



3D – TULOSTUKSEN HYÖDYNTÄMINEN YRITYKSEN PALVELULIIKETOI- MINNASSA

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Tuotantotalouden kandidaatintyö

2021

Tekijän Markus Heikkilä

Tarkastaja(t): Ilkka Donoghue

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Teknis-luonnontieteellinen

Tuotantotalous

Markus Heikkilä

3D – tulostuksen hyödyntäminen yrityksen palveluliiketoiminnassa

Tuotantotalouden kandidaatintyö

30 sivua, 2 kuvaa ja 2 taulukkoa

Tarkastaja(t): Ilkka Donoghue.

Avainsanat: 3D – tulostus, palveluliiketoiminta, lentokoneteollisuus, lääketeollisuus

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on tutkia tapoja, joilla 3D – tulostus voisi muuttaa tuotantoa ja tätä kautta hyödyntää palveluliiketoimintaa. Työssä keskitytään erityisesti tutustumaan 3D – tulostuksen hyödyntämiseen lentokoneteollisuudessa sekä lääketeollisuudessa. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena, jossa tutustuttiin 3D – tulostuksen tähänhetkisiin ja tulevaisuuden mahdollisuuksiin.

Työssä tutustuttiin lentokoneteollisuuteen varaosien varasotnhallinnan kautta. Varaosienhallinnassa pyrittiin tutustumaan erityisesti tapoihin, joilla hajautettua valmistustapaa voitaisiin hyödyntää. Lääketeollisuudessa tarkasteltiin, millaista lisäarvoa 3D – tulostuksen tarjoama muokattavuus voisi liiketoiminnalle tuoda.

Tutkimuksessa havaittiin, että tällä hetkellä 3D – tulostusta voidaan käyttää vielä melko rajatusti tutkituilla toimialoilla. 3D – tulostuksen laatu ja materiaalit eivät vielä täytyä toimialojen vaatimia laatustandardeja. Myöskään lähitulevaisuuden näkymät eivät kertoneet, että 3D – tulostusta pystyttäisiin lähiaikoina käyttämään suuresti toimialoilla.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

1	Johdanto	4
1.1	Tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	4
1.3	Työn toteutus	5
2	3D – tulostuksen teoreettinen tausta	6
2.1	3D – tulostuksen toimintaperiaate	6
2.3	3D – tulostuksen vertailu perinteisiin valmistustapoihin	8
2.2	3D – tulostukseen käytettävät materiaalit	9
3	Lentokoneteollisuus	11
3.1	Lentokoneiden varaosienhallinta.....	11
3.2	3D – tulostuksen hyödyntäminen varastonhallinnassa.....	12
3.3	3D – tulostamisen muut hyödyt lentokoneteollisuudessa	14
3.4	Varaosien tuotanto lisenssillä	15
4	Lääketeollisuus.....	17
4.1	3D – tulostuksen sovellutukset lääketeollisuudessa	17
4.2	Lääketeollisuuden tulevaisuuden mahdollisuudet.....	18
4.3	3D – tulostuksen haasteet lääketeollisuudessa	19
5	Liiketoimintamallit.....	21
5.1	Liiketoimintamallin määritelmä	21
5.2	Liiketoiminnan joustavuus	21
5.3	Asiakaskeskeinen tuotanto	22
6	Johtopäätökset.....	24
	Lähteet.....	28

1 Johdanto

3D – tulostus on 1980 – luvulta asti ollut usein keskustelussa pyörivä tuotantomuoto. Sen on uskottu muuttavan perinteinen tuotanto ja keskittävän sitä enemmän sinne missä tuotantoa tarvitaan. Tämä muuttaisi valtavasti erilaisten esineiden ja tuotteiden toimitusketjuja ja yritysten liiketoimintamalleja. Villeimmissä ajatuksissa on jopa ollut suurien 3D – tulostus tehtaiden rakennus, jolla korvattaisiin perinteistä tuotantoa. (Gross *et al.*, 2014)

Kuitenkaan vielä 3D – tulostus ei ole odotuksiaan lunastanut. Tällä hetkellä yleisessä keskustelussa 3D – tulostusta pidetään käytettävän prototyyppeihin ja muovitulostukseen. Tuotantomuoto on kehittynyt valtavasti 1980 – luvulta ja sitä sovelletaan nykyään usealla eri teollisuudenalalla. Tulostuksessa käytettävä laitteisto ja materiaalit ovat kehittyneet huomattavasti ja niitä on paljon. Tästä syystä työssä halutaankin selvittää millaista lisäarvoa 3D – tulostus voisi tuoda palveluliiketoiminnalle. Erityisen mielenkiintoista on tutustua toimialaan, jossa tuotettavat tuotteet voisi hyödyntää 3D – tulostuksen vahvuuksia. Tämän kautta voidaan arvioida kuinka pitkällä 3D – tulostus on. 3D – tulostuksella on myös valtavasti tulevaisuuden odotuksia ja sen uskotaan muuttavan suuresti lääketeollisuutta ja varosateollisuutta. Työssä halutaan selvittää kuinka realistisia nämä tulevaisuuden odotukset ovat ja kuinka kaukana niistä vielä ollaan.

1.1 Tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan millaisia erilaisia mahdollisuuksia, on hyödyntää 3D – tulostusta yrityksen palveluliiketoiminnassa. Työn tavoitteena on selvittää millaisia uusia palveluja ja lisäarvoa 3D – tulostus voisi yrityksille ja sen asiakkaille tuottaa. Samalla tutkitaan millaisia liiketoimintamalleja 3D – tulostus mahdollistaa. Työssä tutustutaan lisäksi 3D – tulostuksen tulevaisuuteen ja kuinka realistisia sille asetetut tulevaisuuden vaatimukset on.

Työn päätutkimuskysymys on:

- *Millä tavalla yritys voi hyödyntää 3D – tulostusta ja millaista lisäarvoa sillä voisi olla palveluliiketoiminnalle*

Päätutkimuskysymyksen lisäksi tutkitaan kahta päätutkimusta tukevaa osatutkimuskysymystä:

- *Mitä 3D – tulostus on ja millaisia vahvuuksia sillä on*
- *Millaisia liiketoimintamalleja 3D – tulostus mahdollistaa*

1.3 Työn toteutus

Työ toteutetaan tutkimusmenetelmältään kirjallisuuskatsauksena. Kirjallisuuden lähteenä on käytetty Google Scholar sekä LUT Primo tietokantoja. Kirjallisuuskatsauksessa pyritään selvittämään tapoja, jolla 3D – tulostus voisi kehittää ja parantaa yritysten palveluliiketoimintaa. Työssä käytetään lähteinä tieteellisiä artikkeleita sekä teoriakirjallisuutta. Työ on rajattu koskemaan 3D – tulostusta ja tutkimus on rajattu kahteen toimialaan ja liiketoimintamalleihin. Toimialat on valikoitunut 3D – tulostuksen vahvuuksien mukaan, jotta voidaan nähdä käytännön hyötyjä, joita 3D – tulostuksella voisi olla. Työ ei käsittele 4D tulostusta eli älykkäitä materiaaleja. Palveluliiketoiminnan lisäksi työssä tutustutaan suppeasti 3D – tulostuksen teknologiseen taustaa, jotta lukija ymmärtää valmistusmenetelmän mahdolliset hyödyt ja haitat. Tämä on myös tärkeää tietoa, kun 3D – tulostusta verrataan muihin valmistusmenetelmiin.

Työ etenee seuraavasti. Kappaleessa 2 avataan 3D – tulostuksen toimintaperiaatetta ja teknistä taustaa. Samalla tutustutaan millaisia etuja 3D – tulostuksella on. Tämän jälkeen aletaan tutkimaan mahdollisia käytännön sovellutuksia 3D – tulostukselle perustuen 3D – tulostuksen vahvuuksiin. Kappaleessa 3 käsitellään erityisesti lentokoneteollisuuden varaosia ja niiden tarjoamia mahdollisuuksia 3D – tulostukselle. Tämän jälkeen kappaleessa 4. tutustutaan lääketieteellisuuteen. 5 kappaleessa tutustutaan 3D – tulostuksen vaikutuksia liiketoimintamalleihin, jotta voidaan laajemmin ymmärtää miten tuotantovan muutos voi vaikuttaa liiketoimintaan. Viimeisenä kappaleena on kappale 6, jossa käydään läpi työn johtopäätökset.

