Tampereen yliopisto

Siiri Kalliovalkama

3D-TULOSTUKSEN VAIKUTUKSET TUOTEVALMISTAJAN SIDOSRYHMIIN

Vaatimukset sidosryhmäyhteistyölle

Kandidaatintyö
Johtamisen ja talouden tiedekunta
Tarkastaja: Ulla Saari
Joulukuu 2021

TIIVISTELMÄ

Siiri Kalliovalkama: 3D-tulostuksen vaikutukset tuotevalmistajan sidosryhmiin – Vaatimukset sidosryhmäyhteistyölle
Impact of 3D printing on product manufacturer's stakeholders – Requirements for stakeholder cooperation
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Tuotantotalouden tutkinto-ohjelma
Joulukuu 2021

Uudet valmistusteknologiat aiheuttavat usein muutoksia tuotevalmistajan sidosryhmissä, eikä 3D-tulostus ole tässä poikkeus. 3D-tulostusta voidaan pitää systeemisenä innovaationa, koska se vaatii useamman innovaation kehittymistä samanaikaisesti. Useiden innovaatioiden tehokas kehittäminen yhtä aikaa vaatii muutoksia ja aktiivista yhteistyötä läpi eri sidosryhmien. Ensisijaiset sidosryhmät ovat sellaisia toimijoita, joita ilman yritys ei olisi enää elinkelpoinen. Tuotevalmistajayrityksen toiminnan takaamiseksi on siis olennaista ymmärtää, millaisia muutoksia ensisijaisten sidosryhmien toiminnassa tapahtuu uuden valmistusteknologian edessä.

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on tutkia 3D-tuotevalmistajayrityksen ensisijaisia sidosryhmiä. Tavoitteena on saada selkeä näkemys siitä, miten 3D-tulostus vaikuttaa tuotevalmistajan sidosryhmien toimintaan ja millaisia yhteistyövaatimuksia syntyy. Kandidaatintyö toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Aineistoa etsittiin englanniksi muutamasta eri tietokannasta ja tärkeimpiä hakusanoja olivat 3D-tulostus ja toimitusketju. 3D-tulostus on melko uusi innovaatio, joten hakutulokset olivat myös hyvin tuoreita. Tutkimusaineisto koostuu pääasiassa tieteellisistä artikkeleista, mutta joukossa on muutama kirja teorian selvittämiseksi.

3D-tulostuksen tuomat muutokset tuotevalmistajan sidosryhmiin koskettavat tutkimuksen perusteella eniten toimitusketjua. Tuotteen valmistus alusta loppuun samalla laitteella vähentää osakomponenttien toimittajien sekä halvan työvoiman tarvetta. Tuotanto voitaisiin siis palauttaa matalatuloisista maista korkeatuloisiin maihin. Koska valmistus vaatii vain yhden laitteen, voitaisiin tuotanto hajauttaa lähemmäs asiakkaita, mikä mahdollistaisi asiakkaan integroinnin osaksi toimitusketjua. 3D-tulostuksen uskotaan olevan hyödyllisintä hyvin räätälöityjen tuotteiden valmistuksessa, mikä tukee myös asiakkaan vahvaa integrointia. Vaikka osakomponenttien tarpeen väheneminen ja tuotannon hajauttaminen vähentäisivät toimitusta ja varastointia, ei raaka-aineiden toimituksen tarve katoa mihinkään. 3D-tulostettu tuote voi myös olla jonkin toisen tuotteen komponentti, jota edelleen valmistetaan keskitetysti. Logistiikassa ei siis todennäköisesti ole tapahtumassa merkittäviä säästöjä, mutta muutoksia tapahtuu.

3D-tulostuksen käyttöönotto johtaa tuotevalmistajan toimitusketjun digitalisoitumiseen, mikä luo tarpeen entistä vahvemmille ja luotettavammille toimittaja- sekä asiakassuhteille. Lisäksi tuotevalmistaja hyötyy yhteistyöstä palveluntarjoajien ja tutkimuslaitosten kanssa, koska niillä on usein hyvin ajankohtaista tietoa teknologian kehityksestä. Tutkijat eivät usko, että 3D-tulostus tulee korvaamaan perinteiset valmistusteknologiat, vaan enneminkin rinnastamaan niitä. 3D-tulostusta olisikin jatkossa hyvä tutkia osana perinteisiä valmistusteknologioita eikä yksinään.

Avainsanat: 3D-tulostus, systeeminen innovaatio, sidosryhmä, toimitusketju.

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ALKUSANAT

Tämä kandidaatintyö on laadittu Tampereen yliopiston tuotantotalouden tutkinto-ohjelmaan syksyllä 2021. Tutkimuksen aihe syntyi luontevana jatkeena kesätöilleni, jolloin pääsin tutustumaan keraamien 3D-tulostuksen kehitykseen. Kirjoitin erikoistyön keraamien 3D-tulostuksen kaupallistumisen haasteista, joista yksi oli muutokset tuotevalmistajan sidosryhmissä ja toiminnassa. Kandidaatintyö mahdollisti näiden muutosten tarkemman tutkimisen ja aineiston löytämiseksi laajensin näkökulmaa yleisesti kaikkien materiaalien 3D-tulostukseen.

Haluan kiittää Miia Martinsuota inspiroivasta ja innoittavasta kesästä, josta aiheeni sai alkunsa. Lisäksi haluan kiittää Miiaa kattavasta palautteesta, haastamisesta ja kannustamisesta viimeistellä työtä vielä paremmaksi. Ohjaajaani Ulla Saarta haluan kiittää avusta ja neuvoista välinäytössä sekä kannustavasta ilmapiiristä. Ystäviäni kiitän jatkuvasta tuesta ja luottamuksesta, vaikka he eivät samassa tilanteessa ollutkaan.

Tampereella, 2.12.2021

Siiri Kalliovalkama

SISÄLLYSLUETTELO

1.JOHDANTO 1
1.1 Tutkimuksen tausta 1
1.2 Tutkimusongelma, rajaus ja tavoitteet 2
1.3 Tutkimuksen rakenne 4
2.TUTKIMUKSEN TOTEUTUS 5
3.SYSTEEMINEN INNOVAATIO JA TUOTEVALMISTAJAN UUDISTUNUT TOIMITUSKETJU 9
3.1 3D-tulostus systeemisenä innovaationa 9
3.2 Tuotevalmistajan ensisijaiset sidosryhmät 10
3.2.1 3D-tuotevalmistajan toimitusketjun muodostuminen 12
3.2.2 Toimittajat ja palveluntarjoajat tuotevalmistajan toimitusketjussa 13
4.MUUTOKSET 3D-TUOTEVALMISTAJAN SIDOSRYHMIEN TOIMINNASSA 15
4.1 Toimitusketjun muutokset 16
4.1.1 Valmistuksen sijaintimahdollisuudet 17
4.1.2 Asiakkaan roolin muutokset 19
4.1.3 Logistiikan mahdollisuudet 20
4.1.4 Toimittajasuhteiden muutokset 21
4.2 Sosiaaliset muutokset 22
5.VAATIMUKSIA SIDOSRYHMÄYHTEISTYÖLLE 23
5.1 Toimittajien ja asiakkaiden integrointi 23
5.2 Yhteistyö palveluntarjoajien kanssa 24
6.PÄÄTELMÄT 26
LÄHTEET 29

1. JOHDANTO

Liiketoiminta voidaan nähdä joukkona suhteita toimijoihin, joilla on panos yrityksen toimintaan. Ymmärtääkseen liiketoimintaa on ymmärrettävä, kuinka nämä suhteet toimivat, vuorovaikuttavat ja luovat arvoa. Usein mielletään, että sidosryhmien edut kumoavat toisensa, mutta sidosryhmäteorian mukaan sidosryhmien kiinnostukset tulisi nähdä yhteisinä, luonnostaan toisiinsa kytkeytyneinä. (Freeman et al. 2010, s. 24) 3D-tulostusta voidaan pitää systeemisenä innovaationa, joten sen käyttöönotto vaikuttaa valmistusprosessin lisäksi monella tapaa myös tuotevalmistajan kytköksissä olevien sidosryhmien toimintaan. Laplume et al. (2016) mukaan monikansallisten yritysten avainkyky on organisointi ja globaalin arvoketjun tehokas yhteensovittaminen. On hyvä pohtia uuden systemaattisen valmistusteknologiainnovaation vaikutusta sidosryhmien toimintaan, jotta tietynlaiset yhteistyövaatimukset saadaan selville ja arvonluontiprosessi muokattua jälleen toimivaksi.

1.1 Tutkimuksen tausta

Ainetta lisäävä valmistus, eli tunnetummin 3D-tulostus, on nykyaikaa ja tulevaisuutta. Metallien ja muovien hieman pidemmän historian lisäksi 1990-luvulla raportoitiin ja havainnollistettiin ensimmäisiä keraameille laajennettuja 3D-tulostustekniikoita (Chen et al. 2019). 3D-tulostus on siis teknologiainnovaationa hyvin tuore ja kehittyy jatkuvasti. 3D-tulostus tarkoittaa kappaleen valmistamista kerros kerrokselta 3D-mallin perusteella (Gibson et al. 2010, s. 1–2). Nimensä mukaisesti kappaleeseen siis lisätään materiaalia poistamisen sijaan. Petrick ja Simpson (2013) toteavat, että 3D-tulostus on disruptiivinen valmistusteknologiainnovaatio, joka tulee muokkaamaan perinteisen mittakaavaedun kilpailudynamiikkaa. Laplume et al. (2016) uskovat lisäksi, että 3D-tulostuksella on mahdollisuus muokata yritysten globaalit arvoketjut uudenlaisiksi. Onnistuminen vaatii kuitenkin Chesbrough'n ja Teecen (2008) mukaan ymmärrystä innovaation luonteesta ja sitä kautta oikean organisoitumistavan valinnasta.

Osa innovaatioista on Chesbroughn ja Teecen (2008) mukaan luonteeltaan systeemisiä. Systeemisen innovaation hyödyt toteutuvat vain yhdessä toisiinsa liittyvien tai toisiaan täydentävien innovaatioiden kanssa (Chesbrough & Teece 2008). 3D-tulostusta voidaan

pitää systeemisenä innovaationa, sillä se edellyttää muun muassa tuotteiden, raaka-aineiden, tuotantoteknologioiden, ohjelmistojen sekä asiakkaan toiminnan uudistumista samanaikaisesti (Martinsuo 2018). 3D-tulostuksen hyödyt toteutuvat siis vasta silloin, kun uudistumista ja kehitystä on tapahtunut myös siihen liittyvien innovaatioiden ja toimintojen parissa. Koska 3D-tulostus vaikuttaa valmistuksen ohella myös muihin toimitusketjun osiin, on tuotteita valmistavan yrityksen sidosryhmien toiminnassa havaittavissa muutoksia. Systeemisen innovaation kehitys vaatii myös verkostoitumista eri tahojen kesken (Chesbrough & Teece 2008), joten sidosryhmien välille muodostuu erilaisia yhteistyökuvioita.

Systeemisen innovaation aiheuttamat muutokset sidosryhmien toiminnassa ja mahdolliset uudet vaatimukset sidosryhmäyhteistyölle vaikuttavat suuresti uuden valmistusteknologian sujuvaan käyttöönottoon ja käyttöön tuotevalmistajayrityksessä. Tutkimus 3D-tulostuksen aiheuttamista muutoksista tuotevalmistajan sidosryhmien toiminnassa luokin siis laajan kuvan asioista, joita on syytä huomioida kehitystyössä, käyttöönotossa sekä yrityksen toiminnan toimivuuden parantamisessa. Kehittääkseen liiketoimintaa on ymmärrettävä, miten eri toimijoiden väliset suhteet toimivat (Freeman et al. 2010, s. 24). Sidosryhmillä on valtava merkitys liiketoiminnan onnistumisen kannalta, ja systeeminen innovaatio on riippuvainen näistä suhteista.

