, lujuuteen ja sähkönjohtavuuteen voidaan vaikuttaa vokselitasolta lähtien (Hewlett-Packard 2017a).

Kaiken kaikkiaan HP on rakentanut 3D-tulostusprosessista eri vaiheineen toimivan kokonaisuuden, kattaen paitsi itse tulostuksen materiaalikierrätyksineen, niin myös huolto- ja rahoituspuolen, jotta 3D-tulostus voitaisiin aloittaa mahdollisimman helposti (Hewlett-Packard 2017b).

4 Liiketoimintamahdollisuudet

Barnatt toteaa kirjassaan "3D Printing: The Next Industrial Revolution", että 3D-tulostus muiden uusien kehitysaskelien tavoin voi viedä vallankumousta eteenpäin vain, jos se pystyy tarjoamaan selkeitä ja merkittäviä etuja nykyisiin teknologioihin ja teollisiin ratkaisuihin nähden (Barnatt 2013, 6).

Eräs keskeisimpiä käsitteitä liiketoiminnassa on liiketoimintamalli, joka kuvaa ydinliiketoimintojen menestystekijöitä ja näiden riippuvuuksia toisistaan ja kuinka nämä luovat arvoa asiakkaille. Mallin pohjalta voidaan sitten luoda tarkempi liiketoimintasuunnitelma (Saarelainen, 2013).

3D-tulostamisen hyödyntämisessä on olennaista siis tunnistaa asiakaskohderyhmät ja näille suunnatut tuotteet. Tuotteet voivat olla puhtaasti 3D-tulosteita tai lopputuotteen suunnittelu- ja kehittämisvaiheessa on käytetty huomattavissa määrin 3D-tulostamista lopullisen tuotteen aikaansaamiseksi ja sen hiomiseksi kuluttajien toiveita vastaavaksi.

4.1 Nykytila ja sovellutukset

3D-tulostamista pidetään nousevana teollisuuden alana. Globaalit markkinat 3D-tulostustuotteiden ja palveluiden osalta ovat kasvaneet 1,74 miljardista dollarista 3,07 miljardiin dollariin vuosien 2011-2013 aikana. Investoijille tämä tarjoaa tietenkin hyvän mahdollisuuden. Globaaliin tuotantoon nähden 3D-tulostus on kuitenkin vielä pieni tekijä. Vuonna 2013 globaali kulutuselektronikkatuotanto oli arvoltaan 220 miljardia dollaria (Barnatt 2014).

3D-tulostusalan lukuisista eri sovellusmahdollisuuksista johtuen on vaikea ennustaa alan kasvua tulevaisuudessa. On arvioitu, että vuonna 2019 sen arvo olisi 7,24 miljardia dollaria ja 2021 10,8 miljardia dollaria. Näitä arvioit saattavat olla jopa turhan varovaisia alan nopeasta kasvusta johtuen. Nopeasti kehittyvä ala vaatii investointeja ja innovaatioita kasvun ylläpitämiseksi. Eri medioista voi saada käsityksen, että alaa ajaa eteenpäin innokas avoimen lähdekoodin ja laitteistojen yhteisö mutta tämä on väärä käsitys. Muutamat pienet yritykset saattavat tuoda markkinoille hämmästyttäviä uusia tulostusmateriaaleja mutta materiaalia lisäävän valmistusmenetelmän saattamiseksi suuremmaksi massamarkkinoita kiinnostavaksi ilmiöksi, tarvitaan järeämpiä toimenpiteitä teollisuuden taholta (Barnatt 2014).

Eräänlaisena vastauksena Barnattin edelliseen kommenttiin voi pitää Hewlett-Packardin voimakkaasti lisääntyntä panostusta 3D-tulostamiseen (Hewlett-Packard 2017). Tällä

tavanomaisten tulostinten valmistajalla on varmasti tarpeeksi kokemusta ja pääomaa, jotta se pystyy tuomaan myös 3D-tulostinrintamalla yritysten ja kuluttajien käytettäväksi innovatiivisia 3D-tulostuslaitteistoja ja niihin liittyviä ohjelmistoja.

4.2 Uudenlaiset tuotteet

3D-tulostamista voidaan käyttää uusien innovatiivisten tuotteiden markkinoille tuomiseen tai nykyisten tuotteiden valmistusprosessien muokkaamista toisenlaisiksi, mahdollisuuksien mukaan asiakkaan kannalta joustavammiksi ja halvemmiksi. Tämän pitäisi puolestaan alentaa lopputuotteen hintaa mutta vielä nykyisellään mahdollinen hintaetu helposti menetetään kalliin jälkiprosessoinnin vuoksi. 3D-tulostettu esine ei useimmiten ole sellaisenaan valmis kuluttajalle toimitettavaksi, vaan vaatii pintakäsittelyä ja muita mahdollisia toimenpiteitä.

4.3 Tuotekehitys

3D-tulostamista hyödynnetään nykyään huomattavasti eri aloilla tuotekehitysvaiheessa. Eri aloilla toimivat yritykset tilaavat suunnittelemiensa tuotteiden erilaisia 3D-tulostettuja testiversioita, joilla voidaan jo varhaisessa vaiheessa todeta mahdolliset suunnitteluvirheet. Urheilujalkinevalmistaja PUMA on päättänyt hankkimaan omiin tuotekehityskeskksiinsä 3D-tulostimet omien prototyyppeinsä identtiseen ja nopeaan tulostamiseen jo yhden päivän sisällä käytettäväksi mm. palaverin yhteydessä. Tuotekehityssykliä haluttiin nopeuttaa entisestään, koska aiemmin oli käytetty alihankkijoita, joista oli kuitenkin seurannut viiveitä ja kommunikointivaikeuksia (Wazp 2017).

