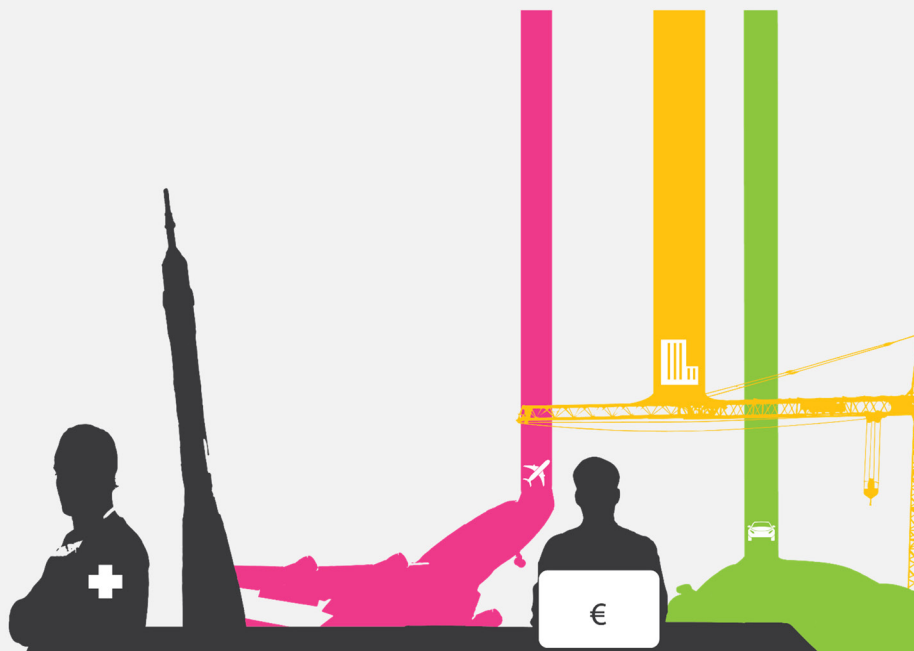




SAVONIA



■ TEKNIikka JA LIKENNE

ALVO-HANKKEEN LOPPURAPORTTI

AINETTA LISÄÄVÄN VALMISTUKSEN TKI- JA OPPIMISYMPÄRISTÖ
(ALVO) 1.3.2015 - 31.5.2016

TOIMITTANEET: **Antti Alonen, Lauri Alonen, Esa Hietikko ja Risto Kiuru**

ALVO-HANKKEEN LOPPURAPORTTI

Ainetta lisäävän valmistuksen
tki- ja oppimisympäristö
(ALVO) 1.3.2015 - 31.5.2016

Antti Alonen
Lauri Alonen
Esa Hietikko
Risto Kiuru

Savonia-ammattikorkeakoulu
Julkaisutoiminta
PL 6 (Microkatu 1 B)
70201 KUOPIO
p. 044 785 5023
f. 017 255 5014
julkaisut@savonia.fi
www.savonia.fi/julkaisut

Copyright © 2016 tekijät ja Savonia-ammattikorkeakoulu

1. painos

Tämän teoksen kopioiminen on tekijänoikeuslain (404/61) ja tekijänoikeusasetuksen (574/95) mukaisesti kielletty lukuun ottamatta Suomen valtion ja Kopiosto ry:n tekemässä sopimuksessa tarkemmin määriteltyä osittaista kopiointia opetustarkoituksiin. Teoksen muunlainen kopiointi tai tallentaminen digitaaliseen muotoon on ehdottomasti kielletty. Teoksen tai sen osan digitaalinen kopioiminen tai muuntelu on ehdottomasti kielletty.

ISBN: 978-952-203-230-0
ISSN: 2242-7015

Savonia-ammattikorkeakoulun julkaisusarja D 4/7/2016

Kustantaja: Savonia-ammattikorkeakoulu, ALVO-hanke
Taitto: Tapio Aalto

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	4
2 TARVEKARTOITUKSET	14
2.1 Valmistus- ja palveluyritykset	14
2.1.1 Kartoituksen toteutus	14
2.1.2 3D-tulostuksen kokemus yrityksissä	17
2.1.3 Kokemus ja yrityksen sijainti	19
2.1.4 Lisäävän valmistuksen liittyminen yrityksen toimintaan ...	21
2.1.5 Tarpeita 3D-tulostuksessa	23
2.1.6 Tulostusmateriaalien testaustarve	26
2.1.7 Tieto- ja palvelutarpeet	28
2.1.8 Panostus ja suunnitelmat 3D-tulostuksessa	29
2.1.9 Panostustarpeiden kiireellisyyden vertailu	29
2.1.10 Tuloksia sijainnin mukaan vertailtuna	30
2.1.11 Kyllä/ei –vertailu	31
2.1.12 Palvelutarve	32
2.1.13 Tulevaisuuden suunnitelmat	33
2.1.14 Panostus	36
2.2 Terveystieteiden ja lääketieteiden tutkimus	37
3 PEDAGOGISET NÄKÖKOHDAT	39
3.1 Pedagogiset haasteet	39
3.2 Projektiohjelmaprojektointi	41
4 OPPIMISYMPÄRISTÖN KUVAUS	43
4.1 3D-tulostuslaboratorio	44
4.2 Palvelu- ja liiketoimintamallit	47
4.2.1 Lisäävän valmistuksen liiketoimintamalli	47
4.2.2 Johtopäätökset	52
5 YHTEENVETO	53

1

JOHDANTO

Lisäävä valmistus (*Additive Manufacturing, AM*), joka tunnetaan myös nimellä “pikavalmistus” tai “3D-tulostus” on ajankohtainen puheenaihe. Teknologian kehittyminen alkoi stereolitografiaan perustuvana pikamallinnusmenetelmänä 1980-luvulla ja oli tuolloin pääasiassa käytössä prototyyppien tekemisessä lähinnä tuotekehitysvaiheessa. Prototyyppien valmistus on säilyttänyt edelleenkin asemansa yhtenä yleisimmistä tavoista hyödyntää lisäävää valmistusta. Terminä 3D-tulostus saavutti 2010-luvulla kuluttajien ja tiedotusvälineiden käytössä sellaisen aseman, että aihetta käsittelevässä standardissakin todetaan sen nykyisin tarkoittavan synonyymiä lisäävälle valmistukselle. Useimmiten 3D-tulostuksesta puhutaan kuluttajakentässä sekä yksinkertaisten ja pienikokoisten muovikappaleiden kotivalmistuksen yhteydessä, kun taas lisäävällä valmistuksella viitataan enemmän menetelmän teolliseen käyttöön. Juuri tämän tulkinnan merkityksen uskotaan kasvavan lähitulevaisuudessa huomattavasti. Lisäävä valmistus on erityisen tehokas valmistusmenetelmä silloin, kun kyseessä ovat monimutkaiset osat, joiden valmistaminen perinteisin menetelmin on vaikeaa tai jopa mahdotonta. Lisäävällä valmistuksella on kuitenkin omat rajoitteensa, jotka tulevat esiin erityisesti kappaleiden suunnittelun yhteydessä.

Siinä missä useat perinteiset valmistusmenetelmät poistavat materiaalia ja tuottavat hukkamateriaalia, lisäävässä valmistuksessa nimenomaan mukaisesti lisätään materiaalia ja tuotetaan vähän, tai ei ollenkaan, hukkamateriaalia. Useimmat lisäävän valmistuksen menetelmistä jakavat yhteisen piirteen, jolla materiaalia lisätään kerroksittain. Prosessi alkaa kolmiulotteisesta tietoteknisestä mallista, joka kuvaa valmistettavaa kappaletta. Malli voidaan generoida esimerkiksi CAD-ohjelmistolla, 3D-skannaamalla tai magneettikuvauksella. 3D-tieto muutetaan sellaiseksi, että sitä voidaan prosessoida edelleen. Tällä hetkellä STL pintaverkko-muotoinen formaatti on yleisimmin käytössä ja on käytännössä muodostunut de facto standardiksi lisäävän valmistuksen yhteydessä.

Tilanne on kuitenkin muuttumassa, sillä valmistusmenetelmien kehittyessä on kiinnitetty huomioita myös siihen mitä tietoa tarvitaan kappaleen onnistuneeseen valmistamiseen. STL -tiedostoformaattissa onkin havaittu vuosien mittaan selkeitä puutteita, jotka hankaloitta-

vat lisäävää valmistusprosessia. Viimeisten vuosien aikana on kehitetty muutamia korvaavia tiedostomuotoja, joista yleisimmät ovat 3MF (<http://3mf.io/>) ja AMF (<http://www.astm.org/Standards/ISO-ASTM52915.htm>).

Kummatkin pohjautuvat XML-muotoiseen tiedostoformaattiin ja ne on kehitetty erityisesti 3D-tulostuksen / lisäävän valmistuksen tarpeisiin. 3MF on alun perin Microsoftin kehittämä ja Windows –käyttöjärjestelmien automaattisesti tukema tiedostoformaatti jonka kehittämiseen ja ovat ilmoittautuneet mukaan mm. Autodesk, Stratasys, 3D Systems, Siemens ja HP. Tavoitteena on se, että tiedostoformaattissa siirtyy mukana kaikki tarvittava tieto lisäävää valmistusta varten. 3MF –konsortioon osallistuvien suuryritysten ansiosta formaatti todennäköisesti yleistyy nopeammin, mutta toisaalta on huomioitava että osa samoista yrityksistä tukee myös AMF –tiedostomuotoa.

Yksi tärkeimmistä lisäävän valmistuksen tuomista eduista on materiaalin käytön ja sitä kautta kohteen massan pienentäminen. Tämä toteutuu, kun kappaleiden muotoja optimoidaan ja niihin lisätään esimerkiksi kennomaisia sisäisiä rakenteita. Kokoonpantavuutta voidaan myös parantaa yhdistelemällä kappaleita yhdeksi monimutkaisemmaksi, mutta samalla helpommin koottavaksi osaksi. Tärkeää on myös huomata erilaisten sisäisten rakenteiden (esimerkiksi nesteen ja kaasun virtauskanavat, jäähdytyskanavat) toiminnan parantaminen virtauksen parempana hallintana tai jäähdytyspinta-alan lisäämisenä.

Tällä hetkellä AM ei sovi suurina sarjoina valmistettävien identtisten ja yksinkertaisten kappaleiden valmistukseen. Kun järjestelmät ja teknologiat kehittyvät ja sen myötä prosessointiajat lyhenevät, AM tulee olemaan vakavasti harkittava vaihtoehto perinteisille menetelmille myös suurempien sarjojen kyseessä ollessa. Merkittävän kilpailuedun AM saa siitä, että kappaleet ovat kustomoitavissa yksilöllisesti myös suuremmissa sarjoissa ja ne voidaan tulostaa suoraan CAD-mallista ilman työkaluja ja kiinnittimiä. Näin lisäävää valmistusta voidaan hyödyntää melkein millaisen tahansa geometrian kanssa.

Lisäävä valmistus ei kuitenkaan ole enää tulevaisuuden valmistusteknologia, vaan tälläkin hetkellä on olemassa useita sovellusalueita, kuten hammasproteesit, kuulokojeet sekä erilaiset implantit, jotka hyödyntävät teknologian tarjoamia mahdollisuuksia. Esimerkiksi kuulokojeissa on osia, joista valtaosa valmistetaan lisäävää valmistusta hyödyntämällä.

Vaikka AM-teknologia tarjoaa useita merkittäviä lupauksia, liittyy siihen kuitenkin tiettyjä ongelmia ja haasteita, jotka ovat toistaiseksi hidastaneet sen yleistymistä. Ongelmia ovat aiheuttaneet esimerkiksi toistettavuus, luotettavuus, taloudellisuus, prosessointiaika ja standardien puute. Näistä taloudellisuudella on ollut merkittävin vaikutus sillä teknologian on useaan käyttökohteeseen vielä liian kallista, erityisesti silloin kun puhutaan metallien hyödyntämisestä. Toisaalta AM-prosessi voi olla myös perinteistä lyhyempi kokonaisuutena ajatellen silloin, kun tarvitaan erikoisia kiinnittimiä ja työkaluja.