Edellä esitettyjen syiden takia on hyvä pohtia uuden systeemisen valmistusteknologiainnovaation aiheuttamia toiminnan muutoksia tuotevalmistajan sidosryhmissä. Muutosten kautta voidaan selvittää sidosryhmien väliset yhteistyövaatimukset ja muokata arvonluontiprosessi uusiin olosuhteisiin sopivaksi.

1.2 Tutkimusongelma, rajaus ja tavoitteet

Edellisen luvun mukaan kirjallisuuskatsauksen aihe on 3D-tulostuksen vaikutukset tuotevalmistajan sidosryhmien toimintaan sekä vaatimukset sidosryhmäyhteistyölle. Tutkimus rajautuu tuotteita valmistavien yritysten näkökulmaan sekä erityisesti yrityksen ensisijaisiin sidosryhmiin. Kun tuotevalmistaja muuttaa valmistusteknologiaansa, on otettava huomioon teknologian uudet vaatimukset niin raaka-aineiden, tuotesuunnittelun kuin logistiikankin osalta. Tuotevalmistajan on siis tarkasteltava omia toimittajiaan, jakelijoitaan ja tuotantoaan uudelleen, mikä vaikuttaa näiden toimintaan. Tuotevalmistajan näkökulmasta sidosryhmistä on mahdollista saada kokonaisvaltaisen kuva, kun ei olla toimitusketjun kummassakaan ääripäässä. Uuden valmistusteknologian vaikutuksia on helpompi tutkia, kun ensin havaitaan muutokset teknologian käyttäjän toiminnassa ja sen jälkeen käyttäjän sidosryhmissä.

Ilman ensisijaisia sidosryhmiä yritys ei olisi elinkelpoinen (Freeman et al. 2010, s. 26), joten niitä koskevien muutosten tutkiminen on yrityksen toiminnan kannalta hyvin oleellista. Uuden valmistusteknologian käyttöönotto ei välttämättä aiheuta muutoksia vain valmistusprosessissa, vaan myös muissa osissa toimitusketjua. Tutkimalla uuden valmistusteknologiainnovaation ensisijaisia sidosryhmiä on mahdollista tarkastella yksittäisen teknologian kokonaisvaltaisia vaikutuksia. Muutosten avulla pystytään myös selvittämään mahdollisia vaatimuksia sidosryhmien väliseen yhteistyöhön. Aihe laajentaa siis ymmärrystä uuden teknologian vaikutuksista tuotevalmistajayrityksen toiminnan uudelleenjärjestämiseen.

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, millaisten muutosten kautta 3D-tulostus vaikuttaa tuotteita valmistavan yrityksen ensisijaisten sidosryhmien toimintaan ja asettavatko muutokset vaatimuksia sidosryhmäyhteistyölle. Tavoitteena on saada selkeä näkemys tuotevalmistajayrityksen toimitusketjun ja ensisijaisten sidosryhmien toiminnassa tapahtuvista keskeisistä muutoksista. Muutosten avulla on helpompi hahmottaa, mitä kaikkea tuotevalmistajayrityksissä on otettava huomioon uuden valmistusteknologian takia. 3D-tulostuksen systeemisen luonteen takia muutoksia syntyy laajemmin kuin vain itse valmistusprosessissa. Tutkimuksen avulla selvitetään, missä muutoksia syntyy ja millaisia ne ovat. Päätutkimuskysymykseksi muotoutui seuraava:

- Millaisia muutoksia 3D-tulostus tuo tuotevalmistajayrityksen ensisijaisten sidosryhmien toimintaan?

Päätutkimuskysymyksen tueksi ja laajentamiseksi on laadittu kaksi alatutkimuskysymystä. Ensimmäisen on tarkoitus laajentaa ymmärrystä juuri 3D-tuotevalmistajan sidosryhmistä. Toisen alatutkimuskysymyksen avulla on tarkoitus pohtia sidosryhmissä tapahtuvien muutoksien seurauksia. Alatutkimuskysymykset pohjautuvat siis vahvasti päätutkimuskysymykseen ja on seuraavat:

- Mitkä ovat 3D-tuotevalmistajan ensisijaiset sidosryhmät?
- Millaisia vaatimuksia 3D-tulostuksen tuomat muutokset luovat sidosryhmäyhteistyölle?

Päätutkimuskysymykseen ja ensimmäiseen alatutkimuskysymykseen on mahdollista löytää yksiselitteisiä vastauksia ja totuuksia. Toinen alatutkimuskysymys voi sen sijaan sisältää enemmän esimerkkejä ja mahdollisia vaatimuksia.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen rakenne noudattaa perinteisen kirjallisuuskatsauksen rakennetta. Seuraavaksi luvussa 2 esitellään tarkemmin tutkimuksen tutkimusmenetelmä ja -aineisto. Tutkimuksen toteutuksen jälkeen on yksi teorialuku, jossa ensin kuvaillaan 3D-tulostusta systeemisenä innovaationa ja sen jälkeen käsitellään tuotteita valmistavan yrityksen ensisijaisia sidosryhmiä. Tutkimus etenee 3D-tuotevalmistajan ensisijaisten sidosryhmien tunnistamisesta eri sidosryhmien toiminnassa tapahtuvien muutosten tunnistamiseen.

Tulososa koostuu kahdesta luvusta, joista ensimmäisessä, eli luvussa 4, tarkastellaan erilaisia 3D-tulostuksen aiheuttamia muutoksia tuotevalmistajan ensisijaisten sidosryhmien toimintaan. Luvussa 5 pohditaan erilaisia sidosryhmäyhteistyövaatimuksia, joita edellä kuvatut muutokset voivat aiheuttaa ja jotka voivat olla oleellisia tuotevalmistajayrityksen menestymisen kannalta. Teoria- ja tuloslukujen avulla luodaan monipuolinen näkemys 3D-tuotevalmistajayrityksen ensisijaisista sidosryhmistä, systeemisen innovaation aiheuttamista muutoksista eri sidosryhmien toiminnassa sekä muutosten aiheuttamista yhteistyövaatimuksista. Lukujen taustalla ovat siis aiemmin määritetyt tutkimuskysymykset. Lopuksi luku 6 kokoaa tutkimuksen tulokset ja jatkotutkimustarpeet yhteen.

2. TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Kandidaatintyö toteutetaan kirjallisuuskatsauksena, joten suurin osa tutkimuksen aineistosta on vertaisarvioituja artikkeleita sekä kirjallisuutta. Kirjallisuuskatsaus on systemaattinen, täsmällinen, laaja ja toistettavissa oleva menetelmä (Fink 2019, s. 16). Menetelmä keskittyy korkealaatuiseen tutkimukseen ja päätelmät pohjautuvat tutkijoiden alkuperäisiin töihin (Fink 2019, s. 6).

Koska 3D-tulostus on melko uusi teknologia, ei aiheesta ole valtavaa määrää tieteellistä kirjallisuutta suomen kielellä. Kirjallisuushaut tehdäänkin pääasiassa englannin kielellä ja tietokantoina käytetään Scopusta ja Andoria. Taulukkoon 1 on koottu tutkimuksen tutkimuskysymys, aiheen tärkeimmät käsitteet sekä niiden englannin kieliset vastineet sekä muita aiheeseen liittyviä käsitteitä. Hakulausekkeita on luontevampaa muodostaa, kun on ensin hahmotettu tutkimuskysymyksen kannalta keskeisemmät käsitteet. Keskeisimpiä käsitteitä voidaan yhdistää Boolen operaattorien, AND ja OR, avulla.

Taulukko 1: Tutkimuskysymys ja siihen liittyvät käsitteet.

Tutkimuskysymys	3D-tulostuksen aiheuttamat muutokset sidosryhmissä, ja muutoksista johtuvat mahdolliset vaatimukset sidosryhmäyhteistyölle.			
Tärkeimmät käsitteet	3D-tulostus	Sidosryhmä	Yhteistyö	Muutos
Englanninkieliset vastineet	3D printing	Stakeholder	Cooperation	Change
Aiheeseen liittyvät käsitteet	Additive manufacturing Layer-by-layer manufacturing	Supply chain Interest group Customer Supplier Competitor Financier	Collaboration Co-operate Co-operation approach Association Teamwork	Impact Reconfiguration Modification Disappear / Appear

Käyttämällä sekä sanoja “3D printing” että “additive manufacturing” saadaan kattavammin hakutuloksia aiheeseen liittyen. ”Stakeholder” tarjoaa tietoa ylipäätään sidosryhmistä ja ”supply chain” -termin avulla voidaan keskittyä tutkimaan ydinsidosryhmiä, eli

toimitusketjua. Ensimmäiset haut tehdäänkin juuri näiden hakusanojen pohjalta käyttämällä seuraavia hakulausekkeita:

- (”3D printing” OR “additive manufacturing”) AND stakeholder
- (”3D printing” OR “additive manufacturing”) AND “supply chain”.

Ensimmäisten hakujen avulla pyritään luomaan käsitys 3D-tuotevalmistajan sidosryhmistä ja toimitusketjusta. Useisiin hakulausekkeisiin on lisätty tuotevalmistajan näkökulma sanan ”manufacturer” avulla, jotta tutkimuksen tarkastelukulma tulee huomioiduksi. Hakujen edetessä huomattiin, että toimitusketjuun keskittyvien hakulausekkeiden avulla löytyi parempia hakutuloksia kuin sidosryhmiin keskittyvien hakulausekkeiden avulla. Täten hakujen keskittyminen siirtyi kaikista sidosryhmistä enemmän toimitusketjuun. Valmistajan näkökulman lisääminen hakulausekkeisiin sekä tietokantojen hakutulosten rajaaminen vähensivät hakutulosten lukumäärä. Hakuja rajattiin tietokannoissa pääasiassa kahdella tavalla: Andorissa sisältämään vain vertaisarvioituja lehtiä ja Scopuksessa tekemään hakuja otsikosta, tiivistelmästä ja avainsanoista. Ajallisesti hakuja ei ollut tarvetta rajata, koska hakutulokset olivat kaikki suhteellisen tuoreita. Hakujen rajaukset ja niiden lyhenteet on esitelty taulukossa 2.

Taulukko 2: Rajaukset ja niiden lyhenteet (lyhenteitä käytetty taulukossa 3 selkeyden vuoksi).

Rajaus	Lyhenne
Vertaisarvioitu lehti	VL
Dokumenttityyppi: artikkeli	A
Haku otsikosta, tiivistelmästä ja avainsanoista	O/T/A

Seuraavat hakulausekkeet muodostuvat myös yllä olevien esimerkkien ympärille. Jotta löydettiin tietoa toimitusketjussa tapahtuvista muutoksista, tutkittiin 3D-tulostuksen vaikutuksia toimitusketjuun sekä toimitusketjun uudelleenjärjestymistä. Hakulausekkeisiin lisättiin siis sanat ”impact” ja ”reconfiguration” muutosten tutkimiseksi. Yhteistyövaatimuksia ei ollut tarvetta hakea erikseen, sillä monet muutoksia käsittelevät aineistot pohtivat myös uudistuneita yhteistyökuvioita. Taulukossa 3 on esitelty tutkimuksessa käytetyt hakulausekkeet, rajaukset sekä hakutulokset tietokannoittain. Hakutuloksista valittu tutkimusaineisto sijoittuu Julkaisufoorumin luokituksen tasoille 1–3, mutta pääasiassa valitut tieteelliset artikkelit kuuluvat tasolle 2 ja 3. Suuri osa tutkimusaineisosta on julkaistu seuraavassa lehdessä: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management.

Taulukko 3: Hakulausekkeet, rajaukset ja hakutulokset eri tietokannoista.