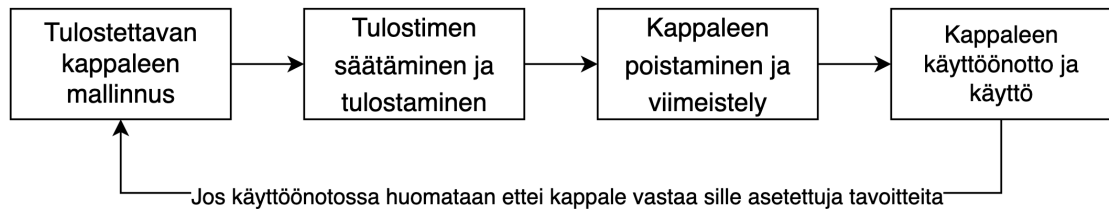
2 3D – tulostuksen teoreettinen tausta

Tässä Kappaleessa avataan 3D-tulostuksen teoriaa ja mihin sitä tällä hetkellä sovelletaan. Tarkoituksena on antaa lukijalle peruskäsitys 3D-tulostuksesta, jotta lukijan on helpompi ymmärtää sen mahdollisia sovelluksia yritysten väliseen palveluliiketoimintaan. Tämän lisäksi tutustumme 3D – tulostuksen erilaisiin ominaisuuksiin verrattuna tavallisiin tuotantomuotoihin. Lisäksi valitsemme 3D – tulostamisen vahvuuksien kautta tutkittavat toimialat, joissa 3D – tulostusta voitaisiin hyödyntää. Lopuksi tutustutaan millaisia materiaaleja valituilla toimialoilla on printattu.

2.1 3D – tulostuksen toimintaperiaate

3D – tulostuksella tarkoitetaan ainetta lisäävää valmistustekniikkaa, jossa tietokoneella suunnitellusta 3-ulotteisesta mallista valmistetaan tuote kerroksittain materiaalia lisäämällä. Samantapaisia valmistustekniikoita on kutsuttu 3D – tulostuksen lisäksi nimillä ainetta lisäävä valmistus ja pikavalmistus. (Gibson *et al.*, 2021) Tässä työssä käytetään termiä 3D – tulostus.

Itse 3D - tulostuksenprosessi jaetaan yleensä kahdeksaan vaiheeseen. Tämän työn kannalta ei ole kuitenkaan tarkoituksenmukaista käsitellä kaikkia 3D – tulostamisen vaiheita, sillä työn päätutkimuskysymys koskee ainoastaan teknologian luomaa lisäarvoa palveluliiketoiminnalle. Tästä syystä käsitellään tarkemmin ainoastaan 3D – tulostamisen tärkeimmät neljä vaihetta ja jätetään väliin esimerkiksi tietokoneella tapahtuvat tiedoston muutokset ja siirrot. 3D – tulostamisen tärkeimmät vaiheet on kuvattu kuvassa yksi, jonka avulla lukijan on helpompi hahmottaa, miten prosessi etenee ja mitä riippuvuuksia prosessissa on. Kuvan yksi jälkeen 3D – tulostamisen neljä tärkeintä vaihetta avataan vielä tarkemmin sanallisesti.



Kuva 1. Tulostusprosessi (mukaiillen Gibson et al., 2021)

3D – tulostusprosessin tärkeimmät vaiheet tämän työn kannalta:

1. Tulostettavan kappaleen mallinnus:

Tulostus prosessin vaiheessa mallinnetaan 3D – tulostettava kappale tietokoneen 3D – mallien suunnitteluun tarkoitettulla ohjelmistolla. Tulostettavalle kappaleelle määritellään vaatimuksen. Vaatimusten pohjalta suunnitellaan tietokonemalli, joka täyttää määritellyt vaatimukset. Mallinnus vaiheessa otetaan lisäksi huomioon, että tuote on varmasti tulostettavissa.

2. Tulostimen säätäminen ja tulostaminen

Ennen tulostamista on tärkeää säätää tulostimen asetukset vastaamaan tulostettavaa kappale. Tulostimeen säädettävät asetukset voivat tarkoittaa esimerkiksi tulostettavien kerrosten paksuutta. Tämän jälkeen voidaan aloittaa itse tulostusprosessi, jossa kappaletta aletaan tulostamaan kerroksia yksi kerrallaan lisäämällä. Tulostusprosessi on yleensä automaattinen eikä vaadi tulostajalta suuria toimenpiteitä. Tulostajan tulee kuitenkin olla valmiina reagoimaan tulostusprosessissa mahdollisesti esiintyviin ongelmiin. Tällainen ongelma voisi esimerkiksi olla tulosteesta käytettävän aineen loppuminen. Tässä tapauksessa tulostajan pitäisi luonnollisesti lisätä ainetta lisää, jotta prosessi voi jatkua.

3. Kappaleen poistaminen ja viimeistely

Tulostamisen jälkeen kappale voidaan poistaa tulostimesta. Tämän jälkeen tulostettu kappale viimeistellään. Viimeistely voi tarkoittaa yleensä esimerkiksi kappaleen pussaamista, hiomista ja maalaamista. Viimeistely voi olla kallis ja aikaa vievä prosessivaihe. Prosessivaiheen hintaan ja vaativuuteen vaikuttaa kappaleelle asetetut vaatimukset.

4. Tuotteen käyttöönotto

Tässä tulostus prosessin vaiheessa tuote on valmis käyttöönottoon, jos se täyttää sille suunnitteluvaiheessa asetetut vaatimukset. Mikäli tuote ei kuitenkaan täytä siltä vaadittuja ominaisuuksia voidaan palata suunnittelu vaiheeseen ja aloittaa prosessi uudestaan. Siihen voidaan nyt lisätä muita osia, jos on tarkoituksena rakentaa suurempi kokonaisuus tulostetuista osista. (Gibson *et al.*, 2021)

2.3 3D – tulostuksen vertailu perinteisiin valmistustapoihin

Vertaamme perinteisen valmistustavan ja 3D – tulostuksen eroa. Taulukossa 1 käydään läpi millaisiin erilaisiin tilanteisiin valmistustavat soveltuvat parhaiten.

Taulukko 1. 3D – tulostuksen ja tavallisen valmistustavan käyttö ja ominaisuudet (mukailten Savolainen and Collan, 2020)

Tutkittava osa-alue	3D - tulostus	Tavallinen valmistustapa
Markkina alue	Paljon muokattavuutta vaativat pienen markkinasektorin tuotteet	Pienen muokattavuuden massoille tehtävä tuote, jossa tuotantomäärien kasvaessa saadaan etua
Tarve ja toimitusketju	Epävakaata kysyntää, korkeat toimituskustannukset suhteessa tuotteen hintaan	Vakaa ja epävakaata kysyntää. Kun tuotteita voidaan valmistaa varastoon ja lähettää asiakkaalle
Tuotteen materiaali- ja oikeudet	Vähäistä standardointia käyttävä tuote, jota ei ole patentoitu tai brändätty	Korkeasti brändätyt tuotteet, joita valmistetaan massana. Patentoitujen tuotteet.
Tuotteen ominaisuudet	Pienet monimutkaisen rakenteen omaavat tuotteet. Joustavat vaatimukset tuotteen laadulle	Kaiken kokoisia tuotteita ja mahdollisuus saavuttaa vaadittava laatu
Raaka-aineen tyyppi	Kalliita, yleisesti synteettisiä	Laajasti halvasta kalliiseen.

Kuten taulukosta nähdään soveltuu 3D – tulostus pienemmän kysynnän tuotteisiin. Vahvuudet liittyvät tuotannon tapahtumisen tarpeeseen ja mahdollisuudet muokata tuotteita paljon. Toisaalta tuotannossa on myös haasteita, jotka koskevat erityisesti tuotannon laatua ja tuotteen materiaalioikeuksia. Pelkän teorian sijaan on mielenkiintoisempaa tutkia käytännön sovelluksia, joissa 3D – tulostus voisi olla käytössä.