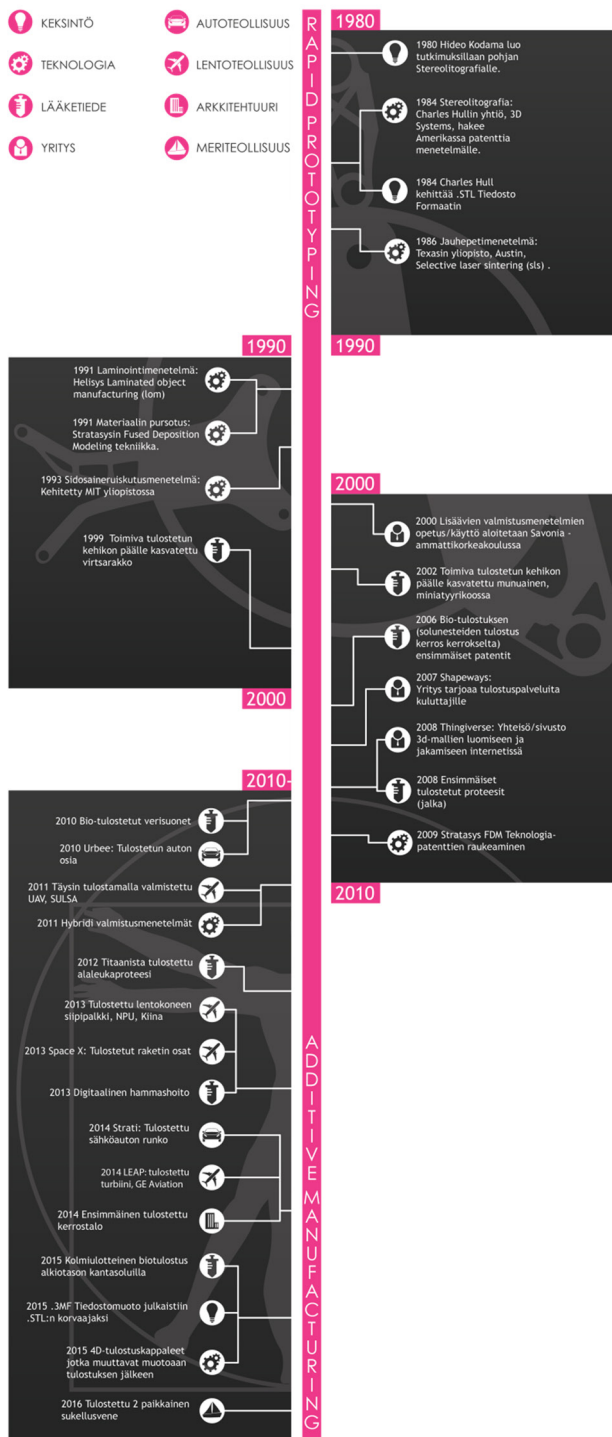
Aiemmin mainittu räätälöityjä muotoja sisältävien kappaleiden toteuttaminen on selkeä AM:n etu. Haittapuolena on puolestaan se, että nykyisten CAD-ohjelmien kyky tuottaa monimutkaisia muotoja on hyvin rajallinen. Esimerkiksi monimutkaisten geometrinen muotojen, kuten virtauskanavien, kennorakenteiden ja onttojen kappaleiden toteuttaminen nykyisillä CAD-ohjelmilla on hankalaa ja työlästä. Tosin on myös mainittava, että parhaillaan tehdään vahvaa tutkimus- ja kehitystyötä asian korjaamiseksi. Esimerkkinä tästä on suuri ohjelmistotalo Autodesk, joka on ilmoitti vuonna 2014 investoivansa tulevina vuosina yli 100 miljoonaa dollaria AM-yrityksiin. Yritys onkin toteuttanut suunnitelmaansa viime vuosien aikana ahkerasti ja investoinut mm. uusien AM-valmistusmenetelmien kehitykseen kymmeniä miljoonia dollareita. Investointien kohteina ovat olleet mm. Carbon3D (nesteen fotopolymerisointi CLIP-menetelmällä) sekä nestemäisen metallin AM-menetelmää kehittävä XJet.

Ohjelmistot eivät muodosta ainoaa osien suunnitteluun liittyvää ongelmaa vaan puutteita on myös suunnittelijoiden osaamisessa ja koulutuksen tarjonnassa. Suunnittelijat kaipaavat parempaa ymmärrystä siitä kuinka erilaiset lisäävän valmistuksen vaatimukset esimerkiksi materiaalien tai eri tulostusmenetelmien osalta on otettava huomioon kappaleiden suunnitteluvaiheessa. On myös huomattava, että koulutus on vasta heräämässä lisäävän valmistuksen osaamistarpeeseen opetus-suunnitelmissa. Haasteena koulutuksella on esimerkiksi Suomessa se, että metallin AM-laitteita on suurista hankinta- ja ylläpitokustannuksista johtuen ollut oppilaitoksissa hyvin vähän.

Kuten aiemmin mainittiinkin, yksi AM-teknologian suurimmista haasteista liittyy kustannustehokkuuteen. Yritysten lähtiessä hyödyntämään lisäävää valmistusta kustannuksia voi olla alkuvaiheessa runsaasti, sillä huomioon on otettava paitsi mahdolliset laitteistojen

AINETTA LISÄÄVÄ VALMISTUS KEHITYSAIKAJANA

NOPEISTA PROTOTYYPEISTÄ, LISÄÄVÄÄN VALMISTUKSEEN



Kuva 1.1. Lisäivän valmistuksen kehitysaikajana. Kuva: ALVO/Anssi Äijö.

hankinta- ja ylläpitokustannukset, myös tuotteiden uudelleensuunnittelutarpeet. Toisaalta ala kehittyy hyvin nopeasti, mikä tekee päätöksenteon hankalaksi erityisesti pienille ja keskisuurille yrityksille, joiden tulee hyvin tarkkaan harkita ajankohta, koska lähteä mukaan.

Keskustelu ainetta lisäävän valmistuksen ympärillä käydään alan julkaisuissa suurelta osin teknologiakehityksestä: tulostustekniikan ja materiaalien kehityksestä. Liiketoiminta tulostuslaitteilla ja tulostusmateriaaleilla kehittyy ja molempien markkinat ovat huimassa kasvussa. Suuret teknologiayritykset maailmalla panostavat myös uuteen tuotantoteknologiaan ja uusiin tuotteisiin, joilla parannetaan asiakkaiden toiminnan laatua ja kustannustehokkuutta. Kysymys kuuluukin: lähtevätkö perinteisten toimialojen pk-yritykset hyödyntämään AM-tekniologiaa ja kehittämään omaa toimintaansa proaktiivisesti vai tulevatko ne vasta pakon (=kilpailun) edessä mukaan?

Savonia-ammattikorkeakoulun tekemässä kartoituksessa yritettiin löytää vastauksia ainetta lisäävän valmistuksen kehittämiseen Pohjois-Savossa. Hypetyks lisäävän valmistuksen ympärillä ei ole vielä saavuttanut pohjois-savolaisia yrityksiä – suurta muutosta odotellaan vielä. Ainetta lisäävä valmistus näyttäisi koskevan vain pientä osaa pohjois-savolaisia ja ennen kaikkea metalliteollisuusyrityksiä (14 kpl kaikista n. 300 yrityksestä, joille kysely lähetettiin). Yleisin syy (n. 58% vastaajista) kokemattomuuteen tai käyttämättömyyteen ainetta lisäävässä valmistuksessa liittyy siihen, etteivät yritykset tiedä, miten sitä voisi hyödyntää. Pohjois-Savon alueelta puuttuvat käytännön esimerkit joista kävisi ilmi menetelmän hyödyt konkreettisesti alueen yrityksille. Vaikka julkisuudessa alkaakin olla runsaasti erilaisia esimerkkejä esillä, painottuvat ne usein lentokone- ja avaruusteollisuuteen, tai lääketieteen sovelluksiin.

Alan tutkimuksessa nostetaan enimmäkseen esiin lisäävän valmistuksen soveltuvuus yrityksen tuotteen valmistuksessa. Yritysten tuotteiden taustat ovat teknisessä suunnittelussa ja valmistustekniikassa. Kehittämiseen ja tuotantoinvestointeihin ei ole helppo tehdä muutoksia. Voiko tuotetta sitten parantaa tai valmistusta muuttaa 3D-tekniikan avulla? Ainakin 3D-tulostus on tuonut uusia mahdollisuuksia tuotteiden räätälöintiin, monimutkaisiin rakenteisiin ja kappaleiden keventämiseen, joita voidaan harkita uusista tuote- ja tuotantonäkökulmista.

Toisaalta vastaväitteenä nousevat esiin ongelmana tai jopa esteenä kappaleiden kokorajoitteet, tulostusnopeuden hitaus ja materiaalien soveltuvuus. Nämä rajoitteet ovat varmasti osin totta, jos vertailua tehdään nykytuotteisiin ja –tuotantomenetelmiin. Vastaväitteistä huolimatta esimerkiksi saksalainen lisäävän valmistuksena alihankkija FIT AG kertoi 3Dstep 2016 –seminaarissa pitämässään esityksessä että 80% heidän valmistamistaan tuotteista asiakkaille on valittu hintaperustein, eli tuotteet ovat halvempia valmistaa lisäävällä valmistuksella kuin perinteisin menetelmin. Luonnollisesti lukeman taustalla on tuotteiden uudelleen suunnittelu jotta valmistusmenetelmästä on saatu irti paras hyöty.

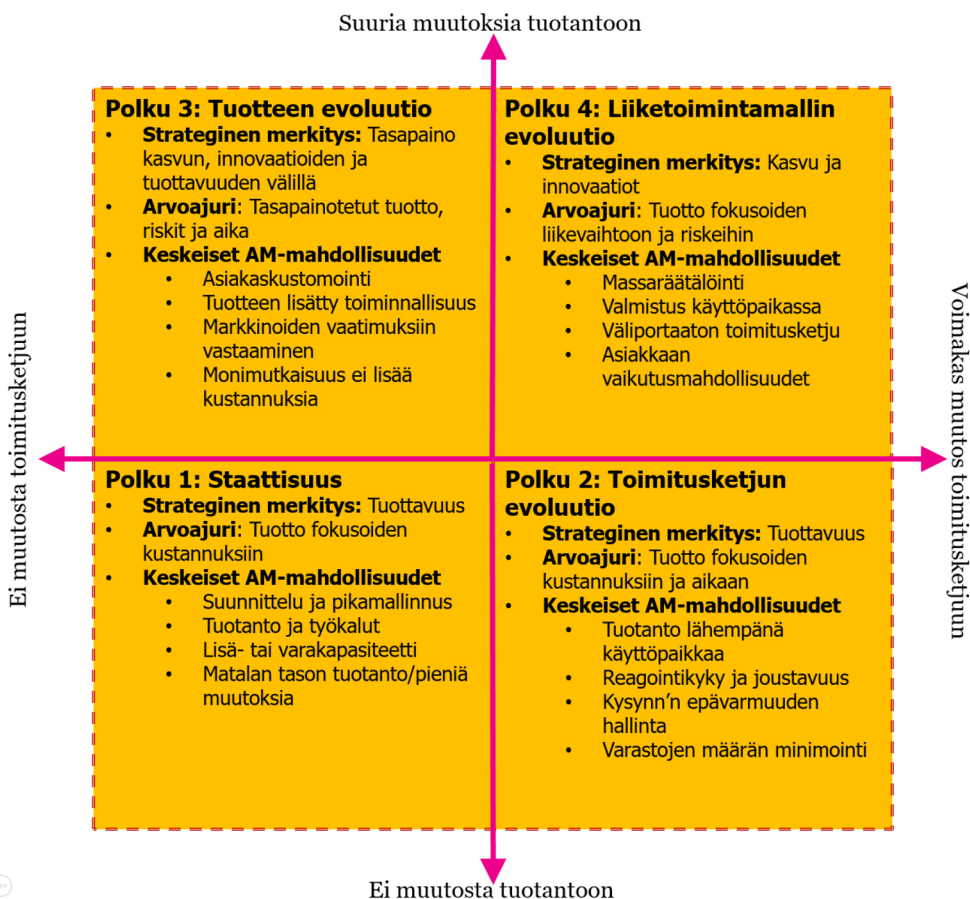
Ainetta lisäävän valmistuksen mukana ovat nousseet voimakkaasti esiin myös yritysten uudet liiketoimintamallit. Monille, etenkin pienille yrityksille, investoinnit nykyiseen tuotteeseen ja tuotantoon muuttuvat suhteellisen hitaasti. Miksi tehdä sama asia vain eri tavalla, ellei sitten halvemmalla? Voisiko liiketoiminnan miettiminen uudelleen tuoda uusia näkökulmia AM-tekniikan soveltamiseen ja hyödyntämiseen?

Teknologiayritykset ovat alkaneet löytää uusia liiketoimintamahdollisuuksia palveluista kuten huollosta ja varaosista. Tämä tarjoaa heti uuden mahdollisuuden kustannustehokkaan toiminnan kehittämiseen 3D-valmistuksen avulla. Tutkimusten mukaan toimitusketjut tulevat suoraviivaistumaan kustannustehokkaammaksi ja esim. On-demand-menetelmien soveltaminen varaosatoimituksissa tulee lisääntymään. Säästöt tulevat raaka-ainekustannusten ja materiaalihävikin pienentymisen lisäksi koko logistiikkaketjun keventymisessä ja asiakaspalvelun parantumisesta tai nopeutumisesta.

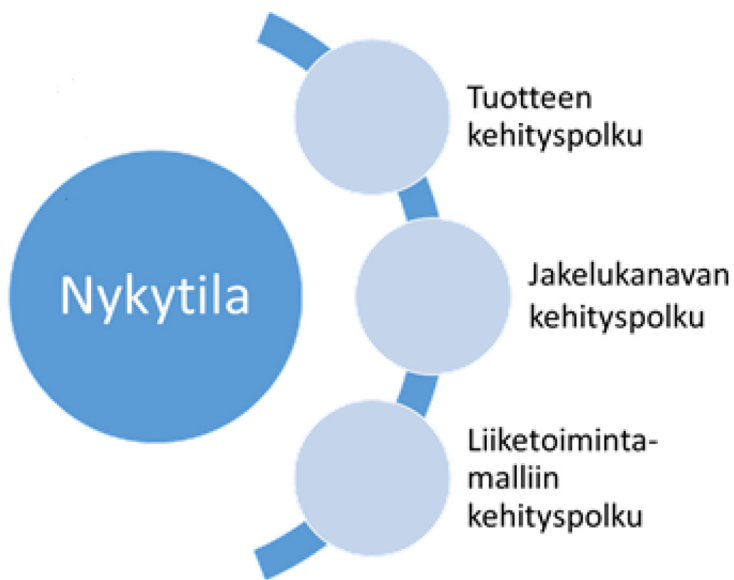
Lisäävän valmistuksen käyttöönotto voidaan tuotemuutosten lisäksi nähdä myös koko toimitusketjun muutoksena kohti uudenlaisia liiketoimintamalleja. Suuret tuotemuutokset yhdessä suuren toimitusketjumuutoksen kanssa tuottavat uusia liiketoimintamalleja ja tarjoavat sitä kautta uusia mahdollisuuksia liiketoiminnan kehittymiselle.

