



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JARMO OIKARINEN
3D-TULOSTUS – LOGISTIIKAN UUSI MAAILMANKARTTA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Jorma Mäntynen

Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Tuotantotalouden ja rakentamisen tie-
dekuntaneuvoston kokouksessa 7. lo-
kakuuta 2015

TIIVISTELMÄ

JARMO OIKARINEN: 3D-tulostus – logistiikan uusi maailmankartta

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 56 sivua, 4 liitesivua

Marraskuu 2015

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Liikenne- ja kuljetustekniikka

Tarkastaja: professori Jorma Mäntynen

Avainsanat: 3D-tulostus, kuljetus, strategia, logistiikka, materiaalia lisäävä valmistus, toimitusketju

Materiaalia lisäävä valmistus tulee olemaan teknologinen murros monella toimialalla. Viime aikoina 3D-tulostimien kehittymisen ja hintojen laskun myötä yleinen keskustelu on keskittynyt siihen, miten tulostimia voidaan hyödyntää kotitalouksissa. Vähemmälle huomiolle on jäänyt murroksen vaikutukset kuljetuksiin ja toimitusketjuihin. Tässä tutkimuksessa keskityttiin kartoittamaan materiaalia lisäävän valmistuksen vaikutuksia maailmanlaajuisesti logistiikkaan. Työssä käytettiin yleiskielen termiä 3D-tulostus käsittämään kaiken tyyppinen materiaalia lisäävää valmistus.

Tutkimuksessa luotiin logistiikka- ja konsulttiyritysten strategioiden kautta 3D-tulostuksen muutospolkuja, joiden avulla hahmotettiin muutoksen voimakkuutta. Muutospolut suunniteltiin ortogonaalisina. Näin polun voimakkuus ja vaikutukset voitiin säätää toisista poluista riippumattomana. Kolmea skenaariota 3D-tulostuksen yleistymisestä käytettiin lähtötietoina muutospoluille, joiden muutosvoimakkuudella tuotiin esiin vaikutukset toimitusketjuihin ja niiden hallintaan.

Tutkimus osoitti, että 3D-tulostuksen aiheuttama teknologinen murros tulee vaikuttamaan voimakkaasti logistiikan toimitusketjuihin. Ne tulevat lyhenemään sekä maantieteellisesti että kuvaannollisesti. Maailmanlaajuiset toimitusketjut muuttuvat paikalliseksi toimitusverkostoiksi ja prosessivaiheet tulevat vähenemään. Varastoinnin tarve vähenee sekä valmistuksen välivarastoinnin että lopputuotteiden, mutta erityisesti varaosien osalta. Toimitusverkoston hallinnassa tulee informaation kuten dynaamisen tietovirran käsittely nousemaan entistäkin tärkeämpään asemaan ja edellyttää tehokasta ohjelmistojen käyttöä. Kuluttaja tulee olemaan toimitusverkostojen keskiössä ja kuluttajan rooli valinnan mahdollisuuksineen tulee korostumaan 3D-tulostuksessa.

ABSTRACT

JARMO OIKARINEN: 3D-printing – the new world map of logistics

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 56 pages, 4 Appendix pages

November 2015

Master's Degree Program in Civil Engineering

Major: Traffic and Transport Systems

Examiner: Professor Jorma Mäntynen

Keywords: 3D-printing, transportation, logistics, strategy, additive manufacturing, supply chain

Additive manufacturing will be a technological disruption in many industries. Lately, the development of 3D printers and their price decline has led the general discussion to focus on how printers can be used in households. However, less attention has been on the effects of disruption for transportation and supply chains. This study focused on identifying the impact of additive manufacturing to global logistics. The general term 3D printing was used to encompass all types of additive manufacturing.

The study was made through the 3D-printing strategies of logistics and consulting business. Based on the strategies change paths of 3D-printing were defined and used to outline the volume of change. The change paths were designed to be orthogonal. Thus the intensity and impact of a path could be adjusted independently from other paths. Three evolution scenarios of 3D printing were used as an input frame for the change paths. And the intensity of the change paths were used to highlight the impact to supply chains and supply chain management.

The research revealed that 3D printing is a disruptive technology and will have a big impact on supply chains and their management. The process steps of supply chains will be shortened both geographically and the outline will be simplified. As a result global supply chains are turning into a local supply networks with reduced process steps. The need of warehousing will be decreased in case of parts and components, and finished products, but especially in case of spare parts. The supply network will be managed by handling of information, and software applications are essential for the effective implementation. The consumer will move in a centre of supply networks and the role of consumer will be emphasized in 3D printing.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty osana Tampereen teknillisen yliopiston liikenne- ja kuljetustekniikan Oulussa järjestettyä muuntokoulutusta.

Aihe lähti rakentumaan kurssin Liikennejärjestelmien analyysi harjoitustyön pohjalta. Mitä enemmän 3D-tulostukseen ja sen vaikutuksiin tutustui, sitä selvemäksi hahmottui kuva merkittävästä teknologisesta murroksesta. Muutos ei tule näkymään vain kuljetuksissa vaan logistiikkaketjuissa ja niiden hallinnan perusteissa.

Haluan osoittaa kiitokset professori Jorma Mäntyselle työn ohjaamisesta ja innostavasta opiskeluilmapiiiristä koko koulutuksen ajan. Samoin haluan kiittää opiskelukavereita, erityisesti Erkki Kauppista, hienosta yhteistyöstä näiden parin vuoden aikana.

Oulussa, 22.11.2015

Jarmo Oikarinen

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuskysymykset	1
1.2	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritus.....	2
2.	3D-TULOSTUKSEN YLEISTYMINEN	3
2.1	3D-tulostuksen kasvuennusteita	7
2.2	Esimerkkejä 3D-tulostettavista tuotteista.....	11
2.3	Tavaravirrat maailmanlaajuisesti	16
3.	STRATEGIA-ANALYYSI.....	17
3.1	3D-tulostuksen strategianäkemyksiä.....	17
3.2	Ortogonaaliset muutospolut	24
4.	LOGISTIIKAN MAAILMANKARTTA 2030	32
4.1	Digitaalinen toimitusverkosto	32
4.2	Skenaario A: Nykytila kehittyy maltillisesti	36
4.3	Skenaario B: Kustomoitavat kulutustuotteet.....	38
4.4	Skenaario C: 3D-tulostuksen läpimurto	41
4.5	Skenaarioiden yhteenveto	43
4.6	Skenaarioiden vaikutusanalyysi	44
5.	3D-TULOSTUKSEN VAIKUTUKSET.....	47
5.1	3D-tulostuksen vaikutukset logistiikkaan maailmanlaajuisesti.....	47
5.2	3D-tulostuksen vaikutukset ja mahdollisuudet Suomessa	48
6.	YHTEENVETO	52
	LÄHTEET.....	54

LIITE A: MCKINSEY & COMPANY 3D-TULOSTUSMARKKINAT

LIITE B: SUOMEN AKATEMIAN TUTKIMUSOHJELMILLE ASETTAMAT OHJELMAKYSYMYKSET

LIITE C: 3D-TULOSTUKSEN VAIKUTUSLASKELMA VALITUILLA TOIMIALOILLA SUOMESSA

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>3D-tulostuksen virstanpylväitä aikajanalla.</i>	3
Kuva 2.	<i>Materiaalia lisäävän valmistuksen perusvaiheet. (Pohjakuva: dupress.com)</i>	4
Kuva 3.	<i>Nesteen fotopolymersointi, stereolitografia. (www.c3plasticdesign.co.uk)</i>	5
Kuva 4.	<i>Lasersintraus.(Pohjakuva: rapidprototypingservicescanada.com)</i>	5
Kuva 5.	<i>Materiaalin pursotus. (www.3dmaterialtech.com)</i>	6
Kuva 6.	<i>Materiaalisuihkutus. (CustomPartNet 2015)</i>	6
Kuva 7.	<i>3D-tulostettavia materiaaleja. (Frost & Sullivan)</i>	7
Kuva 8.	<i>3D-tulostuksen käyttö korkean teknologian yrityksissä. (UPS Survey 2014)</i>	7
Kuva 9.	<i>3D-tulostuksen markkinoiden ennustettu kasvu. (Canalys 2015)</i>	8
Kuva 10.	<i>3D-tulostamisratkaisut Hype-käyrällä. (Pohjakuva: Gartner 2015)</i>	10
Kuva 11.	<i>3D-tulostuksen yleistyminen. (Rasmus et al. 2014)</i>	11
Kuva 12.	<i>3D-tulostettu Airbus A350XWB kannatin. (www.airbus.com)</i>	12
Kuva 13.	<i>Ensimmäinen FAA:n hyväksymä 3D-tulostettu suihkumoottorin osa. (www.gereports.com)</i>	12
Kuva 14.	<i>3D-tulostettu auto. (localmotors.com/3d-printed-car)</i>	13
Kuva 15.	<i>3D-tulostettu polkupyörä. (3dprint.com)</i>	13
Kuva 16.	<i>3D-tulostettuja asennuksen apuvälineitä. (Volvo Trucks)</i>	14
Kuva 17.	<i>3D-tulostettu titaaninen rintakehä. (madeby3dprinting.com)</i>	14
Kuva 18.	<i>3D-tulostuksen käyttö rakentamisessa.(www.hs.fi)</i>	15
Kuva 19.	<i>Eri tuotteiden soveltuvuus 3D-tulostukseen vs. kuljetuskustannusten osuus tuotantokustannuksista. (www.strategyand.pwc.com)</i>	15
Kuva 20.	<i>Tavaravirrat maailmanlaajuisesti. (Drewry Container Forecaster 3Q11 ja www.strategyand.pwc.com/perspectives/2015-commercial-transportation-trends www.strategyand.pwc.com)</i>	16
Kuva 21.	<i>IBM:n näkemys kuljetusyhtiöiden 3D-tulostuksen strategisista vaihtoehtoista. (Peterson et al. 2014)</i>	18
Kuva 22.	<i>Deloitte strateginen kehys 3D-tulostamisen vaikutuksille. (Cotteleer & Joyce, 2014)</i>	19
Kuva 23.	<i>Toimitusketjusta toimitusverkostoksi, Accenture. (Pohjakuva: Rasmus et al. 2014)</i>	21
Kuva 24.	<i>Toimitusketjusta toimitusverkostoksi, Deloitte. (Kelly & Marchese 2015)</i>	22
Kuva 25.	<i>Perinteinen suunnittelu ja valmistus tulevat muuttumaan. (Brody & Pureswaran 2013)</i>	23
Kuva 26.	<i>Kriittinen piste, perinteinen valmistus ja 3D-tulostus. (Pohjakuva, Cotteleer & Joyce 2014)</i>	25

Kuva 27.	<i>Perinteinen markkinointi 3D-tulostetulle tuotteelle. (Pohjakuva www.amazon.com)</i>	26
Kuva 28.	<i>Perinteinen tehdas lattiatasolla. (Mukailtu: Lee 2013)</i>	27
Kuva 29.	<i>3D-tehdas lattiatasolla. (Mukailtu: Lee 2013).....</i>	27
Kuva 30.	<i>3D-tulostettujen varaosien toimitusketju. (www.berenschot.com).....</i>	28
Kuva 31.	<i>Kustannusrakenteen ennustettu muutos. (Lee 2013).....</i>	29
Kuva 32.	<i>3D-tulostuksen vaikutus jakeluun. (www.scdigest.com)</i>	29
Kuva 33.	<i>Käyttäjien jakamat 3D-reseptit Thingiverse-sivustolla.....</i>	30
Kuva 34.	<i>Perinteinen toimitusketju. (Mukailtu: www.insights-on-business.com).....</i>	33
Kuva 35.	<i>3D-tulostus toimitusketju kokoonpanoa vaativille tuotteille. (Mukailtu: www.insights-on-business.com)</i>	33
Kuva 36.	<i>3D-tulostus toimitusketju. (Mukailtu: www.insights-on-business.com).....</i>	34
Kuva 37.	<i>Perinteisen valmistuksen toimitusketju (toimittaja-valmistaja- tukkuliike-jälleenmyyjä-kuluttaja).....</i>	34
Kuva 38.	<i>3D-tulostuksen toimitusketjuja.....</i>	35
Kuva 39.	<i>Logistiikan poistuvia ristiriitatilanteita. (Pohjakuva, Logistiikan maailma 2015).....</i>	36
Kuva 40.	<i>Muutospolkujen voimakkuus skenaariossa A: 'Nykytila kehittyy maltillisesti'</i>	38
Kuva 41.	<i>Muutospolkujen voimakkuus skenaariossa B: 'Kustomoitavat kulutustuotteet'</i>	40
Kuva 42.	<i>Muutospolkujen voimakkuus skenaariossa C: '3D-tulostuksen läpimurto'</i>	43
Kuva 43.	<i>Muutospolkujen voimakkuus eri skenaarioissa.....</i>	44
Kuva 44.	<i>Toimitusketjun virrat.(Logistiikan maailma 2015)</i>	44

LYHENTEET JA MERKINNÄT

3D	Three dimensional, kolmiulotteinen
AM	Additive manufacturing, materiaalia lisäävä valmistus
FAA	U.S. Federal Aviation Administration, Yhdysvaltojen ilmailuhallinto
IP	Intellectual property, aineettomat oikeudet kuten patentit tai mallisuojat
MTEU	Miljoona TEU:ta. TEU, twenty-foot equivalent units, on konttiliikenteen perusmittayksikkö. TEU määritellään yhden 20 jalan kontin mittojen mukaan.
SLA	Stereolitografia, 3D-tulostusmenetelmä
SLS	Selective Laser Sintering, lasersintraus, 3D-tulostusmenetelmä
SWOT	SWOT-analyysi on nelikenttämenetelmä, jota käytetään strategian laatimisessa, sekä oppimisen tai ongelmien tunnistamisessa, arvioinnissa ja kehittämisessä.
UV	Ultraviolettisäteily

1. JOHDANTO

Materiaalia lisäävä valmistus on käynnissä oleva teknologinen murros, joka vaikuttaa monella toimialalla. 3D-tulostimien kehittymisen ja hintojen laskun myötä yleinen keskustelu on keskittynyt siihen, miten tulostimia voidaan hyödyntää kotitalouksissa. Vähemmälle huomiolle on jäänyt murroksen vaikutukset valmistavaan teollisuuteen ja sitä kautta kuljetuksiin ja toimitusketjuihin. Tässä tutkimuksessa kartoitettiin materiaalia lisäävän valmistuksen vaikutuksia maailmanlaajuisesti logistiikkaan. Tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin materiaalia lisäävän valmistuksen erilaiset teknologiat ja siksi tutkimuksessa käytettiin yleiskielen termiä 3D-tulostus käsittämään kaikki materiaalia lisäävät valmistusteknologiat.

Tutkimuksen aluksi perehdyttiin 3D-tulostuksen kasvuennusteisiin ja luotiin lyhyt katsaus tällä hetkellä yleisimpiin valmistusteknologioihin sekä 3D-tulostettaviin tuotteisiin ja tulostusmateriaaleihin. Tämän jälkeen käytiin läpi yritysten strategioita, joiden avulla rakennettiin kuvaa tulevaisuuden kehityksen suunnista. Näistä lähtötiedoista luotiin ortogonaalisia muutospolkuja, joiden avulla pyrittiin hahmottamaan yksittäisiä 3D-tulostuksen seurauksena tapahtuvia muutoksia muista poluista riippumattomana kehityksenä. Muutospolkujen avulla tehtiin kolme erilaista skenaariota avaamaan, millaisia vaikutuksia 3D-tulostuksen odotetaan tuovan toimitusketjuihin ja niiden hallintaan. Vaikutusanalyysin kautta koottiin yhteen toimitusketjujen eri virtoihin kohdistuvat muutokset. Lopuksi kartoitettiin vaikutuksia Suomen valmistavaan teollisuuteen.

Tutkimus osoitti 3D-tulostuksen, kehitysnopeudesta riippumatta, olevan teknologinen murros, joka tulee mullistamaan logistiikkaa ja toimitusketjujen hallintaa. Tällainen muutos tarjoaa yrityksille monenlaisia uusia mahdollisuuksia.

1.1 Tutkimuskysymykset

Teknologisen murroksen, kuten 3D-tulostus, tiedetään aiheuttavan muutoksia tulevaisuudessa. Näin tutkimuksen asetettu pääkysymys on:

- Millaisia muutoksia 3D-tulostuksen odotetaan tuovan toimitusketjuihin ja niiden hallintaan?

Kun 3D-tulostuksen vaikutukset toimitusketjuihin saadaan hahmoteltua, niin tästä seuraavat tutkimuksen alakysymykset ovat:

- Millaisia ovat logistiikkayritysten selviytymisstrategiat teknologiamurroksessa?
- Millaisia uusia mahdollisuuksia 3D-tulostus tarjoaa?

1.2 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritus

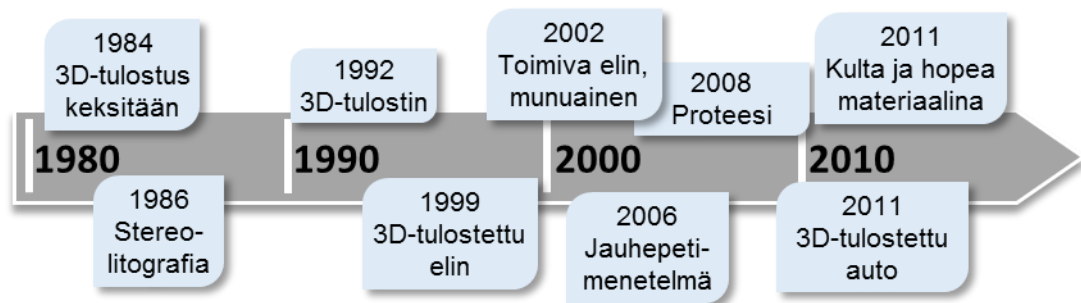
Tutkimus toteutettiin kirjallisuustutkimuksena ja siinä selvitettiin 3D-tulostuksen vaikutusta toimitusketjuihin yritysten strategioiden kautta. Tutkimuksessa käytiin läpi logistiikan strategioita. Näkemystä haettiin sekä alan yritysten strategioista että konsulttiyritysten strategisesta ohjauksesta.

Tutkimuksen yhteenvedona luotiin skenaarioita 3D-tulostuksen vaikutuksista maailmanlaajuisesti logistiikkaan. Näihin pohjautuen kartoitettiin toimitusketjuihin ja niiden hallintaan tulevia muutoksia.

2. 3D-TULOSTUKSEN YLEISTYMINEN

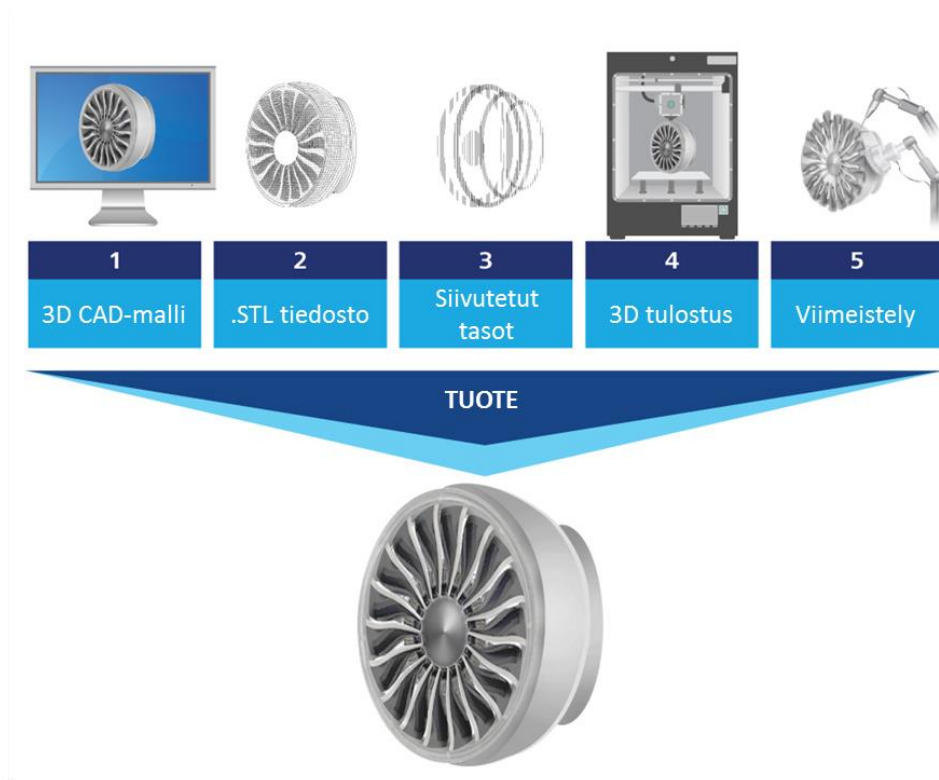
Tässä luvussa tehdään aluksi 3D-tulostuksen yleisesittely, teknologian perustekniikat ja käytetyt materiaalit, sitten esitellään alan kasvuennusteita ja 3D-tulostettavia tuotteita. Kuljetusten mittakaavan ymmärtämiseksi lopuksi tarkastellaan tavaravirtoja maailmanlaajuisesti.

3D-tulostus on teknologiana jo yli 30 vuotta vanha, jonka ensimmäiset keksinnöt alalla on tehty 1980-luvulla. Kuvassa 1 esitetyn 3D-tulostuksen aikajanalle on laitettu tärkeimpiä virstanpylväitä, jotka kuvaavat alan teknologista kehittymistä. Kehityskaari kuvaa hyvin uuden teknologian kehitystä, missä etsitään uusia sovellusalueita, materiaaleja ja toteutustapoja. 3D-tulostuksessa näkyy erityisesti pyrkimys etsiä asioita, joihin 3D-tulostusta voidaan soveltaa. Viime vuosina tapahtunut nopea kehitys johtuu osittain siitä, että monet alkuaikojen patenteista ovat vanhentuneet tai vanhentumassa.



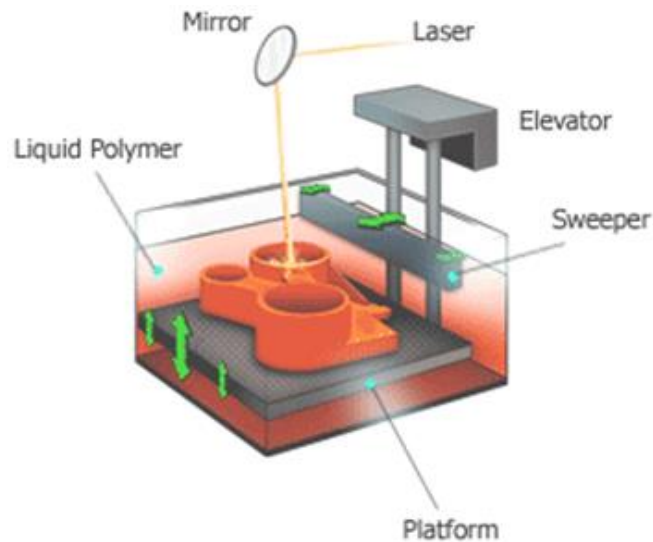
Kuva 1. 3D-tulostuksen virstanpylväitä aikajanalla.