Taulukon ja 3D – tulostuksen ominaisuuksien perusteella valitaan tutkittavat toimialat. Tutkittavat toimialat ovat lentokoneteollisuus sekä lääketieteellisyys. Lentokoneteollisuutta käsitellään erityisesti joustavan tuotannon mahdollistaman uudenlaisen varastonhallinnan kannalta. Lääketieteellisyys tutustutaan tarkastelemalla millaisia mahdollisuuksia 3D – tulostuksen vahvuuksiin kuuluva kappaleiden ja tuotteiden voisi tuoda lääketieteellisyys. Seuraavaksi käsittelemme vielä 3D – tulostuksessa käytettäviä laitteita ja materiaaleja valittujen toimialojen näkökulmasta.

2.2 3D – tulostukseen käytettävät materiaalit

3D – tulostukseen käytettäviä tulostinlaitteita voidaan luokitella usealla eri tavalla. Yleisimmin 3D – tulostuksessa käytettävät laitteet luokitellaan tulostustavan, materiaalin tai Phamin tavan mukaan. Phamin tapa ottaa huomioon sekä tulostustavan että materiaalin. Tässä työssä keskitytään jaottelemaan laitteita lähinnä materiaalin perusteella. Tämän on tietyissä tapauksissa ongelmallista, sillä se voi yhdistää tulostustyyppjä, jotka vaikuttavat oudolta yhdessä. (Gibson *et al.*, 2021) Kuitenkin työn luonteen kannalta ei ole perusteltua tutustua yksityiskohtaisesti tulostusteknologian käytännön yksityiskohtaiseen teoriaan. Merkityksellisempää on ymmärtää millaisia tuotteita ja kappaleita 3D – tulostus mahdollistaa ja millaisia käyttökohteita niillä on työssä käsiteltävien toimialojen kannalta. Tätä kautta voimme ymmärtää, mitä hyötyä niistä voisi olla yritysten liiketoimintaan. Tästä syystä käsittelemme työn kannalta kolme mielenkiintoisinta materiaalia, joista osa on käytössä lentokoneteollisuudessa ja osa lääketieteellisuudessa.

Ensimmäiseksi käsiteltävä materiaali on metalli. Metallia on yksi valmiiksi laajassa käytössä olevista materiaaleista. Metallisia 3D- tulostuksia käytetään esimerkiksi lentoteollisuudessa, autoteollisuudessa ja lääketieteellisyydessä. Metallitulostuksen etuna on useita eri metalleja, josta tulostusta voidaan tehdä. Esimerkiksi ruostumaton teräs tai nikkelpohjainen seos. Nikkelpohjaisesta seoksesta on ennestään tehty lentoteollisuudelle hyvin korroosiota kestäviä osia. (Shahrubudin, Lee and Ramlan, 2019)

Tällä hetkellä suurimmalle osalle ihmisistä on tuttua yksinkertaisten kappaleiden tulostus muovista. Muovista voidaan kuitenkin tulostaa myös monimutkaisia lääketieteellisten tuotteita. Myös muovin osalta voidaan käyttää useita erilaisia seoksia, jotka vaikuttavat tehdyn tuotteen ominaisuuksiin. (Shahrubudin, Lee and Ramlan, 2019)

Keraamisilla materiaaleilla on suuri potentiaali käytettäväksi 3D – tulostuksessa. Keraamisten materiaalien etuna on, että ne ovat ennen valmistusta nestemäisessä muodossa. Nestemäinen muoto mahdollistaa monimutkaiset geometriset ja muodot. Yksi tärkeistä tulevista mahdollisista materiaaleista on alumiinioksidi, jolla voisi olla käyttötarkoituksia lentoteollisuudessa ja mikroelektronikassa. (Shahrubudin, Lee and Ramlan, 2019)

3 Lentokoneteollisuus

3D – tulostamisen vahvuuksia tutkittaessa valikoitiin lentokoneteollisuus tutkittavaksi toimialaksi. Lentokoneteollisuudessa 3D – tulostamisen vahvuus kohdistuisi erityisesti tuotannon joustavuuteen. Tästä syystä käsittelemmekin lentokoneteollisuuden mahdollisuuksia erityisesti varaosatuotannon kautta. Käsittelemme 3D – tulostuksen hyötyjä sekä haasteita sekä lentokoneiden valmistajien sekä niiden operaattoreiden eli lentoyhtiöiden näkökulmasta.

3.1 Lentokoneiden varaosienhallinta

Lentoteollisuudessa lentokoneiden ylläpitäminen on suuri kuluerä lentoyhtiölle. Vuonna 2012 tehdyn tutkimuksen mukaan ylläpitokustannukset kattavat 13 prosenttia kaikista operatiivisista kuluista. Koneiden hyvä ylläpito on lentoyhtiöille erittäin tärkeää, sillä se vähentää lentojen myöhästymisiä ja tätä kautta nostaa ihmisten tyytyväisyyttä lentoyhtiötä kohtaan. Tästä syystä lentoyhtiöiden täytyy tehdä hyvät ylläpitosuunnitelmat, jotta ongelmilta vältyttäisiin. (Gu, Zhang and Li, 2015) Ylläpitosuunnitelman noudattamisen tärkeydestä huolimatta, on sen noudattaminen lentoyhtiöille usein haasteellista. Lennot saattavat myöhästyä tai joutua muuttamaan lentoreittejään lentoyhtiöistä riippumattomista syistä. Tällaisia syitä ovat esimerkiksi sää olosuhteet ja lentokentän sekä lentokoneen ongelmat. Myöhästymiset sekä lentojen uudelleenreititykset eivät mahdollista koneen palaamista suunnitellusti kotikentälle. Tällaisessa tilanteessa ylläpitosuunnitelman noudattaminen on mahdotonta. (Ghobbar and Friend, 2002) Tämän lisäksi lentoteollisuudessa lentokoneiden ylläpidossa käytettäville osille on omia erityispiirteitä. Lentokoneiden osilla on globaalisti suuri kysyntä, niiden tarve on ennalta-arvaamaton, turvallisuussyistä osien täytyy olla jäljitettäviä ja osien puuttuminen aiheuttaa suuria kustannuksia. Edellä mainituista syistä johtuen lentoteollisuudessa varaosavaraston hallinta on tärkeää. (Gu, Zhang and Li, 2015)

Varaosanhallinnassa on tärkeää ylläpitää varastoa, joka vastaa lentokoneen tarvetta. Ideaalissa tilanteessa osa on valmiina varastossa ja se voidaan vaihtaa heti. Tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista, johtuen osien kalliista hinnasta ja rajallisesta varastointikapasiteetista. Lentoyhtiön tavoitteena on siis pitää mahdollisimman pientä varastoa, sillä se sitoo vähemmän pääomaa ja mahdollistaa pienemmät varastointitilat. Kuitenkin osien puuttuminen varastosta voi pitkien toimitusaikojen takia, johtaa lennon myöhästymiseen tai peruuntumiseen, joka on kallis kulu lentoyhtiöillä. (Gu, Zhang and Li, 2015) Tästä syystä olisi tärkeää kyetä hallitsemaan varastoa niin, että siellä on tavaraa ainoastaan silloin kuin sitä tarvitaan.

Varastonhallintaa on pyritty parantamaan ennustamalla, milloin lentokone tarvitsee uusia varaosia. Yksi vanhimmista käytetyistä tavoista on tarkastella lentokoneen lentotunteja. Lentotunnit kuluttavat osia ja voivat tätä kautta ennustaa osien rikkoutumista. Vaikka varastonhallintaa on pyritty parantamaan ennustamalla luottavat lentoyhtiöissä silti edelleen omiin kokemuksiinsa. (Regattieri *et al.*, 2005) Kokemuksiin ja lentotunteihin perustuva varastonhallinta ei kuitenkaan ole täydellistä, joten toimialan erityispiirteiden takia on mielenkiintoista tutkia 3D – tulostuksen mahdollisuuksia varastonhallinnalle.

3.2 3D – tulostuksen hyödyntäminen varastonhallinnassa

Kuten edellisessä kappaleessa huomattiin, lentoteollisuudessa varaosien varastonhallinta on erittäin haastavaa. Tästä syystä tutkimme voisiko 3D – tulostusta hyödyntää tulevaisuudessa laajemmin lentokoneteollisuuden varaosissa. Tutkimme millaisia osia 3D – tulostus mahdollistaisi ja mitä etuja 3D – tulostuksesta lentokoneteollisuuden varaosissa voisi olla.