Muutospolut esimerkkeinä tuote- ja toimitusketjun muutosten suhteen (kuva 1.2):

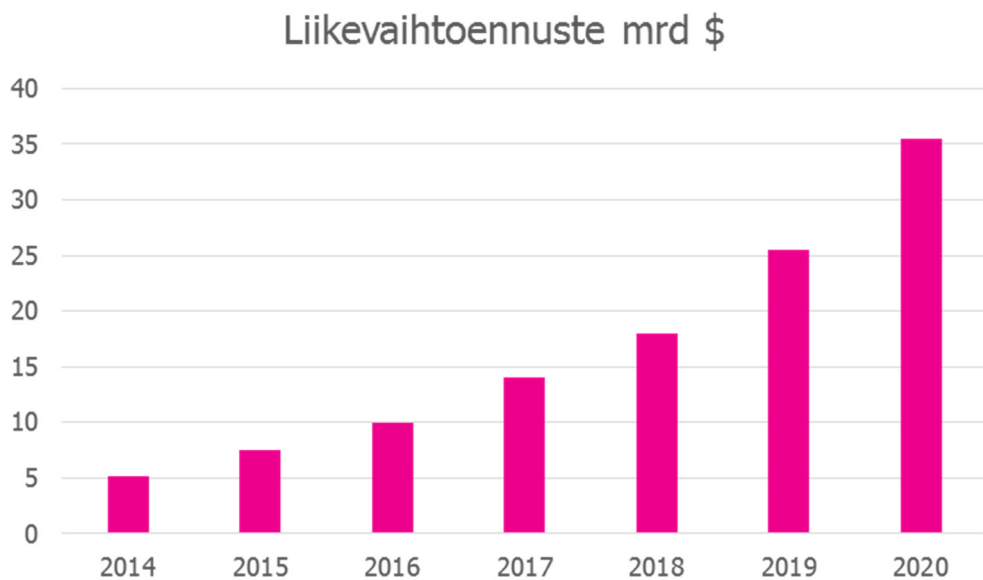
1. nykytilanne – kustannusfokus
2. toimitusketjun kehittyminen – voitto, kustannus ja aika tasapainossa
3. tuotteiston evoluutio – voitto, riski ja aika tasapainossa
4. liiketoimintamallin kehittyminen – voitto liikevaihdon fokuksessa, riski



Kuva 1.2. AM liiketoiminnan kehittymisen polut ja arvo. (Mukaillen lähteestä De-loitte Review issue 14).



Kuva 1.3. AM liiketoiminnan kehittymisen polut ja arvo (Lähde: DUPress.com).



Kuva 1.4. Liikevaihdon ennustettu kehitys AM-yrityksissä. (Mukailen lähteestä: 2015 Roundup Of 3D Printing Market Forecasts And Estimates).

Tässä raportissa kuvataan ALVO-hankkeen toteutusta ja tuloksia. Hankkeen tavoitteena oli suunnitella Ainetta lisäävän valmistuksen tutkimus- ja oppimisympäristö, jonka avulla lisätään aihepiiriin liittyvää osaamista Pohjois-Savon alueella ja Suomessa, sekä toteutetaan vahvaan asiantuntemukseen perustuvaa korkealuokkaista soveltavaa tutkimusta yhteistyössä koti- ja ulkomaisten partnerien kanssa.

Hankkeen toimenpiteet jakautuivat kolmeen työpakettiin:

1. Oppimis- ja tutkimusympäristön suunnittelu
2. Kappaleiden suunnittelussa ja skannauksessa tarvittavien ohjelmistojen ja muovitulostinten hankinta ja käyttöönotto
3. 3D-tulostamiseen liittyvä tarvekartoitus alueen yrityksissä, tulostukseen tarvittavien laitteistojen kartoitus ja investoinnin suunnittelu sekä oppimisympäristökonsortion rakentaminen.

Projektin tuloksena on syntynyt tässä raportissa sekä muissa hankkeen julkaisuissa esitetty suunnitelma ainetta lisäävän valmistuksen tutkimus- ja oppimisympäristöstä joka toimii monialaisesti yhdistäen Savonian tekniikan, liiketalouden, muotoilun ja terveystieteen osaajat. Asiantuntemuksen keskittämisen lisäksi suunnitelmassa otetaan huomioon laitetarpeet ja ohjelmistot, jotta myös alueen yritykset pystyvät hyötymään ympäristöstä.

Projektissa toteutettavia tarvekartoituksia hyödynnetään 3D-tulostukseen liittyvien investointitarpeiden suunnittelussa ja valmistelussa. Lisäksi projektin tulokset ja sen aikana kerätty tietotaito ovat yhteistyökumppanien ja alueen yritysten hyödynnettävissä oppimisympäristön puitteissa. Projektin aikana julkaistu materiaali on yleisesti laadittavissa sähköisinä julkaisuina.

ALVO:ssa suunniteltu tutkimus- ja oppimisympäristö tulee tarjoamaan alueen yrityksille mahdollisuuden pysyä ajan tasalla 3D-tulostukseen liittyvän kehityksen osalta tarjoten mm. koulutus- ja kehittämisspalveluja. Oppimisympäristö mahdollistaa yrityksille uusien tuote-, palvelu- ja yritysideoiden testauksen.

Tässä raportissa kuvataan vain ne hankkeen tulokset, joita ei ole esitelty muissa hankkeen aikana syntyneissä julkaisuissa.

- **Additive Manufacturing Challenges the Engineering Education**
 - Julkaisu on ladattavissa osoitteesta:
http://ijirset.com/upload/2016/may/173_Additive.pdf
- **Lisäävän valmistuksen perusteet**
 - Julkaisu on ladattavissa osoitteesta:
<http://portal.savonia.fi/amk/fi/tutkimus-ja-kehittaminen/julkaisutoiminta/julkaisut-aloittain/tekniikka-ja-liikenne/lisaavan>
- **Topologian optimointi - ohjelmistoverailu**
 - Julkaisu on ladattavissa osoitteesta:
<http://portal.savonia.fi/amk/fi/tutkimus-ja-kehittaminen/julkaisutoiminta/julkaisut-aloittain/tekniikka-ja-liikenne/topologian>
- **Lisäävän valmistuksen käyttö terveydenhuollon ja lääketieteen sovelluksissa, tilannekatsaus 2016**
 - Julkaisu on ladattavissa osoitteesta:
<http://portal.savonia.fi/amk/fi/tutkimus-ja-kehittaminen/julkaisutoiminta/julkaisut-aloittain/tekniikka-ja-liikenne/lisaavan-0>

2

TARVEKARTOITUKSET

2.1 Valmistus- ja palveluyritykset

2.1.1 Kartoituksen toteutus

Kartoituksen valmistelu ja kyselyn suunnittelu aloitettiin lokakuussa 2015 ja tavoitteena oli saada kysely julkaistua marraskuun aikana. Kysymysalueiksi muodostui kolme eri osa-aluetta: osaaminen ja käyttö liiketoiminnassa, tarpeet ja tulevaisuuden suunnitelmat. Kyselyn tulosten tavoitteena oli palvella niin Savonian palvelujen ja yhteistyön kehittämistä, alueen yrityksiä kuin kehittämistä rahoittavia tahoja.

Kartoituksen kohteeksi valittiin koko Pohjois-Savon yrityskannasta n. 300 eri alojen valmistus- ja palveluyritystä, joille kysely lähetettiin sähköisenä pääosin yritysten toimitusjohtajille tai muulle ylimmälle johdolle. Ennen joulun aikaa vastausprosentti oli vielä alle 5%, joten vuodenvaihteen jälkeen päätettiin jatkaa vastausaikaa ja aloittaa puhelinaktivointi, mikä tuottikin lopulliseksi vastausprosentiksi 18% (53 yritystä). Puhelinaktivoinnissa nousi esiin monta kertaa vastaamatta jättämisen syy, joka usein oli se, ettei lisäävä valmistus ollut mitenkään tuttu tai tarpeellinen asia yrityksessä.

Kartoitukseen vastanneet yritykset jakautuivat erikokoisiin yrityksiin taulukon 2.1 mukaisesti. Erityisesti mikro- ja pienyritysten määrä oli merkittävä (71,6% kaikista). Alueellisesti vastaajayritykset jakautuivat tasaisesti sekä kaupunkialueille että pienemmille paikkakunnille (taulukko 2.2). Vastaukset edustavat aika hyvin koko Pohjois-Savoja ja sen yrityskantaa. Eri kokoluokan yritysten erot sijainnin mukaan eivät poikkea paljonkaan toisistaan (taulukko 2.3), joten tuloksissa ei näy painotusta yritysten sijainnin mukaan.

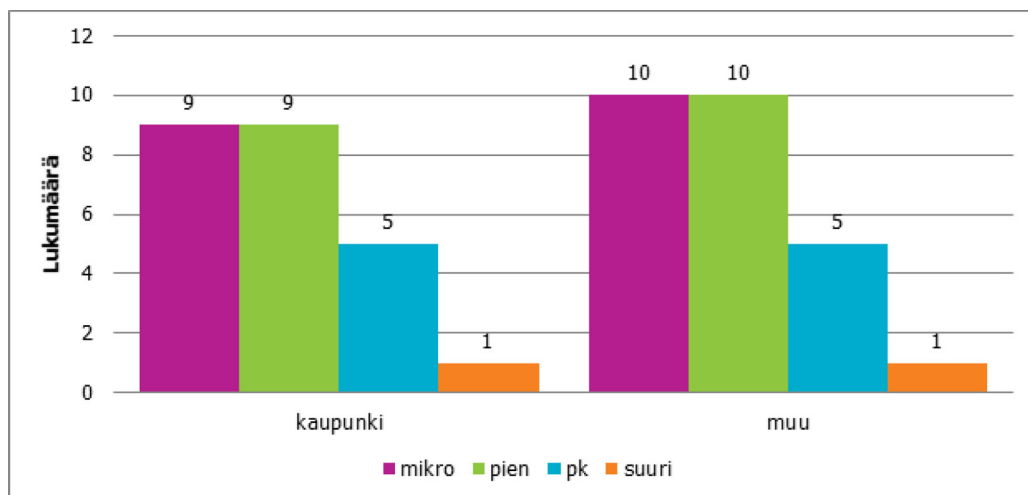
Taulukko 2.1. Kartoitukseen vastanneiden yrityskoot.

Koko	Lukumäärä	Prosenttia
ei tietoa	3	5,7 %
mikroyritys	19	35,8 %
pienyrittäjä	19	35,8 %
keskisuuri yritys	10	18,9 %
suuryrittäjä	2	3,8 %
Kaikki	53	100,0 %

Taulukko 2.2. Kartoituksen yritykset sijainnin mukaan.

Paikka	Lukumäärä	Prosenttia
Kuopio, Varkaus, Iisalmi	24	45,3 %
muut kunnat	29	54,7 %
Kaikki	53	100,0 %

Erikokoiset yritykset jakautuivat tasaisesti kaupunki- ja muiden alueiden välillä, mistä voisi päätellä, että tuloksissa ei ole vinoutumaa yrityksen sijainnin suhteen.

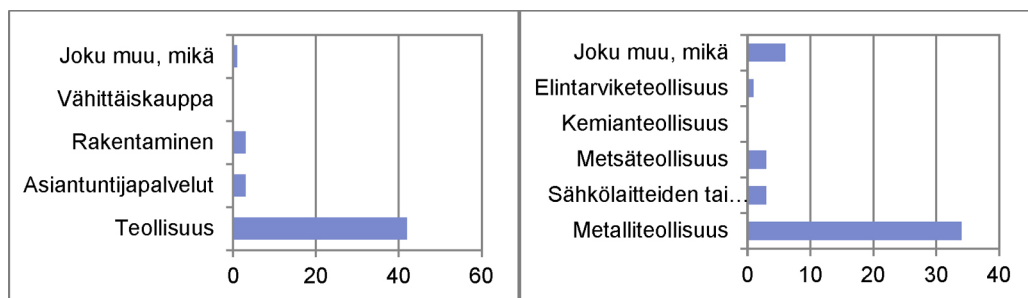


Kuva 2.1. Osallistuneiden yritysten jakautuminen koon suhteen.

Taulukko 2.3. Vastaajien yritysten jakautuminen sijainnin ja koon mukaan.