Peruseriaate materiaalia lisäävässä valmistuksessa (additive manufacturing, AM) on valmistusteknologiasta riippumatta samanlainen. Kappaleen rakenteesta tehdään 3D-mallin pohjalta ohjaustiedosto, joka sisältää kappaleen siivutustasot, ja nämä tasot valmistetaan kerros kerrokselta, kuva 2.



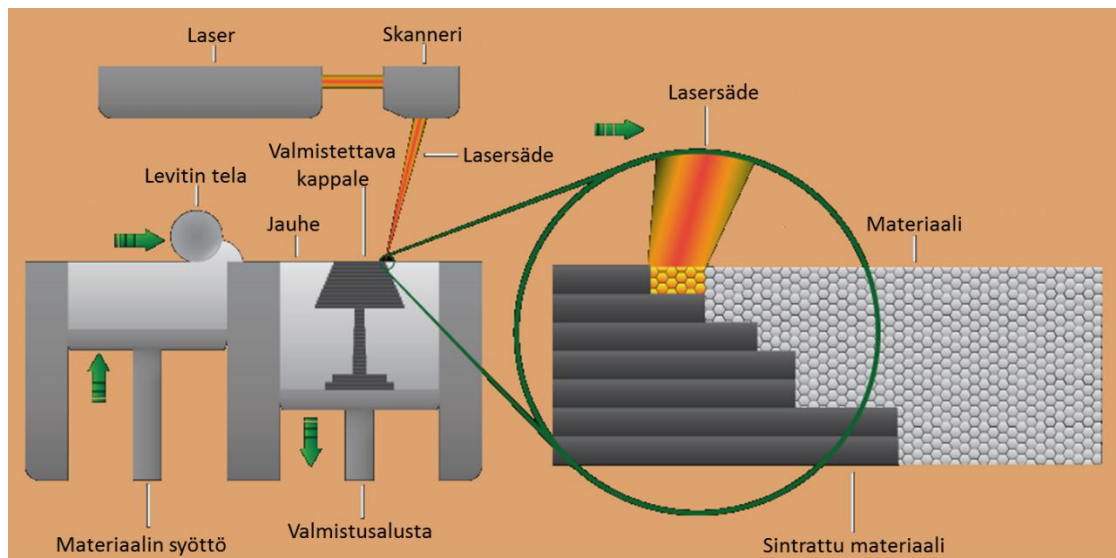
Kuva 2. Materiaalia lisäävän valmistuksen perusvaiheet.
(Pohjakuva: dupress.com)

Yleisimpiä valmistusteknologioita ovat nesteen fotopolymerisointi, jauhepetimenetelmä, materiaalin pursotus ja materiaalisuihkutus. Stereolitografiassa (SLA), joka on yleisin nesteen **fotopolymerisointimenetelmä**, kappaleen kerrokset rakennetaan kovettamalla UV-laserilla astiassa olevaa nestemäistä polymeeriä. Valmiin kerroksen jälkeen alustaa lasketaan kerrospaksuuden verran ja kovetetaan seuraava kerros, kuva 3. Lopuksi alusta nostaa valmiin kappaleen ylös nesteestä, jonka jälkeen suoritetaan viimeistelyt. (Custom-PartNet 2015)



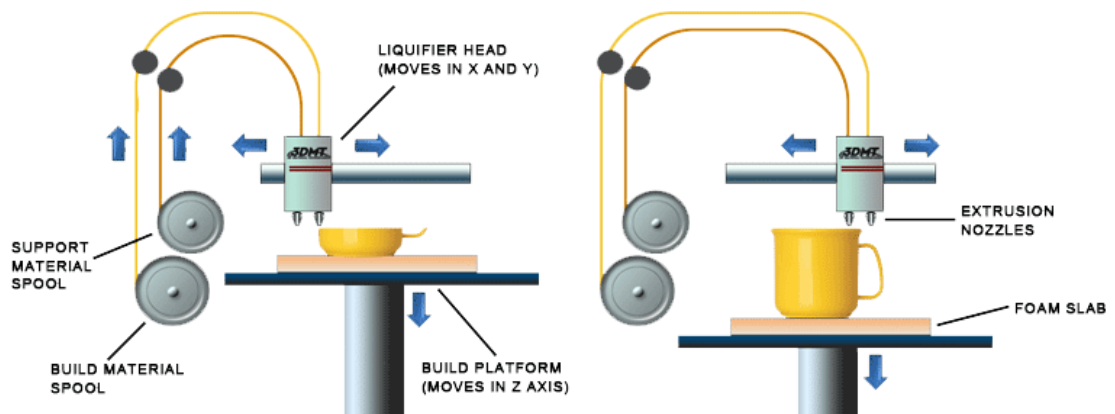
Kuva 3. Nesteen fotopolymerisointi, stereolitografia. (www.c3plasticdesign.co.uk)

Perusajatukseltaan samalainen kuin stereolitografia on lasersintraus (SLS), joka on yksi **jauhepetimenetelmää** käyttävistä valmistustavoista. Kuvassa 4 on esitetty lasersintrauksen periaate. Raaka-aine on jauheena, joka siirretään telalla valmistusalustalle ja sintrataan kerroksittain lasersäteellä. Alustaa lasketaan kerrospaksuuden verran joka kerrokselle. Lasersintrauksessa voidaan käyttää useita materiaaleja muun muassa metalleja (teräs, titaani) ja polymeerejä (nylon, lasitäytteinen nylon). (CustomPartNet 2015)



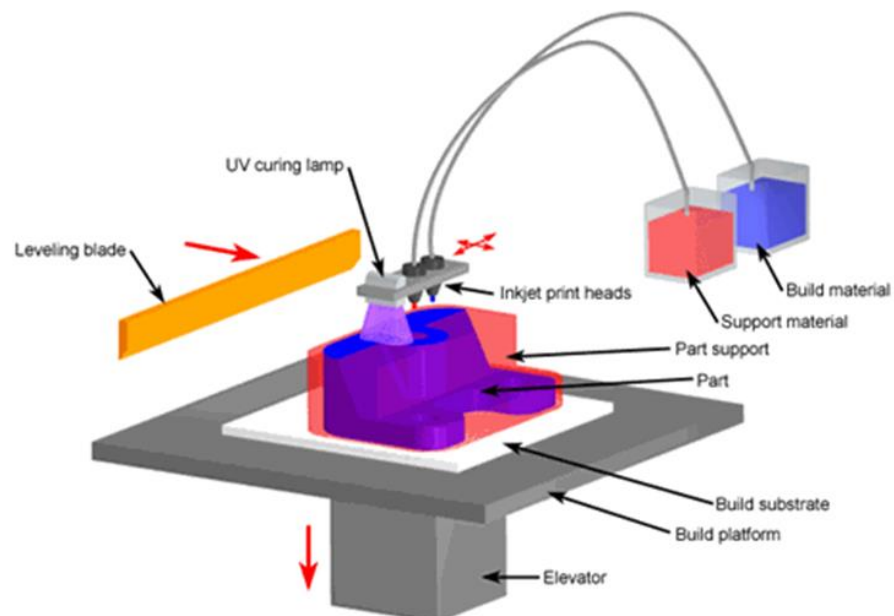
Kuva 4. Lasersintraus. (Pohjakuva: rapidprototypingservicescanada.com)

Materiaalin pursotus on suuren yleisen silmissä 3D-valmistustekniikoista tunnetuin. Materiaali, tyypillisesti polymeerilanka, lämmitetään ja pursotetaan suuttimella haluttuun kohtaan. Näin edetään kuvan 5 mukaisesti kerros kerrokselta. (CustomPartNet 2015)



Kuva 5. Materiaalin pursotus. (www.3dmaterialtech.com)

Materiaalisuihkeutus on periaatteeltaan kuin mustesuihketulostaminen, johon on sisällytetty stereolitografian toimintoja. Valmistuksessa materiaali suihkutetaan pieninä pisaroina ja kerros kovetetaan UV-valolla, kuva 6. Näin edetään kerroksittain. Materiaalina käytetään polymeerejä ja tekniikka mahdollistaa useiden värien tulostamisen samanaikaisesti. (CustomPartNet 2015)



Kuva 6. Materiaalisuihkeutus. (CustomPartNet 2015)

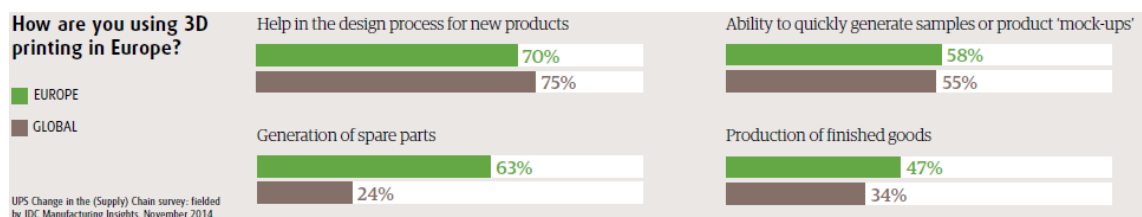
Edellä mainittiin erilaisia 3D-tulostuksessa käytettäviä yleisimpiä materiaaleja. Viime aikoina 3D-tulostettavissa materiaaleissa on tapahtunut huimaa edistymistä. Niinpä tänä päivänä mahdollisten tulostusmateriaalien kirjo on hyvin laaja, muoveista metalleihin ja aina orgaanisiin materiaaleihin, kuva 7. Käytetyimpiä materiaaleja ovat erilaiset polymeerit ja metalleista ruostumaton teräs ja titaani.

3D Printing Materials					
Ceramics	Metals and Alloys	Polymers		Organic materials	Others
Zirconia	Steel and St. Steel	ABS, PE, PET, PP, PA	Methacrylic	Waxes	Nanomaterials
Alumina	Titanium	PLA	Photopolymers	Tissues	Fibers : Carbon fiber, Glass Fiber Composites
Graphite	Nickel	Polycarbonate	Polyolefin	Paper	Resins: Furan, Melamine, Phenolic
Mullite	Aluminum	Polyamide (Nylon)	Polyvinyl Acetate	Bio inks: Stem Cells & Tissues	Wood Pulp
Silicone Carbide	Palladium	PMMA	Polyvinyl Chloride	Bone Material: Beta-Tri calcium Phosphate	Aerogels
Silica (sand)	Gold	PEEK	Polyvinylidene Chloride		Graphene
Plaster	Platinum	Epoxy	Elastomers		
Clay	Copper	Polyphenylsulfone	HDPE		

Kuva 7. 3D-tulostettavia materiaaleja. (Frost & Sullivan)

2.1 3D-tulostuksen kasvuennusteita

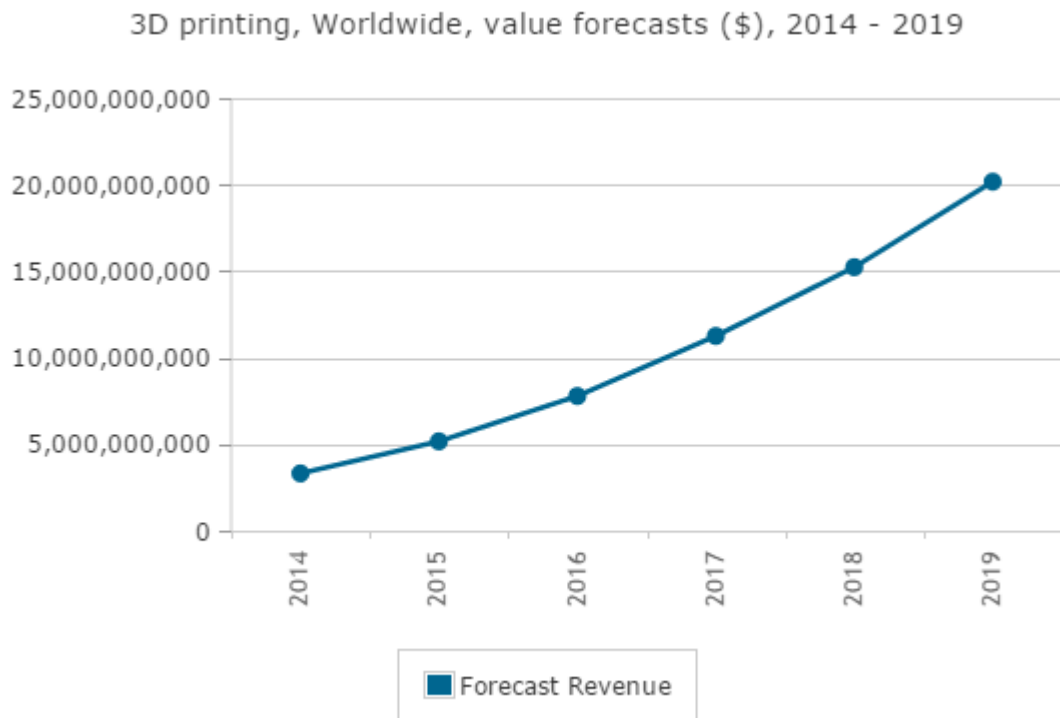
3D-tulostuksen yleisyydestä tällä hetkellä kertoo UPS:n korkean teknologian yrityksille tekemä logistiikkakysely. Kysely on tehty yritysten logistiikkajohtajille vuoden 2014 loppulla. Tutkimukseen vastanneista yrityksistä 66 % on käytännön kokemusta 3D-tulostuksen mahdollisuuksista. Kuvassa 8 on esitetty yhteenveto kyselystä. Suurin osa yrityksistä käyttää 3D-tulostusta hyödyksi tuotekehityksessä osana suunnitteluprosessia. Mielenkiintoista on, että Euroopassa yli 60 % yrityksistä tekee varaosia 3D-tulostamalla, mutta maailmanlaajuisesti vain neljännes yrityksistä. Vajaa puolet haastatelluista yrityksistä 3D-tulostavat myös lopputuotteita. (UPS Survey 2014)



Kuva 8. 3D-tulostuksen käyttö korkean teknologian yrityksissä. (UPS Survey 2014)

Varovaisimpiin ennustajiin lukeutuu Lux Research, joka ennustaa 3D-tulostusmarkkinoiden nelinkertaistuvan seuraavan kymmenen vuoden aikana, ollen noin 12 miljardia dollaria. Heidän ennustus käsittää 3D-tulostimet (3,2 mrd. \$), tulostusmateriaalit (2 mrd. \$) ja valmistetuista tuotteista, joiden osuus on yli puolet (7 mrd. \$). (Holsman 2014)

Canalysin mukaan 3D-tulostimien, tulostus raaka-aineiden myynnin ja palveluiden kasvu tulee olemaan 56 % vuonna 2015 saavuttaen 5,2 miljardin dollarin arvon. He ennustavat kasvun jatkuvan 44 % vuosittain ollen 20,2 miljardia dollaria vuonna 2019, kuva 9. (Canalys 2015)



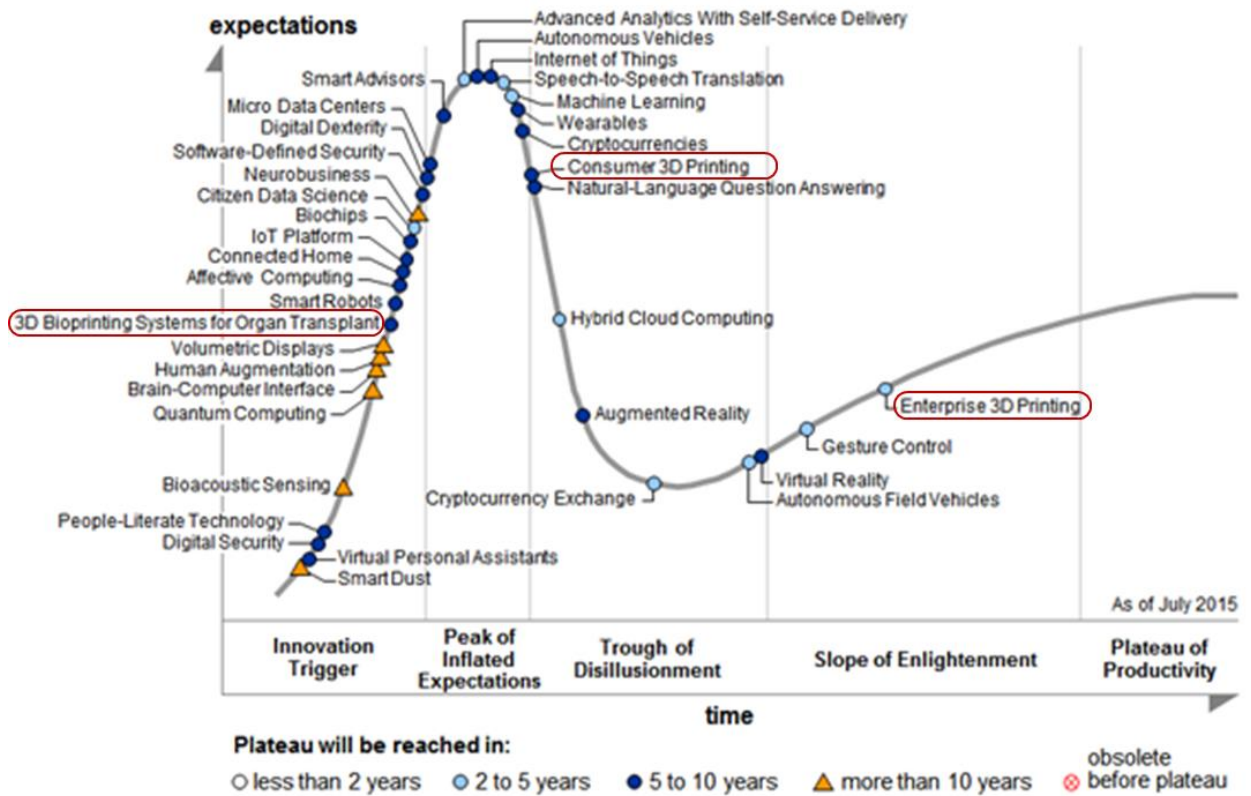
Kuva 9. 3D-tulostuksen markkinoiden ennustettu kasvu. (Canalys 2015)

McKinsey arvioi 3D-tulostuksen taloudellisten vaikutusten olevan vuositasolla 230 – 550 miljardia dollaria vuonna 2025, taulukko 1. Arvion mukaan suurimmat vaikutukset tulevat kuluttajien tulostuksesta (100 – 300 mrd. \$), lopputuotteiden (100 – 200 mrd. \$) ja muottien ja työkalujen (30 – 50 mrd. \$) 3D-tulostuksesta. (Manyika et al. 2013)

Taulukko 1. 3D-tulostuksen potentiaalinen vaikutus, liite A. (Manyika et al. 2013)

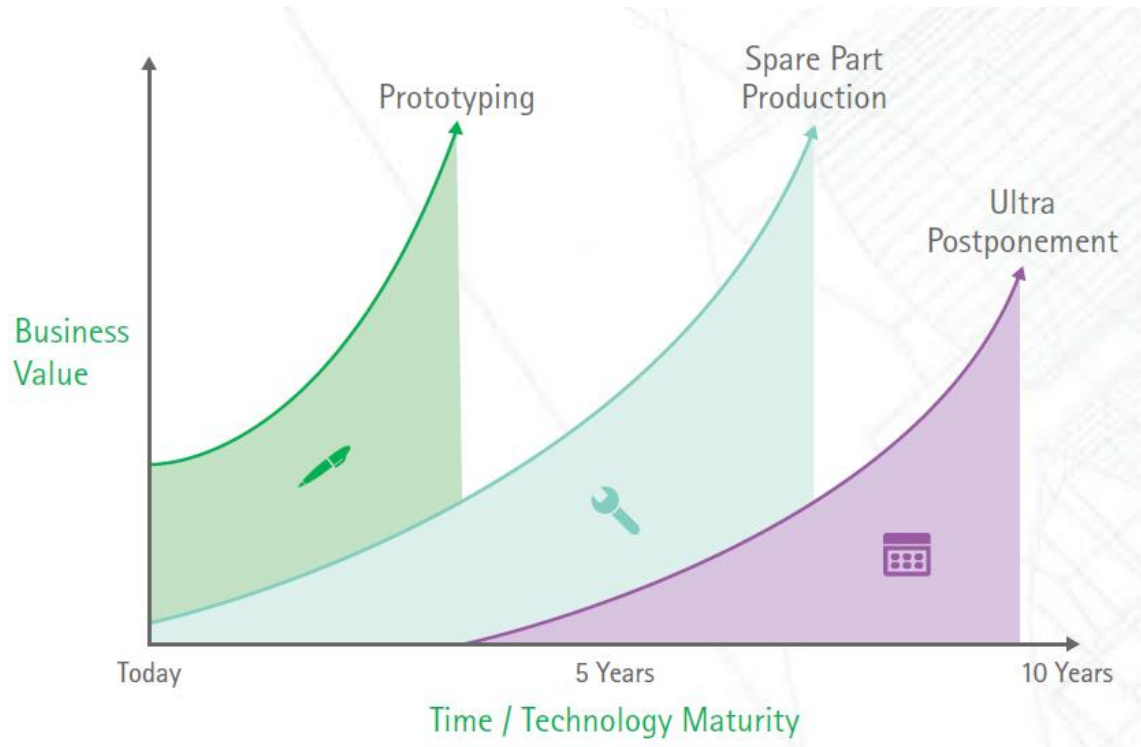
Arvioitu alue	Arvioitu laajuus 2025 (\$)	Tuottavuuden/arvon lisäys 2025	Taloudellinen vaikutus 2025 (\$)
Kuluttaja 3D-tulostaa	3D-tulostettavien tuotteiden myynti, $4 \cdot 10^{12}$	5-10 % tuotteista 3D-tulostetaan ja saadaan 60-80 % arvonlisäys; kuluttajan säästöinä tai kustomoinnin lisäarvona	100–300 miljardia
Tuotteiden 3D-tulostus	Kompleksiset, pienivolyyमितiset tuotteet $300 \cdot 10^9$ Näiden kuljetus $470 \cdot 10^9$	30-50 % tuotteista voidaan tulostaa ja oletetaan ostajalle 40-55 % säästö	100–200 miljardia
Muottien ja työkalujen 3D-tulostus	Ruiskupuristettujen muovituotteiden markkinan koko $300 \cdot 10^9$	30-50 % ruiskupuristetuista tuotteista tehty 3D-tulostetuilla muoteilla ja 30 % säästö muottien valmistuksessa	30–50 miljardia

Konsulttiyhtiö Gartner on kehittänyt Hype Cycle -mallin, jolla kuvataan uuden teknologian elinkaaren vaiheita markkinoilla. Kuvassa 10 esitetyn vuoden 2015 Hype-käyrän mukaan yritysten 3D-tulostus on osoittautunut käyttökelpoiseksi ja yleistynyt teknologiana, ja sen odotetaan 2-5 vuoden sisällä vakiintuvan. Sen sijaan paljon julkisuudessa ollut kuluttajien 3D-tulostus on selviytymistaistelussa menossa kohti Hype-käyrän aallonpohjaa. Tätä kutsutaan myös ”kuolemanlaaksoksi”, joka tarkoittaa, että kyseisen teknologian on vielä osoitettava käyttökelpoisuutensa. Gartnerin mukaan kuluttajien 3D-tulostuksen kypsyminen vie ainakin 5-10 vuotta. Elinsiirrännäisten 3D-biotulostus on hypemielessäkin vasta odotusten kasvuvaiheessa eli seuraavien vuosien aikana on odotettavissa runsaasti uutisointia asian tiimoilta. (Gartner 2015)



Kuva 10. 3D-tulostamisratkaisut Hype-käyrällä. (Pohjakuva: Gartner 2015)

Hyvin samantyyppiseksi kuin Gartner tilanteen näkee Accenture. Heidän mukaan prototyyppien valmistaminen on nykypäivää ja varaosien 3D-tulostaminen on lähtenyt kasvuun, mutta tuotanto suuressa mittakaavassa lähtee liikkeelle viiden vuoden kuluessa ja kypsyy kymmenessä vuodessa, kuva 11. (Rasmus et al. 2014)



Kuva 11. 3D-tulostuksen yleistymisen. (Rasmus et al. 2014)

2.2 Esimerkkejä 3D-tulostettavista tuotteista

Edellisessä kappaleessa esitetyn Hype-käyrän tilannetta tukee PwC:n tekemä kysely, jonka mukaan 2/3-osaa valmistajista hyödyntää 3D-tulostusta tällä hetkellä varsinkin prototyyppien valmistuksessa (Sulavik et al. 2014). Tyypillistä on myös valmistuksessa käytettävien muottien ja työkalujen 3D-tulostaminen. Lentokone- ja autoteollisuus ovat toimialoina tässä pisimmällä.