Hakulauseke	Rajaukset		Tietokanta	
	Andor	Scopus	Andor	Scopus
(”additive manufacturing” OR ”3D printing”) AND stakeholder	-	-	15 831	1 207
(”additive manufacturing” OR ”3D printing”) AND stakeholder	V	O/T/A, A	2 248	66
(”additive manufacturing” OR ”3D printing”) AND stakeholder AND manufacturer	V	O/T/A	871	9
(”additive manufacturing” OR ”3D printing”) AND “supply chain”	-	-	38 576	4 815
(”additive manufacturing” OR ”3D printing”) AND “supply chain”	V	O/T/A	3 336	549
(”additive manufacturing” OR ”3D printing”) AND “supply chain” AND manufacturer	V	O/T/A, A	1 663	45
(”additive manufacturing” OR ”3D printing”) AND “supply chain” AND manufacturer AND impact	V	-	1 406	819
(”additive manufacturing” OR ”3D printing”) AND “supply chain” AND reconfiguration	V, A	O/T/A	237	8

Tutkimusaineisto on valittu Julkaisufoorumin luokittelutason lisäksi otsikon ja tiivistelmän osuvuuden perusteella. Hyvin tarkasti tiettyyn toimialaan tai koronaan keskittyviä artikkeleita on karsittu, jotta tutkimuksessa saataisiin mahdollisimman kattava kuva kokonaisuudesta. Aineisto sijoittuu pääasiassa 2010-luvulle tiedon ajantasaisuuden varmistamiseksi. Osa lähdeaineistosta on valittu hakutulosten lähteistä, mikäli artikkelin havainnot pohjautuviat vahvasti tiettyyn tieteelliseen artikkeliin.

Kun aineisto oli otsikoiden ja tiivistelmän perusteella valittu, alkoi artikkeleiden läpikäynti. Luin artikkeleita huolellisesti ensin väliotsikkotasolla ja sen jälkeen perehtyen aihetta koskeviin lukuihin ja kappaleisiin. Jaoin aineistoin ensimmäisenä kulutushyödykemarkkinoihin ja teollisuuteen, sillä nämä ovat toimintaympäristöiltään hyvin erilaiset. Lisäksi luokittelin aineistoa sen mukaan, käsitteleekö artikkeli tiettyä teollisuuden alaa vai yleisemmin 3D-tulostuksen arvoketjuja. Poimin aineistosta erilaisia ensisijaisia sidosryhmiä ja niiden toimintaa koskevia muutoksia. Koska 3D-tulostus mahdollistaa pienet eräkoot

sekä räätälöityjen tuotteiden valmistamisen asusta loppuun yhdellä laitteella, oli useimmissa aineistoissa keskustelun kohteena tuotannon uudelleen sijoittelu, asiakkaiden integrointi sekä toimittajien ja logistiikan tarpeen muutokset. Näiden teemojen pohjalta syntyi myös rakenne tähän kirjallisuuskatsaukseen. Luokittelu kulutushyödykemarkkinoihin ja teollisuuteen mahdollisti myös sidosryhmien toiminnan erojen tutkimisen näiden ryhmien välillä.

Sidosryhmien yhteistyövaatimuksia käsittelin muutosten jatkeena. Kun tunnistin muutoksia ensisijaisten sidosryhmien toiminnassa, pohdin, liittyykö muutoksiin joitakin yhteistyövaatimuksia vai tapahtuvatko muutokset itsenäisesti. Erilaiset toimijoiden integraatiovaatimukset ja -suositukset luokiteltiin yhteistyövaatimuksiksi, koska toimijan integrointi tuotevalmistajan toimitusketjuun vaatii molempien osapuolten välistä tiivistä yhteistyötä.

3. SYSTEEMINEN INNOVAATIO JA TUOTEVALMISTAJAN UUDISTUNUT TOIMITUSKETJU

Tässä luvussa käsitellään 3D-tulostusta systeemisenä innovaationa. Systeemisenä innovaationa 3D-tulostuksella on tiettyjä piirteitä, joiden lisäksi siihen liittyy useita toisiinsa kytkeytyneitä innovaatioita. Uusien innovaatioiden myötä valmistusteknologia muokkaa tuotevalmistajayrityksen toimintaa ja myös sen toimitusketjua. Sidosryhmäteoriaan ja tutkimusaineistoon nojaten alaluvuissa esitellään 3D-tuotevalmistajan uudistunut toimitusketju.

3.1 3D-tulostus systeemisenä innovaationa

3D-tulostuksen kehitys ja lopputuloksen parantaminen ovat vaatineet erilaisten yritysten verkostoitumista ja tiedon jakoa. Systeemiset innovaatiot vaativat Chesbrough'n ja Teecen (2008) mukaan juuri tiedon jakoa ja verkostoitumista sopivien resurssien ja teknologioiden saamiseksi. 3D-tulostuksessa kappale valmistetaan yleensä kerros kerrokselta suoraan 3D-mallin perusteella ja nimensä mukaisesti kappaleeseen lisätään materiaalia poistamisen sijaan (Gibson et al. 2010, s. 1–2). 3D-tulostuksen kehitys on vaatinut tietokoneavusteisen suunnitteluohjelman, CADin, sekä lasereiden, materiaalien ja ohjelmoitavien logiikkaohjainten samanaikaista kehitystä (Gibson et al. 2010, s. 20–25). Valmistaminen kerros kerrokselta mahdollistaa jätteen vähentämisen ja asiakasarvon lisäämisen räätälöinnin avulla, joten 3D-tulostuksen implementoinnissa on hyvä huomioida myös lean-valmistuksen periaatteita (Bogers et al. 2016).

Osa innovaatioista ovat Chesbrough'n ja Teecen (2008) mukaan luonteeltaan systeemisiä. Systeemisen innovaation hyödyt toteutuvat vain yhdessä toisiinsa liittyvien tai toisiaan täydentävien innovaatioiden kanssa. Lean-valmistus on esimerkki systeemisestä innovaatiosta, sillä se vaatii muutoksia muun muassa tuotesuunnittelussa, toimittajien hallinnassa sekä informaatioteknologiassa. Innovaation luonteen tunnistaminen on oleellista organisaatiostrategian valinnassa, koska systeemisen innovaation kehittäminen on riippuvaista myös oman organisaation ulkopuolisista tekijöistä. (Chesbrough & Teece 2008) Lean-valmistus ei siis onnistu vain tuotannon layoutia muokkaamalla, vaan tuotteet on myös suunniteltava uudella tavalla ja informaation kulusta on saatava leanin mukainen. Kehitystä on siis tapahduttava tuotannon lisäksi myös päätoiminnoissa ja sidosryhmissä.

Koska 3D-tulostuksen kehittäminen on vaatinut sekä valmistusteknologian ja suunnitteluohjelman että materiaalien yhdenaikaista kehitystä (Gibson et al. 2010, s. 20–25), voidaan sitä pitää systeemisenä innovaationa. Useita toisiaan täydentäviä innovaatioita on pitänyt ilmestyä samanaikaisesti, jotta 3D-tulostuksen hyödyt ovat toteutuneet. Myös Martinsuo ja Luomaranta (2018) toteavat, että 3D-tulostuksella näyttää olevan systeemisen innovaation piirteitä. 3D-tulostuksen onnistunut omaksuminen vaatii aikaa ja työskentelyä koko toimitusketjussa, jotta kaikille löytyy oma oikea ratkaisu (Martinsuo & Luomaranta 2018). 3D-tulostuksen kehitys on edelleen hyvin ajankohtaista. Jokaista toimitusketjun jäsentä ja innovaatiota on tarkasteltava kehityksen edistämiseksi.

Itse valmistusteknologian ja materiaalien lisäksi 3D-tulostus vaikuttaa muun muassa tuotteiden suunnitteluun, jakeluun ja myyntiin (PwC 2018), mikä lisää entisestään innovaation systeemistä olemusta ja verkostoitumisen tarvetta. Valmistustavan muuttuessa poistamisen sijaan ainetta lisääväksi raaka-aineiden ominaisuuksille tulee erilaisia tarpeita. Tuotteet voidaan valmistaa alusta loppuun 3D-mallin pohjalta, joten osakomponenttien tarve vähenee (Laplume et al. 2016). Lisäksi 3D-tulostus sopii räätälöintiin ja monimutkaiseen suunnitteluun (Weller et al. 2015). Jos uudelleensuunniteltu 3D-tulostettu tuote on toisen tuotteen komponentti, yltävät muutokset myös lopputuotteen suunnitteluun. Tällöin 3D-tulostuksen vaikutukset leviävät asiakkaalle asti. Kun valmistus tapahtuu isojen koneistojen sijaan pienemmillä tulostimilla, on tuotantoa mahdollista sijoitella uudella tavalla (Laplume et al. 2016). Tuotannon uudelleen sijoittelu vaikuttaa yrityksen jakeluun ja varastointiin. 3D-tulostus vaatii siis uudistuksia monissa eri teknologioissa ja toimitusketjun osissa.

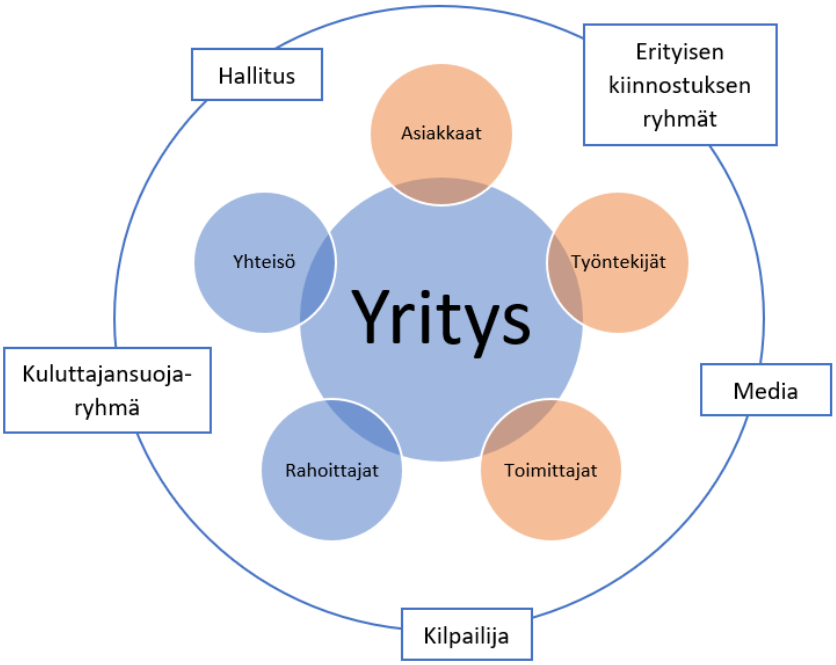
Koska 3D-tulostus vaikuttaa valmistuksen ohella myös muihin toimitusketjun osiin, on tuotteita valmistavan yrityksen sidosryhmien toiminnassa havaittavissa muutoksia. Muutosten kautta voi syntyä uudenlaisia vaatimuksia sidosryhmien väliselle yhteistyölle. 3D-tulostuksen systeeminen luonne tarkoittaa sitä, että yritykset eivät voi kehittää 3D-tulostusta täysin eristyksissä (Martinsuo & Luomaranta 2018). Onnistunut kehitys ja käyttö vaatii oikeanlaista organisoitumista ja avointa tiedonvaihtoa (Chesbrough & Teece 2008). Tutkimalla tuotevalmistajan ensisijaisten sidosryhmien toiminnassa tapahtuvia muutoksia voidaan selvittää, millaista organisoitumista 3D-tulostus vaatii onnistuakseen.

3.2 Tuotevalmistajan ensisijaiset sidosryhmät

Kuten aiemmin mainittiin, Freemanin et al. (2010, s. 24) mukaan liiketoiminta voidaan nähdä joukkona suhteita toimijoihin, joilla on panos yrityksen toimintaan. Kyseisten toimijoiden tunnistaminen sekä niiden välisten vuorovaikutusten ymmärtäminen on oleellista onnistuneen liiketoiminnan kannalta (Freeman et al. 2010, s. 24). Myös Bogers et

al. (2016) mukaan yrityksen liiketoimintamalli viittaa toisiinsa liittyvien toimijoiden verkostoon yli yrityksen rajojen. Toimijoiden verkoston avulla yritys ja sen kumppanit voivat luoda arvoa asiakkaille (Bogers et al. 2016). Erilaisten panoksen tuovien toimijoiden välisistä vuorovaikutussuhteista muodostuu yritykselle sidosryhmiä, jotka ovat siis hyvin keskeinen osa yrityksen liiketoimintaa.