Prosenttia sarakkeesta		Paikka		
		Kaupunki	Muut	Kaikki
Koko	ei tietoa	0,0 %	10,3 %	5,7 %
	mikroyritys	37,5 %	34,5 %	35,8 %
	pienyritys	37,5 %	34,5 %	35,8 %
	keskisuuri yritys	20,8 %	17,2 %	18,9 %
	suuryritys	4,2 %	3,4 %	3,8 %
Kaikki		100,0 %	100,0 %	100,0 %
n		24	29	53

Vastanneista yrityksistä n. 79 % toimii teollisuudessa ja näistä 48,2 % metalliteollisuudessa. Kyselyjä lähetettiin eri toimialojen yrityksille, mutta teollisuuden yrityksistä metalliteollisuuden yritykset vastasivat aiheen kiinnostuksen ja ajankohtaisuuden motivoimina. Kun vastaajia tavoiteltiin puhelimitse, ilmoittivat monet yrityksistä että aihe ei liity heidän toimintaansa eivätkä näin osaa osallistua kartoitukseen. Tämä kasvattaa kokonaisuutena niiden yritysten määrää, joilla aihe on vielä vieras omassa toiminnassa, mutta ei välttämättä enää teollisuus- tai erityisesti metalliteollisuusyrityksissä. Soveltamisen vähäisyyttä voi osin selittää yritysten tuotteiden laatu. Tällaisesta esimerkkinä alihankintakonepajan raskas runkorakenne-tuote.

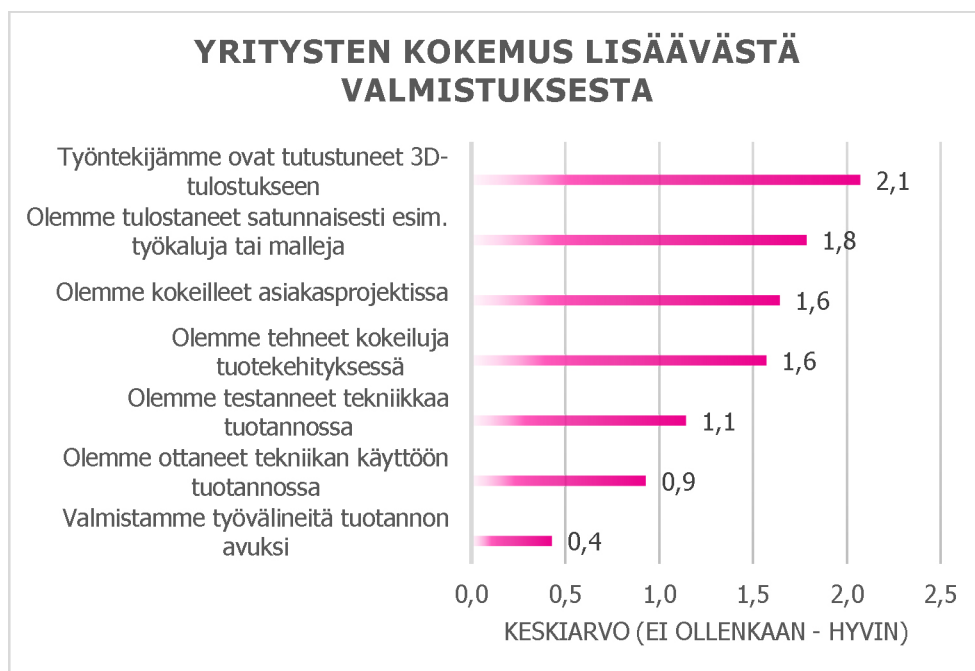


Kuva 2.2. Vastaajien toimialajakautuma.

2.1.2 3D-tulostuksen kokemus yrityksissä

Kyselyyn osallistuvilta kysyttiin ensin liittykö lisäävä valmistus minkään yrityksen toimintaan tällä hetkellä. Kyllä vastauksia oli vain n. 26 % vastauksista. Nämä vastaukset ovat varmasti edustava otos Pohjois-Savon tämän hetken tilanteesta lisäävän valmistuksen soveltamisesta ja kehitystasosta.

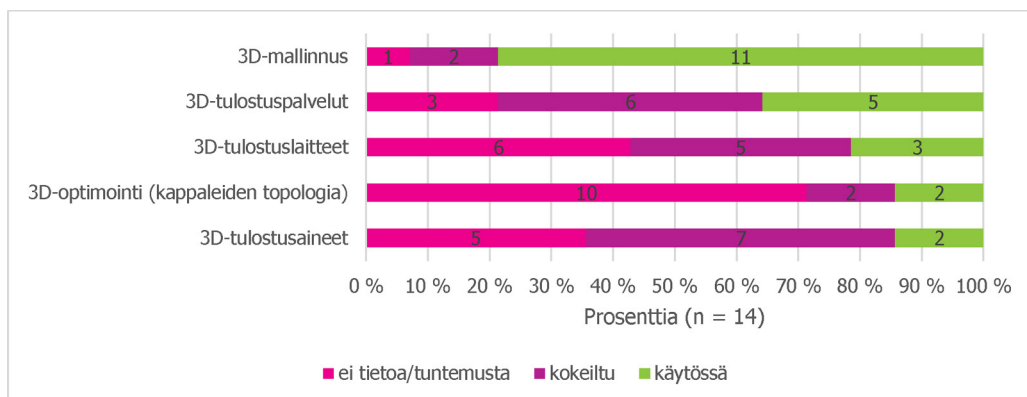
Yritykset, jotka vastasivat 3D-tulostuksen liittyvän yrityksen toimintaan, vastasivat 3D-tulostuskokemusta kartoittaviin väittämiin kuvan 2.3 mukaisesti. Työntekijätasolla kokemusta on, mutta toiminnassa ollaan vielä satunnaisen hyödyntämisen tai kokeilujen asteella, mikä toteutuu niin tuotekehityksessä kuin asiakasprojekteissa. Vähiten yritykset tunnistivat vielä lisäävän valmistuksen liittyvän tuotantotoimintaan suoraan tai apuvälineiden kautta.



Kuva 2.3. Lisäävän valmistuksen kokemustaso yrityksissä.

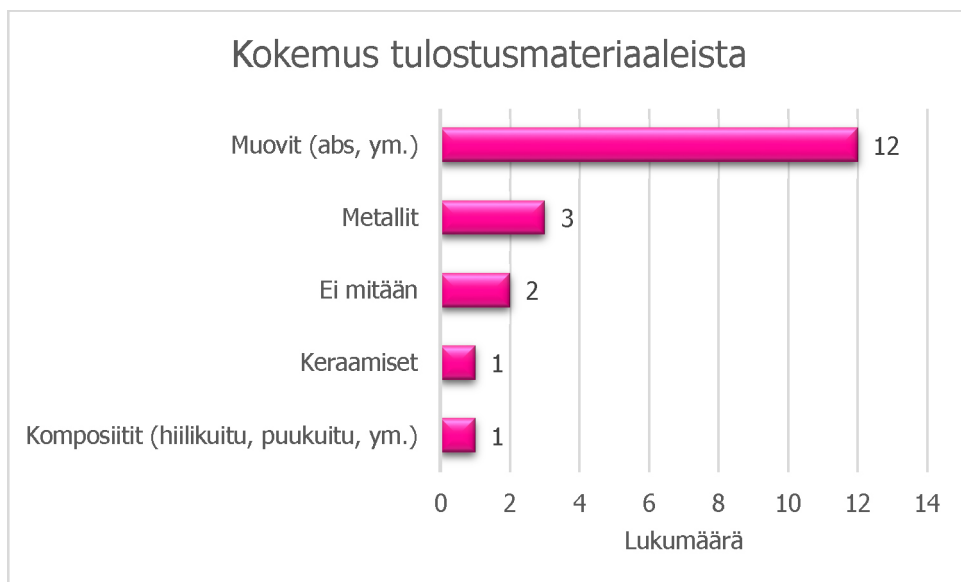
Arvioitaessa lisäävän valmistuksen tuntemusta sen eri osa-alueittain parhaiten kokemusta oli jo 3D-mallinnuksessa, jonka perusteella tuotteita valmistetaan yrityksissä eri menetelmin. Tulostuslaitteita ja – palveluita sekä tulostusaineita on myös kokeiltu ja käytössä jonkin verran.

3D-optimoinnin tuntemus viittaa siihen, että tuotteita ja osia ei vielä suunnitella 3D-tulostusta varten, eikä niistä haeta vielä etuja lisäävän valmistuksen avulla.



Kuva 2.4. 3D-tulostuksen osa-alueiden tuntemus.

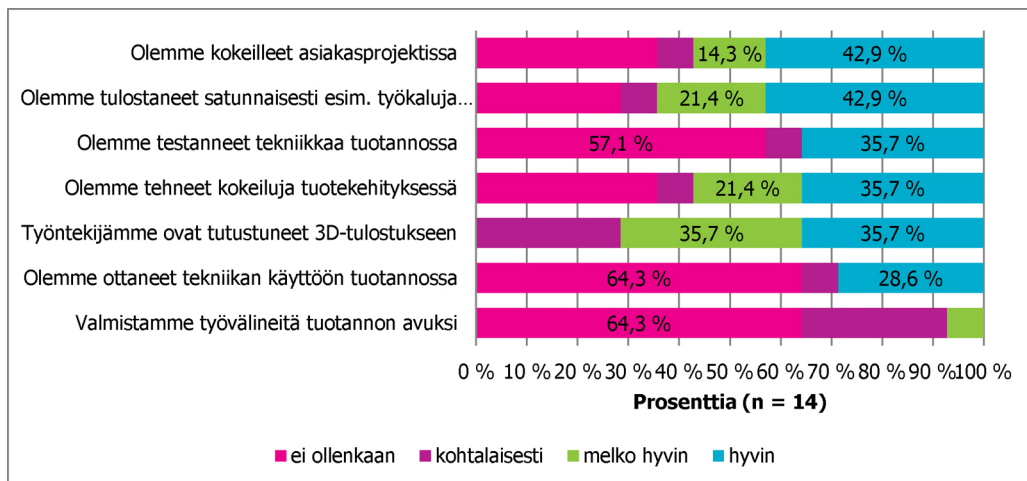
Tulostusmateriaaleista eniten kokemusta on selkeästi muoveista, jota selvästi tukee se, että kokemus on tuotekehitys ja työntekijäpohjaista (kuva 2.5). Tuotekehityksessä on mahdollista tuottaa muovista tulostettuja mallikappaleita edullisesti suunnittelun ja 3D-mallinnuksen pohjalta.



Kuva 2.5. Kokemus tulostusmateriaaleista.

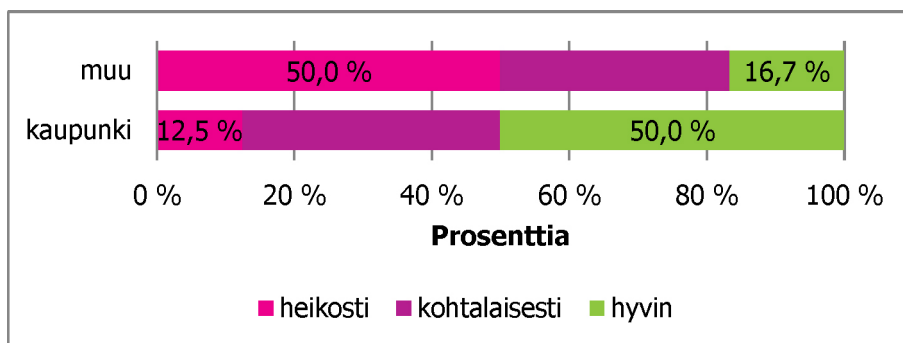
2.1.3 Kokemus ja yrityksen sijainti

Yrityksiltä kysyttiin, miten hyvin väittämät kuvasivat heidän kokemustaan 3D-tulostuksesta asteikolla: ei ollenkaan – heikosti – kohtalaisesti – hyvin.

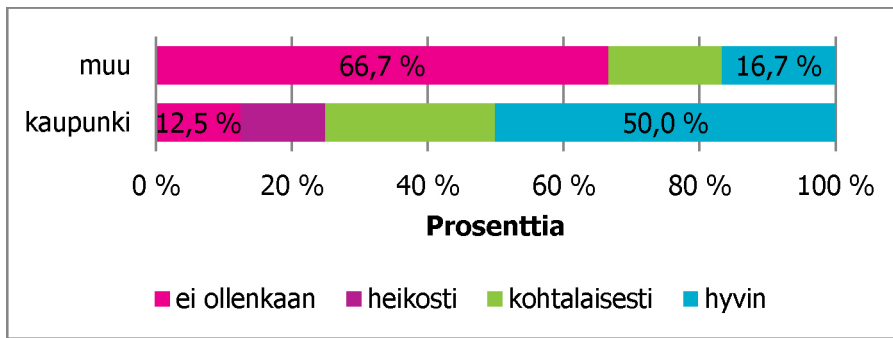


Kuva 2.6. Kokemukset lisäävästä valmistuksesta.

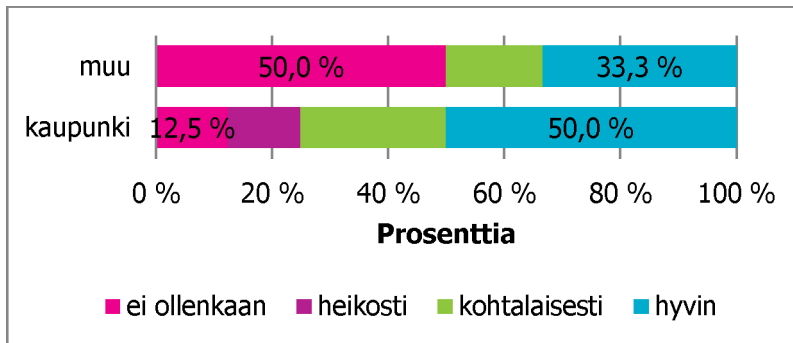
Eri paikkojen välillä syntyi kaikissa kysymyksissä eroja yrityksen sijainnin suhteen, josta muutama esimerkki alla olevissa kuvissa. Keskimäärin vajaat 80% kaupunkialueiden yritykset esittivät kysymysten väittämien kuvaavan hyvin tai kohtalaisesti kun taas muiden paikkojen yritykset vastasivat väittämien vastaavaan heidän kokemustaan heikosti tai kohtalaisesti.