3D – tulostuksella on vahvuus perinteiseen tuotantotapaan verrattuna tuotteissa, joiden kysyntä on epävakaata ja vaikeasti arvioitavaa (Savolainen and Collan, 2020). Lentokoneteollisuuden varastonhallintaa käsittelevässä kappaleessa huomattiin, että lentokoneteollisuuden varaosat ovat juuri tällaisia. Niiden tarvetta on etukäteen haastava arvioida ja niiden saaminen on vaikeaa. 3D – tulostamisen avulla lentoyhtiöt voisivat tuottaa tarvittavia osia tarpeeseen vaativan varastonhallinnan sijaan. Tämän lisäksi 3D – tulostuksesta on myös hyötyä

tuotteissa, joiden toimituskustannukset ovat liian korkeita suhteessa itse tuotteen hintaa (Savolainen and Collan, 2020). Myös tästä vahvuudesta voisi olla hyötyä lentokoneiteollisuudessa. Lentokoneen osat ovat usein kalliita mutta myös niiden toimituksesta voi syntyä suuria kustannuksia. Toimituksen kustannukset syntyvät suorina kustannuksina toimituksesta sekä epäsuorina kustannuksina yritykselle lentojen viivästyemisestä, joita puuttuvan varaosan pitkä toimitusaika tuottaa. Suoran rahallisen haitan lisäksi myöhästymiset vaikuttavat myös asiakastyytyvyyteen ja laskea yrityksen houkuttelevuutta asiakkaiden silmissä. Houkuttavuuden lasku näkyy yrityksen saamassa tuotossa. Myös tämä kulu voidaan tulkita pitkästä toimitusajasta johtuvaksi epäsuoraksi kustannukseksi yritykselle. Voidaan siis olettaa, että yhteiskustannuksiltaan varaosan toimituskustannukset ovat liian kalliita suhteessa varaosan hintaan. 3D – tulostus voisi leikata kustannuksia hajautetun tuotannon avulla. Hajautettu tuotanto mahdollistaisi varaosien tuottamisen myös lentokentille, jossa varaosia ei ole ja joille lennetään harvemmin. Tällaisille kentille myös varaosien toimittaminen kestää kauemmin.

Lentokoneiden varaosatuotantoa miettiessä on tärkeää muistaa huomioida varaosien laatu. 3D – tulostuksella pitäisi yltää samoihin laatustandardeihin, kuin nykyisellä tuotantotavalla, jotta lentäminen säilyisi turvallisena. Tulostuksen osalta vaadittava laatu on joiltakin osin jo saavutettu. Tästä kertoo, että vuonna 2012 noin 20 prosenttia 3D – tulostuksen markkinasta oli avaruus, ilmailu ja autoteollisuuden komponenteista (Attaran, 2017). Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että laatu olisi vielä riittävää kaikkiin komponentteihin. Tällä hetkellä laatua rajoittaa kappaleiden voiman ja kuumuuden kestävyys. Lisäksi myös 3D – tulostuksen materiaaleissa on rajoitteita. (Berman, 2012)

Erityisesti täytyy tehdä erottelu kriittisten ja ei kriittisten osien välillä. Kriittiset osat vaativat usein sertifikaatteja, jotta voidaan todentaa niiden laatu ja toimiminen lentokoneessa. Sertifikaatti mahdollistaa myös lentokoneiden kriittisiltä osilta vaadittavan seurannan. (Gu, Zhang and Li, 2015) On vaikea uskoa, että tämän hetken laadulla olisi mahdollisuutta tuottaa sertifikaatteja vaativia tuotteita. Lisäksi seuranta ja jäljitettävyyys olisi vaikeampaa, kun tuotanto olisi hajautettu ympäri maailmaa.

Ei kriittisten osien tuottaminen olisi tämän hetken teknologialla jo mahdollista. Kuten aikaisemmin huomattiin suuri osa 3D – tulosteiden markkinoista on lentokoneteollisuuden parissa. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, ettei yksinkertaisen osien tuotanto ole 3D – tulostuksen vahvuus. Usein kuluvat ja yksinkertaiset osat ovat halvempia tuottaa tavallisin menetelmin (Berman, 2012). Suuremmilla lentokentillä on todennäköisesti järkevämpää ylläpitää varastoa halvoista ja yksinkertaisista varaosista 3D – tulostamisen sijaan. 3D – tulostamista voitaisiin soveltaa hiljaisemmilla lentokentillä, joissa ei ole kannattavaa ylläpitää varaosien varastoa. Tällaisissa tapauksissa 3D – tulostettu ei kriittinen varaosa voisi olla nopeampi ja halvempi ratkaisu, kun lähimmästä varastosta toimitettu.

3.3 3D – tulostamisen muut hyödyt lentokoneteollisuudessa

3D – tulostamisen hyödyntämisen hyödyt ei rajoitu pelkästään paremman mahdollisen paremman varaosahallinnan aiheuttamiin kustannussäästöihin. Lentoyhtiöiden entistä optimaalisempi varaosien hallinta voisi vähentää lentojen myöhästymistä ja tällä tavoin vaikuttaa positiivisesti asiakkaiden tyytyväisyyteen. Tutkimuksen mukaan on huomattu, että ihmisiä suututtaa lentokoneen myöhästymisen (Kim and Park, 2016). Asiakastyytyväisyyden nousu voisi näkyä positiivisesti lentoyhtiön asiakasvirrassa ja tällä tavalla tuoda lisätuottoa yritykselle. Vaikutuksen suuruus korostuisi erityisesti siitä syystä, että teknisistä vioista johtuvat myöhästymiset ovat yleensä pitkiä.

Asiakasvirtaa voisi entuudestaan kasvattaa uudenlaisesta varaosahallinnasta syntyvät säästöt. Tällä hetkellä lentoliikenteessä on todella kova kilpailu yritysten välillä erityisesti Euroopan ja Yhdysvaltojen markkinoilla (Dobruszkes, Givoni and Vowles, 2017). Lentoyhtiö, joka kykenisi vähentämään kustannuksia pystyisi tätä kautta vastaamaan paremmin alan tiukkaan kilpailuun. Lopulta kilpailun kiristymisestä hyötyisi myös koko lentokoneteollisuuden loppukäyttäjä eli lennon asiakas.

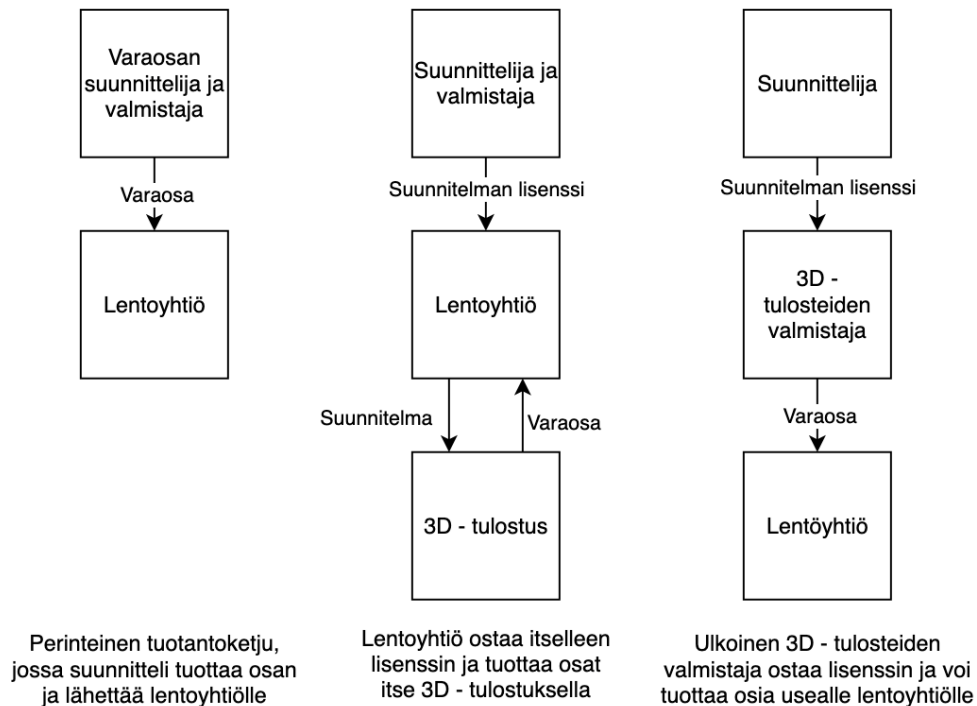
Valitettavasti kaikki vaikutukset eivät välttämättä olisi asiakastyytyväisyyttä ja asiakasvirtaa kasvattavana. Asiakkaan osalta 3D – tulostus voisi lisätä epäilyksiä lentoyhtiötä kohtaan. Suurelle yleisölle 3D – tulostus on vielä lähinnä tuttu halvoista muovitulosteista. Halpojen