Lentokoneteollisuus käyttää 3D-tulostusta erityisesti uusimpien konetyyppien valmistuksessa. Esimerkiksi Airbus A350XWB:n osista yli 1000 on 3D-tulostettua, kuten kuvassa 12 esitetty kannatin. Kannattimessa näkyy eräs 3D-tulostuksen etu, materiaalia käytetään vain siellä missä sitä tarvitaan. Valmistajan mukaan 3D-tulostuksen hyödyt ovat moninaisia; osista saadaan kevyempiä, valmistuksen läpimenoajat lyhenevät ja materiaaleja käytetään vähemmän. Lentokoneteollisuudessa paljon käytetty mittari on ”buy-to-fly”-suhde, jolla mitataan kuinka suuri osa ostetusta materiaalista päätyy lentokoneeseen. 3D-tulostus pärjää hyvin tällä mittarilla. Myös Airbusin kilpailija Boeing ilmoittaa käyttävänsä noin 300 3D-tulostettua osaa kymmenessä eri lentokonetyypissä. Lentokonevalmistajat suunnittelevat myös 3D-tulostukseen perustuvia varaosaratkaisuja. Näiden ratkaisujen tavoitteena on vähentää varastoihin tarvittavaa tilaa samoin kuin lyhentää odotusaikoja. (The week 2015)



Kuva 12. 3D-tulostettu Airbus A350XWB kannatin. (www.airbus.com)

General Electric on kertonut valmistavansa uusiin GE9X moottoreihinsa vuoteen 2020 mennessä yli 100 000 osaa 3D-tulostamalla ja investoivansa 3,5 miljardia dollaria uusimman sukupolven tuotantoteknologiaan. FAA on kesällä 2015 hyväksynyt ensimmäisen 3D-tulostetun tuotteen käytettäväksi suihkumoottoreissa, kuva 13. GE:n mukaan lisää tuotteita on tulossa. Esimerkki 3D-tulostuksen mahdollisuuksista on tehty uuden polttoainesuuttimen valmistuksessa. Aiemmin polttoainesuutin koostui 20 erillisestä osasta, jotka työstettiin eri tavoin ja asennettiin lopuksi. Nyt sama tuote voidaan valmistaa yhtenä kappaleena kertatulostuksella. Ennustetun yli 80 000 kappaleen vuosivolyymien valmistamiseen muilla valmistusteknologioidella tarkoittaisi kymmenien työstökoneiden investointia. (GE reports 2014)



Kuva 13. Ensimmäinen FAA:n hyväksymä 3D-tulostettu suihkumoottorin osa. (www.gereports.com)

Kulkuneuvoihin liittyviä 3D-tulostusprojekteja on tehty useita. Autojen osalta tunnetuimmat projektit ovat Korecologicin Urbee, jossa kori 3D-tulostettiin, ja Local Motorsin LM3D, josta 75 % on 3D-tulostettu. Kuvassa 14 on LM3D. Toinen esimerkki 3D-tulostetuista kulkuneuvoista ovat polkupyörät. Esimerkiksi Airbus Group on toteuttanut täysin toimivan polkupyörän 3D-tulostamalla. Materiaalina käytettiin nylonia ja kaikki pyörän osat ovat 3D-tulostettu myös laakerit, kuva 15.



Kuva 14. 3D-tulostettu auto. (localmotors.com/3d-printed-car)



Kuva 15. 3D-tulostettu polkupyörä. (3dprint.com)

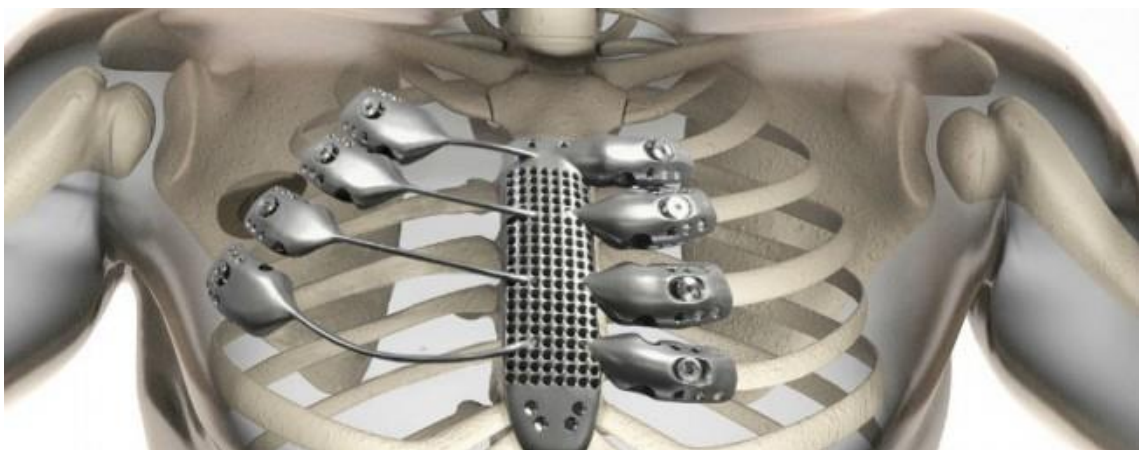
Ajoneuvoteollisuudessa 3D-tulostusta on tuotantokäytössä tänä päivänä erityisesti työkalujen ja asennuksen apuvälineiden valmistuksessa. Volvo Trucks on käyttänyt 3D-tulos-

tusta yli 30 erilaisten työkalun valmistukseen, kuva 16. Valmistuksen läpimenoaika suunnittelusta valmiiseen työkaluun on lyhentynyt 36:sta 2:teen päivään (Swack 2015). BMW on myös raportoinut hyviä tuloksia 3D-tulostuksen hyödyistä tuotannon apuvälineiden ja työkalujen valmistamisessa esimerkkinä 72 % kevyemmät työkalut (Stratasys 2015).



Kuva 16. 3D-tulostettuja asennuksen apuvälineitä. (Volvo Trucks)

Lääketieteessä 3D-tulostusta käytetään nykyisin useissa kohteissa, esimerkkinä hammasillat, kuulolaitteet ja erilaiset raajaproteesit. Kuvassa 17 on espanjalaiselle syöpäpotilaalle titaanista 3D-tulostettu rintakehä. Alalla kehitys voi olla hyvin nopeaa, esimerkkinä yhden toimitusjohtajan arvioon mukaan USA:n kuulolaitteita valmistavat yritykset siirtyivät 3D-tulostukseen 500 päivässä (D’Aveni 2015).



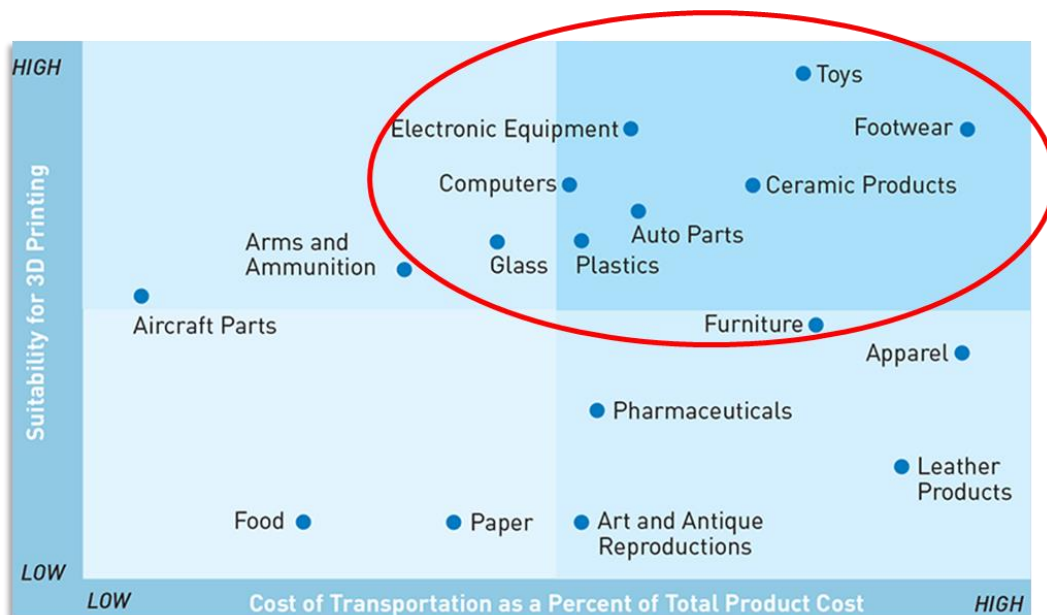
Kuva 17. 3D-tulostettu titaaninen rintakehä. (madeby3dprinting.com)

3D-tulostuksesta on saatu rohkaisevia tuloksia myös rakentamisessa. Kuvassa 18 on uutinen Kiinassa tulostetusta talosta. Rakennusten 3D-tulostus nähdään nopeana ja edullisena keinona rakentaa asuntoja esimerkiksi maanjäristyksestä kärsineille alueille.



Kuva 18. 3D-tulostuksen käyttö rakentamisessa. (www.hs.fi)

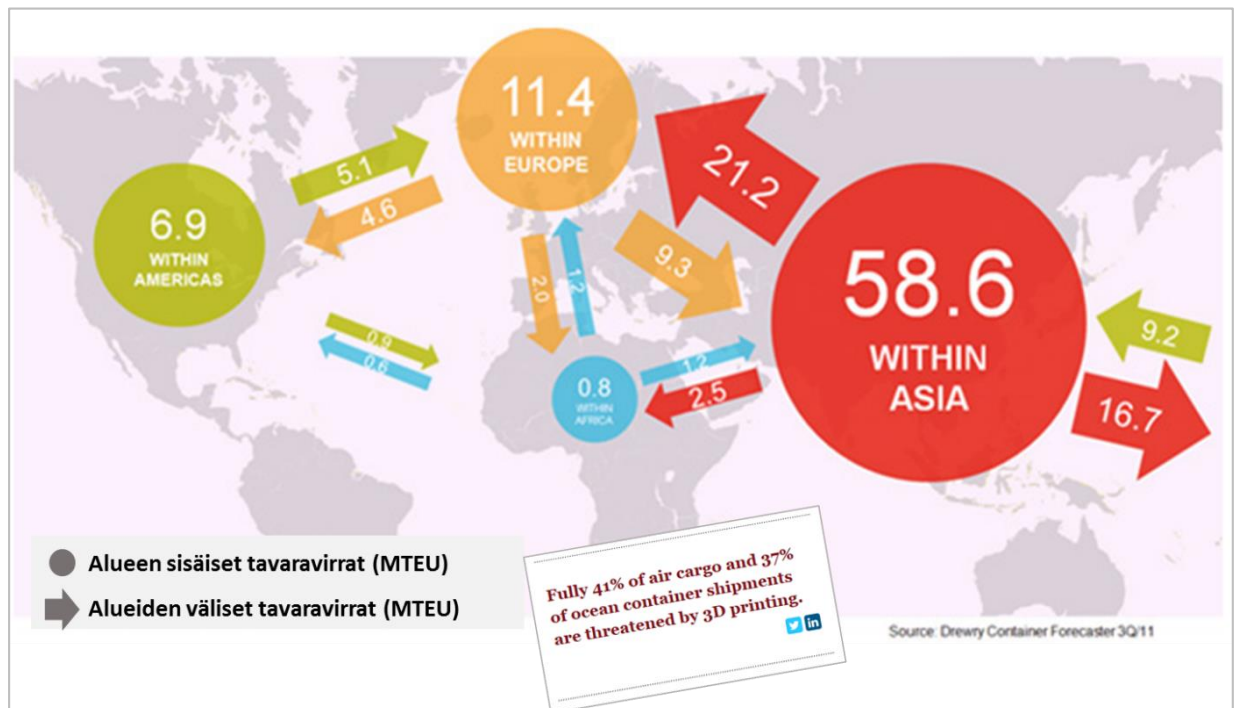
Eri tuoteryhmien soveltuvuus 3D-tulostukseen vaihtelee, joten on oletettavaa 3D-tulostuksen yleistyvän aluksi soveltuvimmissa tuoteryhmissä. Kun tuotteet ryhmitellään 3D-tulostettavuuden ja kuljetusten osuuden kokonaiskustannuksista mukaan, niin erottuu tuoteryhmiä, jotka ovat etujoukoissa siirtymässä 3D-tulostettaviksi, kuva 19.



Kuva 19. Eri tuotteiden soveltuvuus 3D-tulostukseen vs. kuljetuskustannusten osuus tuotantokustannuksista. (www.strategyand.pwc.com)

2.3 Tavaravirrat maailmanlaajuisesti

Maailmanlaajuisesti tavaravirrat voidaan yltäasolla jakaa alueiden sisäisiin ja alueiden välisiin virtoihin. Kuljetusmäärät ovat alueiden sisäisten kuljetusten osalta noin 77 MTEU ja alueiden välisten 75 MTEU. Maailmanlaajuisen kuljetusmäärien ennustetaan vähenevän 3D-tulostuksen myötä, esimerkiksi PwC ennustaa 3D-tulostuksen vähentävän 41 % lentorahtia ja 37 % konttiliikennettä, kuva 20.



Kuva 20. Tavaravirrat maailmanlaajuisesti. (Drewry Container Forecaster 3Q11 ja www.strategyand.pwc.com/perspectives/2015-commercial-transportation-trends www.strategyand.pwc.com)

3. STRATEGIA-ANALYYSI

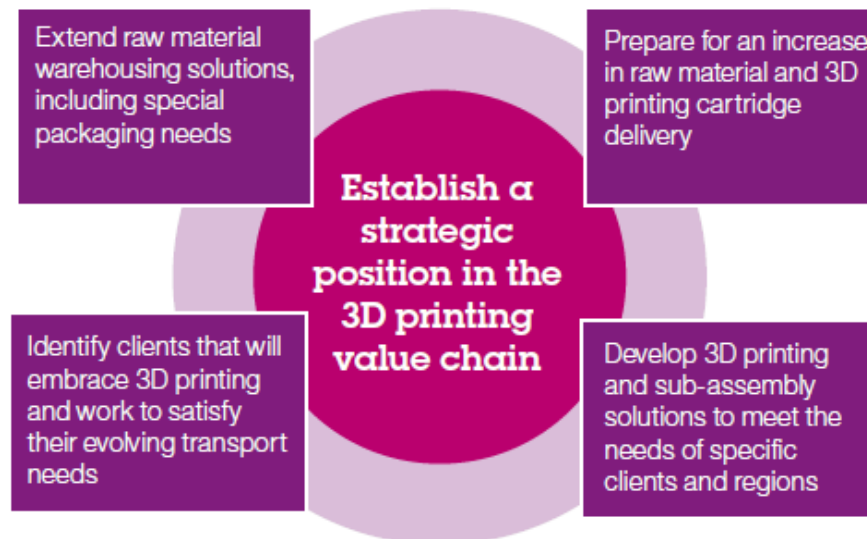
Strategia-analyysissä tutkittiin sekä logistiikka- että konsulttiyritysten näkemyksiä 3D-tulostuksen vaikutuksesta yritysten eri toimintoihin tulevaisuudessa. Monissa strategioissa nousi esiin, että 3D-tulostuksen aiheuttama muutos tulee olemaan suurin logistiikassa. PwC:n kyselyn mukaan 30 % valmistajista uskoo, että 3D-tulostuksen teknologiamurros tulee voimakkaimmin näkymään toimitusketjujen muutoksena (Sulavik et al. 2014).

3D-tulostusta hyödyntämällä yritykset voivat vaikuttaa varastoihin. Erityisesti merkittävä kustannus- ja nopeushyöty saadaan pienivolyymisten laajassa jakelussa olevien tuotteiden varaosien kohdalla (Sulavik et al. 2014).

3.1 3D-tulostuksen strategianäkemyksiä

IBM rakentaa logistiikkayritysten strategiavaihtoehtoja loppukuluttajan näkökulmasta käyttäen kahta vaikutusakselia: kuluttajien halu omaksua 3D-tulostettuja tuotteita ja 3D-tulostusteknologian kehittyminen. Näiden akseleiden perusteella IBM on luonut skenaarioita ja niiden pohjalta strategiset mahdollisuudet. IBM kehottaa logistiikkayrityksiä määrittämään paikkansa 3D-tulostuksen arvoketjussa ja esittelee siihen seuraavia vaihtoehtoja, kuva 21. (Peterson et al. 2014)

- Raaka-aineiden varastointiratkaisujen kehittäminen, huomioiden myös erityispaikkaruokatarpeet
- 3D-tulostus asiakkaiden identifiointi ja heidän kuljetustarpeiden toteuttaminen
- Varautuminen lisääntyviin raaka-aine- ja 3D-tulostustarvikkeiden kuljetuksiin
- 3D-tulostus- ja asennuspalveluiden tuottaminen



Kuva 21. IBM:n näkemys kuljetusyhtiöiden 3D-tulostuksen strategisista vaihtoehdoista. (Peterson et al. 2014)

PwC ohjaa logistiikkayritykset arvioimaan strategioita asiakkaidensa 3D-tulostuksen innostuksen mukaan. PwC:n mukaan vaihtoehtoja ovat: (Sulavik et al. 2014)

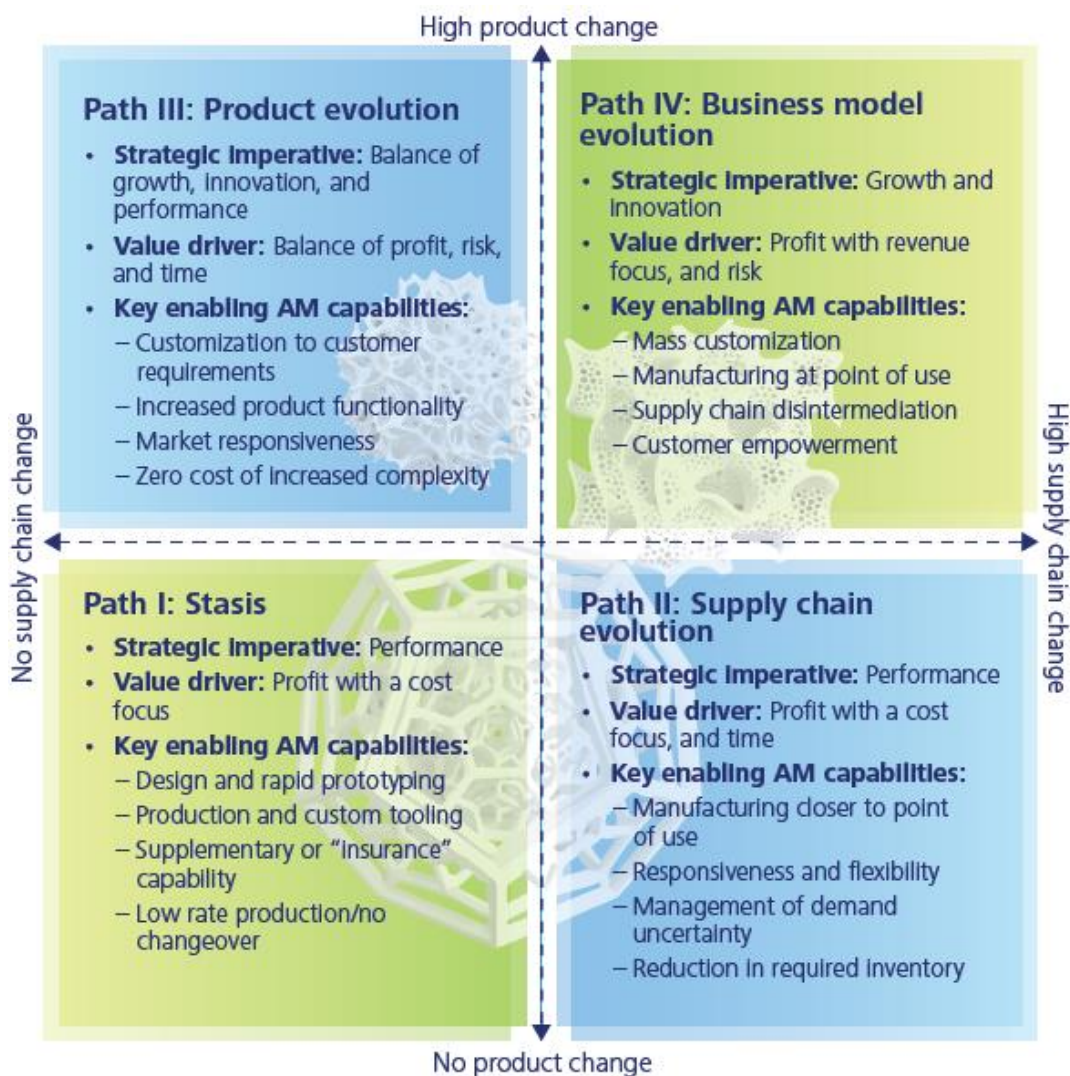
- **Pidä kurssi.** Yrityksille, jotka uskovat ettei 3D-tulostus tule olemaan merkittävässä roolissa heidän asiakkaillaan.
- **Tasapainoita.** Sopii yrityksille, jotka arvioivat 3D-tulostuksen vaikuttavan osaan kuljettavista tuotteista.
- **Järjestele verkostoja.** Strategia yrityksille, jotka näkevät parantamista kotimaan verkostoissa ja eivät ole valmiita lisääntyvään paikalliseen valmistukseen ja kuljetuksiin.
- **Luo uusia palveluita.** Yrityksille, jotka uskovat 3D-tulostuksen tarjoavan perustavanlaatuisia uusia mahdollisuuksia.