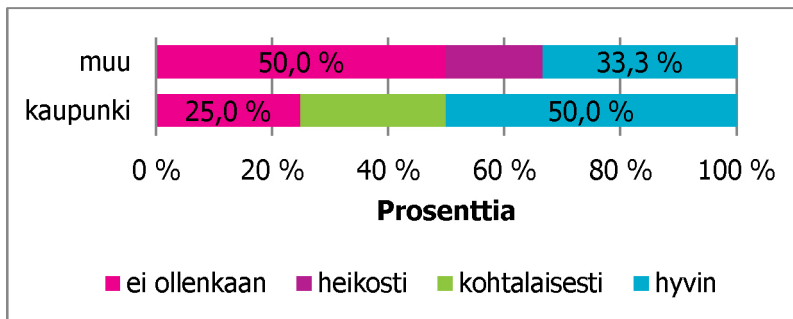
Kuva 2.7. Työntekijät ovat tutustuneet 3D-tulostukseen.



Kuva 2.8. tuotekehityksessä tehty kokeiluja.



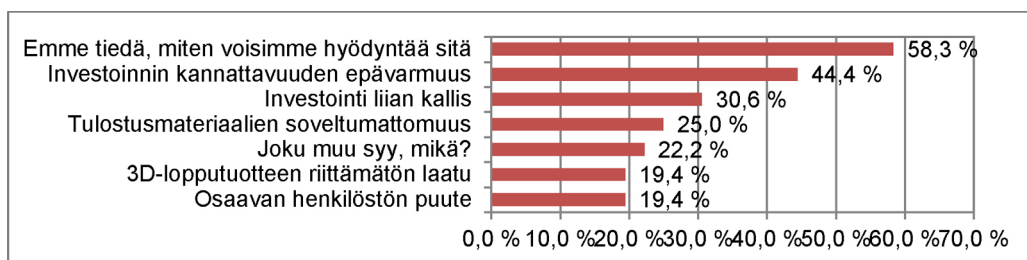
Kuva 2.9. Tulostettu satunnaisesti esim. työkaluja tai malleja.



Kuva 2.10. Kokeilleet asiakasprojektissa.

2.1.4 Lisäävän valmistuksen liittyminen yrityksen toimintaan

Kysymykseen ”liittyykö lisäävä valmistus mitenkään yrityksen toimintaan”, vastasi ei 36 osallistuneesta yrityksestä. Suurimmiksi syiksi yritykset ilmoittivat tietämättömyyden hyödyntämisestä (58,9%) ja investoinnin kannattavuuden epävarmuuden (44,4,%). Muut syyt saivat vähemmän mainintoja. Tulos viittaa siihen, että tieto ja osaaminen eivät ole vielä kohdanneet yrityksiä tai että yritykset ovat sitoutuneet tuotannossa enemmän perinteisiin tuotantotekniikkoihin.



Kuva 2.11. Tärkeimmät syyt kokemuksen vähäisyyteen lisäävässä valmistuksessa.

Kysymyksen lisäävän valmistuksen liittymisestä toimintaan vastaukset jakautuivat erikokoisten yritysten joukossa aika tasaisesti. Mikroyritysten toimintaan ainetta lisäävä valmistus liittyi hieman vähemmän kun taas pienyrityksessä tulos oli päinvastainen. Erot tuskin ovat aineistossa merkitseviä.

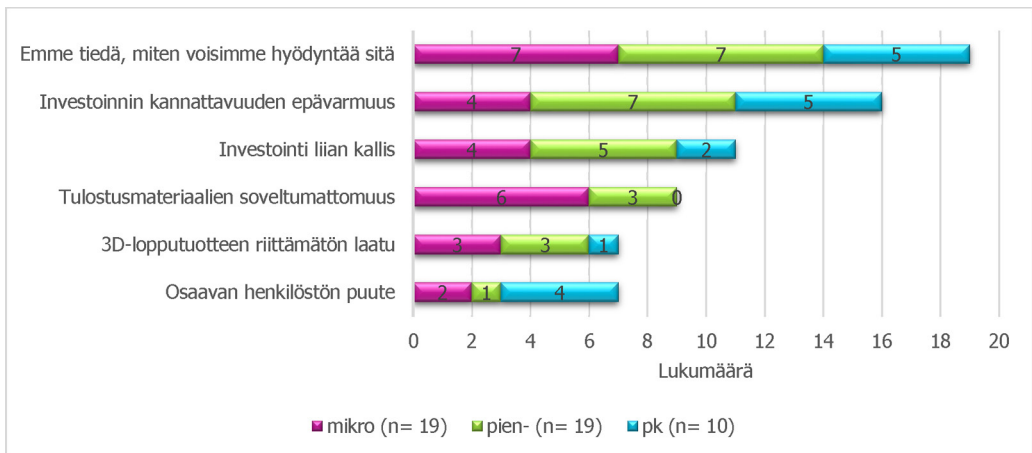
Yrityksen sijainnin mukaan näkyi tuloksissa jonkinlainen ero kaupunkikeskusten hyväksi. Toivottavasti tämä tarkoittaa, että kaupunkialueilla yritykset hyödyntävät verkostojen läheisyyttä.

Taulukko 2.4. Lisäävä valmistus ja yrityskoko.

Prosenttia sarakkeesta	Lisäävän valmistuksen liittyminen toimintaan		
	Kyllä	Ei	Kaikki
Koko			
ei tietoa	0,0 %	7,7 %	5,7 %
mikroyritys	28,6 %	38,5 %	35,8 %
pienyritys	42,9 %	33,3 %	35,8 %
keskisuuri yritys	14,3 %	20,5 %	18,9 %
suuryritys	14,3 %	0,0 %	3,8 %
Kaikki	100,0 %	100,0 %	100,0 %
n	14	39	53

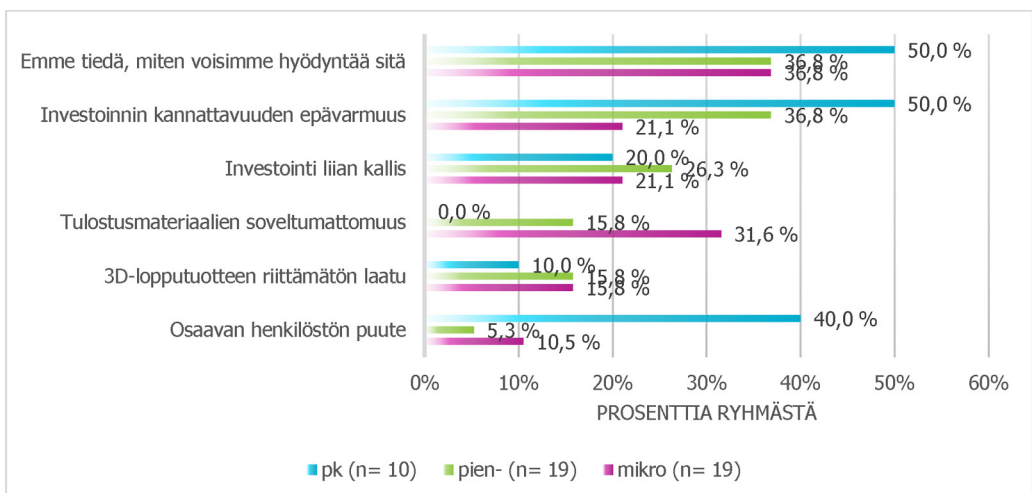
Taulukko 2.5. Lisävä valmistus sijainnin mukaan.

Prosenttia sarakkeesta		Lisävä valmistuksen liittyminen toimintaan		
		Kyllä	Ei	Kaikki
Koko	kaupungit	57,1 %	41,0 %	45,3 %
	muut	42,9 %	59,0 %	54,7 %
Kaikki		100,0 %	100,0 %	100,0 %
n		14	39	53



Kuva 2.12. Vähäisen 3D-tulostuskokemuksen syiden määrien jakautuminen yrityksen koon mukaan.

PK-yrityksistä nousi esiin erikseen osaavan henkilöstön puute. Mikroyritykset epäilevät tulostusmateriaalien soveltumattomuutta.

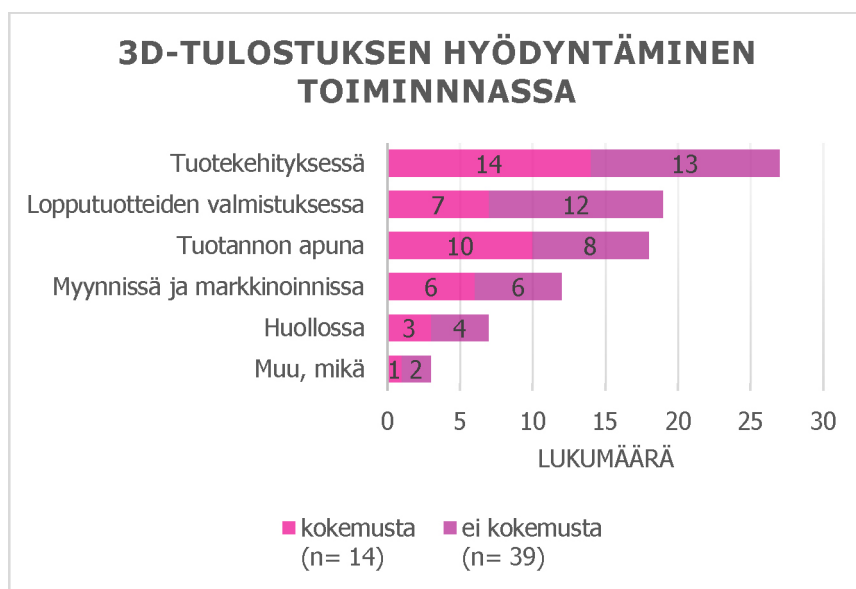


Kuva 2.13. Vähäisen 3D-tulostuskokemuksen syiden vertailu yrityskoon suhteen.

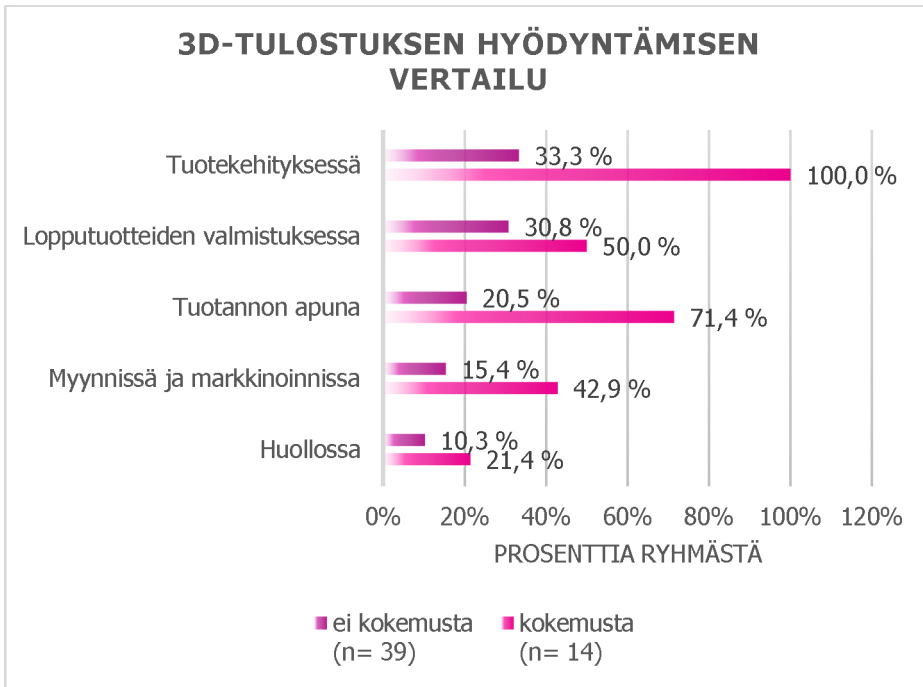
2.1.5 Tarpeita 3D-tulostuksessa

Kysyttäessä toimintaa, jossa voisi hyödyntää 3D-tulostusta, kolme eniten valintoja kerännyttä vaihtoehtoa (kuva 2.14) olivat tuotekehitys, tuotteiden valmistus ja tuotannon apu, mikä oli varsin odotettua. Yritykset, joilla on jo kokemusta 3D-tulostuksesta, nimesivät selvästi tuotekehityksen ja tuotannon aputoiminnon tärkeiksi soveltamiskohteiksi toiminnassa.

Yritykset joilla oli vähän tai ei ollenkaan kokemusta 3D-tulostuksesta tunnistivat huomattavasti vähemmän hyödyntämispotentiaalia 3D-tulostuksessa (kuva 2.15). Lopputuotteiden valmistus ei nouse kuin puolella yrityksistä potentiaalisesti hyödyntämismuodoksi. Myös muuta kuin tuotekehitys- ja valmistustoimintaa ei pidetä potentiaalisena hyödyntämiskohteena. Tämä voi viitata siihen, että 3D-tulostusteknologia nähdään vielä kapeasti ja suoraan omia tuotantomenetelmiä suorasti korvaavana teknologiana tai epäillään laatua ja suorituskykyä.



Kuva 2.14. 3D-tulostuksen hyödyntäminen.



Kuva 2.15. 3D-tulostuksen hyödyntämisen erot kokemuksen mukaan.