4.4 Muotoilu

3D-tulostusta voidaan hyödyntää erityisesti korumuotoilussa, tuottamalla pieniä sarjoja testiversiota asiakkaille ennen varsinaisen tuotannon aloittamista. Näin voidaan välttää huonosti myyvien tuotteiden valmistus jo varhaisessa vaiheessa. Lopputuotteiden osalta ongelmia aiheuttaa kuitenkin vielä tulostusjäljen huono laatu verrattuna perinteiseen käsityöhön tai muihin valmistusmenetelmiin. 3D-tulostettua korua pitää viimeistellä, tällöin tuotteen loppuhinta kohoaa helposti korkeaksi. Vaikka tuotteen valmistus ja viimeistely suoritettaisiin halvan työvoiman maassa, kuljetuskustannukset ja muut valmistukseen liittyvät seikat nostavat lopputuotteen hinnan helposti liian korkeaksi. (Stevenson 2016a; Stevenson 2016b).

Mikäli tuotteen loppuhinta ei ole ongelma, esimerkiksi valmistettaessa pieniä korusarjoja valikoidulle kohderyhmälle, voidaan tuotteen loppuhinta kohottaa sellaiselle tasolle, että

mm. esineen jälkikäsitteilykustannukset voidaan kattaa. 3D-tulostusta korumuotoilussa käytettäessä kannattaisikin ehkä tekniikan mahdollisuuksia hyödyntää juuri sellaisten monimutkaisten muotojen luomiseen, jotka olisivat käytännössä mahdottomia tai erittäin aikaa vieviä tehdä perinteisillä menetelmillä. Tämä asettaa luonnollisesti uudenlaisia vaatimuksia koruualalla työskenteleville muotoilijoille, koska monimutkaisten 3-ulotteisten geometristen rakenteiden luomiseen ja kehittelyyn tarvitaan 3D-mallinnusohjelmia. Lisäksi tarvitaan tietämystä 3D-tulostuksen rajoituksista mm. materiaalien suhteen.

4.5 Autoteollisuus ja varaosat

Autoalalla ei uskota 3D-tulostuksen lyövän itsensä läpi lähivuosina, ainakaan varaosamarkkinoilla, koska tulostetut osat eivät laadullisesti vastaa alkuperäisosa. Mikäli alkuperäinenkin osa olisi 3D-tulostettu ja suunniteltu sen mukaisesti, voisi 3D-tulostus olla varteenotettava vaihtoehto, mutta autonvalmistajat eivät pidä tätä mahdollisena vielä kymmenen vuoteen. (Reeves & Mendis 2015, 19).

Autoalan varaosamarkkinoita hallitsevat ns. alkuperäiset laitevalmistajat (OEM, original equipment manufacturer), joilla on hallussaan osien valmistukseen tarvittava data, kuten 3D-mallit sekä tuotantolaitteistot. Data siirtyy valmistajien suojaetuissa verkoissa, joten heidän siirtyessä jossain vaiheessa perinteisistä valmistusmenetelmistä 3D-tulostukseen ei tämä osa tuotantoa olennaisesti muutu, tärkeä 3D-mallidata pysyy edelleenkin suojattuna. Sama pätee alihankkijoihin, jotka nytkin saavat 3D-mallidatan korvausta vastaan valmistaessaan osan itse tai vastaanottavat valmiin varaosan. Jälleenmyyjä hankkii tulevaisuudessaakin 3D-tulostetun osan luotettavalta valmistajataholta säilyttääkseen jälleenmyyjästatuksensa. Vanhojen tai entistettyjen autojen markkinoilla tilanne on toinen, 3D-tulostus voi hyödyttää suuresti harrastajia, koska alkuperäisiä osia voi olla vaikea saada tai niiden hinta on korkea. Osien ei tarvitse myöskään vastata alkuperäisiä, sillä autot on usein kunnostettu vain esittelytilaisuuksia varten. OEM-valmistajille nämä markkinat ovat liiketaloudellisesti kannattamattomia. Kustomoitujen osien suunnittelu ja 3D-tulostus taas voi tarjota jonkinlaisia liiketoimintamahdollisuuksia. (Reeves & Mendis 2015, 19-21).

Seuraavien 15 vuoden kuluessa ei siis ole nähtävissä kovinkaan merkittäviä liiketoimintamahdollisuuksia autojen varaosien 3D-tulostuksessa. Osat eivät välttämättä täyty haluttuja vaatimuksia tai kustannukset nousevat liian korkeiksi. Varaosien turvallisuus on suurin huolenaihe, myöskin mallioikeudelliset ja tekijänoikeudelliset seikat asettavat rajoituksensa. (Reeves & Mendis 2015, 21).

4.6 Erään startupin opetus

Seuraavassa käydään läpi CLAWZ-nimisen, tekokynsien valmistamista yrittäneen mutta lyhytikäiseksi jääneen startup-yrityksen vaiheet.

Idea CLAWZ:sta syntyi 2013, jolloin 3D-tulostukseen laitettiin yleisestikin hieman ylisuuria odotuksia. CLAWZ:n perustajan ajatuksena oli yhdistää muoti ja teknologia ja näin myydä 3D-tulostutettuja kynsiä voitolla, tehden sen paremmin, kuin aiemmin aloittanut yrittäjä (The Laser Girls).

Liiketoiminnan aloittamisen järkevyyttä perusteltiin pienellä volyymilla, eli tuotantokustannukset ja -aika saataisiin minimoitua 3D-tulostuksella. Lisäksi tuotteesta voisi tuoda helpposti markkinoille eri variaatioita ja teemoja 3D-mallia muuttamalla. Tulostustuotanto ajateltiin voitavan ulkoistaa kaupallisille tulostuspalveluille, joilla on käytössään korkealaatuiset tulostuslaitteet. Tuotteesta tulostettaisiin vain tiettyjä ennalta määrättyjä kokoja, jolloin asiakkaan ei tarvitsisi tehdä mittauksia ja ostaminen verkkokaupan kautta onnistuisi helpommin. Tuotteella olisi myös laaja potentiaalinen asiakaskunta.