Cotteleer & Joycen (2014) tutkimuksen mukaan Deloitteen strateginen kehys lähestyy 3D-tulostusta tuotannon ja tuotteiden kautta lukien mukaan logistiikan. Välittömien kustannusten tarkastelu on Deloitteen lähtökohta 3D-tulostuksen ja perinteisen valmistuksen taloudellisten erojen selvittämiseksi. Taloudellisten lähtökohtien jälkeen Deloitte suosittelee epäsuorien ja asiakkaalle arvoa lisäävien tekijöiden tarkastelua.

Deloitte kuvaa strategisen tilan neljänä erilaisena kenttänä ja muutosmahdollisuudet kentästä tulevat tuotteen ja toimitusketjun muutoksen voimakkuudesta, kuva 22 (Cotteleer & Joyce 2014):

- **I, stabiili tilanne.** Yritys näkee tulevaisuuden stabiilina. 3D-tulostus ei aiheuta merkittävää muutosta tuotteissa tai toimitusketjuissa. Tässä tilanteessa yritys tutkii 3D-tulostuksen tarjoamia mahdollisuuksia nykyisissä tuotteissa ja toimitusketjuissa.

- **II, toimitusketjun evoluutio.** 3D-tulostuksen aiheuttama talouden skaalan muutos tarjoaa mahdollisuuden hyötyä toimitusketjun muutoksella, esimerkiksi valmistamalla lähempänä kulutusta.
- **III, tuotteen evoluutio.** Yritys hakee 3D-tulostuksesta hyötyä lähinnä valmistuksen kautta; parantamalla tuotteita, etsimällä uusi innovaatioita ja tuotteiden kustomoinnilla.
- **IV, liiketoimintamallin evoluutio.** Yritys hyödyntää 3D-tulostuksen teknologiamurrosta sekä tuotteiden että toimitusketjun kehittämisessä.



Kuva 22. Deloitte strateginen kehys 3D-tulostamisen vaikutuksille. (Cotteleer & Joyce, 2014)

Petrick & Simpson (2013) näkevät 3D-tulostuksen teknologiamurroksen aiheuttavan muutoksen, jossa suuruuden ekonomiasta tulee yhden tuotteen ekonomia. Näiden eroja on koottu taulukkoon 2.

Taulukko 2. *Suuruuden ekonomia verrattuna yhden tuotteen ekonomiaan. (Petrick & Simpson 2013)*

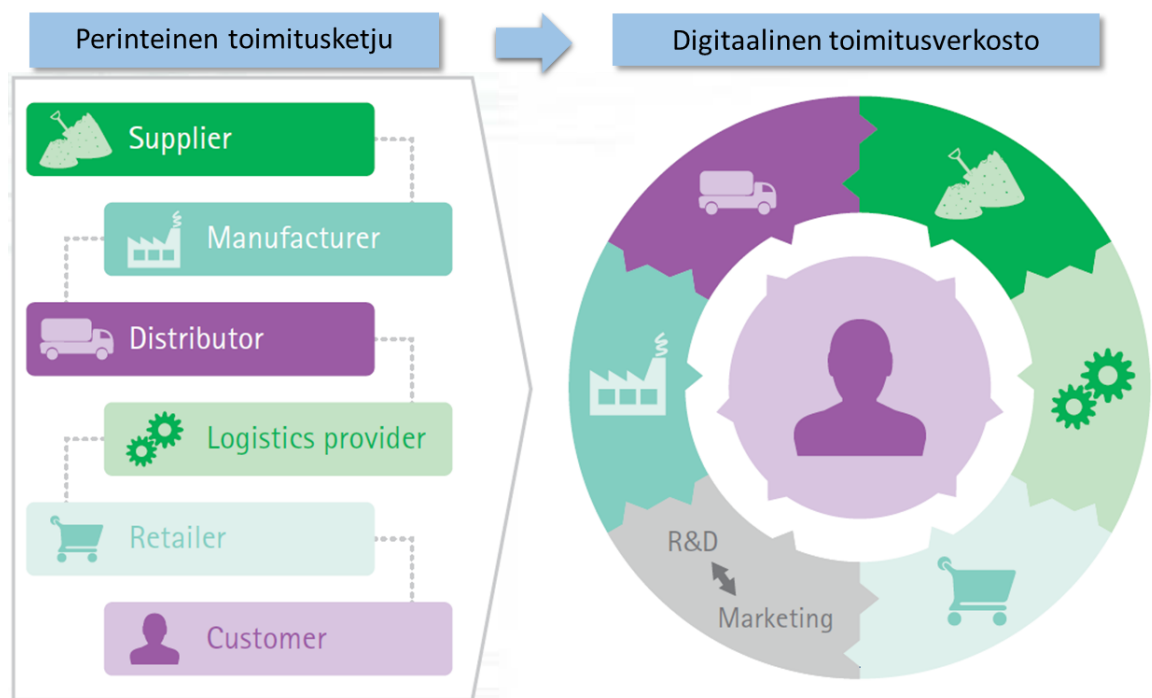
	Suuruuden ekonomia	Yhden tuotteen ekonomia
Kilpailuetu	Matalat kustannukset, suuret määrät	Loppukäyttäjän kustomointi
Toimitusketju	Peräkkäisten toimintojen hyvin määritelty ja ohjattu ketju	Epälineaarinen, heikosti määritelty paikallisten toimijoiden rypäs
Jakelu	Suuret määrät kattavat kuljetuskustannukset	Suora vuoropuhelu asiakkaan ja paikallisen valmistajan välillä
Talousmalli	Kiinteät + muuttuvat kustannukset	Muuttuvat kustannukset
Suunnittelu	Valmistus rajoitteineen ohjaa suunnittelua	Monimutkainen ja yksilöllinen suunnittelu
Kilpailu	Kilpailijat tunnetaan	Kilpailutilanne jatkuvassa muutoksessa

Strategiakonsultti Cerasis on arvioinut 3D-tulostuksen pitkän ajan vaikutuksia vertaamalla tilannetta nykyhetkeen, taulukko 3 (Robinson 2014).

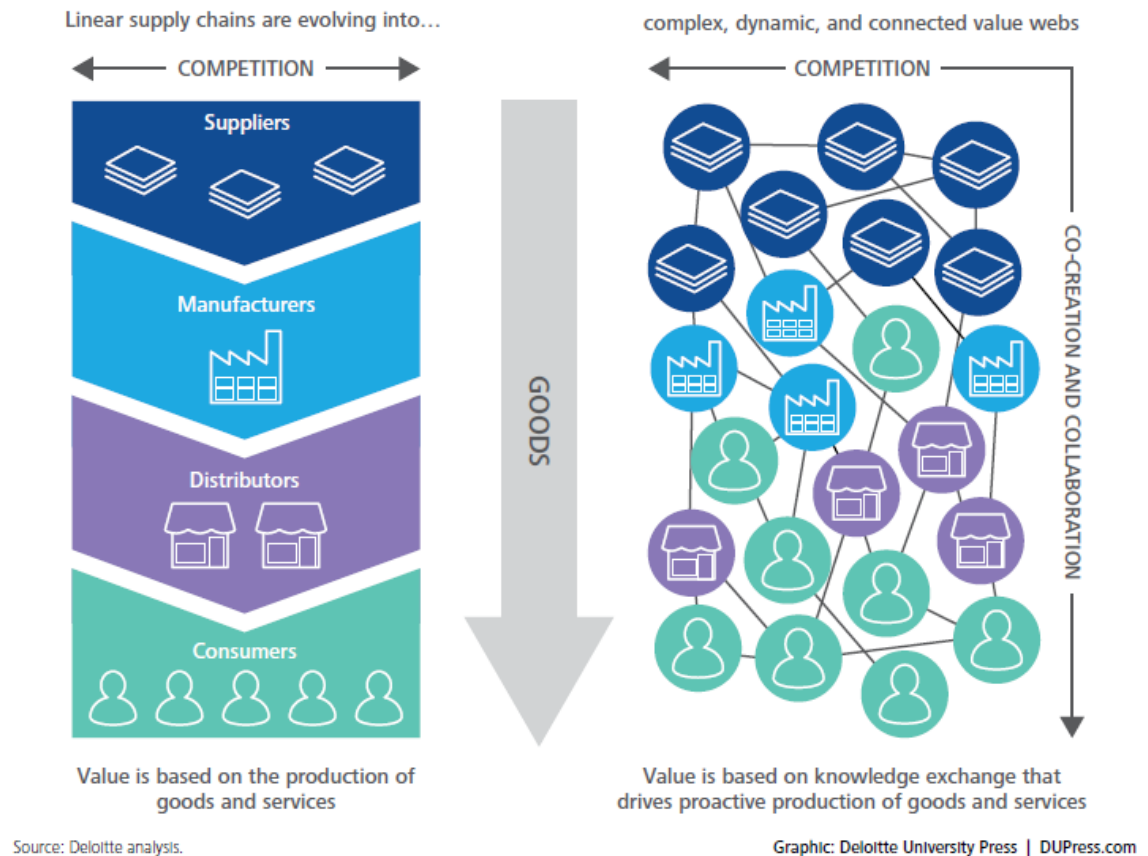
Taulukko 3. *Toimitusketjun muutos. (Robinson 2014)*

	Nykytilanne / Perinteinen toimitusketju	3D-tulostuksen toimitusketju
Tuotanto	Massatuotanto Kiinassa	Kustomoidut paikallisesti valmistetut tuotteet
Toimitus	Tuotteet pusketaan ja jaellaan varastojen kautta	Tuotteiden imuohjaus kysynnän mukaan
Jakelu	Pitkät toimitusajat Korkeat kuljetuskustannukset	Lyhyet toimitusajat Matalat kuljetuskustannukset
Ympäristö	Suuri hiilijalanjälki	Pieni hiilijalanjälki

Accenturen strategiatutkimus näkee 3D-tulostuksen olevan tärkeä osa, kun perinteinen toimitusketju muuttuu digitaalisesti toimitusverkostoksi, kuva 23. Accenturen mukaan 3D-tulostus tulee muuttamaan valmistusta kolmella tavalla. Ensimmäisenä on mahdollisuus nopeaan prototyyppien valmistukseen ja massakustomointiin, toisena 3D-tulostuksen ympärille syntyvät uudet ekosysteemit ja kolmantena yrityksille tarjoutuu mahdollisuus toiminnan tehostamiseen esimerkiksi varastojen hallinnan kautta (Rasmus et al. 2014). Samanlaista muutosta ennustaa myös Deloitte, jonka mukaan toimitusketjut muuttuvat verkostoiksi, joiden arvo syntyy tiedon välittämisestä, kuva 24 (Kelly & Marchese 2015).

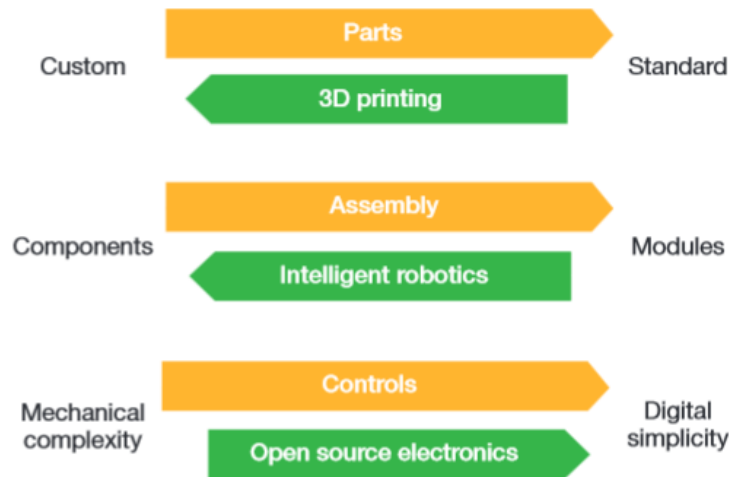


Kuva 23. Toimitusketjusta toimitusverkostoksi, Accenture. (Pohjakuva: Rasmus et al. 2014)



Kuva 24. Toimitusketjusta toimitusverkostoksi, Deloitte. (Kelly & Marchese 2015)

Myös IBM:n mielestä 3D-tulostus on yhtenä osana luomassa digitaalista vallankumousta. 3D-tulostus yhdistettynä älykkään robotiikan ja avoimen elektroniikan kanssa tulevat IBM:n mukaan mullistamaan tuotteiden suunnittelun ja valmistamisen perustat. 3D-tulostus mahdollistaa tuotteiden kustomoinnin, älykäs robotiikka osien asennuksen ja avoin elektroniikka ohjelmoitavat muutokset, kuva 25. Esimerkiksi perinteisessä valmistuksessa massatuotannon hyötyjä on pyritty lisäämään siirtymällä kustomoiduista standardeituihin osiin (kuvan ylin keltainen nuoli). 3D-tulostus mahdollistaa paluun kustomointiin (vihreä nuoli). Jokainen mainituista kolmesta murroksesta tulee vaikuttamaan erikseenkin toimitusketjuihin, mutta yhdessä ne tekevät IBM:n mukaan vallankumouksen. Kaikilla kuvatuilla murroksilla on yksi yhteinen ominaisuus, ne perustuvat ohjelmistokehitykseen. IBM käyttää näin syntyvistä toimitusketjuista termiä ohjelmistojen määrittämät toimitusketjut (software defined supply chains). (Brody & Pureswaran 2013)



Kuva 25. Perinteinen suunnittelu ja valmistus tulevat muuttumaan. (Brody & Pureswaran 2013)

3D-tulostus eri toimialojen strategioissa

3D-tulostus näkyy konsulttiyhtiöiden lisäksi maailmanlaajuisten logistiikkayhtiöiden strategioissa ja toiminnassa. Tässä tutkimuksen osassa tarkasteltiin logistiikkayhtiöiden strategioita ja millaisia mahdollisuuksia tai uhkia he näkevät 3D-tulostuksen tuovan.

DHL näkee 3D-tulostuksen lisäävän monimuotoisuutta valmistusstrategioihin. DHL:n mukaan mahdollisuus innovatiivisiin ratkaisuihin syntyy perinteisen ja 3D-valmistuksen logististen tarpeiden sovittamisesta. Täten vaikutukset logistiikkaan riippuvat asiakasyrityksen valitsemasta valmistusstrategiasta; jotkut yritykset siirtyvät täysin 3D-tulostukseen, jotkut 3D-tulostavat osan tuotteista ja jotkut eivät pysty hyödyntämään 3D-tulostusta. Tämä monimuotoisuus kuten myös perinteisen ja 3D-tulostuksen yhdistäminen haastavat olemassa olevat toimitusketjut. Ensimmäisenä muutos tullaan DHL:n mukaan näkemään varaosien toimitusketjussa. Varaosat tullaan 3D-tulostamaan pienissä yksiköissä lähellä lentokenttiä tai muita jakelukeskittymiä ja näin varastojen tarve vähenee ratkaisevasti. Uudet mahdollisuudet logistiikkayrityksille vaihtelevat 3D-tulostamisen raaka-aineketjun hallinnasta aina siirtymiseen osaksi 3D-tulostuksen toteutusta esimerkiksi perustamalla tulostuskeskuksia. (Bubner et al. 2014)

Itseasiassa UPS on jo toteuttanut DHL:n selvityksessä mainittuja mahdollisuuksia. Vuonna 2013 UPS käynnisti pilottiohjelman kuudella alueella Yhdysvalloissa. UPS:n palvelukeskuksissa noilla alueilla tarjottiin 3D-tulostamista kohteena muun muassa pienet yritykset ja yksityiset tuotekehittelijät. Ohjelma sai erittäin hyvän vastaanoton ja on UPS:n mukaan nopeuttanut yritysten tuotekehitystä. Pilottiohjelman menestyksen ja kasvaneen kiinnostuksen myötä UPS on laajentanut 3D-tulostuspalvelun yli 100 palvelukeskukseen Yhdysvalloissa (UPS Store 2014). UPS on myös tehnyt strategisen sijoituksen

CloudDMM:ään, joka käyttää 3D-tulosteiden jakeluun UPS:n verkostoa. Yritys on rakentanut sadan 3D-tulostimen keskuksen UPS:n maailmanlaajuisen jakelukeskuksen viereen Louisvilleen. Näin tavoitellaan laadukkaan 3D-tulostuksen ja tehokkaan jakelun yhdistämisestä syntyviä hyötyjä.

Euroopassa samoin kuin UPS on TNT varautunut 3D-tulostukseen sopeutumiseen perustamalla tulostuskeskuksia aluksi Saksan markkinoille. Myös TNT:n kohteena ovat pienet ja keskisuuret yritykset, joilla ei ole taloudellisia resursseja hankkia kalliita 3D-tulostimia.

Monien eri alojen yritykset testaavat 3D-tulostukseen perustuvia markkinoita. Esimerkiksi verkkokauppa Amazon.com on ottanut 3D-tulostetut tuotteet tarjontaan. Amazon.com on vahvistanut tätä tarjontaa aloittamalla yhteistyön Mixee Labs yhtiön kanssa (Krassenstein 2015). Toinen esimerkki eri alojen kehittymisestä on logistiikkayhtiö Maerskin kokeilu sijoittaa konttialuksiin 3D-tulostimia laivojen varaosien tulostamista varten (Canty 2014).

3.2 Ortogonaaliset muutospolut

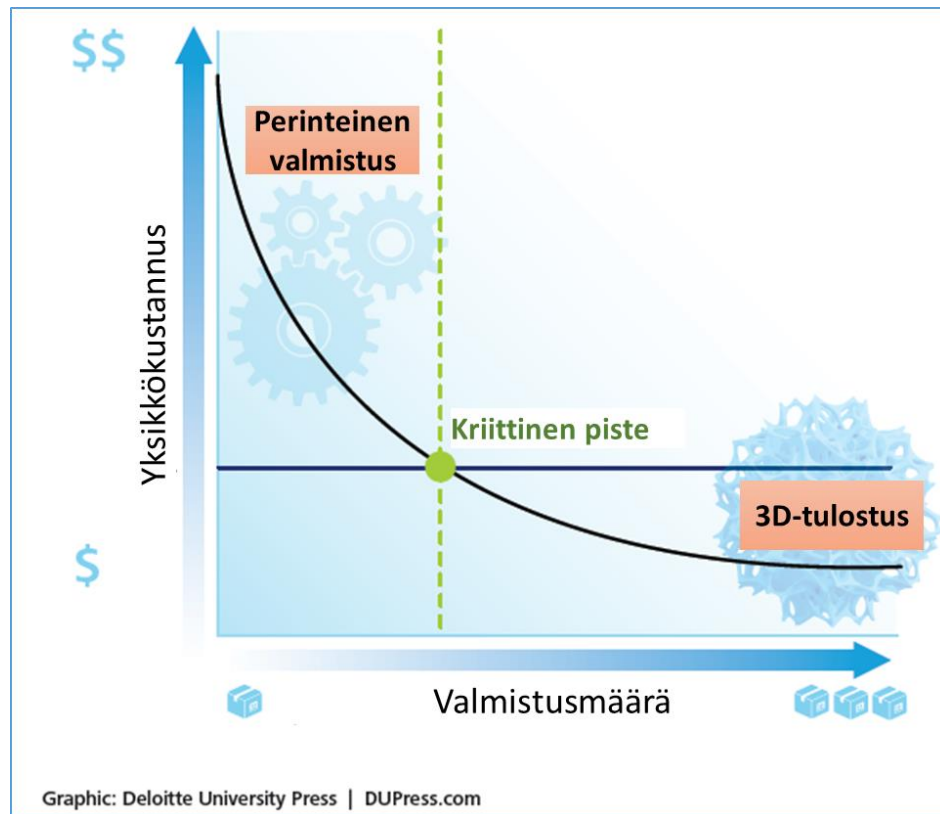
Edellä käsiteltyjen strategioiden pohjalta luotiin esille nousseista seikoista asiakokonaisuuksia, jotka nimettiin poluiksi. Näillä muutospoluilla päästiin analysoimaan 3D-tulostuksen aiheuttaman teknologiamurroksen vaikutuksia eri näkökulmista.

3D-tulostuksen logistiikka toimialaan tulevat muutokset ryhmiteltiin muutospolkuihin, jotka pohjautuvat Frost & Sullivanin (Vidyasekar 2014), McKinseyn (Manyika et al. 2013) ja Petrickin ja Simpsonin (Petrick & Simpson 2013) tulevaisuustutkimuksiin, ja Manners-Bell ja Lyonin tutkimukseen miten 3D-tulostus vaikuttaa logistiikkayrityksiin (Manners-Bell & Lyon 2014). Jokainen muutospolku ajateltiin ortogonaaliseksi, riippumattomaksi muista poluista. Seuraavassa esitellään 3D-tulostamisen kahdeksan ortogonaalista muutospolkua ja miten polkujen oletetaan vaikuttavan logistiikkaan ja/tai kuluttajien käyttäytymiseen.

1. Ekonomian muutos

3D-tulostus muuttaa valmistuksen ekonomiaa radikaalisti, suuruuden ekonomiasta yhden tuotteen ekonomiin. 3D-tulostuksessa kiinteät kustannukset ovat vähäiset, joten valmistusmäärällä ei ole merkittävää hintavaikutusta ja yksikköhinta pysyy samana valmistusmäärästä riippumatta. Perinteisessä valmistuksessa yksikkökustan-

nukset tyypillisesti laskevat valmistusmäärän noustessa. 3D-tulostuskustannusten las-
kiessa valmistusmäärän kriittinen piste, kohta milloin 3D-tulostus tulee edullisem-
maksi kuin perinteinen valmistus, siirtyy kohti suurempia valmistusmääriä, kuva 26.