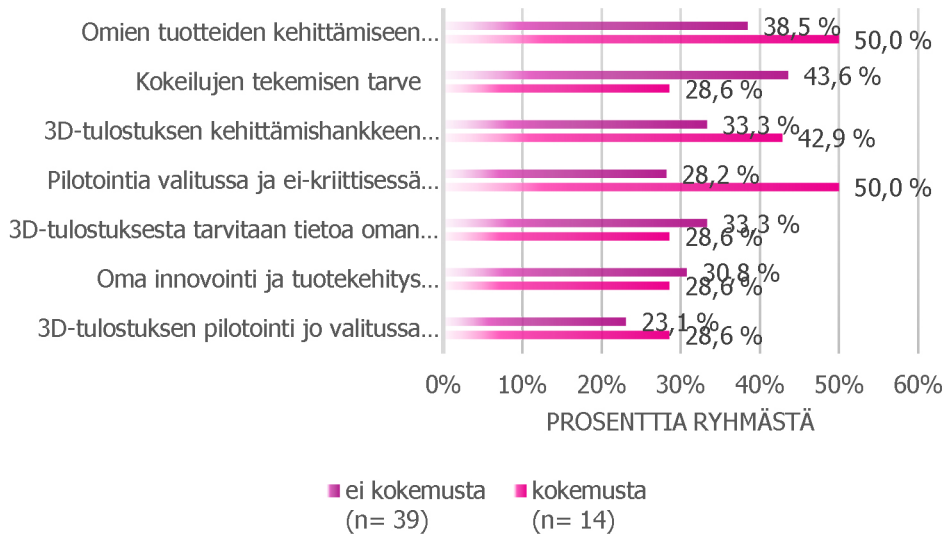
Kysyttäessä väittämien avulla, mikä kuvaisi yrityksen tarpeita 3D-tulostuksessa, nousi kolme väittämää määrällisesti eniten esiin. Omien tuotteiden kehittämiseen tarvitaan lisää 3D-tulostustietoa, kokeiluja tarvitaan ja 3D-tulostuksen kehittämistä pitää suunnitella (kuva 2.16). Nämä valinnat viittaavat siihen, että yrityksiä käytössä ei ole riittävästi soveltuvaa tietoa ja kokeilujen tekemistä tarvittaisiin tukemaan 3D-tulostuksen kehittämiseksi yrityksissä.

Yritysten tarpeita 3D-tulostuksessa



Kuva 2.16. 3D-tulostukseen liittyvien tarpeiden määrä.

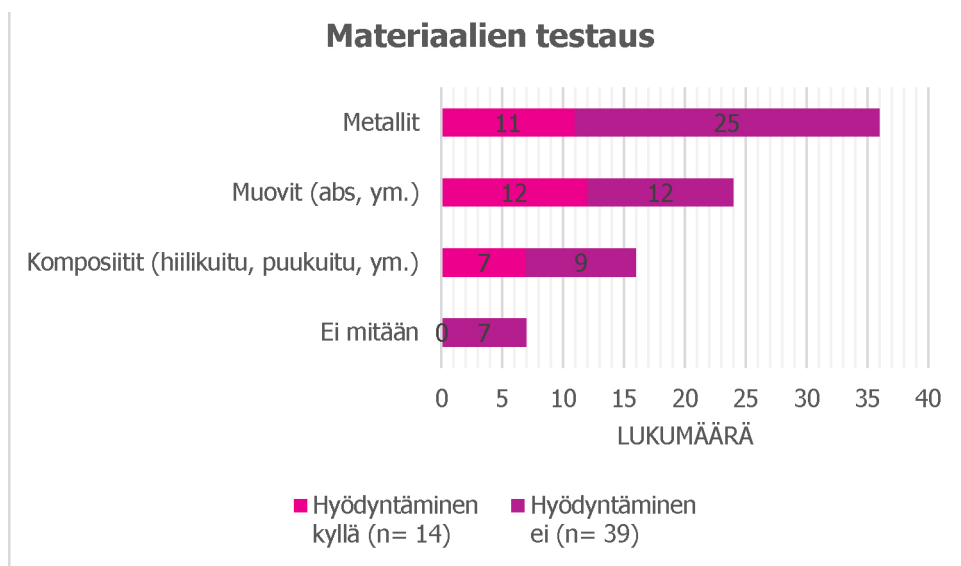
YRITYSTEN TARPEITA 3D-TULOSTUKSESSA VERTAILU



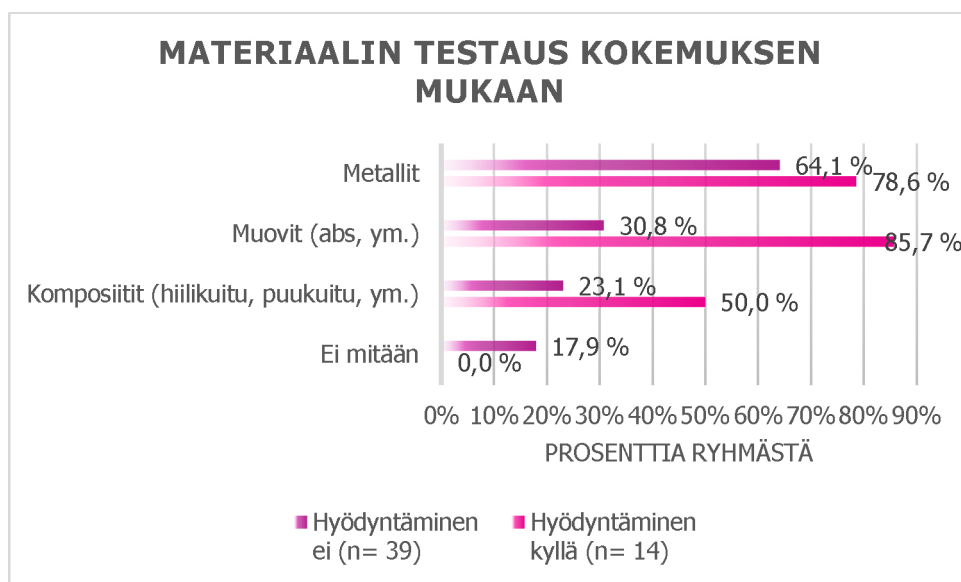
Kuva 2.17. 3D-tulostuksen tarpeiden vertailu kokemuksen mukaan.

2.1.6 Tulostusmateriaalien testaustarve

Materiaalien testauskysymykseen vastausmäärä nousi selvästi ja metallien testaamiseen ilmoittautui selvä enemmistö vastaajista (kuva 2.18) 36 (n. 68%) kaikkiaan 53 vastaajasta. Kokemuksen mukaan jaetuna (kuv 2.19) eroja syntyi: metallit kiinnostavat selvästi yrityksiä joiden kokemus on vähäinen tai sitä ei ole ollenkaan, kun taas kokeemusta hankkineilla yrityksillä muovi nousi metallin ohii (85,7% vs. 78,6) komposiittimateriaalien noustessa myös tärkeäksi puolelle tässä ryhmässä.



Kuva 2.18. Tulostusmateriaalien testaamisen tarve.

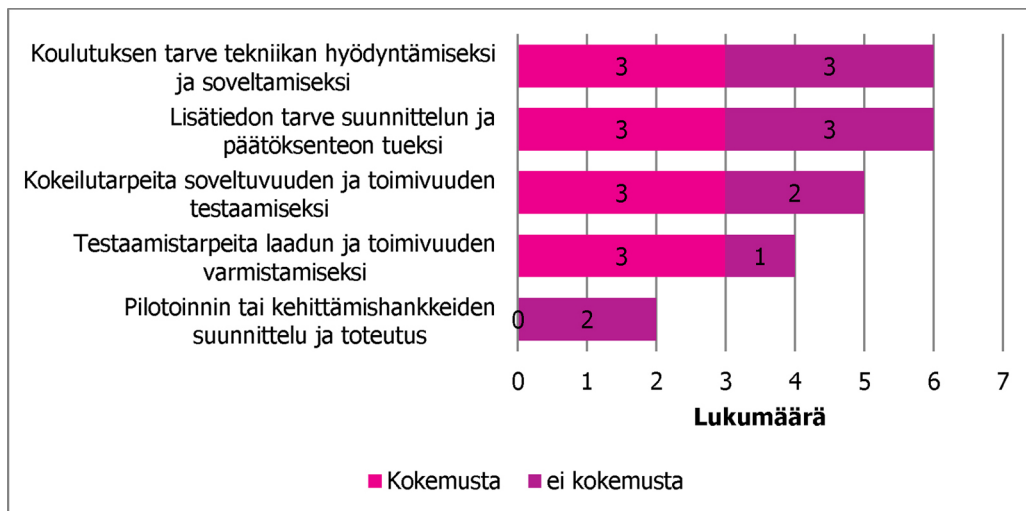


Kuva 2.19. Tulostusmateriaalien testaaminen kokemuksen suhteen.

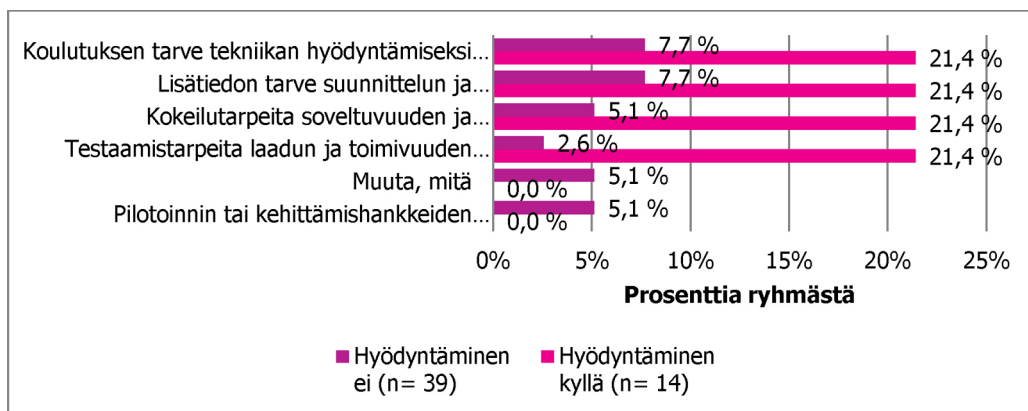
Palvelutarpeita lisäävään valmistukseen on vain noin viidenneksellä vastanneista. Palvelutarpeiden osalta kokemuksen perusteella ei nousut vastaajien välillä eroja.

Taulukko 2.6. Palvelutarpeiden jakautuminen kokemuksen suhteen.

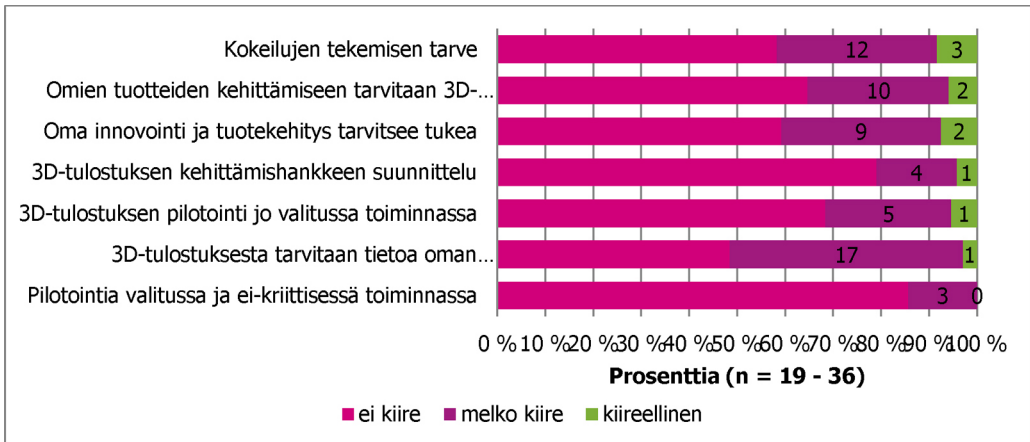
Prosenttia sarakkeesta		Liittykö lisäävä valmistus (3D-tulostus) mitenkään yrityksen toimintaan tällä hetkellä?		
		Kyllä	Ei	Kaikki
Palvelutarpeita	kyllä	28,6 %	15,4 %	18,9 %
	ei	71,4 %	84,6 %	81,1 %
Kaikki		100,0 %	100,0 %	100,0 %
n		14	39	53



Kuva 2.20. Palvelutarpeiden määrät kokemuksen suhteen.



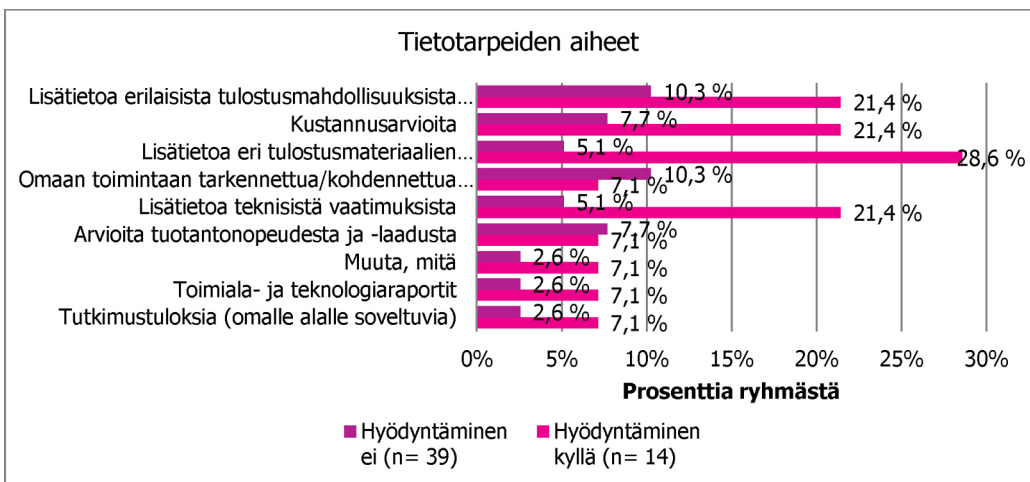
Kuva 2.21. Palvelutarpeiden vertailu kokemuksen mukaan.