muovitulosteiden yhdistäminen lentoliikenteeseen voisi olla huono mielikuva asiakkaalle. Tämä mielikuva voi luoda mainehaittaa lentoyhtiölle, joka ilmoittaa tuottavansa osansa itse. Pitemmällä aikavälillä tämä voisi kääntyä kuitenkin voitoksi, kun luotto myös 3D – tulostettuihin osiin kasvaisi.

3.4 Varaosien tuotanto lisenssillä

Aiemmin todettiin, että 3D – tulostus voisi sopia hyvin lentokoneen varaosiin, jotka kuluvat harvoin ja ovat vaikeasti saatavia. Näillä osilla on oletettavasti pisimmät toimitusajat tehtailta ja näin aiheuttavat puuttuessaan eniten haittaa lentoyhtiölle. Vaikka osien laatustandardit tekevät tuotannon haastavaksi, voidaan pohtia millä tavoin 3D – tulostus voisi hyödyntää varaosahankintaa. Ratkaisu osien puutteeseen voisi olla niiden tuottamisen lisensointi lentoyhtiöille.

Varaosien lisenssien myynnillä tarkoitetaan liiketoimintaa, jossa varaosan suunnittelija myy varaosan digitaalisen mallin ja oikeuden tuottaa kyseistä varaosaa. Tällä tavoin lentoyhtiöllä voisi olla omilla lentokentillään mahdollisuuksia tuottaa osia lentokoneisiin. Lisenssin lisäksi lentoyhtiö tarvitsisi 3D – tulostukseen vaadittavat laitteistot. Varaosan suunnittelija voisi luoda tuottoa itselleen, joko myymällä oikeudet kerralla tai vaatimalla osuutta kaikista tuotetuista osista. (Westerweel, Song and Basten, 2019) Kuvassa kaksi on esitelty millä tavalla 3D – tulostuksen lisensointi muuttaisi varaosien toimitusketjua ja tuotantoa yksinkertaistetusti. Kuvassa on huomioitavaa, että vaikka 3D – tulostus näyttää kuvassa lisäävän väli vaiheita, sen tuotanto on paljon lähempänä käyttäjää eli lentoyhtiötä. Perinteisessä tuotantoketjussa tuotanto tapahtuu kaukana loppukäyttäjistä suunnittelijan tehtaalla.



Kuva 2. Perinteisen ja lisenssimyynnin ero tuotantoketjussa (mukaillen Westerweel, Song and Basten, 2019)

Lentoyhtiöiden lisäksi lisenssin voisi ostaa ulkopuolinen yritys, joka voisi myydä osia usealle lentoyhtiölle. Tämä voisi olla kustannustehokkaampaa, sillä tätä kautta jokaisen lentoyhtiön ei tarvitsisi ostaa erikseen lisenssejä ja tuotantolaitteistoja. Toisaalta yrityksen täytyisi ostaa lisenssit useamman lentokonevalmistajan varaosiin, joka voisi nostaa varaosien hintaa lentoyhtiöille. Tämä loisi täysin uudenlaista palveluliiketoimintaa yritysten välille.

Lisensoinnissa voisi syntyä myös ongelmia. Varaosien laadunvalvonta on tärkeä osa lentoteollisuutta. Tiettyjen osien täytyy olla jäljitettävissä ja niitä seurataan tarkasti (Gu, Zhang and Li, 2015). 3D – tulostuksen ja lisensoinnin myötä varaosien tuotanto hajautuisi huomattavasti verrattuna tavalliseen tuotantomalliin. Tämä voisi vaikeuttaa osien jäljitettävyyttä ja laadunvalvontaa, jonka huomasimme olevan erittäin tärkeää erityisesti lentokoneelle kriittisten osien kannalta. Lisäksi 3D – tulostus sopii tuotantomuotona perinteistä tuotantoa huomomin kappaleisiin, jotka ovat patenteilla suojattu, joita lentokoneiden osat on. (Savolainen and Collan, 2020).

4 Lääketeollisuus

3D – tulostuksen vahvuuksia tarkastellessa huomattiin, että 3D – tulosteiden muokattavuudesta voisi olla hyötyä lääketieteellisyydessä. Niiden käyttö on ollut vahvasti kasvussa jo viime vuosina (Ventola, 2014). Tästä syystä on mielenkiintoista tutustua millaisessa käytössä 3D – tulostusta on pystytty hyödyntämään ja millaisia sovellutuksia sillä olisi tulevaisuudessa. Tätä kautta voimme selvittää millä tavoin yritykset voivat kehittää asiakkaille tarjottavia palveluitaan. Lääketeollisuuden osalta on erityisen mielenkiintoista tutustua, millä tavoin 3D – tulostuksen muokattavuus voisi olla hyödyksi.

4.1 3D – tulostuksen sovellutukset lääketieteellisyydessä

3D – tulostuksella on ollut useita käyttötarkoituksia lääketieteellisyydessä. Erityisesti mahdollisuus muokata tuotteita helposti potilaiden tarpeeseen on noussut tärkeään rooliin, kun 3D – tulostusta on alettu hyödyntämään. Nopea muokattavuus asiakkaan tarpeeseen on yksi 3D – tulostuksen eduista verrattuna tavallisiin valmistustapoihin (Attaran, 2017). 3D – tulostus voisi sopia tuotantomuotona proteeseille, jotka täytyy muokata ihmiselle sopivaksi. Muokattavuuden lisäksi 3D – tulostus mahdollistaa nopean valmistuksen, joka on lyhentänyt tuotantoaikoja asiakkaalle henkilökohtaisesti suunnitellusta tuotteesta. Nykyisellä teknologialla on pystytty tuottamaan yksityiskohtaisia proteeseja 24 tunnin sisällä. Samalla potilaalle suunnitellun proteesien tuottaminen on ollut halvempaa kuin perinteisillä tuotantotavoilla. (Ventola, 2014) Halvempi hinta koskee kuitenkin ainoastaan potilaalle henkilökohtaisesti suunniteltuja proteeseja. Yksinkertaisemmat ja usealle ihmiselle sopivat proteesit ovat olleet edelleen halvempia tuottaa perinteisin tuotantokeinoin (Rengier *et al.*, 2010). Kuitenkin haastavissa tapauksissa, joissa potilaalle on välttämätöntä käyttää potilaalle henkilökohtaisesti suunniteltua proteesia, olisi nopeus ja pienemmät kustannukset vahvuuksia 3D – tulostuksen käytölle. 3D – tulostuksen mahdollistama nopeampi tuotanto ja hinnan lasku voisi myös mahdollistaa useamman proteesin kokeilun potilaalle. Tätä kautta potilas saisi

varmasti juuri hänelle sopivan proteesin. 3D – tulostus mahdollistaa erittäin tarkan muokattavuuden, joten tuotantotavan avulla voitaisiin onnistua toteuttamaan myös haastavia proteesiratkaisuja, joita ei välttämättä muilla tuotantotavoilla olisi samalla tavalla mahdollista. Tämä nostaisi konkreettisesti tuotettavan palvelun arvoa ja tätä kautta hyödyttäisi liiketoimintaa. 3D – tulostuksen käyttäminen on myös lyhentänyt tutkimusten mukaan leikkaukseen ja hoitoon käytettyä aikaa (Kelly *et al.*, 2021).