Vuoden 2014 aikana yritykselle saatiin rahoitusta riskipääomaarahastosta (SOSV China Accelerator, Shanghai), toimisto Shanghaista ja mentorointia sekä yhteyksiä 3D-tulostuksen piirissä toimiviin henkilöihin, jotka voisivat auttaa mm. kynsien kustomoinnin toteuttamiseen verkkokaupassa. Eli yksinkertaistettuna: tarvittaisiin hieman designia, tuotannon suunnittelua ja lopuksi verkkokaupan luominen.

Aikaa vievistä etsinnöistä huolimatta Kiinasta ei kuitenkaan löytynyt 3D-malleille suunnittelijoita, joilla olisi ollut aikaa tai jotka olisivat olleet tarpeeksi halpoja tekemään työn. USA:ssa 3D-mallien suunnittelu olisi tullut liian kalliiksi. Tuotannon järjestäminen oli yhtä hankalaa, sillä 3D-tulostuspalvelut (Shapeways, iMaterialise) olisivat olleet kykeneviä tuottamaan kynnet mutta yksikköhinta olisi noussut liian korkeaksi jopa näin pienillä tuotteilla. Lisäksi korkeat toimituskustannukset ja pitkät toimitusajat Kiinaan sulkivat pois tämän vaihtoehdon. Myös verkkokaupan ja tuotannon välisten rajapintojen toteutus hinnoiteltiin eri toimittajien tahoilta liian kalliiksi.

Vaihtoehdoksi kaavailtiin omaa 3D-tulostinlaitteistoa. Tämä ratkaisu olisi tullut kuitenkin suunniteltua kalliimmaksi. Halvalla laitteistolla taasen ei olisi pystynyt tulostamaan tarpeeksi tarkkaa jälkeä. Tuotannon luotettavuuden ja halutun tulostusmäärän varmistamiseksi olisi tarvittu useampia tulostimia ja näille tarvittavat tilat ja käyttäjät. Tulosteiden jälkikäsitteilyyn olisi tarvittu myös henkilöstöä. Eli lopuksi todettiin tilanteen vastaavan sitä,

että käytettäisiin ulkopuolista 3D-tulostuspalvelua, jolloin hintataso nousisi tuotteelle liian korkeaksi.

Vaihtoehtona tutkittiin kiinalaisia 3D-tulostuspalveluita. Shanghaista, jossa yritys sijaitsi, ei kuitenkaan löytynyt tarpeeksi isoa valmistajaa vaan etsintä piti ulottaa koko Kiinaan. Tä-mänkaltainen pieni yritys ei kuitenkaan yleensä kiinnostanut tai sitten ne valmistajat, jotka pystyivät 3D-tulostettuja kynsiä toimittamaan, epäonnistuivat jossain tuotantoprosessin vaiheessa. Valmistajilla ei ollut kunnollista käsitystä 3D-tulostamisesta tai eivät kyenneet optimoimaan materiaalin käyttöä. Projektin vaatimuksia ei aina myöskään ymmärretty, tulostettiin väärinä malleja tai väärän kokoisia kynsiä. Koko prosessia valvomaan olisi tarvittu ulkopuolinen henkilö, joka olisi samalla kasvattanut kustannuksia.

Vaikka lopulta saatiin aikaiseksi prototyyppejä, niin tulostusjälki ei ollut tarpeeksi tarkkaa. Valmistajilla ei ilmeisesti ollut tarpeeksi kokemusta näin pienistä tuotteista. Myös jatkuva valmistajien ja vaihtoehtoisten valmistajien etsintä kävivät raskaaksi. Lopulta päätettiin luopua koko 3D-tulostamisesta ja valmistaa kynnet perinteisellä menetelmällä, mutta kohdattiin kutakuinkin samat ongelmat eikä sopivaa valmistajaa löydetty. Yrityksen varat olivat loppumassa ja jatkuva valmistajien etsintä oli vaatinut veronsa, joten yritys päätettiin lopettaa vuoden 2015 keskivaiheilla.

3D-tulostettujen kynsien valmistamisen pullonkaulaksi osoittautuivat sovelioiden valmistajien puute ja kohtuullisen hintatason saavuttaminen. (Stevenson 2016a; Stevenson 2016b.)

5 Suomalaisen yrittäjien kokemuksia

Tässä opinnäytetyössä selvitetään 3D-tulostuksen nykytilaa ja siihen liittyviä toimijoita ja laitteistoja sekä pohditaan laitteistojen tulevaisuuden kehityskaaria yrittäjien näkökulmasta. Nykytilaa selvitetään tekemällä sähköpostikysely 3D-tulostusta liiketoiminnassaan hyödyntävissä yrityksissä tai 3D-tulostusalalle pyrkivien henkilöiden joukosta.

5.1 Kyselyn toteutus

Kysely toteutettiin sähköpostitse pyrkien selvittämään käytetty laitteisto ja pääasialliset asiakasprojektit ja niiden yhteydessä kohdatut haasteet. Lisäksi selvitettiin miten tai miksi 3D-tulostusta on alettu yrityksessä hyödyntää, miten sen on katsottu hyödyntävän liiketoimintaa tai onko mahdollisesti ajateltu luotavan lähitulevaisuudessa uutta liiketoimintaa 3D-tulostuksen avulla. Kyselyssä esitetyt kysymykset löytyvät liitteestä 1.