Kuvassa 1 on hahmoteltu yrityksen ensisijaiset (sisäkehä) ja toissijaiset (ulkokehä) sidosryhmät. Liiketoiminnassa pyritään luomaan arvoa niille ryhmille, joita ilman yritys ei enää olisi elinkelpoinen (Freeman et al. 2010, s. 26). Nämä ryhmät kuuluvat ensisijaisiin sidosryhmiin, joihin tässä kirjallisuuskatsauksessa keskitytään. Laajemmin ajateltuna, jos ryhmä voi vaikuttaa yrityksen liiketoimintaan tai liiketoiminta vaikuttaa ryhmään, on johdon otettava heidät huomioon pohtiessaan yrityksen arvonluontiprosessia (Freeman et al. 2010, s. 26). Nämä ryhmät ovat toissijaisia sidosryhmiä.



Kuva 1: Yrityksen sidosryhmät (mukaillen lähteestä Freeman et al. 2010, s. 24).

3D-tulostusteknologiat luovat mahdollisuuden valmistaa erittäin räätälöityjä tuotteita, mikä tarjoaa uusia mahdollisuuksia arvonluontiprosessin uudistamiseksi (Bogers et al. 2016). Arvonluontiprosessin muuttuminen saattaa siis muokata yrityksen toimitusketjua ja sidosryhmiä verrattuna yrityksiin, jotka hyödyntävät perinteisiä valmistusteknologioita. Kuvassa 1 on korostettu punaisella pohjavärillä tämän kirjallisuuskatsauksen kannalta oleellisimmat toimitusketjun osat. Seuraavaksi määritellään tarkemmin 3D-tulostuksella tuotteita valmistavan yrityksen ensisijaiset sidosryhmät keskittyen ensin yrityksen toimitusketjun muodostumiseen ja seuraavaksi ulkopuolisiin toimittajiin.

3.2.1 3D-tuotevalmistajan toimitusketjun muodostuminen

Freemanin et al. (2010, s. 24) mukaan yrityksen ensisijaisiin sidosryhmiin kuuluvat asiakkaat, työntekijät, toimittajat, rahoittajat ja yhteisö. Yrityksen toimitusketju koostuu toiminnoista, joiden avulla raaka-aineista valmistetaan tuote, joka toimitetaan asiakkaalle. Erilaisia toimintoja voivat olla osto, materiaalien hallinta, valmistus, myynti ja jakelu. (Stevens & Johnson 2016) Ilman näitä toimintoja tuotevalmistajayritys ei olisi elinkelpoinen, joten ne kuuluvat yrityksen ensisijaisiin sidosryhmiin. Asiakkaat, työntekijät ja toimittajat ovat iso osa toimitusketjun eri toimintoja, mutta rahoittajat ja yhteisö toimivat enemmän taustalla.

3D-tulostuksen implementointi tapahtuu Mellor et al. (2014) mukaan kahden toimitusketjun risteyksessä. Ensimmäinen toimitusketju on laitteen myyjän ja teknologian ostajan välillä. Toinen toimitusketju muodostuu, kun ostaja upottaa teknologian omaan toimitusketjuunsa, jolloin teknologia vaikuttaa yrityksen asiakkaisiin ja toimittajiin. (Mellor et al. 2014) Tuotevalmistajayrityksen teknologian vaihtaminen ei siis vaikuta ainoastaan yrityksen tuotantoprosessiin, vaan muutokset koskevat myös yrityksen asiakkaita ja toimittajia. 3D-tulostusta hyödyntävän yrityksen toimitusketju ja näin ollen sidosryhmät eroavat siis jonkin verran perinteisiä teknologioita hyödyntävien yritysten toimitusketjusta.

Perinteisesti tuotevalmistajayrityksen toimitusketjuprosesseihin kuuluvat raaka-aineiden valmistus, tuotteiden suunnittelu, tuotteiden valmistus, varastointi sekä kuljetus asiakkaille (Luomaranta & Martinsuo 2020). Toimitusketju on siis melko suoraviivainen, mutta todellisuudessa raaka-aineiden, tuotantolaitosten ja asiakkaiden sijaintien takia toimitusketju voi olla monimutkainen kokonaisuus. Luomaranta ja Martinsuo (2020) toteavat, että 3D-tulostuksen toimitusketju koostuu kuitenkin kahdesta eri prosessista: tuotannon suunnittelu ja varastojen hallinta sekä jakelu ja logistiikka. Monimutkaisen teknologian takia 3D-tulostus tarvitsee paljon enemmän suunnittelutyötä kuin perinteinen valmistus, joten isoin ero toimitusketjuissa on tuotannon suunnittelussa ja varastojen hallinnassa (Luomaranta & Martinsuo 2020).

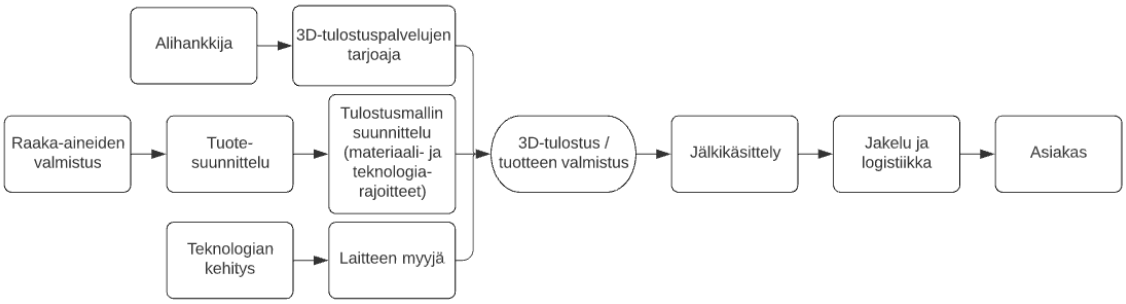
Varastoon valmistamisen sijaan 3D-tulostus mahdollistaa räätälöityjen tuotteiden valmistuksen vasta tilauksen tultua (Ryan et al. 2017). Rodriguez et al. (2021) mukaan tällainen tilauksesta valmistaminen (make-to-order) muodostaa toimitusketjun, joka koostuu valmistajasta, jakeluverkostosta, asiakkaasta, raaka-aineiden ja teknologian tarjoajista sekä raaka-aineiden ja valmiiden tuotteiden varastoinnista (Rodriguez et al. 2021). Toimittajien rooli on siis tarjota tuotevalmistajayritykselle raaka-aineet ja teknologia sekä mahdollisesti myös jakelupalveluita. Teknologiantarjoajat eivät tarkoita ainoastaan itse laitteen tarjoajia. 3D-tulostus vaatii tietokoneavusteisen suunnitteluohjelman (Gibson et

al. 2010, s. 20–25), joten tuotevalmistajayritys tarvitsee myös suunnitteluun soveltuvat ohjelmistot tuotannon toteuttamiseksi.

3.2.2 Toimittajat ja palveluntarjoajat tuotevalmistajan toimitusketjussa

Rogers et al. (2016) toteavat, että tuotevalmistaja yritys voi myös hyödyntää 3D-tulostuspalvelujen tarjoajia osana toimitusketjuaan. Palveluntarjoajat ovat ikään kuin teknologian tai 3D-mallien toimittajia, mutta voivat myös tarjota välineiden ja materiaalien valmistus- ja jakelupalveluita. 3D-tulostuspalevelujen tarjoajien toimitusketjun ovat pääasiassa yhdistelmiä suunnitteluun ja valmistukseen liittyvistä prosesseista. Nämä toimitusketjut voidaan integroida osaksi valmistajan isompaa toimitusketjua. (Rogers et al. 2016) Kumppanuus palveluntarjoajan kanssa luo tuotevalmistajalle myös mahdollisuuden tarjota asiakkailleen täydentäviä palveluita, kuten 3D-ohjelmistoja ja -alustoja tai suunnittelupalveluita (Bogers et al. 2016). Maresch ja Gartner (2020) korostavat, että teknologian osaaminen ja kehitys on vahvasti linkittynyt palveluntarjoajiin ja tutkimuslaitoksiin. Tällöin kumppanuuden avulla yritys voisi tarjota myös tukipalveluita asiakkaille ja hyödyntää itse tietoa teknologian ja materiaalien kehityksestä.

3D-tulostuksen toimitusketjusta löytyy siis eri yrityksille erilaisia tehtäviä, joita ovat muun muassa raaka-aineiden valmistus, tuotesuunnittelu, 3D-tulostusmallien suunnittelu, tuotteen valmistus, jälkikäsittely ja laadun varmistus (Luomaranta & Martinsuo 2020). Tuotevalmistajayrityksen ympärille muodostuu monimutkainen toimitusketju eri sidosryhmien tarpeiden täyttämiseksi ja arvon luomiseksi asiakkaalle. Kuvassa 2 on visuaalinen hahmotelma 3D-tulostusta hyödyntävän tuotevalmistajan toimitusketjusta. Tuotesuunnittelu toteutetaan digitaalisena mallina ja 3D-tulostusmallin suunnittelussa huomioidaan mahdolliset materiaalien ominaisuudet ja eri teknologioiden vaatimukset (Luomaranta & Martinsuo 2020). Suunnittelu koostuu siis kahdesta vaiheesta, jotta voidaan varmistaa, että suunniteltu tuote on mahdollista valmistaa 3D-tulostuksella.



Kuva 2: 3D-tuotevalmistajan toimitusketju (mukaillen lähteistä Mellor et al. 2014; Rogers et al. 2016; Luomaranta & Martinsuo 2020).

Systeemisen luonteen takia 3D-tulostuksen hyötyjen toteutuminen vaatii useita erilaisia innovaatioita tuotevalmistajan toimitusketjussa. Tarvitaan innovaatioita tuotekehityksessä, tilauksien täyttämisessä, kysynnän hallinnassa sekä asiakas- ja toimittajasuhteiden hallinnassa. Koska tuotesuunnittelu ja valmistus muuttuvat hyvin digitaalisiksi, tarvitaan myös teknologiainnovaatioita. (Luomaranta & Martinsuo 2020) Tuotevalmistajan ensisijaiset sidosryhmät ja etenkin toimitusketju kohtaavat siis isoimpia muutoksia uuden valmistusteknologian myötä. Rahoitus on tietysti isossa avainasemassa toiminnan mahdollistamiseksi ja kehittämiseksi, mutta suurimmat muutokset yrityksen toiminnan uudelleenjärjestelyn näkökulmasta tapahtuvat toimitusketjussa.

4. MUUTOKSET 3D-TUOTEVALMISTAJAN SIDOSRYHMIEN TOIMINNASSA

Uusilla teknologioilla on usein jonkinlainen vaikutus teknologiaa käyttävän yrityksen sidosryhmiin, eikä 3D-tulostus ole poikkeus (Naghshineh et al. 2021). Arbabianin ja Wagnerin (2020) mukaan 3D-tulostuksen vaikutukset yrityksen operaatioihin ja toimitusketjun suhteisiin ovat kuitenkin vielä varsin epäselviä. Myös Rodriguez et al. (2021) toteavat, että toimitusketju tulee kohtaamaan kriittisiä muutoksia, joita ei ole vielä tutkittu syvällisesti. Taulukossa 4 on esitelty tutkimuksen kannalta tärkein lähdeaineisto. Taulukossa on eritelty aineiston tekijät, julkaisuvuosi, metodologia, tarkastelu näkökulma sekä tärkeimmät löydökset.

Taulukko 4: Keskeinen tutkimusaineisto.