*Kuva 26. Kriittinen piste, perinteinen valmistus ja 3D-tulostus. (Pohjakuva, Cotte-
leer & Joyce 2014)*

2. Toimitusketjun ohjaustapamuutos

3D-tulostuksessa toimitusketjunohjaus tulee perustumaan imuohjaukseen (Pull). Työntö (Push, valmistaminen varastoon) ohjaustapana tulee jäämään vähäiseksi. Imuohjaus on jo kauan ollut yleinen ohjaustapa tuotannossa ja 3D-tulostuksessa asiakkaalta tuleva tilaus on konkreettisesti lähempänä valmistusta, jolloin hyvän toimitusketjun hyödyt muuttuvat. Tämä vaikuttaa erityisesti toimitusketjun alavirran perusteisiin ja siihen, että ylävirran kuljetuksiin jää periaatteessa vain raaka-ainekuljetukset. Tilauksesta valmistaminen tulee vaikuttamaan myös valmistaja-tukkumyyjä-jälleenmyyjä rakenteeseen ja rooleihin.

3. Kysynnän ennustaminen

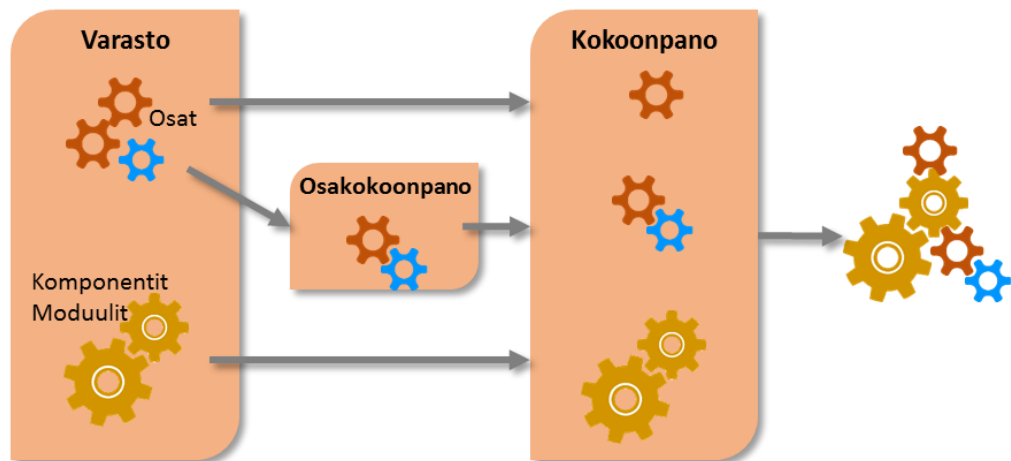
Toimivan logistiikan perusteita on ollut onnistuminen kysynnän ennustamisessa ja tämän tiedon vieminen läpi toimitusketjun. 3D-tulostuksen myötä siirrytään kysynnän ennustamisesta reaaliaikaiseen kysyntään, joka täytetään samanaikaisesti. Tämä tulee muuttamaan myös markkinointia. Periaatteessa 3D-tulostetut tuotteet eivät lopu vaikka myyjä niin väittääkin, kuva 27.



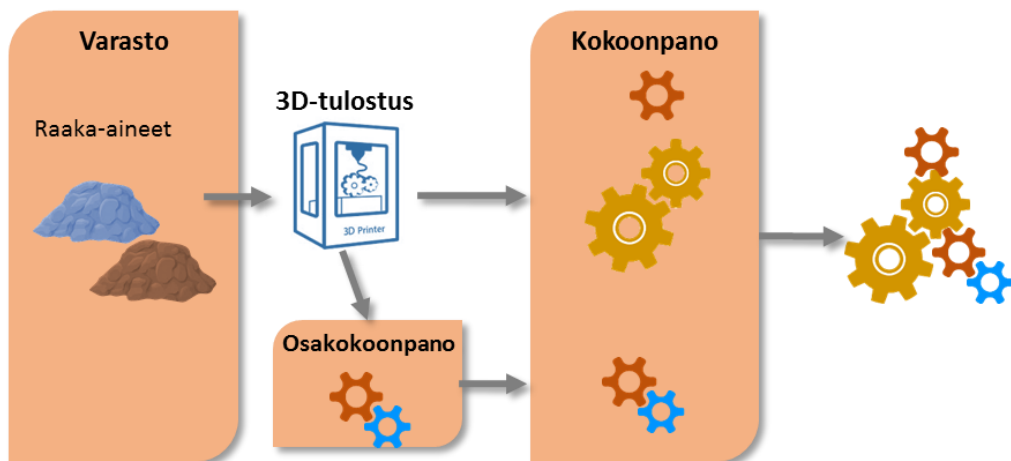
Kuva 27. Perinteinen markkinointi 3D-tulostetulle tuotteelle. (Pohjakuva www.amazon.com)

4. Tuotteiden varastointi

Perinteisessä valmistuksessa tehtaalla on kuvan 28 mukaisesti osien ja komponenttien varastoja. Lisäksi varastoidaan valmiit tuotteet. Lähelle kuluttajaa viedyssä 3D-tulostukseen perustuvassa valmistuksessa valmiiden tuotteiden varastointi vähenee, koska ne valmistetaan kysynnän mukaan. Näin varastoitavaksi jää vain raaka-aineet, kuva 29. Periaatteessa samoja raaka-aineita voidaan käyttää paikallisesti useiden erilaisten tuotteiden valmistamiseen, niin tämäkin muuttaa varastoinnin tarvetta ja ohjausta.

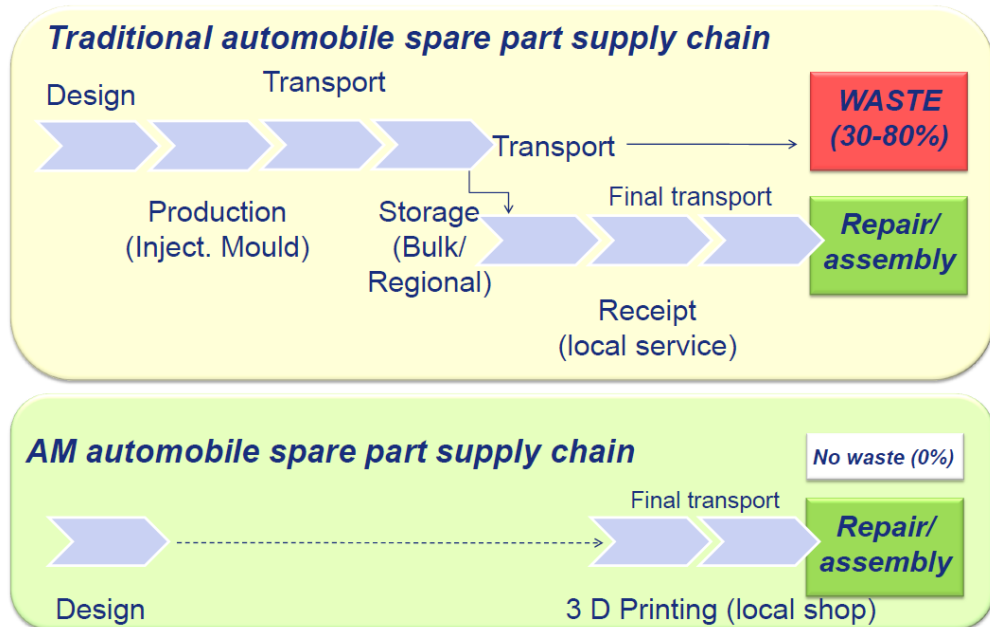


Kuva 28. Perinteinen tehdas lattiatasolla. (Mukailtu: Lee 2013)



Kuva 29. 3D-tehdas lattiatasolla. (Mukailtu: Lee 2013)

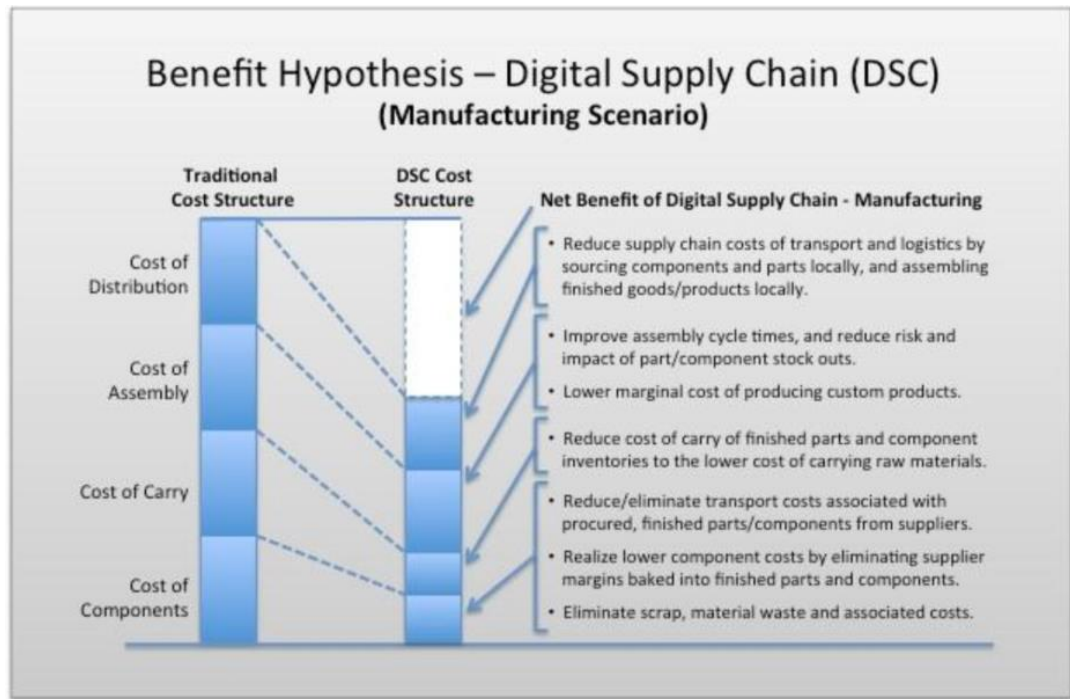
Varaosien varastointi tulee olemaan ensimmäisiä toimintoja, joihin 3D-tulostus vaikuttaa. Nykyisin varaosien varastointiin käytetään maailmanlaajuisesti miljardeja euroja. Varaosien toimitusketjut on rakennettu varmistamaan koneiden ja laitteiden toiminta lyhyellä varoitussajalla eri puolilla maapalloa. 3D-tulostuksessa varaosien toimitusketjusta poistuu varastointi ja kuljetusvaiheet vähenevät, kuva 30.



Kuva 30. 3D-tulostettujen varaosien toimitusketju. (www.berenschot.com)

5. Valmistuksen murros

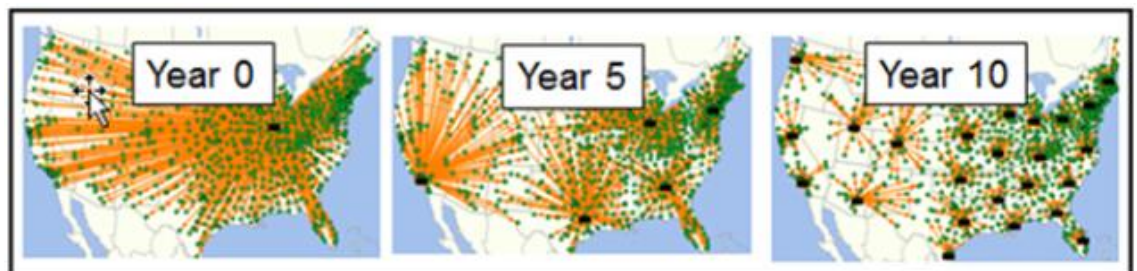
Valmistus muuttuu 3D-tulostuksen myötä globaalista alueelliseksi tai paikalliseksi. Toimitusketjun eri vaiheiden kustannusrakenne tulee muuttumaan. Kuvassa 31 on esitetty kaavio, jossa IBM on jakanut kustannukset osatekijöihin ja ennustaa voimakaimman kustannusten pienemisen tapahtuvan kuljetuksissa (Lee 2103). Myös osavalmistuksen komponenttikustannukset pienenevät, kuten kuvissa 28 ja 29 edellä esitettiin.



Kuva 31. Kustannusrakenteen ennustettu muutos. (Lee 2013)

6. Kuljetusten muutos

3D-tulostetut tuotteet on järkevää valmistaa mahdollisimman lähellä kuluttajaa. Näin ollen valmiiden tuotteiden kuljetukset siirtyvät pitkän matkan kuljetuksista ns. viimeisen kilometrin kuljetuksiksi. IBM tutki 3D-tulostuksen vaikutusta toimitusketjuihin. Esimerkkituotteeksi toimitusketjujen muutoksille valittiin kuulolaite, joka voidaan 3D-tulostaa miltei kokonaan 10 vuoden kuluttua. Kuvassa 32 on esitetty muutoksen vaikutus jakeluun. Tämän tyyppisillä muutoksilla oletetaan olevan suuri vaikutus nykyisin merkittävässä roolissa oleviin tuotteiden meri- ja lentokuljetuksiin. Raaka-ainekuljetusten rooli tulee korostumaan 3D-tulostuksen myötä. Jos 3D-tulostus kotona yleistyy tulostimien hinnanlaskun myötä, niin raaka-aineiden kotikuljetukset synnyttävät uusia mahdollisuuksia kuljetusyrietyksille.



Kuva 32. 3D-tulostuksen vaikutus jakeluun. (www.scdigest.com)

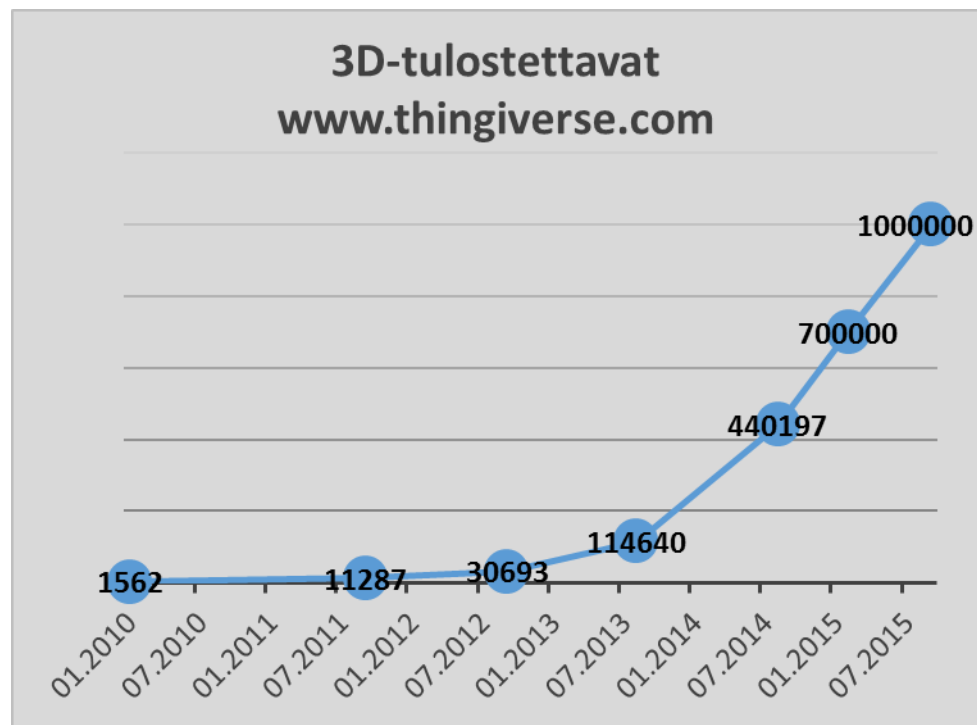
7. Ympäristövaikutukset

3D-tulostuksen oletetaan pienentävän lopputuotteen hiilijalanjälkeä monin eri tavoin. Valmistukseen liittyvät kuljetusten aiheuttamat päästöt pienenevät, koska tuotteet voidaan valmistaa yhdellä kertaa, eikä tarvita osatuotteita ja niihin liittyviä kuljetuksia. Valmiiden tuotteiden kuljetusmatkat lyhenevät merkittävästi.

3D-tulostuksessa materiaalia lisätään tarvittaessa ja näin valmistuksen hukka pienenee verrattuna materiaalia poistavaan valmistustapaan. Suunnittelun kautta voidaan myös materiaalien kokonaismenekkiä pienentää. Nämä molemmat pienentävät tuotteen materiaaleista aiheutuvaa hiilijalanjälkeä.

8. Valmistus demokratisoituu

Perinteisessä valmistuksessa suuryrityksillä on valta päättää mitä valmistetaan. 3D-tulostus muuttaa tätä, tuotteen valmistaminen ei ole enää riippuvainen tehtaasta vaan kuluttajat ja suunnittelijat voivat 3D-tulostaa omat tuotteensa ja jakaa omat suunnitelmansa muiden tulostettaviksi. Käyttäjien jakamien 3D-tulostettavien reseptien määrä Thingiverse-sivustolla on kasvanut eksponentiaalisesti viimeisen kahden vuoden aikana ja ylittänyt 1 miljoonan rajan syyskuussa 2015, kuva 33.



Kuva 33. Käyttäjien jakamat 3D-reseptit Thingiverse-sivustolla.

Toinen mielenkiintoinen yhteisöpalvelumalli on yksityishenkilöiden tarjoamat 3D-tulostukset muille käyttäjille. Tällaista palvelua tarjoavat Makexyz ja 3D Hubs. 3D Hubs markkinoi tarjoavansa miljardille ihmiselle 3D-tulostusmahdollisuuden alle 15 km etäisyydellä heidän kotoaan. Liiketoimintamallina on ottaa muutama prosentti palvelun tarjoajan kautta kulkevista töistä. Nämä palvelumallit edistävät valmistuksen demokratisoitumista.

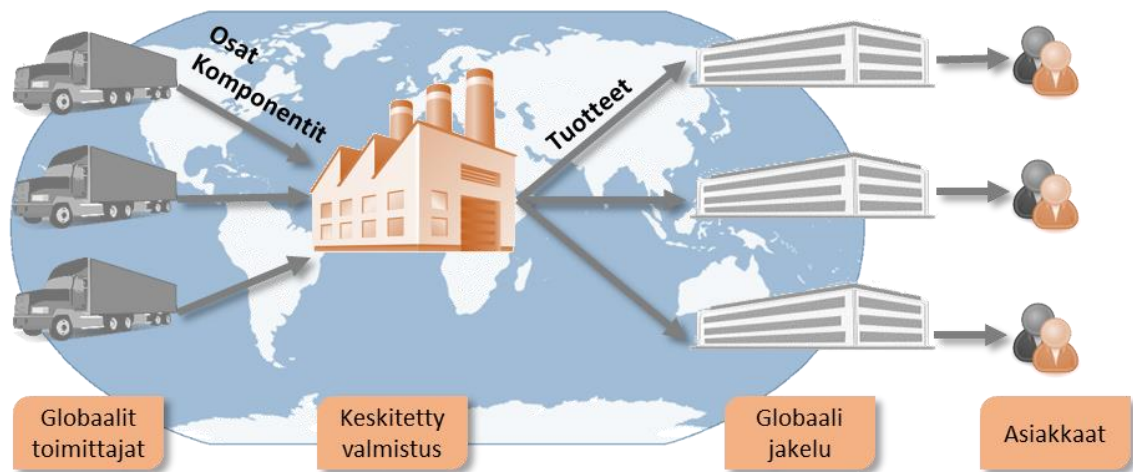
4. LOGISTIIKAN MAAILMANKARTTA 2030

Kuten edellä on kerrottu, 3D-tulostus valmistusmenetelmänä on tätä päivää monilla aloilla lentokoneiteollisuuden ollessa edelläkävijä. 3D-tulostuksen seurauksena syntynyt teknologinen murros etenee vaikuttaen moniin toimintoihin ja muutos on suurempi kuin yksi uusi valmistustapa. Erityisesti murroksen ennustetaan vaikuttavan merkittävästi logistiikkaketjuihin ja myös kuljetuksiin.

Aluksi tässä luvussa käsitellään 3D-tulostuksen myötä tulevaa toimitusketjun muutosta toimitusverkostoksi ja miten 3D-tulostukseen pohjautuvaa verkostoa hallitaan. Luvun lopuksi kuljetusten maailmanlaajuista muutosta hahmoteltiin kolmen erilaisen skenaarion kautta. Skenaarioiden pohjana käytettiin edellisessä luvussa kuvattuja ortogonaalisia muutospolkua ja muutosten voimakkuutta eri skenaariotilanteissa. Muutosten voimakkuus arvioitiin asteikolla; vaimea (1-3), kohtalainen (4-7) ja voimakas (8-10). Ensimmäisen skenaarion ”Nykytila kehittyy” kohdalla voi olla osittain virheellistä puhua skenaariosta, sillä tämä on jo toteutunut. Skenaariossa kuvataan tilannetta, kun kehitys jäi nykyiseen tilanteeseen. Samoin mitä mahdollisuuksia logistiikkayrityksille tämä maltillinenkin kehitys tarjoaa. Toisessa skenaariossa 3D-tulostuksen oletetaan yleistyvän lähinnä kustomoitujen kulutustuotteiden valmistuksessa. Viimeisessä pisimmälle menevässä tulevaisuuden kuvassa 3D-tulostus on yleistynyt laajasti ja aiheuttanut merkittävän teknologisen murroksen.