Kuva 2.22. Tarpeita ryhmiteltynä.

2.1.7 Tieto- ja palvelutarpeet

Tieto- ja palvelutarpeisiin liittyvään kysymykseen saatiin vastauksia vain vähän eli tarpeita ei vielä tunnisteta tai niitä ei ole vielä syntynyt. Kokeilut ja innovointi voisivat synnyttää niitä. Lisätietotarpeky-symyksessä nostettiin: lisätietoa erilaisista tulostusmahdollisuuksista (teknologia) kaikkien vastaajien joukosta lukumääräisesti tärkeimmäksi (kuva 2.23). Eli tarvitaan lisää taustaymmärrystä teknologisesta kehityksestä ja sen mahdollisuuksista käytännön toiminnassa. Kuvasta selviää myös jo hyödyntäneiden kohdentunut tiedontarve erityisesti tulostusmateriaalien käytettävyydestä. Myös kustannustietous ja tekniset vaatimukset nousivat esiin. Yritykset, joilla 3D-tulostusei liity toimintaa nousi lisäksi esille omaan toimintaa kohdennettu tieto. Tämä voi selittyä sillä, että nämä yritykset ovat pienempiä ja tietoa haluttaisiin suuremmin toiminnan tueksi.



Kuva 2.23. Tietotarpeiden vertailu kokemuksen suhteen.

2.1.8 Panostus ja suunnitelmat 3D-tulostuksessa

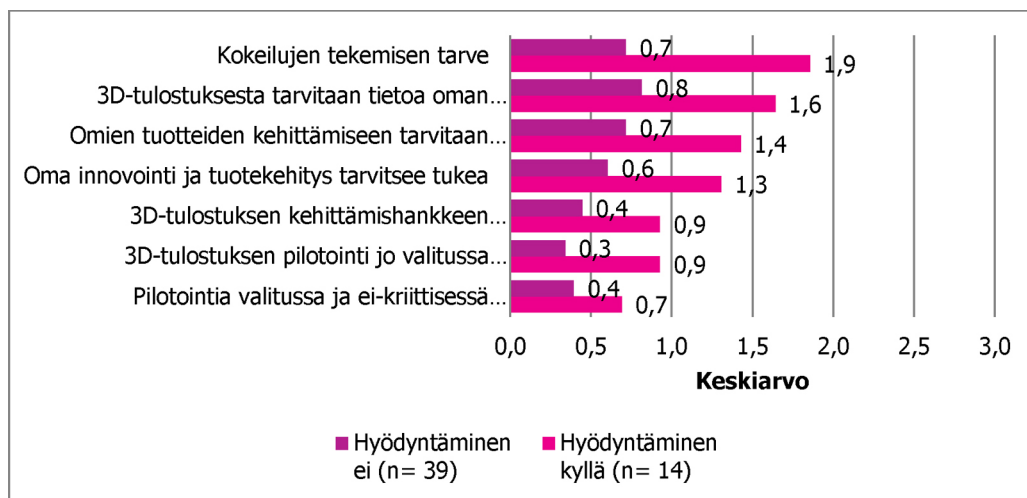
Kysyttäessä, mitkä asiat vaikuttavat lisäävään valmistukseen panostamiseen, nousivat eniten esille lisäarvon tuottaminen asiakkaille ja kilpailukyvyyn parantaminen. Vähiten vaikuttivat tässä vaiheessa kustannusrakenteiden kehittäminen ja kasvun hakeminen. Tasaisemmin suhteuduttiin tuotteen parantamiseen ja tuotannon kehittämiseen.

Lisäävän valmistuksen käyttöönotto vastaajayrityksissä painottui siten, että ensin paneudutaan mallinnukseen ja palvelujen käyttöön, ja vasta näiden jälkeen tulevaisuudessa tulostusaineisiin, topologian optimointiin tai laitehankintoihin.

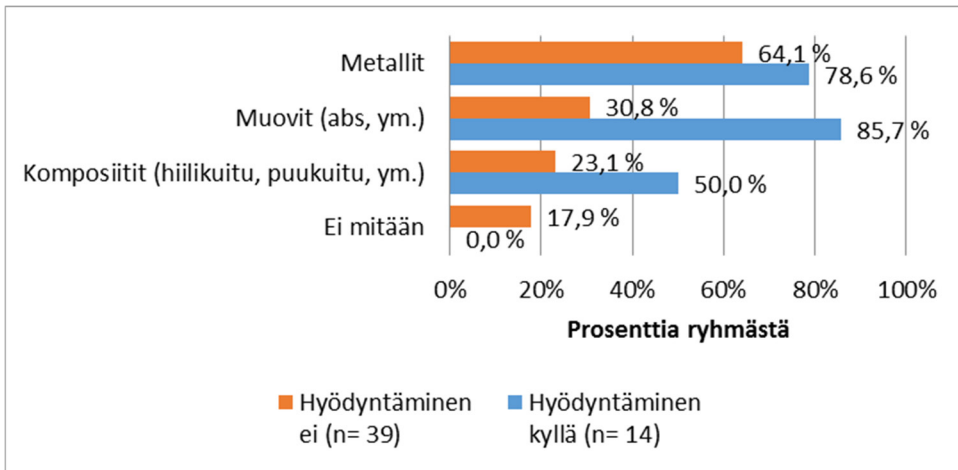
Kysyttäessä lisäävään valmistukseen ja sen kehittämiseen liittyviä rahoitustarpeita, eivät vastaajat tunnistanee pääosin ulkopuoliseen rahoitukseen. Esiin nousi yksittäisiä tarpeita ja ne kohdistuivat kokeilujen tekemiseen, kehittämiseen ja investointeihin.

2.1.9 Panostustarpeiden kiireellisyyden vertailu

Vaikka 3D-tulostustarpeiden kiireellisyydet voitiin laittaa kiireellisyysjärjestykseen, löytyi niiden välillä selvä ero myös 3D-tulostusta hyödyntäneiden ja ei-hyödyntäneiden yritysten välillä. Tulostustarpeiden kiireellisyyden keskiarvo oli selkeästi korkeampi jo hyödyntäneillä.



Kuva 2.24. Tarpeiden kiireellisyyden vertailu hyödyntämisen suhteen.

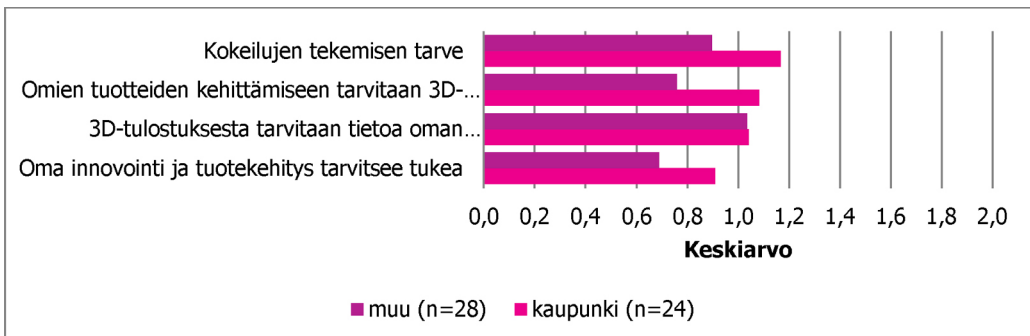


Kuva 2.25. Materiaalien testaamisen tarve kokemuksen suhteen.

2.1.10 Tuloksia sijainnin mukaan vertailtuna

Kysymyksissä: Valmistamme työvälineitä tuotannon avuksi, Olemme testanneet tekniikkaa tuotannossa, Olemme testanneet tekniikkaa tuotannossa, Olemme ottaneet tekniikan käyttöön tuotannossa, ei ollut eroja yritysten sijainnin perusteella. Näiden kysymysten vastauksissa yli puolet yrityksistä vastasi niiden kuvaavan ei ollenkaan tai heikosti heidän kokemustaan 3D-tulostuksesta.

Kysyttäessä toimintaa jossa yritys voisi hyödyntää 3D-tulostusta, ei sijainnin perusteella noussut suuria eroja. Kaupungeissa toimivissa yrityksissä nousi tuotannon apuvälinekäyttö kaksinkertaiseksi verrattuna muuhun sijaintiin ja muualla kuin kaupungeissa sijaitsevat yritykset korostivat tulevaisuuden käytössään tuotekehitystä ja myyntiä ja markkinointia.



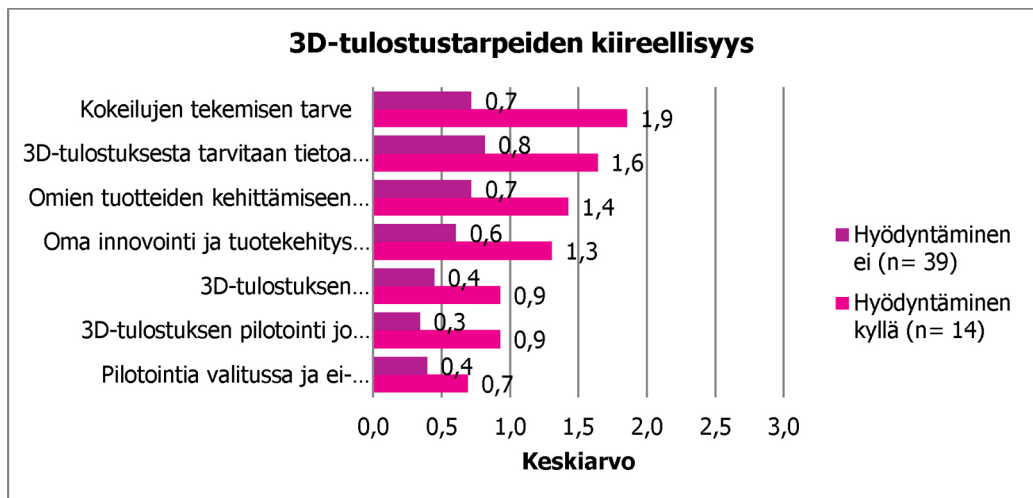
Kuva 2.26. Tarpeiden kiireellisyys.

Tarpeiden kiireellisyydessä arviointiin kiireellisyyttä asteikolla nollasta kolmeen, jossa kolme oli kiireellinen. Ei kiire –vastausten määrä vaihteli 17 ja 33 välillä, mikä laskee keskiarvoa merkittävästi. Keskiarvojen noustessa n. yhteen voi päätellä aika varmasti, ettei kiireellisiä tarpeita väittämässä esitetty. Pientä eroa syntyi sijainnin suhteen kahden ylemmän väittämän osalta. Näissä kaupungeissa on hieman kiireempi tarve. Pilotointia valitussa ja ei-kriittisessä toiminnassa, 3D-tulostuksen pilotointi jo valitussa toiminnassa, 3D-tulostuksen kehittämishankkeen suunnittelu väittämässä keskiarvo laski lähelle ei tarvetta-vastausvaihtoehtoa ja eroja sijainnin suhteen ei ollut.

Eniten kannatusta tieto- ja palvelutarpeista saivat lisätiedon tarve suunnittelun ja päätöksenteon tueksi ja koulutuksen tarve tekniikan hyödyntämiseksi, soveltamiseksi ja kokeilutarpeita soveltuvuuden ja toimivuuden testaamiseksi. Eroja ei noussut esiin sijainnin perusteella näin pienessä vastaajamäärässä.

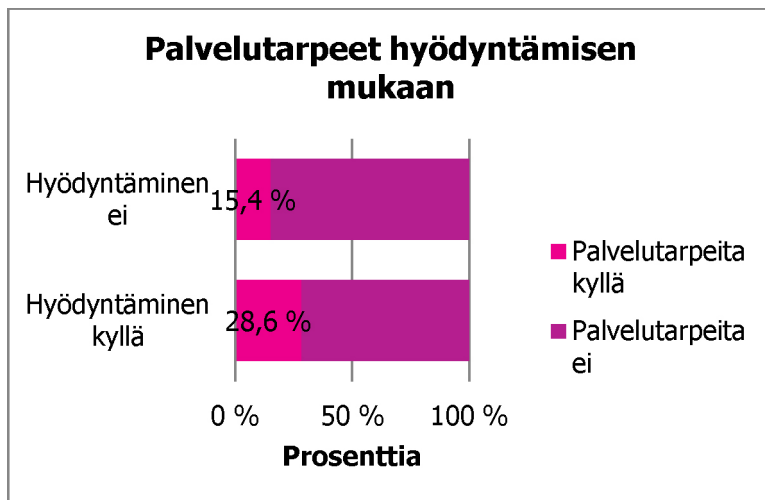
2.1.11 Kyllä/ei –vertailu

Vaikka 3D-tulostustarpeiden kiireellisyydet voitiin laittaa kiireellisyyssjärjestykseen, löytyi niiden välillä selvä ero myös 3D-tulostusta hyödyntäneiden ja ei-hyödyntäneiden yritysten välillä. Tulostustarpeiden kiireellisyyden keskiarvo oli selkeästi korkeampi jo hyödyntäneillä.