Tekijät	Vuosi	Metodologia	Näkökulma	Löydökset
Bogers, Hadar & Bilberg	2016	Empiirinen tutkimus suuresta kansainvälisestä yrityksestä sekä induktiivinen tutkimus	3D-tulostus kulutustavaramarkkinoilla	Valmistajakeskeisestä asiakaskeskeiseen valmistukseen → keskitetystä hajautettuun toimitusketjuun
Laplume, Petersen & Pearce	2016	Eksploratiivinen (tutkiva) tutkimus	3D-tulostus ja globaalit arvoketjut	Valmistuksen kustannuserot pienenevät, mittakaavaetu katoaa ja useiden eri komponenttien (ja teknologioiden) tarve vähenee → lyhyempi ja hajautetumpi toimitusketju
Rogers, Baricz & Pawar	2016	Kirjallisuuskatsaus sekä poikkileikkausmarkkinaanalyysi Euroopan 3D-tulostuspalveluista	3D-tulostuksen palveluntarjoajat	Palveluntarjoajien avulla tuotevalmistaja voi täydentää, korvata tai luoda uusia toimitusketjuja. Palvelut voivat keskittyä suunnitteluun tai valmistukseen.

Durach, Kurpjuweit & Wagner	2017	Monivaiheinen kyselytutkimus, johon osallistui 16 asiantuntijaa	3D-tulostus tuotantoteollisuudessa	Muutokset toimitusketjussa: kuljetuksen ja varastoinnin tarve vähenee, valmistuslaitteisto voidaan sijoitella paikallisemmin lähemmäs asiakkaita, toimitusketjujen reagointikyky paranee ja asiakaskeskeisyys lisääntyy.
Delic, Eyer & Mikulic	2019	Kvantitatiivinen analyysi kirjallisuudesta sekä empiirinen tutkimus 124 autoteollisuuden valmistajasta EU:ssa	3D-tulostus autoteollisuudessa	3D-tulostuksella ja toimittajien yhteistyöllä on mahdollisuus yksinkertaistaa pitkää ja monimutkaista toimitusketjua. (asiakkaiden ja toimittajien integrointi)
Luomaranta & Martinsuo	2020	Tutkiva kvalitatiivinen tutkimus, 20:ta yritystä haasteltu	3D-tulostus teollisuudessa	3D-tulostus vaatii innovaatioita toimitusketjussa. Muutokset toimitusketjussa: koko ketju suunnittelusta valmistukseen digitalisoituu, luotettavien liiketoimintakumppanien tarve kasvaa ja komponenttien yhdistäminen vähentää kuljetuksen ja toimittajien tarvetta. Jälkikäsittelyn tarve aiheuttaa rajoitteita muutoksille.

Seuraavissa alaluvuissa käsitellään tuotevalmistajayrityksen toimitusketjun suurimpia muutoksia sekä yrityksen kohtaamia sosiaalisia muutoksia. Toimitusketjun muutoksia käsitellään tuotannon sijoittelun, asiakkaiden, logistiikan ja toimittajien näkökulmasta.

4.1 Toimitusketjun muutokset

Media pitää 3D-tulostusta disruptiivisena teknologiana, joka tulee radikaalisti muuttamaan toimitusketjuja, mutta tutkijat uskovat 3D-tulostuksen enneminkin rinnastettavan jo

olemassa olevia valmistusteknologioita (Durach et al. 2017). Muutokset eivät ole yksiselitteisiä, vaan toimintaa uudelleen järjesteltäessä on hyvä pohtia, mitkä muutoksien luomista mahdollisuuksista ovat sopivia tietyn yrityksen toiminnan kannalta. Monissa tutkimuksissa puhutaan toimitusketjun yksinkertaistamisesta 3D-tulostuksen avulla, mutta Luomaranta ja Martinsuo (2020) tuovat esiin näkökulman toimitusketjun monimutkaistumisesta uusien yritysten, materiaalivirtojen ja digitaalisten tietovirtojen johdosta. Kuvassa 3 on jäsennelty 3D-tuotevalmistajayrityksen ensisijaisten sidosryhmien toiminnan suurimmat muutokset kirjallisuuskatsauksen mukaan.

Tuotannon sijoittelu	Asiakkaat	Logistiikka	Toimittajat
•Pienempien eräkokojen tuotanto on mahdollista. •Ei tarvetta mittakaava- ja laajuuseduille, joten tuotanto on mahdollista hajauttaa paikallisesti. •Rajoitteet: jälkikäsittely, pääomaintensiivisyys ja pääasiakkaan keskitetty sijainti	•3D-tulostus hyödyllisintä räätälöidyille tuotteille, joten asiakas on liitettävä vahvasti osaksi toimitusketjua. •Valmistus lähempänä asiakasta, joten voidaan valmistaa tilauksesta. •Asiakkaan integrointi ja aktiivinen osallistaminen tuotteiden suunnitteluprosessiin.	•Valmistus yhdellä laitteella vähentää välituotteiden, osakomponenttien ja kokoonpanon tarvetta -> varastoinnin ja kuljetuksen tarve vähenee •Mahdollisuus valmistaa tilauksesta -> varastoinnin tarve vähenee •Rajoitteet: raaka-aineiden toimitusverkosto ja jälkikäsittely	•Logistiikan muutokset -> eri tason toimittajia voidaan eliminoida. •Raaka-aineiden toimitusverkosto monimutkaistuu, mikäli tuotanto hajautetaan. •Tuotesuunnittelun digitalisoituminen mahdollistaa suunnittelun missä tahansa sekä palveluntarjoajien hyödyntämisen.

Kuva 3: 3D-tulostuksen vaikutukset tuotevalmistajan ensisijaisten sidosryhmien toimintaan.

Kuten toimitusketjun jäsenet niin myös niissä tapahtuvat muutokset ovat hyvin vahvasti linkittyneitä toisiinsa. Muutokset asiakassuhteiden, toimittajasuhteiden, tuotekehityksen ja kysynnän hallinnassa liittyvät kapasiteetin, varastoinnin, eräkokojen sekä suunnittelusyklin muutoksiin (Rodriguez et al. 2021). Esimerkiksi sekä asiakassuhteiden että tuotekehityksen hallinnassa tapahtuu muutoksia, kun suunnittelu muuttuu digitaaliseksi ja asiakas otetaan osaksi suunnitteluprosessia räätälöinnin mahdollistamiseksi.

4.1.1 Valmistuksen sijaintimahdollisuudet

Yhä useammat yritykset hajauttavat valmistuksen ja suunnittelun maantieteellisesti, mikä lisää toimitusketjujen hallinnan tärkeyttä. Hajautus lisää toimitusketjun monimutkaisuutta, haavoittuvaisuutta ja epävarmuutta. (Rogers et al. 2017) Sasson ja Johnson

(2016) toteavat, että 3D-tulostuksen myötä valmistus voitaisiin tuoda kehittyvistä valtioista takaisin vauraisiin valtioihin. 3D-tulostus on kuitenkin etenkin yksinkertaisille rakenteille hitaampi valmistusteknologia kuin perinteiset valmistusteknologiat (Arbabian & Wagner 2020), joten kaikkea standardoitua massatuotantoa ei ole kannattavaa valmistaa 3D-tulostuksella ja palauttaa vauraisiin valtioihin. Mellor et al. (2014) ehdottavatkin, että Euroopan ja Amerikan on siirryttävä kohti pienivolyymisten ja räätälöityjen tuotteiden tuotantoa, mihin 3D-tulostus tarjoaa hyvän mahdollisuuden.

Halvan työvoiman lisäksi mittakaava- ja laajuusedut ovat ennen perustelleet toimitusketjujen keskittämisen ja toimintojen pitkät välimatkat, mutta 3D-tulostus luo olosuhteet välimatkojen pienentämiseksi (Sasson & Johnson 2016; Durach et al. 2017). Työkaluvaatimusten poistuminen saattaa mahdollistaa valmistuksen hajauttamisen, koska teoriassa ainoa tarvittava input valmistukselle on CAD-data ja raaka-aine (Mellor et al. 2014). Valmistuksen sijoittelun vapautta lisäävät myös melko alhaiset asennuskustannukset ja mahdollisuus valmistaa pieniä eräkokoja taloudellisesti lähellä asiakasta. 3D-tulostus olisi hyödyllinen valmistusteknologia esimerkiksi paikallisesti syrjäisten tuotteiden, kuten kaivos- ja öljyteollisuuden varaosien, valmistuksessa. (Weller et al. 2015) Pienempien eräkokojen kannattavuus ja tarvittavan inputin vähäisyys luovat siis mahdollisuuden hajauttaa valmistus lähemmäksi asiakkaita. Kyky valmistaa tuotteita lähempänä asiakasta on Arbabianin ja Wagnerin (2020) mukaan yksi ratkaisevista syistä investoida 3D-tulostusteknologioihin.

Edut ja mahdollisuudet tuotannon sijoittamisessa harvoin tulevat ilman tarpeellisia muutoksia tai rajoitteita. 3D-tulostettujen tuotteiden valmistuksen sijoittelua rajoittavat jälkikäsittelyn vaatimukset sekä kysynnän riippuminen vakiintuneesta asiakaskunnasta (Mellor et al. 2014). Jos tuotevalmistajalla on yksi pääasiakas, tai suurin osa asiakkaista on sijoittunut samalle maantieteelliselle alueelle, ei tuotevalmistajan ole välttämättä kannattavaa hajauttaa omaa tuotantoaan. Durach et al. (2017) toteavat lisäksi, että 3D-tulostuksesta pitäisi tulla autonomisempi ja vähemmän pääomaintensiivinen, jotta valmistus voitaisiin oikeasti hajauttaa. Tutkijat ovat siis kahta mieltä siitä, onko 3D-tulostuksen hajauttamisen vaatima investointi turhan iso vai kohtalainen. Teknologia vaatii vielä kehitystä sekä jälkikäsittelyvaatimusten että tulostimien hankinta- ja asennuskustannusten vähentämiseksi. Rajoitteista huolimatta tutkijat uskovat, että 3D-tulostuksella on mahdollisuus elvyttää tuotanto vauraissa valtioissa kotiuttamalla tuotanto halvan työvoiman maista (Durach et al. 2017).

Bogers et al. (2016) esittelevät glokalisoidun lähestymistavan valmistuksen sijoittamiselle, jolloin yrityksellä on muutama paikallistettu toimitusketju ympäri maailmaa. Gloka-

lisoitu toimitusketju toimisi silloin, kun kysyntä on hyvin keskittynyt muutamalle maantieteelliselle alueelle. Laplume et al. (2016) toteavat, että 3D-tulostuksen voi toteuttaa myös muualla kuin tehtaassa, kuten kotona ja kaupassa. 3D-tulostus luo siis erilaisia sijoittelumahdollisuuksia valmistukselle, joita on harkittava yrityskohtaisesti. Erilaisia sijoittelu-vaihtoehtoja ovat valmistus loppukäyttäjän luona, valmistus useilla valmistuspaikoilla lähellä asiakkaita, laitosten sijoittelu harvemmalle maantieteelliselle alueelle sekä yksi keskitetty laitos kattamassa isomman alueen tarpeet (Ryan et al. 2017).

4.1.2 Asiakkaan roolin muutokset

Jotta 3D-tulostuksen edut saataisiin hyödynnettyä parhaiten, olisi nykyisten tuotteiden muokkaamisen sijaan hyvä keskittyä uusien tuotteiden luomiseen (Maresch & Gartner 2020). Jotta yritys tietää, mitä tuotteita se haluaa luoda, on ensin selvitettävä, mitä asiakkaat tarvitsevat. Valmistuksen ja asiakkaan maantieteellinen läheisyys helpottaa suunnittelun toteuttamista yhdessä asiakkaan kanssa (Rogers et al. 2017) sekä mahdollistaa valmistamisen vasta kysynnän epävarmuuden selvittyä (make-to-order) (Arbabian & Wagner 2020). Lisäksi 3D-tulostuksen digitalisoitunut tuotesuunnittelu mahdollistaa asiakkaiden integroinnin osaksi tuotteen suunnittelua, jolloin tuotteet saadaan vastaamaan paremmin kysyntään (Weller et al. 2015). Yrityksen on siis mahdollista suunnitella ja räätälöidä tuotteita yhdessä asiakkaan kanssa, jotta 3D-tulostuksen hyödyt toteutuvat. Weller et al. (2015) uskovatkin 3D-tulostuksen olevan hyödyllisin markkinaympäristössä, jossa kysyntä vaatii lopputuotteiden räätälöintiä, joustavuutta ja monimutkaista suunnittelua. Tällaisille tuotteille on kysyntää niin lääke- ja hammastieteellisissä sovelluksissa kuin myös kuluttajamarkkinoilla (Weller et al. 2015).