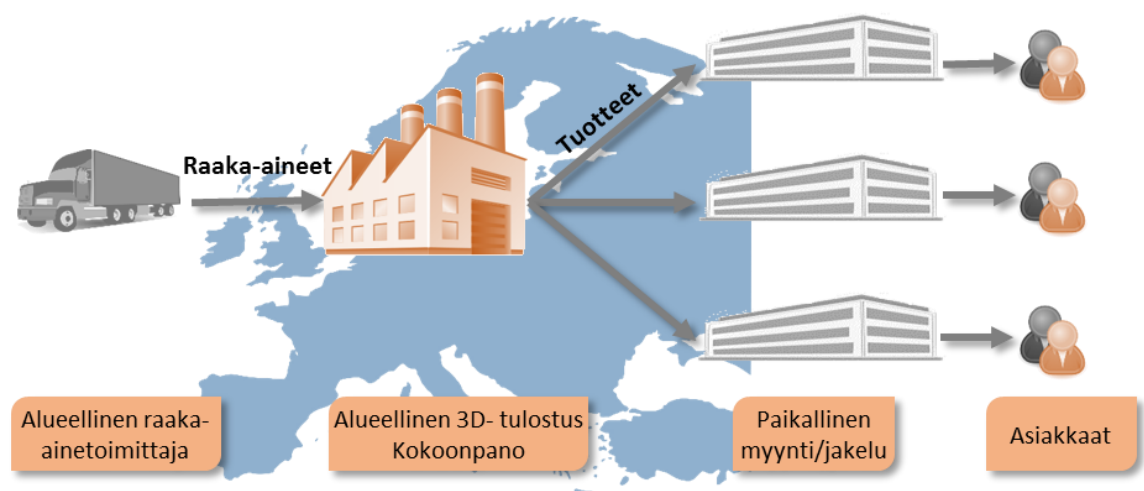
4.1 Digitaalinen toimitusverkosto

Toimitusketjun muutoksen ennustetaan tapahtuvan 3D-tulostuksen edistymisen myötä tuoteryhmittäin. Perinteinen toimitusketju sellaisena kuin se tänä päivänä tunnetaan, tulee säilymään tuoteryhmissä, joissa 3D-tulostusta ei voida soveltaa. Tällaisen toimitusketjun merkityksen oletetaan pienenevän, koska ketju toimii 3D-tulostuksen etenemisen vuoksi yhä pienemmälle määrälle valmistusta. Toisessa ääripäässä ovat tuotteet, joissa ei tarvita kokoonpanoa ja ne tullaan 3D-tulostamaan paikallisesti kysynnän mukaan. Perinteinen toimitusketju on suunniteltu valmistamaan suuria määriä, joten valmistus on tehty keskitetysti matalan tulotason maissa. Näiden tuotteiden jakelu on hoidettu maailmanlaajuisen jakeluverkoston kautta, kuva 34.



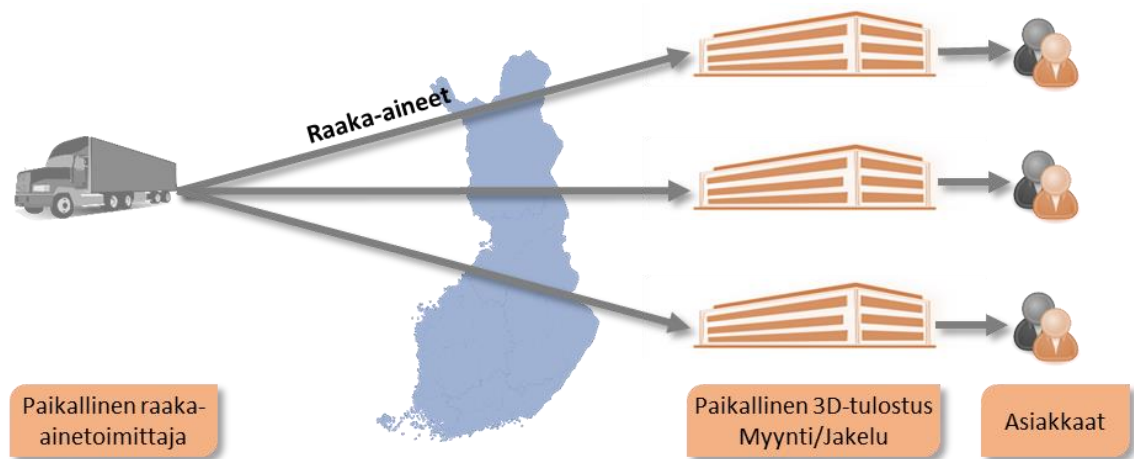
Kuva 34. Perinteinen toimitusketju. (Mukailtu: www.insights-on-business.com)

3D-tulostettavissa tuotteissa on oletettavaa, että syntyy useita erilaisia toimitusketjumuotoja. Tuotteet, joihin kuuluu kokoonpanoa, kannattaa ehkä valmistaa alueellisesti ja jaella paikallisesti, kuva 35. Alueellisen tulostuskeskuksen sijainti ja koko tulevat riippumaan tuotteesta ja sen valmistusmääristä.



Kuva 35. 3D-tulostus toimitusketju kokoonpanoa vaativille tuotteille. (Mukailtu: www.insights-on-business.com)

Tuotteiden, jotka voidaan kokonaan 3D-tulostaa paikallisesti, toimitusketjusta tulee hyvin suoraviivainen, kuva 36.



Kuva 36. 3D-tulostus toimitusketju. (Mukailtu: www.insights-on-business.com)

Toimitusketjun hallinnan ennustetaan Accenturen (Rasmus et al. 2014) ja Deloitteen (Kelly & Marchese 2015) mukaan jatkossa olevan toimitusverkoston hallintaa. Verkostot tulevat olemaan monipolvisia ja tilanteiden mukaan muuttuvia. Perinteinen toimitusketju on suhteellisen tiukasti määritelty ja eristetty sekä prosessivaiheiden että toimijoiden roolien osalta, kuva 37. Perinteisessä ketjussa kuluttaja on ollut ketjun päätepisteessä. Materiaali- ja erityisesti tietovirta ovat olleet tunnettuja.

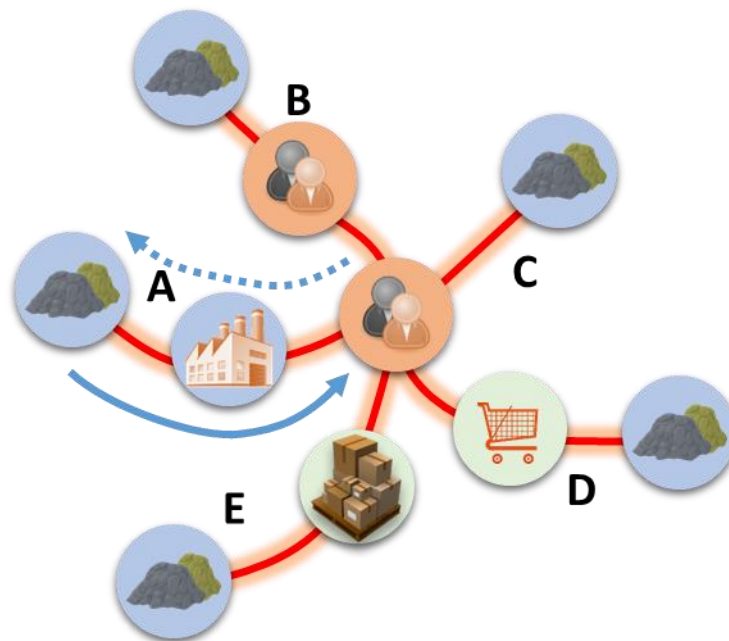


Kuva 37. Perinteisen valmistuksen toimitusketju (toimittaja-valmistaja-tukkuliikettä jälleenmyyjä-kuluttaja).

Toimitusketjusta toimitusverkostoksi muutoksessa prosessivaiheiden määrä vaihtelee tilanteen mukaan ja toimijoiden roolit vaihtelevat. Kuvassa 38 on esitetty 3D-tulostukseen liittyviä toimitusketjuvaihtoehtoja lyhimmillään:

- a. Valmistaja 3D-tulostaa suoraan kuluttajalle
- b. Kuluttaja 3D-tulostaa toiselle kuluttajalle
- c. Kuluttaja 3D-tulostaa itse
- d. Jälleenmyyjä 3D-tulostaa kuluttajalle
- e. Tukkuliike (jakelukeskus) 3D-tulostaa kuluttajalle

Kuten huomataan 3D-tulostus siirtää kuluttajan tavallaan verkoston keskipisteeseen ja kuluttaja saa päättää missä ja millä tavalla valmistetun hyödykkeen hän haluaa (Peterson et al. 2014). Kuluttajan roolikin voi vaihdella. Hän voi olla toimitusketjussa valmistaja, myyjä tai ostaja. Rooleilla on myös vaikutusta tukkumyyjä-jälleenmyyjä suhteisiin, esimerkiksi tarvitaanko enää tukkukauppaa, heidän roolinsahan on pelkistettynä olla varastoija. Sitä vastoin raaka-ainetoimittajien rooli, ja raaka-ainekuljetukset ja niiden hallinta tulevat korostumaan. Materiaalivirrat ovat lyhyitä ja dynaamiset tietovirrat syntyvät kuluttajan hankintapäätöksellä ja katoavat melkein saman tien. Syntyvien toimitusverkostojen ohjauksessa ennustetaan informaation hallinnan ja siihen liittyvän ohjelmistokehityksen olevan avainasemassa. Niinpä IBM puhuu digitaalisesta toimitusketjusta. IBM on myös kiteyttänyt asian seuraavasti: muutoksen tuloksena syntyy suuren, kompleksisen ja globaalin toimitusketjun sijaan suhteellisen pieni, yksinkertainen ja paikallinen toimitusverkosto. (Lee 2013)



Kuva 38. 3D-tulostuksen toimitusketjuja.

Esimerkkinä muutoksen vaikutuksesta toimitusketjunhallinnan perusteisiin on kuvassa 39 esitetty perinteisen valmistuksen tyypillisiä logistiikan ristiriitatilanteita ja miten ne poistuvat 3D-tulostuksen myötä.



Kuva 39. Logistiikan poistuvia ristiriitatilanteita. (Pohjakuva, Logistiikan maailma 2015)

4.2 Skenaario A: Nykytila kehittyy maltillisesti

Skenaarion alkutilanne

Skenaarion tilanne syntyy, kun 3D-tulostuksen hypetys hiljenee nopeasti 2010- ja 2020-lukujen taitteessa ja ennustettu teknologinen murros jää odotuksia pienemmäksi. Tähän on muutamia selviä syitä:

- Sosiaalisessa mediassa 3D-tulostuksen vastustus saa vettä myllyyn kun tulostettuja aseita käytetään terrorismi-iskuissa. Kuluttajat välttelevät 3D-tulostettuja tuotteita. Ja myös yritykset luopuvat negatiivisen julkisuuden pelossa 3D-tulostushankkeista vähin äänin.
- Toinen ikävää julkisuutta saanut tapaus ovat tekniset vaikeudet 3D-tulostettujen lentokoneen moottoreiden osissa. Onnettomuuksia vialliset osat eivät aiheuta, mutta runsaan negatiivisen uutisoinnin ja taloudellisten vaikutusten vuoksi valmistajat joutuvat luopumaan 3D-tulostetuista osista.
- Kotitulostus ei koskaan lähde odotettuun kasvuun vaan hiipuu harvojen ihmisten harrastukseksi. Suurin yksittäinen syy tähän on 3D-tulostinvalmistajien strategia suunnitella tulostimet sitten, että laitteissa täytyy käyttää valmistajan omia raaka-aineita, ja tämä nostaa tulostuskustannuksia ja rajoittaa kilpailua kohtuuttomasti. Vuonna 2030 kirpputoreilta löytyy kuluttajien 3D-tulostimia, jotka ovat jääneet käyttämättömiksi.

- Teollisuudessa 3D-tulostus on yleisin tapa valmistaa malleja ja tuotannon työkaluja
- 3D-tulostus kehittyi erikoiskoneiden varaosien pääasialliseksi valmistusmenetelmäksi

Vaikutukset logistiikkaan

Kulutustuotteiden valmistus jää hyvin pieneksi ja täten toimitusketjut säilyvät perusominaisuuksiltaan samanlaisina kuin nykyisin. Skenaariossa muutospolkujen toteutuminen jää keskimäärin vaimeaksi. Merkittävin on muutospolun tuotteiden varastointi kohtalainen toteutuminen. Yhteenvedo muutospolkujen vaikutuksista on esitetty kuva 40.

Ekonomian muutos

Polun vaikutuksen voimakkuus on *vaimea*.

Toimitusketjun ohjaustapamuutos

Polun vaikutuksen voimakkuus on *vaimea*.

Kysynnän ennustaminen

Polun vaikutuksen voimakkuus on *vaimea*.

Tuotteiden varastointi

Varaosien 3D-tulostus lisääntyy joillakin toimialoilla kuten lentokoneteollisuus ja siten osien varastointitarve vähenee. Polun vaikutuksen voimakkuus on *kohtalainen*.

Valmistuksen murros

Polun vaikutuksen voimakkuus on *vaimea*.

Kuljetusten muutos

Polun vaikutuksen voimakkuus on *vaimea*.

Ympäristövaikutukset

Polun vaikutuksen voimakkuus on *vaimea*.

Valmistus demokratisoituu

Polun vaikutuksen voimakkuus on *vaimea*.



Kuva 40. Muutospolkujen voimakkuus skenaariossa A: 'Nykytila kehittyy maltillisesti'.

4.3 Skenaario B: Kustomoitavat kulutustuotteet

Skenaarion alkutilanne

Kuluttajien innostus kustomointiin 3D-tulostuksen avulla lisääntyy median vaikutuksesta nopeasti ja skenaario rakentuu kustomoitavien kulutustuotteiden, sosiaalisen median ja yksilöllisyyden näkökulmasta. Tunnusomaisia piirteitä syntyneelle tilanteelle ovat:

- 3D-tulostuksesta tulee muoti-ilmiö ja se yleistyy valmistusmenetelmänä useissa kulutustuotteissa. Varsinkin tuotteissa, joissa yksilöllisyys on erityisen haluttua.
- Tilauksesta valmistaminen 3D-tulostamalla on merkittävin toimitustapa kustomoiduissa tuotekategorioissa esimerkkinä korut ja lelut
- Erityisesti korujen valmistaminen kokee käsityön renessanssin. Ihmiset jakavat omia suunnitelmiaan avoimesti sosiaalisen median kautta.
- Kuuluisuuksien käyttämistä 3D-tulostetuista koruista tulee ilmiö. Tämä tuo esiin uusia suunnittelijoita, joilta kuluttajat tilaavat henkilökohtaisesti kustomoituja koruja.
- 3D-tulostettavan elektroniikan teknisiä haasteita ei saada ratkaistua ja tämä rajoittaa tuotteet tältä osin hyvin yksinkertaiseen elektroniikkaan

- Varaosien valmistaminen 3D-tulostuksella yleistyy keinona pienentää varastoja ja niihin sitoutunutta pääomaa
- Lentoyhtiöiden vaatimukset korjausseisokkien lyhentämiseksi johtavat siihen, että lentokonevalmistajat sijoittavat varaosien valmistamista varten suurimmille lentokentille 3D-tulostimet
- Yleisin tapa valmistaa teollisuuden tarvitsemat työkalut ja muotit on 3D-tulostus

Vaikutukset logistiikkaan

Vaikutukset ovat voimakkaat muutospoluilla tuotteiden varastointi ja valmistus demokratisoituu. Yhteenveto vaikutuksista yksittäisten ortogonaalisten muutospolkujen näkökulmasta on esitetty kuvassa 41.

Ekonomian muutos

Muutos tapahtuu vain joillakin tuoteryhmillä hyvin voimakkaasti, toisilla ei juuri lainkaan. Kokonaisuutena vaikutuksen voimakkuudeksi polulla arvioidaan *kohtalainen*.

Toimitusketjun ohjaustapamuutos

Polun vaikutus jää pieneksi, koska eteneminen tapahtuu kokonaistaloudellisesti vähemmän merkitsevillä alueilla. Polun vaikutuksen voimakkuus on *vaikea*.

Kysynnän ennustaminen

Samoin kuin edellä polun muutos tapahtuu koruissa ja leluissa. Vaikka muutos on suuri kyseessä olevissa tuoteryhmissä, niin taloudellisesti kokonaisvaikutus jää suhteellisen pieneksi. Polun vaikutuksen voimakkuus on *kohtalainen*.

Tuotteiden varastointi

3D-tulostuksen myötä varaosien varastointi tulee vähenemään. Skenaariossa 3D-tulostettaviksi ajatellut kulutustuotteet tarvitsevat hyvin vähän varastotilaa. Näiden kahden seikan seurauksena polun vaikutuksen voimakkuus on *kohtalainen*.

Valmistuksen murros

Skenaariossa käytettävien kulutustuotteiden 3D-tulostuksella on vaikutusta tuotteiden kustannusrakenteeseen. Polun vaikutuksen voimakkuus on *kohtalainen*.

Kuljetusten muutos

Muutos tällä polulla jää pieneksi, koska kyseessä ovat kooltaan pienet tuotteet, joiden kuljetustavan vaihdolla on pieni vaikutus kuljetuksiin kokonaisuutena. Polun vaikutuksen voimakkuus on *vaikea*.

Ympäristövaikutukset

Sekä valmistuksen että tuotteiden kuljetuksen ympäristövaikutukset jäävät pieniksi. Polun vaikutuksen voimakkuus on *vaimea*.

Valmistus demokratisoituu

Tällä polulla 3D-tulostuksen vaikutus näkyy kustomoitujen tuotteiden menestyksenä. Kustomoidut kulutustuotteet tuovat hyvin esiin potentiaalin, mikä valmistuksen demokratisoitumisella on. Polun vaikutuksen voimakkuus on *voimakas*.



Kuva 41. Muutospolkujen voimakkuus skenaariossa B: 'Kustomoitavat kulutustuotteet'.

4.4 Skenaario C: 3D-tulostuksen läpimurto

Skenaarion alkutilanne

3D-tulostus jatkaa nopeaa kasvua 2010-luvun puolivälistä. Kasvu on ripeää jopa eksponentiaalista monilla aloilla. Skenaarion tilanne rakentuu seuraavasti:

- Massakustomoinnin keinot kehittyvät nopeasti: Internet tilaukset, 3D-skannaus ja editointi mobiililaitteilla mahdollistavat esimerkiksi toiminnan ”haluan tällaiset kengät näillä muutoksilla”
- Itsesuunnittelusta tulee pysyvä trendi ”Self designed-self made” ja yksilöllisen käsityötaidon arvostus nousee
- Sosiaaliset verkostot ovat merkittävässä roolissa. Ihmiset tarjoavat suunnitelmien lisäksi 3D-tulostusta verkostojen kautta.
- Tuotteiden suunnittelun omaksuu 3D-tulostuksen mahdollisuudet ja 3D-tulostetut tuotteet ovat edullisempia kuin perinteisellä valmistustavoilla tehdyt
- Tekniset ja turvallisuus vaatimukset täyttävät tuotteet, kuten autojen varaosat, tehdään tulostuskeskuksissa
- Erittäin vaativiin tulostuksiin pystyvien tulostimien hinta laskee 2 miljoonasta 50 000 euroon. Samalla tulostusnopeus parantuu 10-kertaisesti.
- Ihmisen ”varaosien”, elinten 3D-tulostuksessa (biotulostus) tehdään lopullinen läpimurto, kun maksa korvataan 3D-biotulostetulla
- 3D skannereilla saadaan tarkat kuvat tuotteista tai henkilöistä. Näin voidaan 3D-tulostaa esimerkiksi varaosia tai vaatteita.
- Skannausta ja 3D-tulostusta käytetään myös kaupalliseen kopiointiin. Yhteistyö Euroopan, Kiinan ja Yhdysvaltojen kesken taltuttaa IP-oikeuksien rikkomisen.
- Suurin osa kulutustuotteista tulostetaan kotona tai tulostuskeskuksissa lähellä kuluttajia
- Tuotteiden suunnitteluperiaatteiden muutos nopeuttaa 3D-tulostuksen yleistymistä. Tuotteet, joita ei voida 3D-tulostaa, ovat tämän kehityksen myötä harvinaisia ja jopa kalliita.
- Varaosien varastointi vähenee radikaalisti. Lentokoneiden varaosien 3D-tulostus mahdollisuus on yhä pienemmillä kentillä. Laivoihin sijoitetaan 3D-tulostimet varaosien tulostamiseen.

Vaikutukset logistiikkaan

Skenaarion vaikutukset useimmilla yksittäisillä muutospoluilla ovat merkittävät. Yhteen veto muutospolkujen vaikutuksista on esitetty kuvassa 42.

Ekonomian muutos

3D-tulostuksen yksikkökustannukset laskevat tulostinten hintapudotuksen ja raaka-aineiden kilpailun myötä reilusti. Muutospolun vaikutus on *voimakas*.

Toimitusketjun ohjaustapamuutos

Toimitusketjut muuntuvat digitaalisiksi toimitusverkostoiksi. Ohjaustapana on melkein pelkästään imuohjaus. Polun vaikutuksen voimakkuus on *voimakas*.

Kysynnän ennustaminen

Raaka-ainetoimittajien tehokkaan yhteistyön myötä kysynnän ennustaminen poistuu, miksi ennustaa jotain jos ennusteella ei ole käyttöä. Polun vaikutuksen voimakkuus on *voimakas*.

Tuotteiden varastointi

Tuotteita, jotka ovat 3D-tulostettavissa, ei valmisteta varastoon. Varaosien varastointi vähenee radikaalisti. Enää varastoidaan vain varaosat, joihin 3D-tulostus ei kerta kaikkiaan ole mahdollista. Polun vaikutuksen voimakkuus on *voimakas*.

Valmistuksen murros

Erityiset 3D-tulostuskeskukset tekevät paikallisesti tuotteita ja koneiden ja laitteiden varaosia. 3D-tulostimien halpenemisen myötä keskukset sijoitetaan lähelle tarvetta ja näin saadaan minimoitua kuljetusmatkoja. Suuret yritykset hankkivat omat 3D-tulostimet varaosien tekemiseen. Polun vaikutuksen voimakkuus on *voimakas*.