5.2 Kyselyn tulokset

Kyselyyn saatiin kaksi vastausta. Seuraavassa esitetään kyselyn tulokset. Tulosten pohjalta luodaan yhteenveto ja analysoidaan mitkä ovat 3D-tulostamiseen liittyvän liiketoiminnan suurimmat haasteet sekä pullonkaulat nykyisessä 3D-tulostustekniikassa. Lisäksi pohditaan, onko lähitulevaisuudessa nähtävissä muutoksia, jotka voisivat helpottaa 3D-tulostustekniikan laajempaa ja liiketaloudellisesti kannattavampaa käyttöönottoa.

Yksi kyselyyn vastanneista yrityksistä toimii lähinnä tulostinten valmistajana. Vastanneiden yritysten toimialoja olivat mm. 3D-tulostinten valmistus ja jälleenmyynti. Henkilöstömäärä vaihteli välillä 1-3 henkeä ja liikevaihto vuonna 2016 oli 0,4 milj. euroa.

Yrityksissä ja 3D-alalle aikovien henkilöiden käyttämiä 3D-tulostuslaitteistoja on esitetty taulukoissa 3 ja 4. Taulukoissa on esitetty erikseen yritysten ja harrastajien 3D-tulostuslaitteistojen ominaisuuksia.

Taulukko 3. Yritysten 3D-tulostuslaitteisto.

Ominaisuus	Yritys 1		
Valmistaja	miniFactory Oy Ltd	miniFactory Oy Ltd	miniFactory Oy Ltd
Tulostin	Innovator L	Innovator M	Minifactory 3 Dual Extruder
Tarkkuus (Z-akseli)	0,02 mm max	0,02 mm max	0,02 mm max
Tarkkuus (XY-taso)	+0,2 mm	+0,2 mm	+0,2 mm
Resoluutio	0,02-0,40 mm	0,02-0,40 mm	0,02-0,64 mm
Tulostusala (single head)	330x260x305 mm	260x200x200 mm	150x150x150 mm (ei kammiota)
Tulostusala (dual head)	295x260x305 mm	240x200x200 mm	150x150x150 mm (ei kammiota)
Materiaalit	ABS, PLA, Nylon, PC, HIPS, Polysup- port, Ninjaflex	ABS, PLA, Nylon, PC, HIPS, Polysup- port, Ninjaflex	Materiaalit, jotka eivät vaadi lämmitettävää kammiota (ABS haastava, koska kutistuu, jos kammio <+50°C)
Laitteiston hinta	7600,00 € alv 0%	6300,00 € alv 0%	1545,00 € alv 0%

Taulukoista nähdään, että tulostustarkkuuden ja tulostusalan kasvattaminen nostaa myös laitteiston hintaa merkittävästi. Tosin tulosteiden laatu myös paranee. Taulukon suuremmissa laitteistoissa on lämpötilan vaihtelu paremmin hallinnassa, kuin esim. taulukossa mainitussa pienimmässä Minifactory 3 -laitteessa, jossa ei ole suljettua kammiota, vaan tulostus tapahtuu avotilassa. Suljettu kammio pitää ympäristön lämpötilan tasaisena, jolloin 3D-kappaleeseen ei tule muotovirheitä materiaalin liian nopean jäähtymisen seurauksena.

Taulukko 4. Harrastajien 3D-tulostuslaitteisto.

Ominaisuus	Henkilö 1	
Valmistaja	CoLiDo	miniFactory Oy Ltd
Tulostin	CoLiDo X3045	Minifactory 3 Dual Extruder
Tarkkuus (Z-akseli)	0,0025 mm	0,02 mm max
Tarkkuus (XY-taso)	0,011 mm	+0,2 mm
Resoluutio	0,10-0,40 mm	0,02-0,64 mm
Tulostusala (single head)	300x300x450 mm	150x150x150 mm (ei kammiota)
Tulostusala (dual head)	-	150x150x150 mm (ei kammiota)
Materiaalit	ABS, PLA	Materiaalit, jotka eivät vaadi lämmitettävää kammiota (ABS haastava, koska kutistuu, jos kammio <+50°C)
Laitteiston hinta	~1700,00 €	1545,00 € alv 0%

Kyselyyn vastanneiden yritysten pääasialliset asiakaskohderyhmät ovat muut 3D-tulostusta liiketoiminnassaan käyttävät yritykset. 3D-alalle aikovat näkevät potentiaalia erityisesti tietyissä harrastajapiireissä ja pienoismalleja tai elektroniikkaa harrastavien uskottiin hyötyvän 3D-tulostuksesta. Myös pienten varaosien tulostamisen uskottiin kiinnostavan monia, kalliiden varaosien tai uusien tuotteiden tilaamisen sijaan. Samoin ajateltiin yrityksissäkin olevan tarvetta prototyyppien ja yksittäiskappaleiden luontiin. Kuitenkin suunnittelussa tulostettavia malleja halvemmaksi ja nopeammaksi ratkaisuksi arveltiin nopeasti kehittyviä lisätyn todellisuuden ja virtuaaliodellisuuden teknologioita.

Yritykset totesivat antamissaan vastauksissa 3D-tulostuksen muuttaneen yrityksen aiempaa liiketoimintaa mm. siten että prototyyppien valmistus on nopeutunut omassa tuotekehityksessä.

Yritysten nykyiset 3D-tulostettavat tuotteet ja niihin liittyvät palvelut olivat lähinnä prototyyppisiin liittyviä. Kyselyssä tuli myös esiin 3D-tulostuksen liittäminen luovasti mukaan muuhun liiketoimintaan, nimittäin eräs Tampereläinen yritys mahdollistaa 3D-tulostamisen ja tarjoaa itse tehtyä jäätelöä sekä pupujen pajaamista. Lisäksi voi pelata kunnostettuja lautapelejä, joihin on saatu 3D-tulostamalla uudet nappulat.