Asiakkaan kanssa yhdessä suunnittelu kytkee asiakkaat tehokkaasti osaksi uusien tuotteiden luontiprosessia, jotka on perinteisesti toteutettu vain valmistajan toimesta (Delic et al. 2019). Kulutushyödykemarkkinoilla 3D-tulostus mahdollistaa myös tuotteiden tehokkaat testikonseptit, joiden avulla pystytään vastaamaan nopeammin ja paremmin markkinan ja trendien muutoksiin (Bogers et al. 2016). Perinteisillä teknologioilla voidaan valmistaa standardoituja tuotteita, joten asiakkaiden henkilökohtaisia tarpeita ei ole otettu huomioon. Asiakkaita ei ole siis ennen tarvinnut ottaa yhtä vahvasti osaksi tuotantoprosessia. Autoteollisuudessa huomattiin, että 3D-tulotuksessa uusien tuotteiden suunnittelun monimutkaisuus vaatii kuitenkin vahvaa asiakkaan integrointia (Delic et al. 2019). Asiakkaan roolia 3D-tuotevalmistajan toimitusketjussa ja etenkin tuotesuunnittelussa olisi siis hyvä vahvistaa.

4.1.3 Logistiikan mahdollisuudet

3D-tulostuksella on mahdollista saavuttaa pienemmät raaka-aine- ja lopputuotevarastointitasot, vähentää materiaalien kuljetusta (Rodriguez et al. 2021) sekä kiihdyttää tuotevirtoja (Laplume et al. 2016). 3D-tulostuksella voi valmistaa tuotteen kokonaisuudessaan alusta loppuun, jolloin eliminoidaan osakomponenttien ja välituotteiden varastojen sekä loppukokoonpanon tarve. Lisäksi tarvittavien materiaalien määrä on entistä pienempi. (Laplume et al. 2016) Bogers et al. (2016) muistuttavat, että 3D-tulostus lisää myös viivästyneen räätälöinnin mahdollisuutta, mikä edelleen mahdollistaa yleisen varastotason alentamisen. Standardoituja lean-periaatteen mukaan valmistettuja tuotteita voidaan kuitenkin pitää varastossa nopean varaston kiertonopeuden vuoksi (Bogers et al. 2016). Kapasiteetti voidaan siis hyödyntää kokonaisvaltaisemmin valmistamalla standardoituja tuotteita varastoon ja räätälöityjä vasta tilauksesta (Bogers et al. 2016; Ryan et al. 2017).

Asiakaskeskeinen toimitusketju tarkoittaa, että tuote valmistetaan vasta, kun asiakas tarvitsee sitä. Onnistuakseen asiakaskeskeinen toimitusketju vaatii hajautettua ja paikallistettua valmistusta. (Durach et al. 2017) Hajautettu valmistus ei kuitenkaan sovi kaikkien yritysten toimintaan eikä täysin asiakaskeskeistä toimitusketjua ole helppo saavuttaa, joten Durach et al. (2017) eivät usko varastoinnin ja kuljetuksen tarpeessa tapahtuvan merkittäviä muutoksia. Kuljetusta ja varastointia tullaan siis edelleen tarvitsemaan muun muassa raaka-aineiden ja lopputuotteiden toimituksissa. Lisäksi Luomaranta ja Martinsuo (2020) muistuttavat, että kuljetusta tarvitaan edelleen jälkikäsittelyn yhteydessä. Jälkikäsittely on siis yksi selkeä rajoite sekä tuotannon sijoittelulle että logistiikan mahdollisille muutoksille.

Paikallinen toimitusketju mahdollistaisi valmistuksen lähempänä asiakkaita, mikä helpottaisi tuotteiden toimitusta asiakkaille. Asiakaskeskeisen ja paikallisen toimitusketjun saavuttamista hankaloittaa kuitenkin Laplume et al. (2016) mukaan tiheämmän ja laajemmalle levittyneen raaka-aineiden toimitusketjun tarve. Paikallinen valmistus luo siis raaka-aineiden toimitusverkosta monimutkaisemman, kun jokaiselle tehtaalle on toimitettava omat raaka-aineet. Toisaalta teollisuudessa 3D-tuotevalmistajan tuotteet ovat usein isomman tuotteen komponentteja (Luomaranta & Martinsuo 2020). Tämän isomman tuotteen valmistus voi edelleen olla keskitettyä, jolloin tuotevalmistaja joutuu toimittamaan komponentteja maailmanlaajuisesti. Tällöin kuljetuksen merkitys jälleen kasvaa yrityksen toiminnassa.

4.1.4 Toimittajasuhteiden muutokset

Naghshineh et al. (2021) mukaan 3D-tulostus johtaa toimitusketjun uudelleenkokoonpanoon. Toimittajia ja toimitusketjun eri tasoja voidaan nyt eliminoida osakomponenttien ja loppukokoonpanon tarpeiden muuttuessa. Esimerkiksi autoteollisuus on perinteisesti vaatinut monimutkaisen ja moniulotteisen tehdasrakenteen, jossa suunnittelu ja valmistus on ulkoistettu erikoistuneille toimittajille sisäisten prosessien yksinkertaistamiseksi ja kustannusten minimoimiseksi (Delic et al. 2019). 3D-tulostuksella olisi nyt mahdollista yksinkertaistaa autoteollisuuden toimitusketjun rakennetta vähentämällä toimittajia, koska osakomponentteja ei tarvitsisi valmistaa useilla eri tehtailla. Tämä toimitusketjun uusiutuminen vaikuttaa toimittajasuhteisiin, operaatioihin ja kaupanteon sopimuksiin eri organisaatioiden välillä (Naghshineh et al. 2021).

Vaikka teknologian osaajien ja osakomponenttien toimittajien tarve vähenisi 3D-tulostuksen myötä, muistuttavat Laplume et al. (2016), että raaka-aineita on edelleen toimitettava tuotevalmistajayritykselle. Paikallinen valmistus mahdollistaa valmistuksen lähempänä asiakkaita, mutta vaatii tiheämmän ja laajemmalle levittyneen raaka-aineiden toimitusketjun. Valmistuksen hajautus vaatii enemmän pieniä lähetyksiä useampaan paikkaan, mitä on hankalampi koordinoida kuin suuria lähetyksiä muutamiin paikkoihin. (Laplume et al. 2016) Osakomponenttien toimittajia on siis mahdollista vähentää, mutta toimittajista ei kuitenkaan pääse kokonaan eroon toimitusketjun alkupäässä. Toimitusketju voi kuitenkin yksinkertaistua huomattavasti, jos valmistusta ei hajauteta.

3D-tulostuksen myötä yrityksen koko ketju suunnittelusta valmistukseen digitalisoituu, koska samaa digitaalista mallia käytetään jokaisessa toimitusketjun vaiheessa (Luomaranta & Martinsuo 2020). Tuotesuunnittelun digitalisoituminen johtaa siihen, että tuotteita voidaan suunnitella maailmanlaajuisesti, vaikka valmistus toteutettaisiin paikallisesti (Naghshineh et al. 2021). Koska tuotesuunnittelu voidaan toteuttaa digitaalisilla malleilla, missä päin maailmaa tahansa, voidaan tulostusmallin suunnittelu ulkoistaa asiantuntijalle. Tuotevalmistajalla on nyt mahdollisuus pyytää palveluntarjoajaa luomaan 3D-malli, jonka pohjalta yritys itse valmistaa tuotteen ja toimittaa asiakkaalleen (Rogers et al. 2016).

Suunnittelupalveluiden lisäksi palveluntarjoajien avulla voidaan lisätä tuotevalmistajan toimitusketjun joustavuutta (Durach et al. 2017). Tuotevalmistajayritys voisi hyödyntää palveluntarjoajia valmistaakseen tuotteensa lähempänä asiakkaita tai lisätäkseen kapasiteettiaan kysynnän noustessa. Tällöin tuotevalmistajayritys jakaa oman digitaalisen 3D-mallinsa palveluntarjoajalle, joka voi tulostaa tuotteen paikallisesti lähempänä asiakasta (Rogers et al. 2016). Digitaalisten tiedostojen ja datan jakaminen voi kuitenkin olla

haavoittuvaisempaa kuin paperisten suunnitelmien jakaminen (Luomaranta & Martinsuo 2020). Toimittajasuhteista on siis luotava entistä luotettavampia, jotta tiedon jakaminen on vaivatonta ja riskittömämpää.

4.2 Sosiaaliset muutokset

Vaikka monet yritykset käyttävät jo 3D-tulostusta omassa liiketoiminnassaan, on sosiaalisten vaikutusten ymmärrys edelleen rajoittunutta (Naghshineh et al. 2021). Erityisesti kuluttajamarkkinoista puhuttaessa Nagshineh et al. (2021) uskovat, että suurin sosiaalinen vaikutus 3D-tulostuksella on yhteisöön, yhteiskuntaan ja kuluttajaan. Koska 3D-tulostus tukee paikallista ja maantieteellisesti hajautettua tuotantoa, toimitusketjun jäsenten välisiä välimatkoja voidaan lyhentää ja näin tukea paikallista työllisyyttä ja työpaikkoja (Rogers et al. 2017; Naghshineh et al. 2021). Paikallinen työllisyys vaikuttaa yhteisön jäsenten tuloihin ja tätä kautta hyvinvointiin.

Paikallisella tuotannolla on myös positiivinen vaikutus kehittyviin maihin. Laplume et al. (2016) uskovat, että 3D-tulostus tarjoaa tien kestävämpään kehitykseen matalatuloisissa maissa, koska tarve työvoiman ulkoistamiselle vähenee. 3D-tulostus on hyvin automatisoitua ja pääomaintensiivistä, joten työvoiman tarve vähenee, eivätkä kustannuserot enää estä tuotannon paikallistamista. Koska 3D-tulostus sopii erinomaisesti räätälöintiin ja pienet eräkoot ovat mahdollisia, ei 3D-tulostuksessa päde perinteisen valmistuksen mittakaavaedut. Tällöin työvoimaa ja resursseja ei tarvitse hakea edullisista maista. (Laplume et al. 2016) Näin ollen halpaa työvoimaa ei tarvitsisi hyödyntää enää niin rajusti ja olot matalatuloisissa maissa voisivat parantua.

3D-tulostuksen lisäämä automatisoinnin taso vaikuttaa kuitenkin työntekijöiden työnkuvaan ja työvoiman tarpeeseen (Naghshineh et al. 2021). 3D-tulostus ei siis mahdollista isoa tehdasasetelmaa korkeatuloisiin maihin, vaan uusia työpaikkoja uudenlaisilla työnkuvilla. Työnkuvan lisäksi 3D-tulostuksella on mahdollisuus parantaa ihmisten oppimista ja kouluttautumista, koska tulostimia on mahdollista hankkia myös laboratoriokäyttöön. Naghshineh et al. (2021) mukaan laboratoriokäytössä ja tutkimustyössä 3D-tulostus tekee oppimistilanteesta aktiivisemman ja täten parantaa ihmisten oppimiskokemusta. Tehokkaampi oppiminen parantaa yhteisön koulutustasoa ja voisi mahdollistaa pitkällä aikavälillä paremman työllisyyden.