Perinteisten proteesien lisäksi 3D – tulostusta on kyetty hyödyntämään verisuonissa. Ihmiselle on pystytty tulostamaan verisuoniin yksilöllisiä proteeseja (Ho, Ng and Yoon, 2015). Tekniikka on vielä kehittymässä lisää ja tulevaisuudessa voi olla mahdollista siirtyä myös suurempiin rakenteisiin.

3D – tulostusta hyödynnettäessä tuotantoa voitaisiin myös siirtää lähemmäksi potilaita. Suuremmat sairaalat voisivat kyetä tulostamaan harvemmin tarvittavia proteeseja juuri asiakkaan tarpeeseen. Tuotannon läheisyys olisi etu erityisesti vakavissa tilanteissa, kun aikaa on vähän.

4.2 Lääketeollisuuden tulevaisuuden mahdollisuudet

Lääketeollisuus voi tulevaisuudessa muuttua paljon 3D – tulostuksen vaikutuksesta. Toiveissa on ollut suuria mullistuksia uusiin lääketieteellisiin ratkaisuihin. Tällaisia mullistuksia olisi esimerkiksi elimien 3D – tulostamista suoraan potilaalle.

3D – tulostukselle on ladattu suuria odotuksia tulevaisuuden elimien tulostuksessa. Tekniikassa käytettäisiin potilaan omia soluja, joista tulostettaisiin 3D – tulostuksen avulla hänen tarvitsema elin. Tämä olisi suuri läpimurto elinsiirtojen osalta. Tuotannon onnistuessa ratkaistaisiin usea elinsiirron ongelma. Ongelmista suurimmat ovat potilaan hylkimisreaktio ja haasteet saada elimiä. 3D – tulostuksessa käytettävät potilaan omat solut auttaisivat todennäköisesti estämään hylkimistä ja tätä kautta potilaan ei tarvitsisi syödä elämäänsä

hylkimisen esto lääkitystä. Lisäksi elimiä pystyttäisiin tekemään tarpeen tullen, jolloin ei oltaisi enää riippuvaisia sopivien luovuttajien menehtymisistä. (Ventola, 2014; Yan *et al.*, 2018) Elimien tarve on tällä hetkellä maailmassa suurta. Pelkästään Yhdysvalloissa kuoli yli 6000 ihmistä elinsiirtojonoon vuonna 2020 (OPTN, 2021). Tämän lisäksi se voisi vähentää kansainvälistä elinkauppaa, kun elimiä tulisi paremmin saataville. Tällä hetkellä kokonaisten elinten tulostus ei ole vielä mahdollista mutta 3D – tulostamista on onnistuttu käyttämään jo sydämen ja maksan solukon tulostamiseen (Dodziuk, 2016).

4.3 3D – tulostuksen haasteet lääketieteellisyydessä

Lääketeollisuudessa korostuu samoja ongelmia kuin lentoteollisuudessa. Toimialoilla on samalla tavalla korkeat vaatimukset käytettäville osille ja laitteilla. 3D – tulostus on heikosti säädeltyä, joka mahdollistaa entisestään väärinkäytösten mahdollisuuden. Lääketeollisuudessa olisi mahdollista, että markkinoille pääsisi väärennöksiä, jos esimerkiksi tuotettavien tuotteiden digitaaliset tiedostot vuotaisivat verkkoon. Väärennösten lisäksi 3D – tulostettujen tuotteiden taso ja laatu ei ole vielä kaikilta osin täyttänyt vaadittavia standardeja. Tästä johtuen ollaan vielä kaukana tulevaisuuden sovellutuksista, jossa voitaisiin esimerkiksi tulostaa elimiä ihmisen omista soluista. 3D – tulostukselle on kasattu paljon odotuksia, joita se ei kuitenkaan todennäköisesti pysty pitkään aikaan vielä lunastamaan. (Ventola, 2014; Yan *et al.*, 2018)

Lisäksi tällä hetkellä ihmisille suunniteltujen yksittäisten proteesejani käyttö ei ole kustannustehokasta. Proteesin suunnitteluun joudutaan käyttämään standardimalleja enemmän aikaa, joka nostaa tuotteen kustannuksia. Tästä syystä ihmiselle muokattuja proteeseja ei kannata käyttää kuin eritystilanteissa. (Rengier *et al.*, 2010)

Lääketeollisuudessa on lentoteollisuuden tapaan myös paljon säätelyä. Tämä vaikeuttaa uusien tuotteiden pääsyä markkinoille. Esimerkiksi tulevaisuuden personoituja lääkelaitteita voisi olla haastavaa saada markkinoille. Tämä johtuu siitä, että osan tuotteista pitäisi käydä tällä hetkellä pitkä lupaprosessi, jotta sen voisi saada käyttöön. Lupaprosessi voisi lisäksi

vaatia pitkän kokeilujakson, jossa lääkinällistä laitetta testataan eri henkilöille ja katsotaan, miten hyvin laite toimii. Tämä tuskin tapahtuu, jos suunniteltu laite on tehty vain yhden henkilön tarpeeseen. Tässä suhteessa ollaan kuitenkin menossa parempaan suuntaan, sillä Yhdysvaltain ruoka- ja lääkevirasto on ruvennut pohtimaan, millä tavalla 3D – tulostettuja tuotteita täytyisi lähteä säätelemään. (Ventola, 2014)

5 Liiketoimintamallit

Tuotantotavan muutoksen myötä myös yritysten liiketoimintamallit voivat muuttua. On mielenkiintoista tutustua millaisia erilaisia uusia liiketoimintamalleja 3D – tulostus voisi mahdollistaa. Kappaleessa on tarkoituksena tarkastella ensisijaisesti millaista lisäarvoa uusilla liiketoimintamalleilla voisi olla palveluliiketoiminnassa ja millaista uutta palveluliiketoimintaa se mahdollistaisi.

5.1 Liiketoimintamallin määritelmä

Liiketoimintamallin on määritelty tarkoittamaan yrityksen konseptuaalista mallia kuvaamaan yrityksen tulonhankintalogiikkaa. Sen tarkoituksena on selventää yksinkertaistetusti, millä tavalla yritys pyrkii myymään tuotteita tai palveluitaan ja millä tavalla yritys tulee saamaan tuottoa. (Osterwalder, 2004) Jokaisella yrityksellä on käytössään jonkinlainen liiketoimintamalli, riippumatta siitä onko se suunniteltu vai ei. Liiketoimintamallissa myös määritellään millä tavalla yritys pyrkii luomaan lisäarvoa. (Chesbrough, 2007)

5.2 Liiketoiminnan joustavuus

3D – tulostuksen laajempi käyttöönotto voisi mahdollistaa uudenlaista joustavuutta yrityksille. Yritykset pystyisivät helpommin sovittamaan liiketoimintaansa omaan tarpeeseen. Esimerkiksi yritys voisi halutessaan siirtyä suuremmin pelkän suunnittelun puolelle, jos asiakkaalla olisi mahdollisuus tuottaa tuotteensa itse. Toisaalta jokin yritys voisi ainoastaan alkaa tuottamaan muiden suunnittelemaa tuotteita. Tämä ei ole uutta mutta 3D – tulostus voisi edistää tätä, sillä laitteiden kustannukset ovat perinteisiä tuotantomuotoja pienempiä. Tällainen liiketoiminnan muutos voisi koskea erityisesti lentokoneteollisuutta, jossa perinteisesti suunnittelijat ovat myös tuottaneet koneet sekä varaosat.

3D – tulostus mahdollistaa myös uusiin tuotekategoriin siirtymisen joustavammin. Esimerkiksi My Little Pony pystyi kokeilemaan tuotteitaan uudelle asiakassegmentille huomattavasti halvemmalla tavalla kuin perinteisesti hyödyntämällä 3D – tulostusta. Perinteisen tuotannon sijaan yritys ainoastaan suunnitteli uudet nuket ja antoivat asiakkaiden tulostaa ne itse. Tätä kautta he selvittivät, onko kysyntä aitoa, eikä laajentamiseen tarvittu laajaa asiakastutkimusta ja tuotannon aloittamista. Tällä tavoin My Little Ponyn olisi ollut myös todella helppoa vain lopettaa uuden asiakassegmentin palveleminen ilman suuria tappioita. (Rayna and Striukova, 2016) Samanlaista kokeilua voitaisiin myös soveltaa lentokone-teollisuudessa. Yritys, joka olisi erikoistunut tuottamaan varaosia lentokoneisiin 3D – tulostamisen avulla voisi pyrkiä ostamaan myös muiden tuotteiden lisenssejä. Tällaisia voisi olla esimerkiksi autoteollisuuden tai muun teollisuudenalan varaosat. Tämä muuttaisi yrityksen keskiöön 3D – tulostuksen pelkän lentokone-teollisuuden varaosatuotannon sijaan.