Yleisimpiä havaittuja ongelmia liittyen 3D-tulostusprojekteihin olivat mallinukseen ja itse tulostukseen kuuluva aika. Todettiin mm. ”Yleensä kymmeniä kertoja enemmän aikaa, kuin asiakas kuvittelisi, vielä pidempään jos odotetaan hyvää tulostusjälkeä.”

3D-tulostuksiin vaikuttaa oleellisesti käytetyn tekniikan rajoitukset ja kykenevyys. Eräs yrityksistä toteaa, että tekniikan rajoitukset eivät muodostu esteeksi, jos tulostettavat kappaleet ovat tarpeeksi suuria. Mitä pienempään kokoluokkaan mennään, sitä suuremmiksi muodostuvat näin ollen tekniikan asettamat rajoitukset. Laitteiden valmistajat saattavat kertoa tulostuspään liiketarkkuudeksi 0,01 mm, mutta tämä on vain teoreettista, sillä itse tulostuksen lopulliseen tarkkuuteen vaikuttavat monet muutkin seikat, kuten kappaleen koko, tulostettavan materiaalin pursotusmäärä ja mahdollinen kutistuminen sen jäähtyessä. Myös itse tulostuslaitteisto voi olla huonosti kalibroitu tai se tärisee tulostuksen aikana, jolloin 3D-tulosteeseen tulee mitta- ja muotovirheitä.

Eräs merkittävä ongelma nousi kyselyssä esiin, nimittäin periaatteessa saman materiaalin ominaisuudet saattavat vaihdella suurestikin, riippuen siitä kuka materiaalin on valmistanut. Eräs vastaajista totesikin ”Jonkun toisen myymä PLA on aivan erilaista, kuin jonkun toisen myymä PLA”. Todettakoon tässä yhteydessä, että jotkin tulostinvalmistajat suosittelevat 3D-tulostimissaan käytettäväksi vain heidän itsensä valmistamia tai markkinoimia materiaaleja, jotta tulostusjälki pysyisi tasalaatuisena. Usein myös näiden valmistajien tulostimet ja ohjelmistot on optimoitu kyseisille materiaaleille valmiiksi. Haittapuolena tässä ratkaisussa on usein korkeampi materiaalihinta, joka luonnollisesti vaikuttaa 3D-tulosteen ja siihen liittyvän projektin loppuhintaan.

Tulosten mukaan lähitulevaisuudessa aiotaan hyödyntää 3D-tulostusta mm. tulostamalla leluja ja varaosia. Tulostinten ja ohjelmistojen pitää kuitenkin kyselyyn vastanneiden mukaan vielä kehittyä. Pieneen 3D-tulostusvallankumoukseen uskottiin myös vaatetuksen ja erilaisten harrasteiden osalta, kunhan tulostusaikaa saataisiin pienennettyä murto-osaan nykyisestä. 3D-tulostuksessa arvellaan olevan Suomessa vielä paljon kasvunvaraa vaikkakin läpimurron uskotaan olevan vielä viiden vuoden päässä.

Tulosten yhteenvetona voidaan todeta, että 3D-tulostuksessa eletään edelleenkin jonkinlaisen pienoisen epävarmuuden tai odotuksen tilassa. Odotetaan vielä jotain mullistavaa tapahtuvan. 3D-tulostusta käytetään kylläkin tuotekehityksessä ja protoissa, mutta muuten asia on ehkä ennemminkin harrastusluonteista ja pienten ns. nyrkkipajojen toimintaa.

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Opinnäytetyön tavoitteena ja yhtenä tutkimuskysymyksistä on ollut selvittää miten ja mikälaista liiketoimintaa 3D-tulostamisen ympärille voisi rakentaa. Eli voisiko pelkällä 3D-tulostamisella luoda liiketoimintaa. Kannattava liiketoiminta edellyttää luonnollisesti, että tarjotuille tuotteille ja palveluille on ylipäättänsä kysyntää ja tarvetta kuluttajien puolelta. Toisena liiketoiminnan kannalta merkittävänä kysymyksenä on selvitetty ovatko nykyiset tulostinlaitteistot tarpeeksi kehittyneitä ja tehokkaita, jotta niillä pystyttäisiin kustannustehokkaasti täyttämään asiakkaiden 3D-tulosteille asettamat hinta- ja laatuvaatimukset. Kolmantena tutkimuskysymyksenä on pohdittu tulostinlaitteistojen tarjoamia mahdollisuuksia, eli mitä toimintoja ja ominaisuuksia niitä liiketoiminnassaan käyttävät henkilöt tarvitsevat ja miten laitteistot tekniikkansa puolesta täyttävät nämä odotukset. Ennakkoolettamana eli hypoteesina tässä on ollut, ettei yksinomaan 3D-tulostamiseen perustuva liiketoimintaa saa helposti kannattavaksi, vaan se tarvitsee aina muuta liiketoimintaa ympärilleen tai tukee muuta liiketoimintaa.

Nykylaitteistojen ominaisuudet ja tavallisten kuluttajien vaatimukset sekä odotukset eivät vielä ehkä aivan kohtaa. Voidaan todeta, että nykyiset laitteistot ovat vielä hinta-laatusuhteeltaan riittämättömiä erittäin pienten ja laadukkaiden esineiden tulostukseen. Teollisuudessa asiat ovat toisin, siellä voidaan käyttää kalliimpia ja kehittyneempiä tulostustapoja laadukkaiden esineiden tulostamiseen. Tämä rajoittaa esimerkiksi korumuotoilijoiden mahdollisuuksia luoda halvalla yksilöllisiä ja laadukkaita esineitä.