Kuljetusten muutos

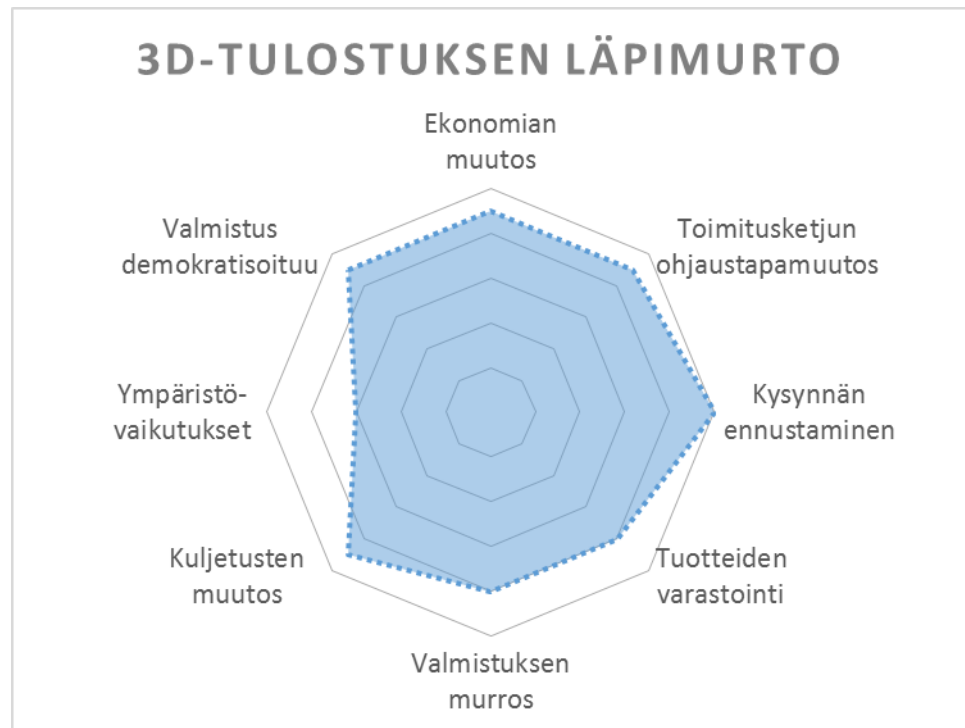
Pitkän matkan kuljetukset, kuten laivaliikenne, ovat lähinnä raaka-ainekuljetuksia. Konttiliikenteen määrä vähenee kymmeniä prosentteja. Samoin on tilanne lentorahdin osalta. Lähikuljetukset lisääntyvät voimakkaasti. Polun vaikutuksen voimakkuus on *voimakas*.

Ympäristövaikutukset

Kuljetusten hiilijalanjäljen pieneminen edistää 3D-tulostettujen tuotteiden ympäristövaikutuksia. Valmistuksessa vaikutukset jäävät odotuksia pienemmiksi. Polun vaikutuksen voimakkuus on *kohtalainen*.

Valmistus demokratisoituu

Omien tuotteiden tekemisestä tulee vuosia kasvanut trendi varsinkin nuorempien kuluttajien keskuudessa. Sosiaalisen median uudet sovellukset innostavat kuluttajia 3D-tulostukseen. Pienillä ja keskisuurilla yrityksillä on maailmanmarkkinat käytettävissä ilman monimutkikkaita jakeluverkostoja. Polun vaikutuksen voimakkuus on *voimakas*.



Kuva 42. Muutospolkujen voimakkuus skenaariossa C: '3D-tulostuksen läpimurto'.

4.5 Skenaarioiden yhteenveto

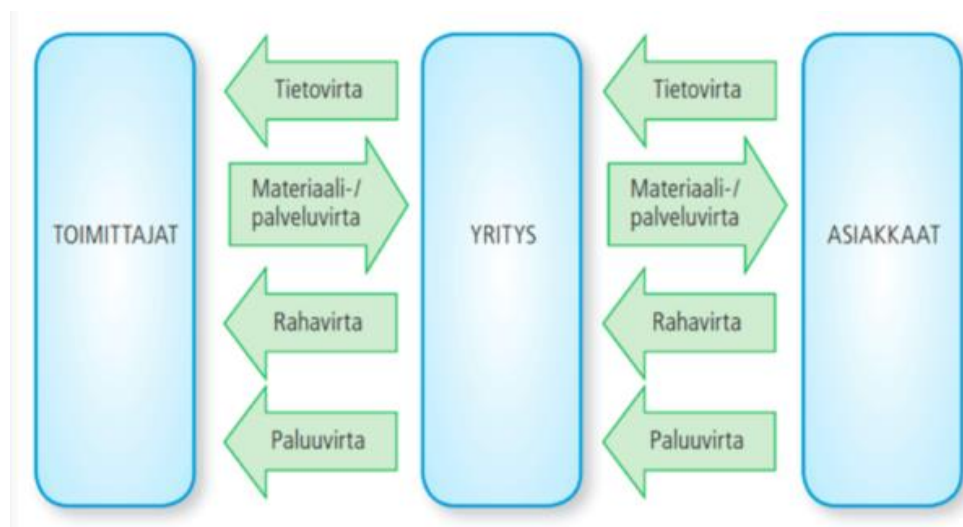
Muutospolkujen voimakkuuksien yhteenvedosta eri skenaariolla huomataan, että osa muutoksista toteutuu kaikilla skenaarioilla, siis maltillisellakin kehityksellä, kuva 43. Tällaisista muutospoluista selvin on tuotteiden varastointi. Muita voimakkaasti vaikuttavia muutospolkuja ovat kysynnän ennustaminen, valmistuksen murros ja valmistus demokratisoituu.

Muutospolun voimakkuus →		
Vaimea	Kohtalainen	Voimakas
A	B	C
Ekonomian muutos		
A	B	C
Toimitusketjun ohjaustapamuutos		
A	B	C
Kysynnän ennustaminen		
A	B	C
Tuotteiden varastointi		
A	B	C
Valmistuksen murros		
A	B	C
Kuljetusten muutos		
A	B	C
Ympäristövaikutukset		
A	B	C
Valmistus demokratisoituu		

Kuva 43. Muutospolkujen voimakkuus eri skenaarioissa.

4.6 Skenaarioiden vaikutusanalyysi

Tässä luvussa esitetään yhteenveto 3D-tulostuksen vaikutuksista toimitusketjuihin. Yhteenveto koostuu strategia-analyysissä rakennetuista ja skenaarioiden työstämisessä käytetyistä muutospoluista. Vaikutukset peilattiin kuvassa 44 esitetyn toimitusketjun, tieto-, raha- ja materiaalivirtoja vasten (Logistiikan maailma 2015).



Kuva 44. Toimitusketjun virrat. (Logistiikan maailma 2015)

Arviointi tehtiin samalla asteikolla, voimakas-kohtalainen-vaimea, kuin muutospolkujen yhteydessä. Merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat toimitusketjun materiaali- ja tietovirtoihin. Jonkin verran vaikutusta on rahavirtoihin, mutta paluuvirtoihin ei juuri ollenkaan. Yhteenvedo vaikutuksista toimitusketjuihin on koottu taulukkoon 4.

Vaikutukset materiaalivirtaan ovat voimakkaimpia varastoinnissa ja kuljetuksissa, mutta myös materiaalien hallintaan tulee muutoksia. Varastoinnin hallinnan tärkeys kasvaa raaka-aineiden osalta. Varastoinnin tarve vähenee useista syistä, esimerkiksi osien ja komponenttien tuotannonaikainen välivarastointi vähenee. Samoin lähellä kuluttajaa tapahtuvassa 3D-tulostuksessa ei lopputuotteen varastoja juuri tarvita. 3D-tulostus on jo yleistymässä varaosien valmistuksessa ja niiden varastointi tulee vähenemään. Toimitusketjujen muuttuminen paikalliseksi vaikuttaa materiaalivirtaan muun muassa lisäten paikallisia kuljetuksia, ja pitkän matkan kuljetukset tulevat olemaan pääasiassa raaka-ainekuljetuksia.

3D-tulostukseen liittyvän tietovirran ominaispiirre tulee olemaan fragmentoituminen. Esimerkiksi kysyntätieto tulee monista eri lähteisestä ja osa tiedosta jää epämääräiseksi tai saamatta, kuten kuluttajien joko itselle tai toiselle kuluttajille valmistamien tuotteiden määrä. Jos tuote tarvitsee erikoisempia raaka-aineita, niin saannin riittävyyden varmistamiseen tulee kiinnittää huomiota.

Rahavirran muutokset näkyvät monin tavoin. Vaikka 3D-tulostuksessa valmistuksen yksikkökustannukset ovat suuremmat, niin logistiikkakustannukset laskevat varastojen, kuten tuotannon väliaikaiset varastot, ja osien kuljetusten vähenemisen myötä. Kun varastoon ei tehdä, niin tuotteiden vanhentumisesta seuraavat kustannukset pienenevät. Tämä voi johtaa siihen, että 3D-tulostuksen kokonaiskustannukset ovat pienemmät kuin perinteisessä valmistuksessa.

Yritysten sisällä 3D-tulostus muutos on jo käynnissä, sillä tuotteiden osia ja tuotannon työkaluja valmistetaan 3D-tulostamalla. Tämän tyyppinen toiminta tapahtuu osana olemassa olevia toimitusketjuja.

Taulukko 4. 3D-tulostuksen vaikutukset toimitusketjun virtoihin.

Muutospolku	Toimitusketjun virrat			
	Materiaalivirta	Tietovirta	Rahavirta	Paluuvirta
Ekonomian muutos	Raaka-aineiden hallinta korostuu	Massojen tiedosta yhden tuotteen tietoon	Kiinteiden kustannusten merkitys pienenee	
Toimitusketjun ohjaustapamuutos	Materiaalien hallinta imuohjauksessa	Tiedon välittäminen ylävirtaan		
Kysynnän ennustaminen	Materiaalien hallinta muuttuu reaaliaikaiseksi	Reaaliaikaisen tiedon käsittely ja välittäminen		
Tuotteiden varastointi	Vähenee kaikissa vaiheissa erityisesti varaosien osalta		Varastointikustannukset laskevat	
Valmistuksen murros	Raaka-aineiden varmistaminen paikallisesti	Tiedon saanti paikallisesta valmistuksesta	Osavalmistuksen komponenttikustannukset laskevat	Materiaalihukka vähenee
Kuljetusten muutos	Pääasiassa raaka-ainekuljetuksia Paikalliset kuljetukset lisääntyvät	Paikallisten kuljetusten hallinta	Kuljetuskustannukset laskevat	
Ympäristövaikutukset	Materiaalihukka vähenee, kuljetusten päästöt vähenevät			
Valmistus demokratisoituu	Raaka-aineiden hallinta korostuu	Tietoa tarjolla, mutta eri lähteistä ja jalostamatonta	Väliportaajat vähenevät	Takuu- ja huoltokäytännöt muuttuvat
Vaikutuksen voimakkuus:		Voimakas	Kohtalainen	Vaimea

5. 3D-TULOSTUKSEN VAIKUTUKSET

5.1 3D-tulostuksen vaikutukset logistiikkaan maailmanlaajuisesti

Ensimmäisenä vaikutuksista nostettiin esiin tietoisesti yleistetty johtopäätös, 3D-tulostuksen myötä toimitusketjut lyhenevät. Mielenkiintoa seikkaan lisää se, että tämä tapahtuu sekä maantieteellisesti että kuvaannollisesti. Maantieteellisesti toimitusketjut lyhenevät, kun globaali valmistus vähenee. 3D-tulostamalla tuotteet tullaan tekemään paikallisesti lähempänä kuluttajia. Tämä aiheuttaa konttiliikenteen ja lentorahdin vähenemistä, mutta lisää alueellisia ja paikallisia kuljetuksia.

Kuvaannollisesti toimitusketjun lyheneminen tarkoittaa prosessivaiheiden vähenemistä, kun esimerkiksi kaupan portaista osa tai kaikki poistuvat. Tämä vaiheiden väheneminen on nähtävissä ylätasolla, mutta vaiheet vähenevät myös tehtaan lattiatasolla komponentti- ja osatoimitusten muuttuessa 3D-tulostukseksi.

Tietyllä tavalla yllättävää oli, että merkittävimmät vaikutukset tulisivat kohdistumaan tietovirtaan. Toisaalta kun tiedetään, kuinka tärkeässä roolissa oikea-aikainen tieto on perinteisen valmistuksen toimitusketjuissa, niin onhan tämä ymmärrettävissä. Tämän tutkimuksen kiinnostavia havaintoja oli 3D-tulostuksen tietovirran hallintaan aiheuttama muutoksen tarve. Tietovirran lähteet muuttuvat pirstaleiseksi kuluttajien ja pienvalmistajien verkostoksi. Samoin tiedon hyödyntäminen vaatii uudenlaisten tietojärjestelmien kehittämistä. Varsinkin tietovirran näkökulmasta on hyvin selvää, että toimitusketjusta tulee toimitusverkosto.

Tuotteiden ja raaka-aineiden varastoinnin muutos tulee tarjoamaan hallintaan uusia mahdollisuuksia. Erityisesti varaosien 3D-tulostus on yleistymisen kynnyksellä ja tulee vähentämään varaosien varastoinnin tarvetta ja varaosiin sitoutunutta pääomaa.

Kuluttajan roolin muutos havaittiin keskeiseksi muutokseksi 3D-tulostuksen myötä. Kuluttajasta valintoineen tulee toimitusketjun keskipiste. Perinteisen kuluttaja roolin lisäksi kuluttaja voi toimia myös valmistajana. Uusien tuotteiden markkinointi ja jakelu helpottuvat, sillä 3D-tulostettavaksi suunnitellulla tuotteella on suora reitti markkinoille. Jakelu on digitaalinen ja markkinointi tapahtuu esimerkiksi sosiaalisen median avulla. Täten maailmanmarkkinat tulevat pienten yritysten ulottuville. Avoin kysymys tähän liittyen on, miten tekijänoikeudet (IP) hallitaan.

5.2 3D-tulostuksen vaikutukset ja mahdollisuudet Suomessa

Maailmanlaajuinen teknologiamurros, kuten 3D-tulostus, vaikuttaa myös Suomessa. Tässä luvussa käydään aluksi läpi vaikutuksia teollisuuteen Suomessa. Loppuosassa tutkitaan vaikutuksia kuljetuksien näkökulmasta SWOT-analyysin avulla. Mahdollisuuksien ja vaikutusten kartoittamisessa hyödynnettiin myös Suomen Akatemian tutkimusohjelmille asettamia liitteen B mukaisia ohjelmakysymyksiä (Suomen Akatemia 2015).

Elinkeino- ja innovaatio-osaston (2014) julkaisun mukaan suomalaisen valmistavan teollisuuden merkittävä kasvu edellyttää onnistumista neljässä ns. siirtymässä, joissa teollisuuden tulee nykyistä paremmin:

1. päästä kiinni globaaleihin haasteisiin ja asiakastarpeisiin,
2. rakentaa innovaatioista todellista kilpailuetua, sekä
3. ottaa hallintaansa globaaleja arvoketjuja.
4. Suomen kansantaloutena tulee samalla lisätä teollista kestävyyttään ja varmistaa arvon kanavoituminen kotimaahan.

Julkaisun mukaan 3D-tulostus on yksi merkittävistä globaaleista suuntauksista, joka tulee huomioida. Seuraavaksi esitetään joitakin 3D-tulostuksen tarjoamia mahdollisuuksia siirtymässä onnistumiseksi sekä pyritään arvioimaan mahdollisuuksien kokoluokkaa.

Raaka-ainetuotanto nähdään usein ns. banaaninvalltion toimenä. Jalostamalla suomalaisia raaka-aineita, kuten teräs ja selluloosa, luodaan raaka-aineille lisäarvoa ja saadaan laajennettua arvoketjuja. Esimerkkinä lisäarvon luomisesta otetaan ruostumaton teräs (laji 316), jonka hinta kelana on ~3 €/kg, irtotavarana jauheena 6-10 €/kg ja 3D-tulostusjauheena jälleenmyynnissä 100-150 €/kg. 3D-tulostusmateriaaliksi sopivan raaka-ainetuotannon suuruus on Suomessa jalostusarvoltaan noin 1,6 miljardia euroa, taulukko 5.

Taulukko 5. Raaka-ainetuotannon jalostusarvo Suomessa. (Tilastokeskus)

Toimiala (TOL 2008)	Jalostusarvo 2012, 1000 €
1711 Massan valmistus	706 099 €
2016 Muoviainesten valmistus	218 831 €
241 Raudan, teräksen ja rautaseosten valmistus	364 956 €
244 Jalometallien ja muiden värimetallien valmistus	346 897 €
Yhteensä	1 636 783 €

Arvioitaessa 3D-tulostuksen vaikutuksia Suomen valmistavan teollisuuden osalta valinta kohdistettiin potentiaaliin toimialoihin. Valinnan perusteena käytettiin aiemmin tässä tutkimuksessa esiin nousseita aloja, joissa 3D-tulostus tulee olemaan merkittävä valmistusteknologia. Samaa perustetta käytettiin muutosprosentin arvioinnissa. Muutosprosentti mittaa sitä, kuinka paljon 3D-tulostuksen ennustetaan yleistyvän toimialan valmistuksessa joko lopputuotteen komponentteina tai muuten valmistuksessa. Jalostusarvon ja muutosprosentin kertolaskuna mitoitettiin mahdollisuuden suuruus euroina. Mahdollisuus kertoo, kuinka suureen osaan jalostusarvoa 3D-tulostus vaikuttaa. Valittujen toimialojen kohdalla mahdollisuuksien summa on 2,7 miljardia euroa, joka on noin puolet alojen yhteenlasketusta jalostusarvosta. Tulokset on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. 3D-tulostuksen tarjoama mahdollisuus. (Pohjatiedot: Tilastokeskus)

Toimiala (TOL 2008)	Jalostusarvo 2012, 1000 €	Ennustettu muutos-%	Mahdollisuus 2030, 1000 €
1419 Muiden vaatteiden ja asusteiden valmistus	26 227 €	10 %	2 623 €
2219 Muiden kumituotteiden valmistus	70 496 €	20 %	14 099 €
2229 Muiden muovituotteiden valmistus	221 697 €	60 %	133 018 €
2341 Keraamisten talous- ja koriste-esineiden valmistus	23 329 €	40 %	9 332 €
261 Elektronisten komponenttien ja piirilevyjen valmistus	103 415 €	40 %	41 366 €
271 Sähkömoottorien, muuntajien, sähkönjakelu valmistus	854 658 €	20 %	170 932 €
275 Kodinkoneiden valmistus	48 425 €	30 %	14 528 €
28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus	3 826 891 €	50 %	1 913 446 €
29 Moottoriajoneuvojen, perävaunujen ja puoliperävaunujen valmistus	375 410 €	40 %	150 164 €
30 Muiden kulkuneuvojen valmistus	393 508 €	40 %	157 403 €
321 Korujen, kultasepän- ja muiden vastaavien tuotteiden valmistus	28 573 €	80 %	22 858 €
32501 Lääkintäkojeiden ja -tarvikkeiden valmistus (pl. hammasproteesit)	79 086 €	40 %	31 634 €
32502 Hammasproteesien, keinohampaiden ym. valmistus	39 264 €	90 %	35 338 €
Yhteensä	6 090 979 €		2 696 740 €

Kuten tutkimuksen aikaisemmissa kappaleissa on esitetty, niin sekä valmiiden että keskeneräisten tuotteiden varastoinnin tarpeen ennustetaan vähenevän 3D-tulostuksen myötä. Vaikutuksista Suomen valmistavaan teollisuuteen vuoteen 2030 mennessä tehtiin laskelma kahdella vaihtoehdolla, valmiiden ja keskeneräisten tuotteiden varastot pienevät 50 % tai 75 %. Aine- ja tarvikevarastoissa ennustettiin muutoksen olevan molemmissa tapauksissa -10 %, koska raaka-aineita tarvitaan myös 3D-tulostuksessa ja vähentyminen tulee lähinnä komponenttivarastojen pienenemisestä. Kokonaisvaikutus varastojen arvoon valituilla toimialoilla on 50 % -ennusteella vajaat 2 miljardia euroa ja 75 % -ennusteella 2,7 miljardia euroa. Vaikutuslaskelma on esitetty liitteessä C.

Suhteuttamalla varastojen arvo toimialan jalostusarvoon saadaan esiin potentiaalisesti eniten 3D-tulostuksesta varastoinnin näkökulmasta hyötyvät toimialat. Esimerkkinä korujen valmistus, jossa valmiiden tuotteiden varastot ovat suhteellisen suuret. Laskelma on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Varastojen suhde jalostusarvoon valituilla toimialoilla. (Pohjatiedot: Tilastokeskus)

Toimiala (TOL 2008)	Varastojen suhde jalostusarvoon
321 Korujen, kultasepän- ja muiden vastaavien tuotteiden valmistus	141 %
26-27 Sähkö- ja elektroniikkateollisuus	81 %
28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus	64 %
293 Osien ja tarvikkeiden valmistus moottoriajoneuvoihin	58 %
301 Laivojen ja veneiden rakentaminen	57 %
292 Moottoriajoneuvojen ja perävaunujen korien valmistus	53 %
22 Kumi- ja muovituotteiden valmistus	44 %
291 Moottoriajoneuvojen valmistus	44 %
32501 Lääkintäkojeiden ja -tarvikkeiden valmistus (pl. hammasproteesit)	44 %
25 Metallituotteiden valmistus (pl. koneet ja laitteet)	34 %
23 Muiden ei-metallisten mineraalituotteiden valmistus	33 %
32502 Hammasproteesien, keinohampaiden ym. valmistus	6 %

Varaosien 3D-tulostus mahdollistaa varastojen vähentämisen, palvelun parantamisen ja siten arvoketjun vahvistamisen. Esimerkiksi suomalainen konepajateollisuus voi tätä hyödyntää.

Taulukossa 8 on esitetty SWOT-analyysi 3D-tulostuksen vaikutuksista kuljetuksiin Suomessa. Taulukosta löytyy erityisesti kuljetus- ja logistiikkayrityksille suunnattuja mahdollisuuksia.

Taulukko 8. SWOT 3D-tulostuksen vaikutukset kuljetuksiin Suomessa.

SWOT: 3D –tulostuksen vaikutukset kuljetuksiin Suomessa	
Sisäiset	<p>VAHVUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Korkea koulutustaso mahdollistaa ammattitaitoiset "tulostajat" ja työnkuvan monipuolistamisen (rekkamies printtaa..) • Tietoliikenneinfra saatavilla koko Suomessa • Suomalaisien taipumus innostua uudesta tekniikasta • 3D raaka-ainevienti – esimerkiksi nanoselluloosa <p>HEIKKOUEDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tulostetaan kulutustuotteita (lelut, kengät). Suomessa suhteellisesti vähän kuluttajia, kuinka paljon kuluttajia "tulostuskeskus" tarvitsee. • Valmiiden tuotteiden kuljetukset vähenevät
Ulkoiset	<p>MAHDOLLISUUDET</p> <ul style="list-style-type: none"> • Raaka-aine (tulostusmateriaalien) kuljetukset lisääntyvät. Mahdollistaa saman kuljetuskaluston käytön molempiin suuntiin. • Lyhyiden kuljetuksien ja jakelun (valmiit tuotteet) määrä kasvaa. "Last mile" korostuu ja sen rooli muuttuu. • Logistiikkayritys tekee myös tulostuksen. Pystyy optimoimaan, missä kohtaa toimitusketjua raaka-aine on tehokkainta muuttaa lopputuotteeksi. • 3D tulostus on vihreä (pienentää hiilijalanjälkeä) • Materiaalien uusiokäyttö paikallisesti • Tietoliikennekustannukset vs. kuljetuskustannukset. Suomi pitkien kuljetusmatkojen maana hyötyy. <p>UHAT</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pitkien kuljetuksien määrä vähenee • Kulutustavaroihin liittyvä rekkaliikenne ja konttikuljetukset vähenevät • Lentorahdin määrä pienenee • Koulutuksessa ei huomioida tapahtuvaa muutosta • Yritysten heikko kyky innovoida (talous, osaaminen)

6. YHTEENVETO

Strategia-analyysissä ja selvitetessä 3D-tulostuksen nykytilaa tuli hyvin selväksi, että kyseessä on merkittävä, paraikaa käynnissä oleva teknologinen murros. Vuosittaiset kasvuluvut ovat jo olleet eksponentiaalisia, mutta silti ollaan ennusteiden mukaan vasta alkutaipaleella. Tässä yhteenvedossa kerättiin päätelmät tutkimuskysymyksiin verraten.