5.3 Asiakaskeskeinen tuotanto

3D – tulostusta hyödynnettäessä siirtyy liiketoimintamalli enemmän asiakaskeskeiseksi. Tällä hetkellä liiketoimintamallit ovat enemmän valmistajakeskeisiä. Asiakaskeskeiseen tuotantoon siirtyminen luo uudenlaista lisäarvoa liiketoiminnalle. Suurin lisäarvoa tuova asia on asiakkaan ottaminen mukaan suunnittelu prosessiin. Yritys voi hyödyntää asiakkaiden itse luomia malleja ja käyttää niissä esiintyviä hyviä ominaisuuksia. (Rayna and Striukova, 2016)

Asiakkaan ottaminen mukaan prosessiin olisi erityisen hyödyllistä lääketeollisuudessa. Kuten aikaisemmin huomasimme, mahdollistaa 3D – tulostus entistä muokattavampia lääkinällisiä välineitä kuluttajan käyttöön. Tätä voitaisiin jalostaa vielä pidemmälle ja ottaa 3D – tulostusta enemmän käyttöön erilaisten yksilöllisten tukien ja yksinkertaisten lääkinnällisten laitteiden kanssa. Tämä voisi muuttaa yritysten liiketoimintamalleja niin, että lääkintäyhtiöt siirtäisivät enemmän tuotantoaan esimerkiksi apteekkeihin, joissa asiakkaalle voitaisiin tehdä hänelle sopiva lääkinnällinen laite.

Asiakaskeskeinen tuotanto muuttaa toimitusketjuja. Asiakkaat pystyvät joissakin tapauksissa tuottamaan haluamansa tuotteet itse, joka vähentää useaa välikättä toimitusketjussa ja tuotannossa. Tätä voidaan verrata peliteollisuuteen, jossa viime vuosina on saatu jätettyä jälleenmyyjä, kuten Gamestop kokonaan ulos toimitusketjusta. Tätä kautta suunnittelija saa enemmän myymästään tuotteesta ja asiakas voi saada tuotteensa halvemmalla. (Kelly *et al.*, 2021) Lääketeollisuuden osalta tämä voisi muuttaa edellä mainittujen apteekkien roolia. Mikäli ihmisille tulisi suoraa mahdollista ostaa esimerkiksi nilkkatuen malli, jonka he voisivat itse valmistaa. Tämä todennäköisesti laskisi tuotteen hintaa ja mahdollistaisi lääketeollisuuden yritysten suuremman keskittymisen suunnitteluun.

Uusi toimitusketju ei kuitenkaan päde kaikkiin tuotteisiin. Osa tuotteista voi olla liian haastavaa tuottaa ulkoisella toimijalla. Näissä tapauksissa toimitusketjun muutokset eivät olisi yhtä suuria verrattuna yksinkertaisiin tuotteisiin. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi lentokoneiteollisuuden kriittiset osat sekä lääketeollisuuden osat, jotka vaativat vahvaa regulaatiota.

6 Johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää millä tavoilla 3D – tulostusta voidaan hyödyntää palveluliiketoiminnassa. Tässä kappaleessa käsitellään havaintojani 3D – tulostuksen hyödyntämisestä. Kappaleessa käsitellään ensin osatutkimuskysymykset, jonka jälkeen keskitytään päätutkimuskysymykseen hyödyntämällä käsittelemiäni kahta toimialaa. Ensimmäinen osatutkimuskysymys oli:

- *Mitä 3D – tulostus on ja millaisia vahvuuksia sillä on?*

Tämän työn alussa tutustuttiin tarkemmin 3D – tulostuksen teoriaan ja tuotantomuodon vahvuuksiin. Huomasimme että 3D – tulostus koostuu 4 päävaiheesta, jotka seuraavat toisiaan. 3D – tulostusprosessissa on erityisen tärkeää määritellä tuotteelta vaadittavat ominaisuudet heti alussa. Tämä siitä syystä, että valmista tuotetta voi olla usein hankala muokata vaan täytyy palata suunnitelmaan ja tulostaa täysin uusi tuote. Toisaalta tämän kaltainen tuotantomuoto sopii hyvin prototyyppeihin, joita voidaan kokeilla useamman kerran ja tietokoneohjelmiston malli on helppo muokata.

3D – tulostuksella huomattiin olevan useita vahvuuksia verrattuna perinteiseen tuotantotapaan. Suurimpia vahvuuksia olivat tulostettavien esineiden muokattavuus ja tuotannon mahdollinen hajautus. Kuitenkin 3D – tulostuksesta löytyi edelleen paljon heikkouksia. Heikkoukset keskittyvät erityisesti tuotteiden laatuun ja tuotteisiin, jotka on sertifikaateilla ja patenteilla suojattu. Tämän lisäksi 3D – tulostus on edelleen tietyille tuotteille perinteistä tuotantotapaa huonompi vaihtoehto. Taulukossa kaksi on esitelty tiivistetysti työssä havainnoidut 3D – tulostuksen hyödyt ja haitat.

Taulukko 2: 3D – tulostuksen vahvuudet ja heikkoudet

Vahvuudet	Heikkoudet
3D – tulosteiden muokattavuus helppoa ja mahdollistaa yksilöllisemmät tuotteet	3D – tulosteiden laatu ei täytyä kaikilta osin vielä siltä vaadittuja ominaisuuksia. Tämä on erityisen suuri ongelma lentokoneteollisuuden kriittisissä osissa
3D – tuotannon hajautus mahdollistaa toimitusaikojen lyhenemisen ja tuotannon keskittämisen sinne, sinne missä tuotteita tarvitaan	Haastavaa tuottaa patentoituja tai sertifioituja osia, sillä hajautettu tuotanto vaikeuttaa niiden käytön seuraamista.
Nopea tuotanto ja muokattavuus mahdollistaa asiakkaan ottamisen mukaan yksilöllisten tuotteiden tuottamiseen	Perinteinen massatuotanto halvempaa, kun 3D – tulostamisen käyttö yksinkertaisissa osissa ja tuotteissa.

Toisena osatutkimuskysymyksenä oli:

- *Millaisia liiketoimintamalleja 3D – tulostus mahdollistaa*

Tutkimuksessa havaittiin, että 3D – tulostus mahdollistaa useampia erilaisia liiketoimintamalleja tuotantotavan vahvuuksien avulla. Vahvuudet liittyvät hajautettuun tuotantoon sekä muokattavuuteen. Ensimmäiseksi huomasimme, että 3D – tulostus mahdollistaa uudenlaisen lisensoinnin avulla myymisen. 3D – tulostus mahdollistaa suunnittelijalle mahdollisuuden myydä lisenssin, joko suoraan loppukäyttäjälle tai toiselle taholle, joka voi hoitaa tuotannon lähellä loppukäyttäjää. Muutosta vanhoihin liiketoimintamalleihin on erityisesti lentokoneteollisuudessa, jossa perinteisesti suunnittelija on myös käytännössä valmistanut tuotteensa itse. Tämän lisäksi 3D – tulostus voisi tarjota tuottajayrityksille ylimääräistä joustoa. 3D – tulostus mahdollistaa samoilla laitteilla tuotettavan useita erityyppisiä osia, joten jonkun tuotteen myynnin laskiessa tuottaja voisi muuttaa tuotekategoriaan. 3D – tulostus mahdollistaa myös liiketoimintamallit, joissa otetaan entistä enemmän asiakas mukaan suunnittelu-prosessiin. 3D – mallien muuttaminen on helppoa, joka mahdollistaa asiakkaan toivomat muutokset.