Tarkasteltaessa CLAWZ-startupin tapausta, voidaan todeta, että liiketoiminta aloitettiin kenties liian mahtipontisesti eikä testattu konseptin toimivuutta ensin pienemmässä mittakaavassa. Lisäksi liian monta toimijaa prosessin eri vaiheissa hidastivat toteutusta ja nostivat kustannukset lopputuotteen osalta liian korkeiksi. Liian monen toimijan hidastava vaikutus tuntuu olevan yleinen ongelma 3D-tulostukseen liittyvissä projekteissa ja prosesseissa, kuten urheiluvälineitä valmistavan PUMAN tapauksessakin todettiin.

Jotta skenaario, jossa suurella joukolla kuluttajia olisi oma tulostin, pitäisi laadukkaaseen tulostusjälkeen pystyvien tulostinten hinnan pudota muutaman sadan euron tuntumaan. Samalla erilaisten tulostusmateriaalien määrän ja saatavuuden pitäisi olla vähintään samaa luokkaa, kuin esimerkiksi nykyisten mustesuihkukirjoitinten tulostustarvikkeiden saatavuus on. Tulostamisen pitäisi myös toimia yksinkertaisimmillaan siten, että tuotteen, esimerkiksi sormuksen, voisi valita laitteessa olevalta näyttöruudulta ja se tulostuisi yhden näppäimen painalluksella juuri oikean kokoisena, käyttäjän profiloinnin tapahtuessa vaikka sormenjäljen perusteella. Vähintäänkin tulostamisen pitäisi tapahtua ”pudota ja liitä”

(drag & drop) -periaatteella, eli tietokoneen tai tabletin näytöllä verkkokaupasta valittu tuote vain siirretään langattomassa verkossa näkyvään 3D-tulostimeen, joka tunnistaa tuotteessa määritellyt materiaali ym. parametrit. Jotta tällainen skenaario toteutuisi, pitäisi luoda standardi, joka toimisi kaikkien valmistajien kaikissa 3D-tulostimissa. Yleistä standardia ollaankin luomassa erilaisille tulostustekniikoille, lisäksi tarvitaan tulostinten ja muiden laitteistojen yhtenäisiä standardoituja rajapintoja (Scott 2017).

Edellä kuvatun oman tulostimen omistamisen vaihtoehtona olisi keskitetyn tulostuspalvelun käyttö. Keskitetty 3D-tulostuspalvelu tarkoittaisi käytännössä samaa, kuin nykyisenkaltaiset valokuvien tulostuspalvelut. Tämä olisi varmasti kuluttajan kannalta tulevaisuudessa taloudellisin ja helpoin vaihtoehto. Tulospalvelun suuret volyymit laskisivat yksittäiseen 3D-tulosteeseen kohdistuvat tulostusmateriaali- ja laitteistokustannukset murto-osaan verrattuna siihen, että kuluttaja omistaisi 3D-tulostimen sekä lisäksi omaisi oman varaston erilaisia tulostusmateriaaleja. Keskitetty tulostuspalvelu pystyy myös paremmin seuraamaan alan kehitystä laitteiden ja materiaalien osalta, pystyen tarjoamaan jatkuvasti laadukkaita tulosteita tarpeen tullen laitteistoa ja materiaalivalikoimaa parantamalla. Laitteiston hankintakustannukset jäävät myös pienemmiksi tulostetta kohden, koska tulostusmäärät ovat suuremmat. Keskittämisen etu tosin kadotetaan, jos fyysinen välimatka asiakkaaseen kasvaa ja näin ollen tulosteen toimituskustannukset samalla kasvavat kohtuuttoman suuriksi.

Keskitetyissä tulostuspalveluissa vallitsee tällä hetkellä ehkä jonkinlainen muna-kana -ongelma, suuri yleisö, eli potentiaaliset asiakkaat, ei oikeastaan tiedä mitä kaikkia mahdollisuuksia 3D-tulostaminen tarjoaisi, joten he eivät osaa vaatia tai näe tarvetta minkäänlaiselle 3D-tulostuspalvelulle. Toisaalta pelkästään 3D-tulostukseen keskittyvää palvelua on riskialtista perustaa tyhjästä ja vain toivoa, että suuri yleisö alkaisi innolla käyttää sitä. Digikuvapalvelutkin ilmaantuivat aikoinaan pikkuhiljaa perinteisten kuvankehitysyriyten tuotevalikoimaan eikä kaikista tullut digikuvauksen myötä valokuvauksen ammattilaisia.

Aiemmin mainittujen kahden suuren tulostinvalmistajan historiaa tarkasteltaessa pitää tarkasti miettiä minkälaiseen laitteistoon mahdollisen oman yrityksen 3D-tulostukseen perustuva liiketoiminta nojautuu. 3D-teknologia elää vielä murrosvaihetta, jossa isot 3D-tulostinvalmistajat syövät pienten markkinat tai ostavat kilpailijansa pois pelistä. Vaihtoehtona 3D-tulostinpalveluja tarjoavalle yritykselle on täysin ulkoistetun tulostuspalvelun käyttö, jolloin vältytään hankkimasta omaa kallista tulostuslaitteistoa, joka saattaa vanhentua käsiin muutamassa vuodessa. Myös tekniikka kehittyy jatkuvasti mikä johtaa omalla laitekannalla helposti jatkuviin pakollisiin laitehankintoihin, jotta säilytettäisiin saavutettu markkina-asema. Tästä voi vetää melkein pä suoraa analogian nykyisiin pilvipalveluihin, joissa

yri­tysten ei kannata enää sijoittaa pääomaa omaan konesaliin ja palvelimiin sekä näiden ylläpitoon. Mikäli yritys näin ollen toimii tulostuksen suhteen vain välikätenä, pitää sen palveluilla olla jotain merkittävää lisäarvoa kuluttajan kannalta, muuten kuluttajan on edullisempaa lähettää tulostettava projektinsa suoraan 3D-tulostuspalveluun. Lisäarvoa voitaisiin saada esim. suunnittelupalveluista tai esim. materiaalivalintaan liittyvissä kysymyksissä. Tosin tällaisia palveluja on tarjolla jo nyt.