5. VAATIMUKSIA SIDOSRYHMÄYHTEISTYÖLLE

3D-tulostuksella on positiivisia vaikutuksia toimitusketjuun, mutta niitä ei saavuteta ainoastaan investoimalla itse tulostimeen. Teknologian omaksuminen yksinään ei tuota yritykselle kilpailuetua, vaan se on liitettävä tehokkaasti osaksi toimitusketjua. (Delic et al. 2019) Teknologian liittäminen osaksi toimitusketjun jäseniä vaatii erilaisten suhteiden hallintaa ja yhteistyötä. Delic et al. (2019) toteavat, että hyvin hallitut suhteet autoteollisuuden toimitusketjussa voivat tukea tiedon luonti- ja jakamisprosesseja paremmin kuin yksittäinen yritys kykenisi. Lisäksi Luomaranta ja Martinsuo (2020) toteavat, että toimitusketjun digitalisoituminen lisää entistä enemmän luotettavien liiketoimintakumppanien tarvetta. Muutokset 3D-tuotevalmistajan toimitusketjussa aiheuttavat siis myös uudenlaisia vaatimuksia sidosryhmäyhteistyölle.

5.1 Toimittajien ja asiakkaiden integrointi

Mellor et al. (2014) toteavat, että 3D-tulostusteknologioiden implementointi vaatii lisääntyvää yhteistyötä toimittajien ja asiakkaiden kanssa. Teknologian monimutkaisuuden takia myyjän tuki on yksi avaintekijöistä 3D-tulostuksen implementoinnissa (Mellor et al. 2014). Tuotevalmistajan olisi hyvä tehdä järjestelmällistä yhteistyötä teknologiantoimittajan kanssa, kun päättää ottaa 3D-tulostuksen uudeksi valmistusteknologiakseen. Lisäksi Delic et al. (2019) toteavat, että autoteollisuudessa globaali paine palveluiden ja laadun toimittamisen parantamiselle lisäävät tarvetta toimittajasuhteiden parantamiselle ja toimittajien integroinnille. Parempi palveluiden ja laadun toimittaminen vaatii siirtymistä avoimeen ja yhteistyöhön perustuvaan innovaatiotoimintaan, minkä toteuttamiseksi yritysten tulee yhtenäistyä toimittajiensa kanssa (Delic et al. 2019). 3D-tulostusteknologioiden vaatimusten lisäksi myös asiakkaiden ja kilpailijoiden paine aiheuttaa vaatimuksia toimitusketjun tehostamiselle vahvan yhteistyön avulla.

3D-tulostuksen implementointivaiheen lisäksi tuotannon onnistunut toteutus vaatii asiakas- ja toimittajasuhteiden uudenlaista järjestämistä ja hallintaa. Hajautettu tuotanto keskittyy paikallistamiseen ja saavutettavuuteen, mitä varten on luotava uusia suhteita paikallisten kumppanien ja asiakkaiden kanssa (Bogers et al. 2016). Toimitusketjun digitalisoituminen tekee tiedon jakamisesta haavoittuvaisempaa, mikä lisää tarvetta vahvojen ja luotettavien toimittajasuhteiden rakentamiselle (Luomaranta & Martinsuo 2020). Bogers et al. (2016) lisäävät tiedon jakamisen haasteisiin myös hajautetun tuotannon, koska teknologian vuotamisen riski kasvaa ja hiljaisen tiedon jakaminen eri tehtaiden välillä hankaloituu. 3D-tulostuksen uudet digitaaliset vaatimukset sekä mahdollisuudet

tuotannon sijoittelun suhteen lisäävät siis entistä vahvempien toimittajasuhteiden tarvetta, jotta tiedonjako toimitusketjussa saadaan turvattua.

Avoimen ja yhteistyöhön perustuvan innovaatiotoiminnan saavuttaminen vaatii toimittajien integroinnin lisäksi myös asiakkaiden integrointia (Delic et al. 2019). Tutkijat uskovat 3D-tulostuksen hyötyjen toteutuvan parhaiten räätälöityjen tuotteiden valmistuksessa (Weller et al. 2015). Jotta uusia tuotteita voidaan luoda ja räätälöidä asiakkaan toiveiden ja tarpeiden mukaisesti, tarvitaan tarkkaa tietoa asiakkaasta ja asiakkaan tarpeesta. Ryan et al. (2017) toteavatkin, että 3D-tulostuksen mahdollistama räätälöinti voidaan toteuttaa vain aktiivisessa yhteistyössä asiakkaan kanssa. Asiakas voi osallistua tuotteen määrittelyyn eri vaiheissa toimitusketjua, mutta varastoon valmistaminen on 3D-tulostuksen hyötyjen toteutumisen kanssa ristiriidassa. Asiakas olisikin siis hyödyllisintä ottaa tuotteen määrittelyyn mukaan joko suunnittelussa, ostossa tai valmistuksessa. (Ryan et al. 2017) Suunnitteluvaiheessa asiakkaalla on eniten vaikutusvaltaa ja tuotteesta voidaan suunnitella hyvinkin räätälöity. Mitä pidemmälle suunnitteluvaiheesta mennään, sitä kapeammaksi asiakkaan vaikutusvalta muuttuu.

Asiakkaiden integrointi osaksi tuotteen suunnittelua ja valmistusta vaatii Durach et al. (2017) mukaan paikallisen valmistuksen, koska silloin ollaan automaattisesti lähempänä asiakkaita. Mikäli asiakas on tuotteen loppukäyttäjä, voi paikallinen valmistus lyhentää asiakkaan ja valmistajan välimatkaa. Toisaalta, jos tuotevalmistaja valmistaa hajautetusti komponentteja osaksi isompaa kokonaisuutta, joka valmistetaan keskitetysti, tulee välimatka jälleen ongelmaksi. Digitaalisten mallien hyödyntäminen ja aktiivinen asiakassuhteen ylläpito voisi helpottaa pitkistä välimatkoista syntyviä ongelmia. Esimerkiksi autoteollisuudessa asiakkaan ja valmistajan välinen suhde on kuitenkin usein lyhytaikainen ja monimutkainen, joten se voi olla vaikeaa saavuttaa (Delic et al. 2019). Asiakkaan tehokas integrointi vaatii siis selkeitä ja systemaattisia toimintatapoja, jotta lyhyistäkin suhteista saadaan onnistuneita.

5.2 Yhteistyö palveluntarjoajien kanssa

Palveluntarjoajilla ja tutkimuslaitoksilla on paljon ajantasaista tietoa kehittyvistä teknologioista. Maresch ja Gartner (2020) korostavatkin 3D-tulostuspalvelujen tarjoajien sekä tutkimuslaitosten roolien tärkeyttä 3D-tulostuksen aseman vakiinnuttamisessa. Ne jakavat osaamista yrityksille ja tietoa innovaation kehityksestä eri sidosryhmille. Palveluntarjoajat eivät ainoastaan tarjoa mahdollisuutta ulkoistamiselle, vaan myös ponnahduslaudan investoinnille tarjoamalla mahdollisuuden testata eri sovelluksia ja materiaaleja ennen tulostimen hankintaa. (Maresch & Gartner 2020) Näin yritys voi selvittää, mikä teknologioista olisi paras juuri heidän tarpeeseensa vai onko tarve niin monipuolinen, että

on parempi täyttää se palvelujen avulla. Koska 3D-tulostus hakee vielä omaa paikkaansa valmistusteknologioiden joukossa, olisi tuotevalmistajan kannattavaa tehdä tiivistä yhteistyötä palveluntarjoajien ja tutkimuslaitosten kanssa. Yhteistyön avulla tuotevalmistajayritys pysyy ajan tasalla teknologian kehityksessä (Maresch & Gartner 2020).

Koska tuotevalmistajayritys voi hyödyntää palveluntarjoajien palveluja toimitusketjussaan, muodostuu yrityksen ja palveluntarjoajan välille uusi hallinnoitava toimittajasuhde. 3D-tulostuspalvelujen tarjoajien toimitusketjut ovat pääasiassa yhdistelmiä suunnitteluun ja valmistukseen liittyvistä prosesseista, ja ne voidaan integroida joko tuotevalmistajan toimitusketjun alkuun tai loppuun (Rogers et al. 2016). Palveluntarjoajan toimitusketjun integroiminen tuotevalmistajan toimitusketjuun vaatii melko kokonaisvaltaista yhteistyötä ja selkeää koordinointia, jotta toiminnasta saadaan sulavaa. 3D-tulostuspalvelun tarjoajan ja tuotevalmistajan välisen ketjun yksinkertaistamiseksi valmistaja voisi antaa palveluntarjoajalle pääsyn omiin malleihinsa (Rogers et al. 2016). Yhteinen pääsy digitaalisiin malleihin saattaa helpottaa ja yksinkertaistaa tiedonjakoa, mutta vaatii hyvin järjestettyä yhteistyötä ja vahvaa luottamussuhdetta. Kuten toimittajasuhteissa niin myös palveluntarjoajien kanssa, digitalisoituminen tekee tiedonjaosta haavoittuvaisempaa.

6. PÄÄTELMÄT

Tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella havaitaan, että 3D-tuotevalmistajan toimitusketjun jäsenten toiminta kohtaa eniten ja isoimpia muutoksia muihin sidosryhmiin verrattuna. 3D-tuotevalmistajan ensisijaisiin sidosryhmiin kuuluvat asiakkaat, raaka-aineiden toimittajat, palveluntarjoajat, työntekijät, rahoittajat ja yhteisö. Asiakkaat ja toimittajat ovat muutoksissa suuresti mukana, mutta tuotevalmistajan toimitusketjussa tapahtuu muutoksia myös tuotannon sijaintimahdollisuuksiin ja logistiikan tarpeeseen liittyen. Tuotannon paikallistamisen myötä on mahdollista parantaa työntekijöiden oloja matalatuloisissa maissa sekä muuttaa työntekijöiden työnkuvaa korkeatuloisissa maissa. Muutokset tuotevalmistajan ensisijaisten sidosryhmien rooleissa sekä toimitusketjun toiminnassa johtavat toimittajien ja asiakkaiden vahvaan integroimistarpeeseen. 3D-tulostuksen uutuus lisää myös tarvetta palveluntarjoajien ja tutkimuslaitosten hyödyntämiselle tiedonlähteinä ja uuden teknologian implementoinnin tukena.

3D-tulostuksella tuotteen voi valmistaa alusta loppuun samalla laitteella (Laplume et al. 2016), joten toimitusketjusta on mahdollista muokata yksinkertaisempi ja lyhyempi. Lisäksi teollisuudessa 3D-tuotevalmistajan tuotteet ovat usein suuremman tuotteen komponentteja (Luomaranta & Martinsuo 2020), jolloin tuotannon hajautus ei ole välttämättä ole kovin perusteltua. Laplume et al. (2016) toteavat, että 3D-tulostuksen voi toteuttaa myös muualla kuin tehtaassa, kuten kotona ja kaupassa. Jos tätä ajatusta laajentaisi teollisuuteen, voisi komponentteja 3D-tuotevalmistajalta ostava yritys hankkia itselleen tulostimen ja tuottaa tarvittavat komponentit itse. Tällöin asiakkaalla tulisi kuitenkin olla riittävän suuri tarve 3D-tulostetuille komponenteille, jotta kalliin tulostimen hankinta olisi kannattavaa.

Mikäli tarve 3D-tulostetuille komponenteille, varaosille tai työkaluille on suuri, voisi 3D-tulostimen hankinta suurelle keskitetylle tehtaalle tai teollisuusalueelle olla perusteltua. Weller et al. (2015) mukaan 3D-tulostus olisikin hyödyllinen valmistusteknologia esimerkiksi kaivos- ja öljyteollisuudessa, koska ne ovat paikallisesti syrjäisiä. Kaivos- ja öljyteollisuuden toimitusketjua voitaisiin yksinkertaistaa ja toimittajien tarvetta vähentää 3D-tulostimen hankinnalla. Tarpeen ollessa suuri laite maksaisi itsensä takaisin ja työkalut voitaisiin tulostaa tarpeen tullessa itse. Hyvin korkeasti räätälöidyille ja tilauksesta valmistetuille tuotteille on hyvin korkea kysyntä myös lääketieteellisissä sovelluksissa (Weller et al. 2015), joten valmistusta loppukäyttäjän luona voisi hyödyntää myös lääketieteessä. Valmistus loppukäyttäjän luona tekisi ”asiakkaan” integroinnista hyvin luontevaa

ja automaattista. Lisäksi toimitusketjun digitalisoitumisesta aiheutuva tiedonjaon haavoittuvaisuus (Luomaranta & Martinsuo 2020) olisi väistettävissä.