Tutkimuksen pääkysymyksenä tutkittiin millaisia muutoksia 3D-tulostus tuo toimitusketjuihin ja niiden hallintaan. Seuraavassa tehdään yhteenveto ennustetuista muutoksista.

Toimitusketjun materiaalivirtaan kohdistuu 3D-tulostuksen myötä muutos, jonka seurauksena **toimitusketjut lyhenevät**. Tämä tapahtuu maantieteellisesti toimitusten muuttuessa globaaleista alueellisiksi, mutta myös kuvaannollisesti prosessivaiheiden vähe-
tessä. Tällä on vaikutus myös tietovirran hallintaan.

3D-tulostus tulee vaikuttamaan merkittävästi toimitusketjun **tietovirran hallintaan**. Toimitusketjun lyhenemisen lisäksi toimitusketjun muutos toimitusverkostoksi tulee hallita. Pirstaleina olevan tiedon hyödyntäminen vaatii uudenlaisten tietojärjestelmien kehittämistä.

Tuotteiden ja raaka-aineiden **varastoinnin muutos** tulee tarjoamaan hallintaan uusia mahdollisuuksia. Erityisesti varaosien 3D-tulostus muuttaa niihin liittyvää varastointia ja tarjoaa merkittäviä taloudellisia hyötyjä.

Kuluttajan roolin muutos, jossa kuluttajasta valintoineen tulee toimitusketjun keskipiste, on keskeinen 3D-tulostuksen aiheuttama muutos kulutustuotteiden näkökulmasta. Tuotteiden markkinointi ja jakelu muuttuvat, sillä kokonaan 3D-tulostettavaksi suunnitellulla tuotteella on suora reitti markkinoille. Kulutustuotteiden osalta yksi merkittävä kysymys on tekijänoikeuksien (IP) turvaaminen.

Suomelle 3D-tulostus ei ole pelkästään uusi valmistustapa vaan potentiaalinen lisähyöty, kuten materiaalien käytön parantaminen, saadaan suunnittelun avulla. Tuotteiden kilpailukyyn parantaminen edellyttää 3D-tulostukseen liittyvän suunnittelun koulutuksen varmistamista. Yhtenä hyötykohtana Suomen tulisi panostaa 3D-tulostuksen raaka-ainetutkimukseen ja sitä kautta jalostusarvon lisäämiseen.

Tutkimuksen alakysymyksenä selvitettiin logistiikkayhtiöiden selviytymisstrategioita teknologiamurroksessa. Yleiskuvana voi sanoa, että yritykset eivät ole vielä noteeranneet 3D-tulostusta merkittävästi ainakaan julkisesti. Muutamat yrityksistä ovat testanneet 3D-tulostuksen mahdollisuuksia. Yleisin esiin tullut strategia oli tarjota 3D-tulostusta palveluna jakelukeskuksissa joko omana palveluna tai yhteistyössä 3D-tulostusyrityksen

kanssa. Monilla logistiikkayrityksillä on laaja toimipisteverkosto, johon hyvin sopii 3D-tulostuksen ajatus paikallisuudesta.

Toisena alakysymyksenä tarkasteltiin 3D-tulostuksen tarjoamia uusia mahdollisuuksia. Tulostuspalvelujen tuottamisen lisäksi 3D-tulostuksen toimitusverkoston tietovirranhallinta tarjoaa mahdollisuuden innovatiiviselle kehittäjälle ohjelmistojen avulla parannettuun ohjaukseen.

Jatkotutkimuksen kannalta 3D-tulostus tutkimusalueena on nuori ja nopeassa kasvussa, joten tutkittavaa tulee jatkossa riittämään. Edellä mainittu tietovirran muuttuminen ja sen hallinta esimerkiksi raaka-ainetoimittajan näkökulmasta, miten kysyntätieto muunnetaan raaka-ainetarpeeksi, voisi olla hyvä tutkimusaihe. Tässä tutkimuksessa keskityttiin logistiikkaan ylätasolla. Yksityiskohtaisempi tutkimus esimerkiksi 3D-tulostuksen vaikutuksesta takuu- ja huoltotoimintoihin olisi mielenkiintoinen aihe.

LÄHTEET

Bubner Ne., Bubner Ni., Helbig R., Jeske M., (2014), Logistics Trend Radar, DHL Customer Solutions & Innovation, Saatavissa: http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/DHL_Logistics-TrendRadar_2014.pdf

Canalys, (2015), Global 3D printing market to reach \$20.2 billion in 2019, Canalys press release, Saatavissa: <http://www.canalys.com/newsroom/global-3d-printing-market-reach-202-billion-2019>

Canty M., (2014), Spare parts – just press print, Maersk post, Saatavissa: <http://www.maerskpostdigital.com/i/340436-july-2014-edition/6>

Cotteleer M., Joyce J., (2014), 3D opportunity Additive manufacturing paths to performance, innovation, and growth, Deloitte Review, Saatavissa: http://d2mtr37y39tpbu.cloudfront.net/wp-content/uploads/2015/03/DUP-954_Future-of-manufacturing_vFINAL_3.31.15.pdf

CustomPartNet, (2015), CustomPartNet: Online resource for manufacturing cost estimation, Viitattu: 14.11.2015, Saatavissa: www.custompartnet.com

GE reports, (2014), GE's Additive Manufacturing (3D Printing) Research Center, Viitattu: 6.9.2015, Saatavissa: <http://www.gereports.com/post/102897646835/ges-additive-manufacturing-3d-printing-research>

Gartner, (2015), Gartner's 2015 Hype Cycle for Emerging Technologies, Viitattu: 6.9.2015, Saatavissa: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3114217>

D'Aveni R., (2015), The 3-D Printing Revolution, Harvard Business Review, Viitattu: 9.9.2015, Saatavissa: <https://hbr.org/2015/05/the-3-d-printing-revolution>

Holsman R., (2014), A new dimension of opportunity 3D printing's potential for the energy industry, Accenture, Saatavissa: <https://www.accenture.com/fi-en/insight-new-dimension-3d-printing-potential-oil-gas-companies>

Kelly E., Marchese K., (2015), Business ecosystems come of age: Supply chains and value webs, Deloitte University Press, Saatavissa: http://d27n205l7rookf.cloudfront.net/wp-content/uploads/2015/04/DUP_1048-Business-ecosystems-come-of-age_MASTER_FINAL.pdf

Krassenstein B., (2015), Amazon Expands 3D Printing Initiatives, Brings Mixee Labs Team Onboard, 3dprint.com, Viitattu: 27.9.2015, Saatavissa: <http://3dprint.com/44679/amazon-mixee-labs-3d-print/>

Lee L., (2013), 3D Printing – Transforming the Supply Chain: Part 1, IBM Electronics industry blog, Viitattu: 2.11.2015, Saatavissa: <http://insights-on-business.com/electronics/3d-printing-transforming-the-supply-chain-part-1/>

Logistiikan maailma, (2015), Tieto- raha ja materiaalivirrat, Viitattu: 7.11.2015, Saatavissa: http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Tieto-_raha_ja_materiaalivirrat

Manners-Bell J., Lyon K., (2014), The implications of 3D printing for the global logistics industry, Transport Intelligence Ltd, Saatavissa: http://www.supply-chain247.com/article/the_implications_of_3d_printing_for_the_global_logistics_industry

Manyika J., Chui M., Bughin J., Dobbs R., Bisson P., Marrs A., (2013), Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy, McKinsey Global Institute, Saatavissa: http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/disruptive_technologies

Peterson S., Bedeman M., Godunova D., (2014), Shifting transport paradigms Understanding the implications of 3D printing on the global transportation industry, IBM Corporation, Saatavissa: <http://www-935.ibm.com/services/us/gbs/thoughtleadership/3dprinting/>

Petrack I. J., Simpson T. W., (2013), 3D Printing Disrupts Manufacturing How Economies of One Create New Rules of Competition, Research-Technology Management, November—December 2013, Saatavissa: http://strategic-technology-roadmapping.com/pdfs/Economies_of_One.pdf

Brody P., Pureswaran V., (2013), The new software-defined supply chain, IBM Institute for Business Value, Saatavissa: <http://public.dhe.ibm.com/common/ssi/ecm/gb/en/gbe03571usen/GBE03571USEN.PDF>

Rasmus R., Webb S., Short M., (2014), 3D printing's disruptive potential, Accenture Strategy, Saatavissa: <http://www.register.accenture.com/SiteCollectionDocuments/PDF/Accenture-Disruptive-Potential-3D-Printing.pdf>

Robinson A., (2014), INFOGRAPHIC: 3D Printing and the Supply Chain to Drastically Alter Manufacturing, Cerasis, Viitattu: 20.9.2015, Saatavissa: <http://cerasis.com/2014/02/12/3d-printing-and-the-supply-chain/>

Sulavik C., Portnoy M., Waller T., (2014), 3D printing and the new shape of industrial manufacturing, PricewaterhouseCoopers, Saatavissa: <http://www.pwc.com/us/en/industrial-products/publications/3d-printing-new-shape-of-industrial-manufacturing.jhtml>

Suomen Akatemia, (2015), Strategisen tutkimuksen neuvosto nimesi tutkimusohjelmat, Viitattu: 5.9.2015, Saatavissa: <http://www.aka.fi/fi/akatemia/media/Tiedotteet1/2015/strategisen-tutkimuksen-neuvosto-nimesi-tutkimusohjelmat/>

Stratasys, (2015), BMW Manufacturing Jigs and Fixtures with FDM, Viitattu: 8.9.2015, Saatavissa: <http://www.stratasys.com/resources/case-studies>

Swack M., (2015), 3D Printed Thermoplastics versus Metal: Why Volvo Trucks Chose Additive Manufacturing for 30 Engine Assembly Tool, Viitattu: 8.9.2015, Saatavissa: <http://blog.stratasys.com/2015/03/18/volvo-trucks-additive-manufacturing/>

The week, (2015), New Airbus contains more than 1,000 3D-printed parts, Viitattu: 6.9.2015, Saatavissa: <http://www.theweek.co.uk/63586/new-airbus-contains-more-than-1000-3d-printed-parts>

Elinkeino- ja innovaatio-osasto, (2014), Teollisuus osana elinvoimasta elinkeinorakennetta – Teollisuuden globaalit trendit, Suomen teollisuuden tilanne ja uudistuvan suomalaisen teollisuuden askelmerkit, Työ- ja elinkeinoministeriö, Saatavissa: https://www.tem.fi/files/40071/TEMjul_20_2014_09062014.pdf

UPS Store, (2014), The UPS Store Expands 3D Printing Across the Nation, Viitattu: 27.9.2015, Saatavissa: <https://www.theupsstore.com/about/media-room/Pages/the-ups-store-expands-3d-printing-nationwide.aspx>

UPS Survey, (2014), The Fifth Annual Change in the (Supply) Chain Survey, Saatavissa: <https://www.ups.com/media/en/gb/ups-change-in-the-supply-chain-asia-pacific.pdf>

Vidyasekar A. D., (2014), The Rise of 3D Printing: How a 'Star Trek' technology became a real disruptive phenomenon, Frost & Sullivan market insights, Saatavissa: <https://www.frost.com>

LIITE A: MCKINSEY & COMPANY 3D-TULOSTUS MARKKINAT

Exhibit 11

Sized applications of 3D printing could have direct economic impact of \$230 billion to \$550 billion per year in 2025



Sized applications	Potential economic impact of sized applications in 2025 \$ billion, annually	Estimated scope in 2025	Estimated potential reach in 2025	Potential productivity or value gains in 2025
Consumer use of 3D printing	100–300	<ul style="list-style-type: none"> \$4 trillion in sales of consumer products that might be 3D printed 	<ul style="list-style-type: none"> 5–10% of relevant products (e.g., toys) could be 3D printable, assuming easy consumer access 	<ul style="list-style-type: none"> 60–80% value increase per 3D-printed product – 35–60% cost savings to consumers – 10% added value from customization
Direct product manufacturing ¹	100–200	<ul style="list-style-type: none"> \$300 billion spending on complex, low-volume items such as implants and tools 	<ul style="list-style-type: none"> 30–50% of products in relevant categories replaceable with 3D printing 	<ul style="list-style-type: none"> 40–55% cost savings to buyers of 3D-printed products
Tool and mold manufacturing	30–50	<ul style="list-style-type: none"> \$470 billion spending on complex, low-volume parts in transportation 		
Other potential applications (not sized)		<ul style="list-style-type: none"> \$360 billion global market for injection-molded plastics 	<ul style="list-style-type: none"> 30–50% of injection-molded plastics produced with 3D-printed molds 	<ul style="list-style-type: none"> 30% production cost reduction using superior 3D-printed molds
Sum of sized potential economic impacts	230–550			

¹ Focuses on use of 3D printing to directly manufacture low-volume, high-value parts in the medical and transport manufacturing industries. Other potentially impactful applications might include manufacturing of low-volume, high-value replacement parts for other industries.

NOTE: Estimates of potential economic impact are for some applications only and are not comprehensive estimates of total potential impact. Estimates include consumer surplus and cannot be related to potential company revenue, market size, or GDP impact. We do not size possible surplus shifts among companies and industries, or between companies and consumers. These estimates are not risk- or probability-adjusted. Numbers may not sum due to rounding.

SOURCE: McKinsey Global Institute analysis

(Manyika et al. 2013)

LIITE B: SUOMEN AKATEMIAN TUTKIMUSOHJELMILLE ASETTAMAT OHJELMAKYSYMYKSET

Suomen Akatemian tutkimusohjelmille asettamat ohjelmakysymykset (Suomen Akatemia 2015):

A. Mitkä ovat tietyn konkreettisen teknologiamurroksen ilmentymät ja potentiaalinen hyöty Suomelle?

Tutkimuksen lähtökohtana voi olla esimerkiksi se, miten valittu teknologiamurros voi parantaa tuottavuutta, luo uutta osaamis pohjaista kasvua, kilpailukykyä ja vientiä. Miten teknologiamurroksia voidaan valjastaa edistämään kestäväää kasvua ja yhteiskuntaa? Miten kyseinen teknologiamurros vaikuttaa ympäristöön ja yhteiskuntaan? Mitkä ovat Suomen edellytykset tai edellytysten suurimmat esteet uusien teknologioiden kehittämisessä ja hyödyntämisessä?

B. Millaista inhimillisen toiminnan, instituutioiden ja toimintatapojen muutosta kyseisen teknologiamurroksen hyödyntäminen edellyttää?

Näkökulmana voi olla esimerkiksi se, miten institutionaaliset rakenteet eli kirjatut normit (lainsäädäntö, hallinnolliset päätökset, yksittäisten virkamiesten tulkinnat) sekä sosiaaliset ja kulttuuriset normit voivat vaikeuttaa tai edistää murroksen kokonaisvaltaista hyödyntämistä? Miten muutosta tukevien instituutioiden tulisi kehittyä ja mitä uusia instituutioita mahdollisesti tarvitaan? Miten kyseiset inhimillisen toiminnan, instituutioiden ja toimintatapojen muutokset vaikuttavat muiden teknologiamurrosten hyödyntämiseen? Mitkä ovat tuotannolliset ja osaamis pohjaiset esteet, jotka johtavat nykyisistä teknologioista ja toimintatavoista kiinnipitämiseen ja estävät uusien ratkaisujen ja toimintatapojen käyttöönottoa? Mitkä ovat viennin, innovatiivisen kotimarkkinoiden synnyn ja osaamis perusteisen kasvun esteet ja miten niihin tulee vastata? Mitkä ovat ne kyvykkyydet, joita Suomessa tarvitaan teknologiamurrosten hyödyntämiseksi?

C. Millä tavalla julkiset toimenpiteet parhaiten tukevat muutosprosessia siten, että muutos etenee hallitusti ja prosessin lopputuloksena Suomen edellytykset hyödyntää teknologiamurroksia ovat mahdollisimman hyvät?

Näitä tapoja voivat olla esimerkiksi innovatiivinen kokeilutoiminta kuten pilotointi, kokeiluista oppiminen ja instituutioiden muutos. Mitkä ovat teknologiamurrosten vaikutukset teollisuuteen, palveluihin, työmarkkinoihin ja työelämään, koulutustottumuksiin, terveystyöelämään, osaamistarpeisiin ja koulutukseen? Liittyykö tähän muutosprosessiin erityisiä riskejä ja miten niitä voidaan ennakoita ja hallita? Miten muutosprosessiin liittyvät kustannukset ja hyödyt jakautuvat eri

yritysten, julkisen ja yksityisen sektorin välillä? Miten turvataan kansallinen arvomuodostus globaaleissa arvoverkostoissa? Miten edistetään innovaatioprosesseja ja Suomen osaamispohjaisen kasvun mahdollisuuksia?

D. Millä keinoilla huolehditaan siitä, että yrityksillä, työntekijöillä, julkisella sektorilla ja kuluttajilla on käytössään sellaiset inhimilliset voimavarat ja osaaminen, jotka edistävät kykyä sopeutua

LIITE C: 3D-TULOSTUKSEN VAIKUTUSLASKELMA VALITUILLA TOIMIALOILLA SUOMESSA

3D-tulostuksen vaikutuslaskelma valituilla toimialoilla Suomessa				
Toimiala (TOL 2008)		2012 [1000 €]	Varastojen väheneminen	
			2030, 50%	2030, 75%
22 Kumi- ja muovituotteiden valmistus	Tuotannon jalostusarvo	995 483 €		
	Aine- ja tarvikevarastot	198 345 €	19 835 €	19 835 €
	Valmiiden tuotteiden varastot	202 284 €	101 142 €	151 713 €
	Keskeneräisten tuotteiden varastot	38 855 €	19 428 €	29 141 €
23 Muiden ei-metallisten mineraalituotteiden valmistus	Tuotannon jalostusarvo	969 344 €		
	Aine- ja tarvikevarastot	144 883 €	14 488 €	14 488 €
	Valmiiden tuotteiden varastot	152 209 €	76 105 €	114 157 €
	Keskeneräisten tuotteiden varastot	22 597 €	11 299 €	16 948 €
25 Metallituotteiden valmistus (pl. koneet)	Tuotannon jalostusarvo	2 420 384 €		
	Aine- ja tarvikevarastot	452 515 €	45 252 €	45 252 €
	Valmiiden tuotteiden varastot	165 645 €	82 823 €	124 234 €
	Keskeneräisten tuotteiden varastot	206 501 €	103 251 €	154 876 €
26-27 Sähkö- ja elektroniikkateollisuus	Tuotannon jalostusarvo	1 648 599 €		
	Aine- ja tarvikevarastot	517 039 €	51 704 €	51 704 €
	Valmiiden tuotteiden varastot	572 623 €	286 312 €	429 467 €
	Keskeneräisten tuotteiden varastot	242 116 €	121 058 €	181 587 €
28 Muiden koneiden ja laitteiden valmistus	Tuotannon jalostusarvo	3 826 891 €		
	Aine- ja tarvikevarastot	930 861 €	93 086 €	93 086 €
	Valmiiden tuotteiden varastot	381 286 €	190 643 €	285 965 €
	Keskeneräisten tuotteiden varastot	1 121 996 €	560 998 €	841 497 €
291 Moottoriajoneuvojen valmistus	Tuotannon jalostusarvo	140 801 €		
	Aine- ja tarvikevarastot	32 248 €	3 225 €	3 225 €
	Valmiiden tuotteiden varastot	21 697 €	10 849 €	16 273 €
	Keskeneräisten tuotteiden varastot	7 475 €	3 738 €	5 606 €
292 Moottoriajoneuvojen ja perävaunujen korien valmistus	Tuotannon jalostusarvo	169 412 €		
	Aine- ja tarvikevarastot	55 510 €	5 551 €	5 551 €
	Valmiiden tuotteiden varastot	3 595 €	1 798 €	2 696 €
	Keskeneräisten tuotteiden varastot	31 337 €	15 669 €	23 503 €
293 Osien ja tarvikkeiden valmistus moottoriajoneuvoihin	Tuotannon jalostusarvo	65 197 €		
	Aine- ja tarvikevarastot	22 248 €	2 225 €	2 225 €
	Valmiiden tuotteiden varastot	10 884 €	5 442 €	8 163 €
	Keskeneräisten tuotteiden varastot	4 798 €	2 399 €	3 599 €
301 Laivojen ja veneiden rakentaminen	Tuotannon jalostusarvo	234 965 €		
	Aine- ja tarvikevarastot	29 259 €	2 926 €	2 926 €
	Valmiiden tuotteiden varastot	23 604 €	11 802 €	17 703 €
	Keskeneräisten tuotteiden varastot	80 013 €	40 007 €	60 010 €
321 Korujen, kultasepän- ja muiden vastaavien tuotteiden valm.	Tuotannon jalostusarvo	28 573 €		
	Aine- ja tarvikevarastot	17 205 €	1 721 €	1 721 €
	Valmiiden tuotteiden varastot	19 220 €	9 610 €	14 415 €
	Keskeneräisten tuotteiden varastot	3 780 €	1 890 €	2 835 €
32501 Lääkintäkojeiden ja -tarvikkeiden valm. (pl. hammasprot.)	Tuotannon jalostusarvo	79 086 €		
	Aine- ja tarvikevarastot	15 094 €	1 509 €	1 509 €
	Valmiiden tuotteiden varastot	7 394 €	3 697 €	5 546 €
	Keskeneräisten tuotteiden varastot	11 941 €	5 971 €	8 956 €
32502 Hammasproteesien, keinohampaiden ym. valmistus	Tuotannon jalostusarvo	39 264 €		
	Aine- ja tarvikevarastot	2 198 €	220 €	220 €
	Valmiiden tuotteiden varastot	70 €	35 €	53 €
	Keskeneräisten tuotteiden varastot	55 €	28 €	41 €
			1 907 728 €	2 740 722 €
Lähde: Tilastokeskus, Teollisuuden alue- ja toimialatilasto 2012				
Tilastotietokannat: Teollisuuden alue- ja toimialatilasto				