Suomessa tavallisille kuluttajille pelkästään 3D-tulostuspalvelua tarjoavan yrityksen asiakas­kunta saattaa olla liian pieni, jotta se olisi taloudellisesti kannattavaa. Tässä voisi vertauskohtana käyttää kuvatuotteita valmistavan suomalais-sveitsiläisen Ifolorin haltuun siirtyneen Eirikuvan kohtaloa (Ifolor 2014). Pieni paikallinen toimija ei enää pystynyt kilpai­lemaan kansainvälisen toimijan puristuksessa teknologian kehittyessä vauhdilla eteen­päin. 3D-tulostuksessa asiakkaita olisi saatava pitkällä tähtäimellä vähintään Euroopan laajuisesti, muuten suurempi toimija tulee ja ostaa kilpailijan pois markkinoilta. Suurem­malla markkinointialueella törmätään kuitenkin toimituskulujen aiheuttamaan hinnoitte­luongelmaan, vain kalliita erikoistuotteita kannattaa tulostaa ja myydä valituille kohderyh­mille. Myös perinteiseen ruiskuvalutekniikkaan perustuvaa tuotantoa voi olla vaikea syr­jäyttää 3D-tulostamisella, erityisesti tuottaessa yksinkertaisia kappaleita. Vaikka ruisku­valun alkukustannukset muotteineen ovat korkeat, niin mitä suurempia sarjoja tehdään, sitä halvempaa perinteinen ruiskuvalutekniikka on.

3D-tulostamiseen liittyy erinäisiä ehkä yllättäviäkin kustannustekijöitä, jotka voivat nopeas­ti syödä 3D-tulostamisesta muuten saatavan hyödyn. Tähän tutkimuksen oli myöskin tar­koitus tuoda selvyyttä, jotta tällaiset riskitekijät voitaisiin havaita mahdollisimman varhai­nessa vaiheessa ja pystyttäisiin näin maksimoimaan mahdollisten ulkopuolisten sijoittajien yritykseen sijoittaman pääoman tuotto. 3D-tulostaminen saattaa mahdollistaa aivan uusia yllättäviäkin liiketoimintamahdollisuuksia, joihin rahoituksen saaminen saattaa helpottaa, kunhan mahdolliset riskitekijät on tiedostettu jo varhaisessa vaiheessa. Tulevaisuus saat­taa kuitenkin olla suurissa 3D-tulostuskeskuksissa, joita pyörittävät Shapewayn kaltaiset suuryritykset ja joiden laitteistoina on HP JetFusion 3D:n kaltaiset, 100000-200000 dolla­ria maksavat suuriin tulostusnopeuksiin kykenevät laitteet. 3D-tulostusalalla toimivat suo­malaiset yritykset joutuisivat tässä tapauksessa entistä ahtaammalle ja etsimään kapeita erikoistumisalueita menestyäkseen.

Mielestäni 3D-tulostamisessa ei välttämättä tapahdu enää mitään suurta yhtäkkistä mullis­tusta, vaan 3D-tulostus leviää hiljalleen eri aloille, käytettäväksi siellä, missä sen koetaan olevan hyödyksi ja myös kustannustehokasta. Tulevaisuudessa laitteet jatkavat kutistu­mistaan ja nopeutumistaan samalla tavoin, kuin aikoinaan huoneen kokoiset tietokoneet

ovat kutistuneet nykyisenkaltaisiksi kannettaviksi tietokoneiksi. Ehkäpä jonain päivänä kannamme kainalossamme pienoistehdasta, jolla voimme tulostaa arkipäivän esineitä, kun toisaalla isot 3D-tulostustehtaat suoltavat sähköautoja maanteille.

Opinnäytetyön tavoitteissa onnistuttiin suhteellisen hyvin, materiaalia oli aiheesta tarjolla yllin kyllin ja ongelmana oli välillä, miten pysyä aihealueessa, jotta se ei rönsyilisi liikaa eri suuntiin. Tarkoituksena ei ollut mennä liiaksi 3D-tulostuksen teknisiin yksityiskohtiin, vaan pohtia yleisemmällä tasolla, miten 3D-tulostuksen avulla voisi rakentaa liiketoimintaa tai miten se tukisi muuta liiketoimintaa. Tähän tavoitteeseen nähdäkseni päästiin.

Opinnäytetyön kunnollinen aikatauluttaminen olisi helpottanut olennaisesti sen loppuunsaattamista, nyt työ jäi välillä lepäämään turhan pitkiksi ajoiksi, jolloin sen uudelleen aloittaminen oli työläämpää. Opinnäytetyön olisi muutenkin voinut tehdä tiiviimmässä tahdissa, nyt turhan paljon aikaa tuli käytettyä yksityiskohtien pohdintaan ja viilaamiseen.

Lähteet

Barnatt, C. 2013. 3D Printing: The Next Industrial Revolution. Luettavissa: http://explainingthefuture.com/3dp_chapter1.pdf. Luettu: 14.5.2017.

Barnatt, C. 2014. 3D Printing: Second Edition. Amazon Kindle eBook.

Computerworld 2016. HP begins selling its Jet Fusion 3D printer; says it's 50% cheaper, 10X faster than others. Luettavissa: <http://www.computerworld.com/article/3071035/emerging-technology/hp-begins-selling-its-jet-fusion-3d-printer-says-its-50-cheaper-10x-faster-than-others.html>. Luettu: 14.5.2017.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 98/71/EY mallien oikeudellisesta suojasta. Annettu 13.10.1998. Luettavissa: http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:399f8f58-0b0e-4252-a0a8-8c8600f55c5e.0002.02/DOC_1&format=PDF. Luettu: 14.5.2017.