3D-tulostuksella voisi siis olla mahdollista pienentää komponenttien ja osatuotteiden valmistajien roolia teollisuudessa, koska tulostimen voisi hankkia tehtaalle ja tarvittavat osat voisi tulostaa paikan päällä tarpeen tullen. Kun 3D-tulostimien hankinta- ja asennuskustannukset laskevat, voivat keskitetysti sijaitsevat tuotantolaitokset investoida itse tulostimeen ja valmistaa tarvitsemansa komponentit omalla tehtaallaan. Tällöin tarve pienempien tuotteiden ja komponenttien valmistajille vähenee. Koska 3D-tulostuksen läpimenoaika on kuitenkin vielä hidas, ei 3D-tulostus voi vielä korvata kaikkia osakomponenttien toimittajia. Esimerkiksi autoteollisuudessa tarvitaan jatkuvasti lukuisia yksittäisiä komponentteja ja varaosia, joiden valmistus yhdellä tehtaalla vaatisi todennäköisesti monta 3D-tulostinta. Autoteollisuuden monimutkaista tehdasrakennetta saisi kuitenkin yksinkertaistettua 3D-tulostuksen avulla (Delic et al. 2019). Yksittäisiä komponentteja voitaisiin 3D-tulostuksen avulla yhdistää ja näin vähentää toimittajien lukumäärää.

3D-tulostuksen sijoittamista useille eri tehtaille ja teollisuusalueille rajoittaa kuitenkin tulostimen pääomaintensiivisyys sekä tuotteiden jälkikäsittelyn tarve (Durach et al. 2017; Luomaranta & Martinsuo 2020). Lisäksi raaka-aineiden toimitusketjun tulisi olla tiheä ja laajalle levittynyt (Laplume et al. 2016). Näiden rajoitteiden lisäksi kaikilla toimialoilla ei ole 3D-tulostukselle vielä suurta kysyntää. Siispä 3D-tuotevalmistajien rooli on vielä tärkeä. Tuotevalmistaja voisi tehdä omasta toimitusketjustaan joustavamman ja moniulotteisemman hyödyntämällä palveluntarjoajia 3D-mallien suunnittelussa ja kapasiteetin lisäämisessä tai sijoittelussa (Rogers et al. 2016). Useissa kirjallisuuskatsauksen aineistoissa keskustellaan tuotevalmistajan toimitusketjun yksinkertaistamisesta 3D-tulostuksen avulla, mutta Luomaranta ja Martinsuo (2020) nostavat esiin sen monimutkaistumisen uusien yritysten, materiaalivirtojen ja digitaalisten tietovirtojen johdosta. Näkemykset saattavat erota isostikin, koska 3D-tulostus ei ole vielä saavuttanut erityisen vakiintunutta asemaa valmistusteknologiana ja eri toimialat tarjoavat hyvin erilaisia mahdollisuuksia.

Tutkijat pitävät epätodennäköisenä sitä, että 3D-tulostus tulisi korvaamaan perinteiset valmistusprosessit lyhyellä tai keskipitkällä aikavälillä. Sen sijaan 3D-tulostuksen uskotaan täydentävän perinteisiä valmistusteknologioita. (Durach et al. 2017) Myös Luomaranta ja Martinsuo (2020) toteavat, että 3D-tulostus tulee täydentämään perinteistä valmistusta, koska teknologia ei vaadi isoja eräkokoja ja valmistus onnistuu tilauksesta. Tulevaisuudessa voisikin siis olla järkevämpää tutkia 3D-tulostusta osana eri valmistusteknologioita eikä yksinään, jos tutkijat uskovat teknologian täydentävän perinteistä varastoon valmistusta räätälöidyillä tilauksesta tehdyillä tuotteilla. Kenties 3D-tulostuksen tut-

kiminen osana perinteisiä valmistusteknologioita loisi selkeyttä myös eriäville näkemyksille siitä, muuttaako 3D-tulostus tuotevalmistajan toimitusketjusta monimutkaisemman vai yksinkertaisemman.

Tutkimuksen alussa asetettuihin tutkimuskysymyksiin on pystytty aineiston avulla vastaamaan odotetulla tavalla. Ensisijaisten sidosryhmien toiminnan muutoksiin löytyi selkeitä näkökulmia ja esimerkkejä, mutta sidosryhmäyhteistyölle löytyi enemmän arvailevia mahdollisuuksia. 3D-tulostus on aiheena melko uusi ja tutkimus on hyvin tuoretta etenkin teollisuudessa. Monipuolisen aineiston avulla saatiin kuitenkin tutkittua kattavasti 3D-tulostuksen vaikutuksia ja uusia mahdollisuuksia tuotevalmistajan ensisijaisten sidosryhmien toiminnassa. Sidosryhmäyhteistyövaatimukset keskittyvät valmistajan ja eri sidosryhmien väliseen yhteistyöhön, mutta jatkossa voisi olla hyödyllistä tutkia yhteistyövaatimuksia myös eri sidosryhmien välillä. Voisiko esimerkiksi asiakkaan ja raaka-aineen toimittajan välillä olla tarve yhteistyölle, jotta tuotevalmistaja saa valittua juuri oikean materiaalin asiakkaalleen? Lisäksi, jos syrjäinen tehdas hankkii tulostimen itselleen, voisi tiivis yhteistyö palveluntarjoajan kanssa olla hyvin oleellinen tuki.

Tämän kirjallisuuskatsauksen näkökulma rajautui uudelleen tutkimaan kaikkien sidosryhmien sijaan vain ensisijaisia sidosryhmiä ja etenkin toimitusketjua. 3D-tulostuksesta oli saatavilla vain hyvin vähän kirjallisuutta, joka olisi tarkastellut valmistusteknologiaa riittävän laajana ilmiönä. Jatkotutkimusta tarvitaan siis 3D-tulostuksen toissijaisista sidosryhmistä sekä 3D-tulostuksesta osana perinteisiä valmistusteknologioita, jotta mahdollisista muutoksista saataisiin yhtenäisempi kuva. Lisäksi olisi hyvä tutkia lisää eri toimialojen vaatimuksia ja toimitusketjuja sekä 3D-tulostuksen mahdollisuuksia vastata näihin vaatimuksiin.

LÄHTEET

Arbabian, M. E. & Wagner, M. R. (2020). The Impact of 3D Printing on Manufacturer-Retailer Supply Chains. European Journal of Operational Research. 285(2), pp. 538–552.

Bogers, M., Hadar, R. & Bilberg, A. (2016). Additive Manufacturing for Consumer-Centric Business Models: Implications for Supply Chains in Consumer Goods Manufacturing. Technological Forecasting & Social Change. 102(2016), pp. 225–239.

Chen, Z., Li, Z., Li, J., Liu, C., Lao, C., Fu, Y., Liu, C., Li, Y., Wang, P. & He, Y. (2019). 3D Printing of Ceramics: A Review. Journal of European Ceramic Society, 39(4), pp. 661–687.

Chesbrough, H. W. & Teece D.J. (2008). Organizing for Innovation: When is Virtual Virtuous? In D. Teece (Eds.) The Transfer and Licensing of Know-How and Intellectual Property: Understanding the Multinational Enterprise in the Modern World. NJ: World Scientific, Hackensack, pp. 335–342.

Delic, M., Eyers, D. R. & Mikulic, J. (2019). Additive Manufacturing: Empirical Evidence for Supply Chain Integration and Performance from Automotive Industry. Supply Chain Management: An International Journal. 24(5), pp. 604–621.

Durach, C.F., Kurpjuweit, S. & Wagner, S.M. (2017). The Impact of Additive Manufacturing on Supply Chains. International Journal of Physical Distribution and Logistics Management. 47(10), pp. 954–971.

Fink, A. (2019). Conducting Research Literature Reviews: From Internet to Paper. 5th ed, Sage Publications Inc: Los Angeles, USA.

Freeman, R. E., Harrison, J. S., Wicks, A.C., Parmar, B.L. & De Colle, S. (2010). Stakeholder Theory: The State of the Art. Cambridge University Press: United Kingdom.

Gibson, I., Rosen, D. W. & Stucker, B. (2010). Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping and Direct Digital Manufacturing. 1st ed, Springer Science + Business Media: New York, USA.

Laplume, A. O., Petersen, B. & Pearce, J.M. (2016). Global Value Chains from a 3D Printing Perspective. Journal of International Business Studies. 47(5), pp. 595–609.

Luomaranta, T. & Martinsuo, M. (2020). Supply Chain Innovations for Additive Manufacturing. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 50(1), pp. 54–79.

Maresch, D. & Gartner, J. (2020). Make Disruptive Technological Change Happen - The Case of Additive Manufacturing. Technological Forecasting and Social Change. 155(2020), 199216.

Martinsuo, M. (2018). 3D-tulostus: systeeminen innovaatio arvoverkostossa. Suomen Tuotannonohjausyhdistys ry, Stoori. 2018(04), s. 44–47.

Martinsuo, M. & Luomaranta, T. (2018). Adopting Additive Manufacturing in SMEs: Exploring the Challenges and Solutions. Journal of Manufacturing Technology Management. 29(6), pp. 937–957.

Mellor, S., Hao, L. & Zhang, D. (2014). Additive Manufacturing: A Framework for Implementation. International Journal of Production Economics. 149(March), pp. 194–201.

Naghshineh, B., Ribeiro, A., Jacinto, C., Carvalho, H. (2021). Social Impacts of Additive Manufacturing: A Stakeholder-driven Framework. Technological Forecasting and Social Change. 146(2020), 120368.

Petrick, I. J. & Simpson, T.W. (2013). 3D Printing Disrupts Manufacturing. Research Technology Management. 56(6), pp. 12–16.

PwC (2018). Beyond Prototyping: Accelerating the Business case for 3D Printing. PwC – White Paper. Saatavilla: <https://admateceurope.com/files/4f2c80132751d591ae0340ca4ab71f9f1c23b56fe6e1a559391df5ca2084b116?filename=PWC%20Magazin%20whitepaper-3D-printing-2018_with_dentsply_sirona.pdf&sig=ynIMiGAougee-yU1>. [Viitattu 6.10.2021]

Rodriguez, J. N., Andrade Sosa, H. H., Villarreal Archila, S. M. & Ortiz, A. (2021). System Dynamics Modeling in Additive Manufacturing Supply Chain Management. Processes, 9(6).

Rogers, H., Baricz, N. & Pawar, K. S. (2016). 3D Printing Services: Classification, Supply Chain Implications and Research Agenda. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 46(10), pp. 886–907.

Rogers, H., Braziotis, C. & Pawar, K.S. (2017). Special Issue on 3D Printing: Opportunities and Applications for Supply Chain Management. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 47(10), pp. 950–953.

Ryan, M. J., Eyers, D. R., Potter, A. T., Purvis, L. & Gosling, J. (2017). 3D Printing the Future: Scenarios for Supply Chain Reviewed. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 47(10), pp. 992–1014.

Sasson, A. & Johnson, J.C. (2016). The 3D-printing order: Variability, Supercenters, and Supply Chain Reconfiguration. International Journal of Physical Distribution and Logistics. 46(1), pp. 82–94.

Stevens, G. C. & Johnson, M. (2016). Integrating the Supply Chain… 25 Years on. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. 46(1), pp. 19–42.

Weller, C., Kleer, R. & Piller, F.T. (2015). Economic Implications of 3D Printing: Market Structure Models in Light of Additive Manufacturing Revisited. International Journal of Production Economics. 164, pp. 43–56.