Työn päätutkimuskysymyksenä oli:

- *Millä tavalla yritys voi hyödyntää 3D – tulostusta ja millaista lisäarvoa sillä voisi olla palveluliiketoiminnalle*

Työssä oli tavoitteena erityisesti selvittää 3D – tulostamisen hyödyntämistarkoituksia ja mil-laista lisäarvoa se voisi tuottaa palveluliiketoiminnalle. Työn näkökulmana oli erityisesti lentokoneteollisuus ja lääketieteollisuus. Työssä havaittiin, että vielä tämän hetken teknologi-alla hyöty jää melko rajalliseksi. Lentokoneteollisuudessa 3D – tulostus sopisi parhaiten har-voin kuluviin osiin, joiden saatavuus on heikkoa. Voidaan olettaa, olettaa että tällaiset osat ovat kuitenkin usein kriittisiä ja varaosalla täytyy olla sertifikaatti. Sertifioitujen osien val-mistaminen ei ole vielä tällä hetkellä mahdollisuutta, sillä hajautetussa valmistuksessa ei pystytä tarpeeksi hyvin jäljittämään varaosien valmistajia. Lisäksi kriittisillä osilla on usein korkeat laatuvaatimukset, joita ei vielä tämän hetken 3D – tulostuksella ole mahdollista täyt-tää. Toisaalta taas varaosat, joiden valmistaminen 3D – tulostuksella olisi mahdollista ovat yleensä ei kriittisiä ja näin yksinkertaisempia osia. Tällaisten osien tuotanto on perinteisin tuotantotavoin vielä tehokkaampaa ja halvempaa. Suosituilla lentokentillä on todennäköi-sesti parempi ylläpitää varastoa 3D – tulostuksen sijaan ei kriittisissä tuotteissa. Työn löy-tämä ainoa konkreettinen käyttötarkoitus voisi olla harvoin lennetyillä kentillä, joissa vara-osavarastoa ei voida ylläpitää. Tällöin ei kriittisen osan voisi saada nopeammin valmistettua, kun toimittaa uusi osa kohteeseen.

Lääketeollisuuden osalta ongelmat ovat samankaltaisia. Lääketeollisuuden tuotteilta vaadi-taan lentokoneteollisuuden tapaan korkeaa laatua, johon ei välttämättä vielä aina 3D – tulos-tuksella päästä. Tämän lisäksi 3D – tulostus on tällä hetkellä vielä kalliimpi tapa tuottaa yksinkertaisia proteeseja, joita voidaan käyttää usealle ihmiselle. Käyttötarkoituksia löytyi lähinnä tarkasti potilaan tarpeeseen muokattujen proteesien käytössä. Tällaisessa käytössä 3D – tulostus voi nopeuttaa proteesin tuotantoa ja laskea sen hintaa.

Vaikka 3D – tulostusta on jo hyödynnetty useassa käyttötarkoituksessa, työssä huomataan, että 3D – tulostukselle on ladattu osaltaan liiankin korkeita odotuksia tulevaisuudessa. Tästä kertoo lääketieteollisuuden tavoitteet 3D – tulostaa kokonaisia elimiä. Tämänkaltainen tekno-logia on vielä hyvin kaukana, josta kertoo se, että tällä hetkellä on pystytty ainoastaan tulos-tamaan solukkoa. Samanlaisia liian korkeita odotuksia on ladattu myös lentokoneteollisuu-teen. Lentokoneteollisuudessa on todella paljon regulaatiota ja laatuvaatimuksia, joita ei pys-tytä lähiaikoina täyttämään. Suurempaa hyötyä 3D – tulostuksesta voisi olla käsitellyille

toimialoille siinä vaiheessa, kun 3D – tulosteiden laatu kasvaa ja uudenlaiset tuotantomallit lisääntyvät.

Lähteet

- Attaran, M. (2017) ‘The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing’, *Business Horizons*, 60(5), pp. 677–688. doi:10.1016/j.bushor.2017.05.011.
- Berman, B. (2012) ‘3-D printing: The new industrial revolution’, *Business Horizons*, 55(2), pp. 155–162. doi:10.1016/j.bushor.2011.11.003.
- Chesbrough, H. (2007) ‘Business model innovation: it’s not just about technology anymore’, *Strategy & Leadership*, 35(6), pp. 12–17. doi:10.1108/10878570710833714.
- Dobruszkes, F., Givoni, M. and Vowles, T. (2017) ‘Hello major airports, goodbye regional airports? Recent changes in European and US low-cost airline airport choice’, *Journal of Air Transport Management*, 59, pp. 50–62. doi:10.1016/j.jairtraman.2016.11.005.
- Dodziuk, H. (2016) ‘Applications of 3D printing in healthcare’, *Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska = Polish Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, 13(3), pp. 283–293. doi:10.5114/kitp.2016.62625.
- Ghobbar, A.A. and Friend, C.H. (2002) ‘Sources of intermittent demand for aircraft spare parts within airline operations’, *Journal of Air Transport Management*, 8(4), pp. 221–231. doi:10.1016/S0969-6997(01)00054-0.
- Gibson, I. *et al.* (2021) *Additive Manufacturing Technologies*. Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-56127-7.
- Gross, B.C. *et al.* (2014) ‘Evaluation of 3D Printing and Its Potential Impact on Biotechnology and the Chemical Sciences’, *Analytical Chemistry*, 86(7), pp. 3240–3253. doi:10.1021/ac403397r.
- Gu, J., Zhang, G. and Li, K.W. (2015) ‘Efficient aircraft spare parts inventory management under demand uncertainty’, *Journal of Air Transport Management*, 42, pp. 101–109. doi:10.1016/j.jairtraman.2014.09.006.

Ho, C.M.B., Ng, S.H. and Yoon, Y.-J. (2015) 'A review on 3D printed bioimplants', *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 16(5), pp. 1035–1046.

Kelly, S. *et al.* (2021) 'Digital Supply Chain Management in the Videogames Industry: A Systematic Literature Review', *The Computer Games Journal*, 10(1), pp. 19–40. doi:10.1007/s40869-020-00118-0.

Kim, N.-Y. and Park, J.-W. (2016) 'A study on the impact of airline service delays on emotional reactions and customer behavior', *Journal of Air Transport Management*, 57, pp. 19–25. doi:10.1016/j.jairtraman.2016.07.005.

OPTN (2021). Available at: <https://optn.transplant.hrsa.gov/data/view-data-reports/national-data/#> (Accessed: 22 December 2021).

Osterwalder, A. (2004) *The business model ontology a proposition in a design science approach*. doi:10.22005/bcu.15985.

Rayna, T. and Striukova, L. (2016) 'From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation', *Technological Forecasting and Social Change*, 102, pp. 214–224. doi:10.1016/j.techfore.2015.07.023.

Regattieri, A. *et al.* (2005) 'Managing lumpy demand for aircraft spare parts', *Journal of Air Transport Management*, 11(6), pp. 426–431. doi:10.1016/j.jairtraman.2005.06.003.

Rengier, F. *et al.* (2010) '3D printing based on imaging data: review of medical applications', *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 5(4), pp. 335–341. doi:10.1007/s11548-010-0476-x.

Savolainen, J. and Collan, M. (2020) 'How Additive Manufacturing Technology Changes Business Models? – Review of Literature', *Additive Manufacturing*, 32, p. 101070. doi:10.1016/j.addma.2020.101070.

Shahrubudin, N., Lee, T.C. and Ramlan, R. (2019) 'An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications', *Procedia Manufacturing*, 35, pp. 1286–1296. doi:10.1016/j.promfg.2019.06.089.

Ventola, C.L. (2014) 'Medical Applications for 3D Printing: Current and Projected Uses', *Pharmacy and Therapeutics*, 39(10), pp. 704–711.

Westerweel, B., Song, J.-S.J. and Basten, R.J.I. (2019) *3D Printing of Spare Parts Via IP License Contracts*. SSRN Scholarly Paper ID 3372268. Rochester, NY: Social Science Research Network. doi:10.2139/ssrn.3372268.

Yan, Q. *et al.* (2018) 'A Review of 3D Printing Technology for Medical Applications', *Engineering*, 4(5), pp. 729–742. doi:10.1016/j.eng.2018.07.021.