Hewlett-Packard 2017a. 3D-Printers. Luettavissa: <http://www8.hp.com/fi/fi/printers/3d-printers.html>. Luettu: 8.5.2017.

Hewlett-Packard 2017b. HP Jet Fusion 3D Printing Solution. Luettavissa: <http://h20195.www2.hp.com/v2/getpdf.aspx/4AA6-4894ENA.pdf?ver=3>. Luettu: 14.5.2017.

Ifolor 2014. Eirikuva lopettaa, Ifolor vahvistaa asemaansa. Luettavissa: <http://media.ifolor.fi/pressreleases/eirikuva-lopettaa-ifolor-vahvistaa-asemaansa-1101441>. Luettu: 14.5.2017.

Popular Science 2012. HP Designjet 3D Printer Now On Sale, Churns Out Solid Plastic Objects From the Desktop. Luettavissa: <http://www.popsci.com/technology/article/2010-04/hp-prints-three-dimensions-release-designjet-3d>. Luettu: 17.5.2017.

Reeves, P. & Mendis, D. 2015. The Current Status and Impact of 3D Printing Within the Industrial Sector: An Analysis of Six Case Studies. Project Report. London: Intellectual Property Office. Luettavissa: http://eprints.bournemouth.ac.uk/21873/1/The_Current_Status_and_Impact_of_3D_Printing_Within_the_Industrial_Sector_%2D_Study_II.pdf. Luettu: 14.5.2017.

Saarelainen, E. 2013. Kohti menestyvää liiketoimintaa. Liikekirjat. 2013.

Scott C. 2017. America Makes and ANSI Release Preliminary Final Draft of Additive Manufacturing Standardization Roadmap for Public Feedback. Luettavissa: <https://3dprint.com/158957/america-makes-ansi-roadmap/>. Luettu: 17.5.2017.

Shapeways 2013a. Why President Obama Mentioned 3D Printing in the State of the Union Address. Luettavissa: <http://www.shapeways.com/blog/archives/1921-why-president-obama-mentioned-3d-printing-in-the-state-of-the-union-address.html>. Luettu: 14.5.2017.

Stevenson, K. 2016a. The Short But Instructive Life of CLAWZ, A 3D Printing Startup, Part 1. Luettavissa: <http://www.fabbaloo.com/blog/2016/4/24/the-short-but-instructive-life-of-clawz-a-3d-printing-startup-part-1>. Luettu: 14.5.2017.

Stevenson, K. 2016b. The Short But Instructive Life of CLAWZ, A 3D Printing Startup, Part 2. Luettavissa: <http://www.fabbaloo.com/blog/2016/4/24/the-short-but-instructive-life-of-clawz-a-3d-printing-startup-part-2>. Luettu: 14.5.2017.

T. Rowe Price 2012. A Brief History of 3D Printing. Luettavissa: http://individual.troweprice.com/staticFiles/Retail/Shared/PDFs/3D_Printing_Infographic_FINAL.pdf. Luettu: 14.5.2017.

Tct Magazine 2012. The Timing Was Off - Stratasys & HP Part Ways. Luettavissa: <http://www.tctmagazine.com/blogs/guest-column/the-timing-was-off-stratasys-and-hp-part-ways/>. Luettu: 17.5.2017.

The White House 2013. Office of The Press Secretary. Remarks by the President in the State of the Union Address. Luettavissa: <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/02/12/remarks-president-state-union-address>. Luettu: 14.5.2017

VTT 2015a. 3D-tulostuksesta uutta liiketoimintaa VTT:n ja yritysten yhteisponnistuksella. Luettavissa: <http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/3d-tulostuksesta-uutta-liiketoimintaa-vtt-n-ja-yritysten-yhteisponnistuksella>. Luettu: 14.5.2017.

YLE 2015a. Tulevaisuudentutkija ennustaa paluuta menneisyyteen – 3D-tulostus tuo käsityöammatit takaisin. Luettavissa: http://yle.fi/uutiset/tulevaisuudentutkija_ennustaa_paluuta_menneisyyteen__3d-tulostus_tuo_kasityoammatit_takaisin/8309975. Luettu: 14.5.2017.

YLE 2015b. Suomi kirii 3D-tulostamisessa - Tutkimusyhtiö povaa huimaa kasvua tällä vuosikymmenellä. Luettavissa: http://yle.fi/uutiset/suomi_kirii_3d-tulostamisessa__tutkimusyhtio_povaa_huimaa_kasvua_talla_vuosikymmenella/8095424. Luettu: 14.5.2017.

Wazp 2017. Product Development: Developing New Products With 3D Printing. Luettavissa: <http://www.wazp.io/2016/09/29/3d-printing-product-development/>. Luettu: 14.5.2017.

Liitteet

Liite 1. 3D-yrittäjille ja alalle pyrkiville esitetyt kysymykset

Yrityksen nimi?

Yrityksen toimiala?

Henkilöstömäärä?

Liikevaihto 2016?

Käytetyn 3D-tulostuslaitteiston seuraavat tiedot:

Valmistaja

Tulostin

Tarkkuus

Tulostuskammion koko

Materiaalit

Laitteiston hinta

Asiakaskohderyhmä(t)?

Miten 3D-tulostus on muuttanut yrityksen aiempaa liiketoimintaa?

Yrityksen nykyiset 3D-tulostettavat tuotteet ja niihin liittyvät palvelut?

Mitä ovat yleisimmät ongelmat liittyen yrityksen 3D-tulostusprojekteihin:

Tulosteiden laatuongelmat?

Väärinymmärrykset tulostuksen tavoitteissa?

Aikatauluongelmat?

Kustannusongelmat?

Muut ongelmat?

Miten yrityksessä aiotaan hyödyntää 3D-tulostusta jollain uudella tavalla lähitulevaisuudessa?