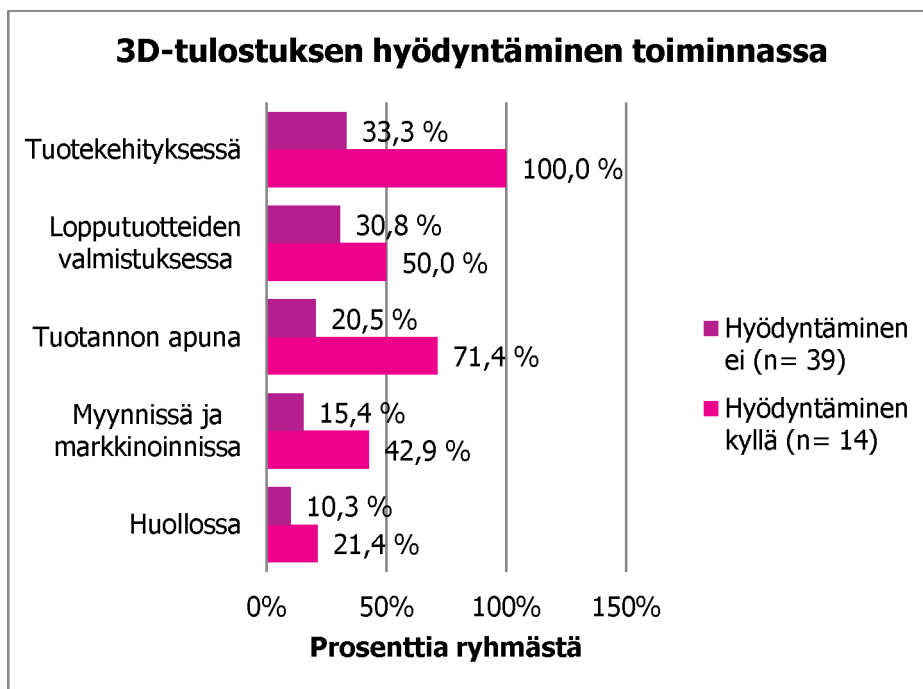


Kuva 2.27. Tarpeiden kiireellisyyden vertailu hyödyntämisen suhteen.

2.1.12 Palvelutarve



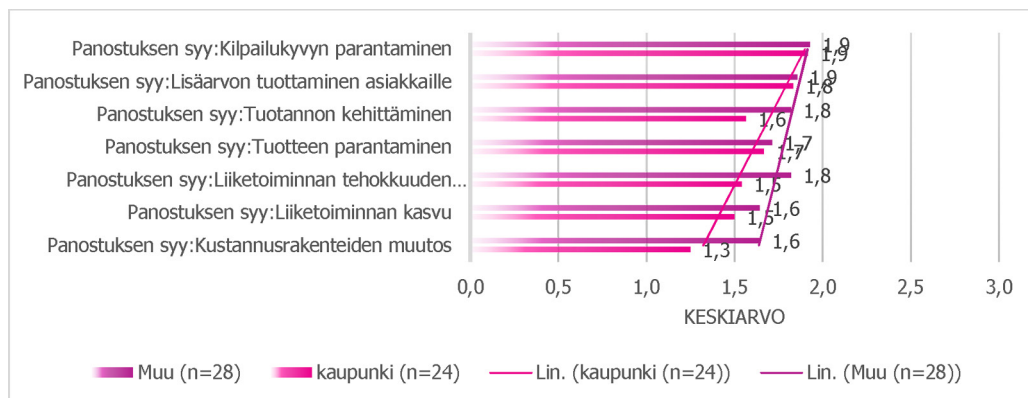
Kuva 2.28. Palvelutarpeet ja 3D-tulostuksen hyödyntäminen.



Kuva 2.29. 3D-tulostuksen hyödyntämisen vertailu kokemuksen mukaan.

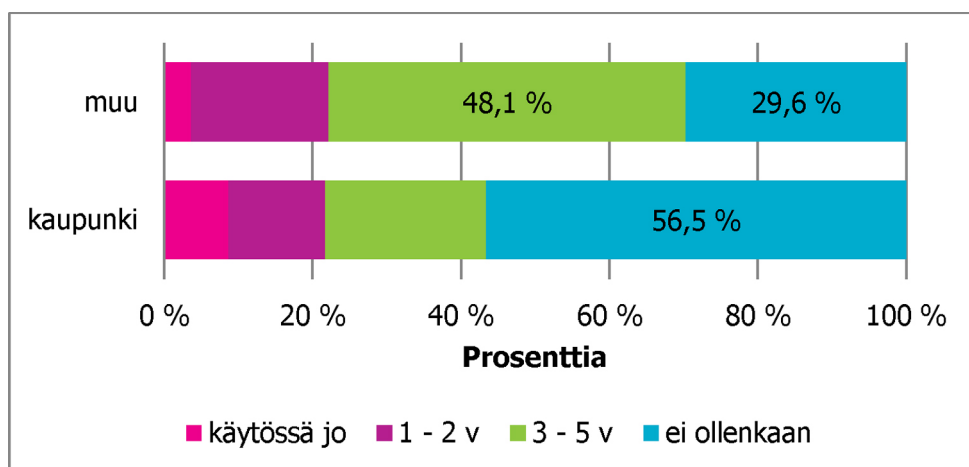
2.1.13 Tulevaisuuden suunnitelmat

Kilpailukyvyen parantaminen ja lisäarvon tuottaminen asiakkaille nousivat kaikkien vastausten tärkeimmiksi syiksi kun panostuksia 3D-tulostukseen arvioidaan. Niissä ei ollut juurikaan eroa sijainnin mukaan. Muualla kuin kaupunkialueella toimivissa yrityksissä nousi myös muita tärkeitä vaikuttavia tekijöitä esiin. Tämä voi johtua sekä yleisistä odotuksista ja toisaalta kaupungissa toimivien yritysten jo saamasta kokemuksesta tai panostuksesta.

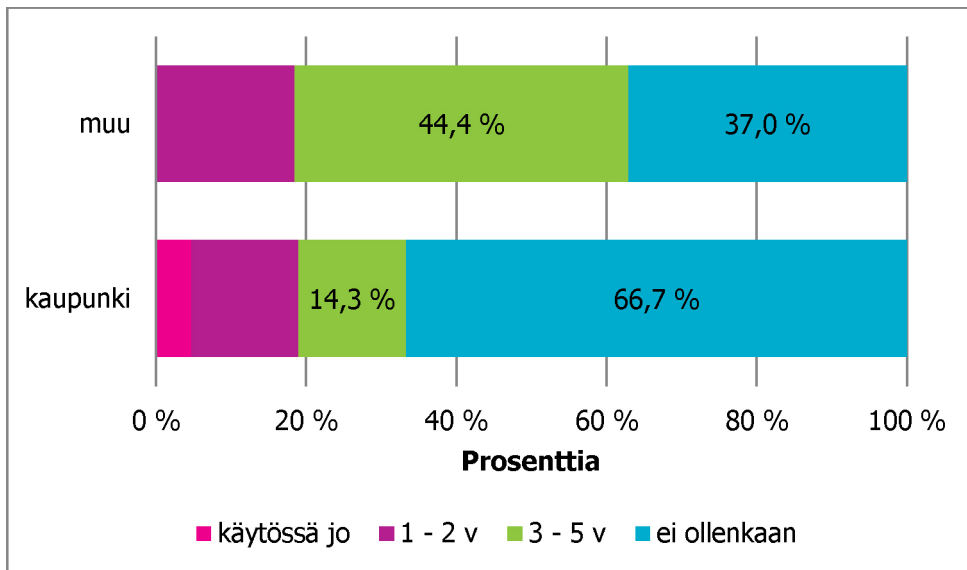


Kuva 2.30. 3D-tulostukseen panostukset syiden tärkeys.

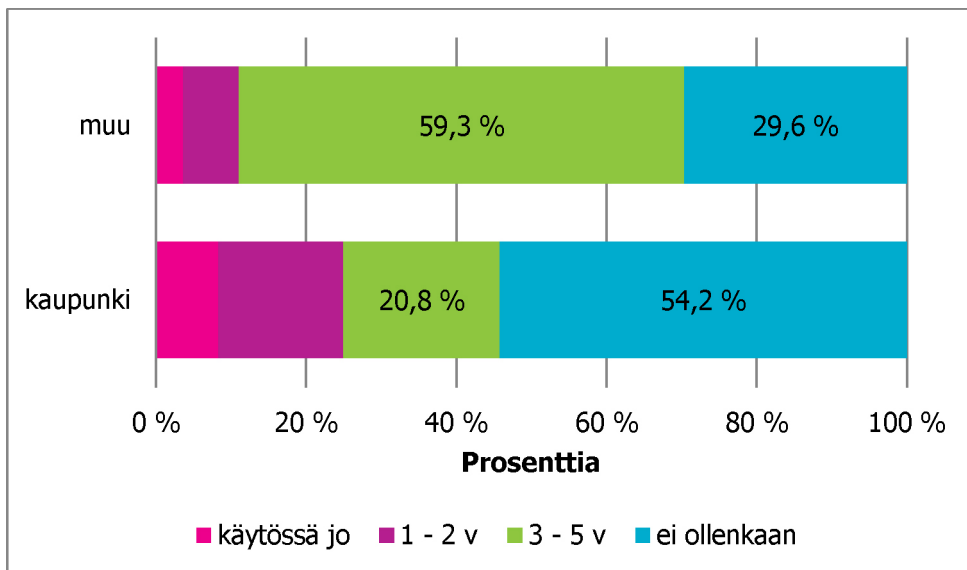
3D-osa-alueiden käyttöönoton aikataulutusta kysyttäessä tuli esiin selviä eroja yritysten sijainnin perusteella. Alla olevista kuvista selviää muutama selvä esimerkki näistä eroista.



Kuva 2.31. 3D-tulostusaineet.

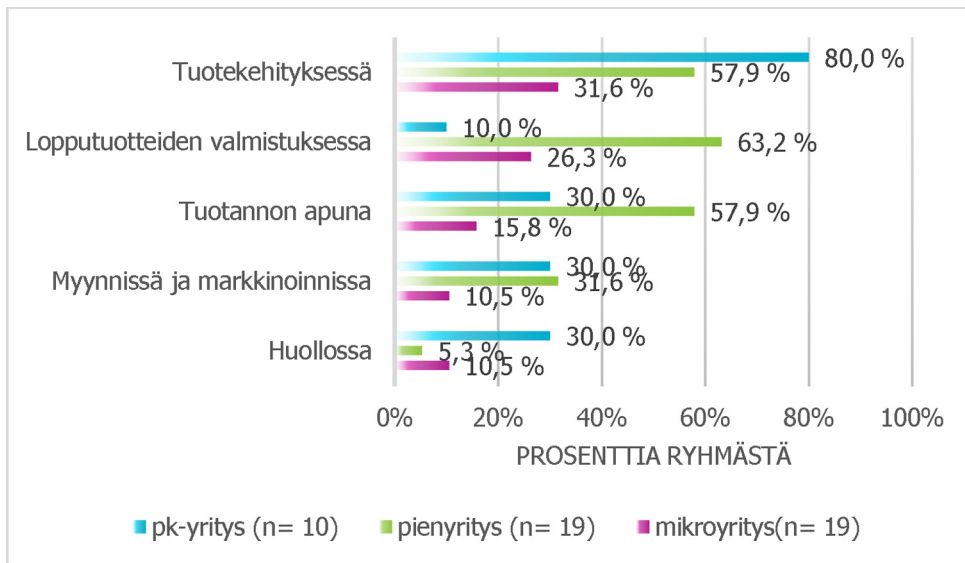


Kuva 2.32. 3D-Kappaleiden rakenteiden / topologian optimointi.



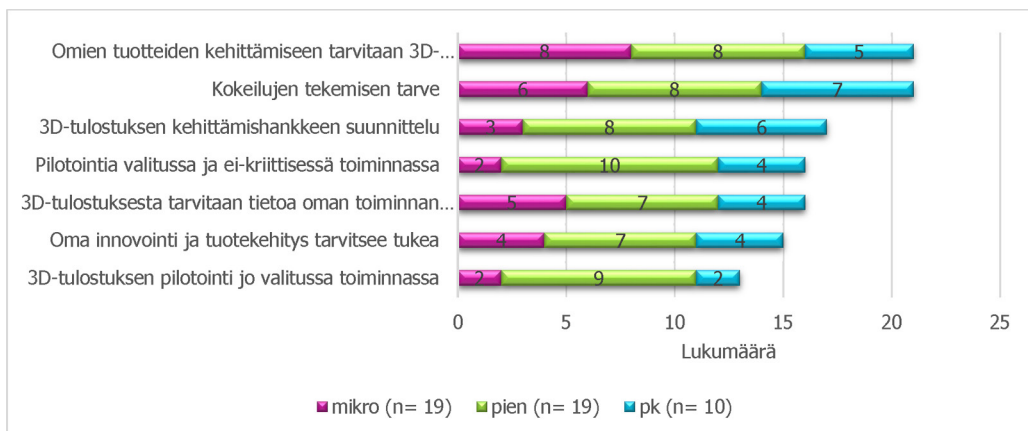
Kuva 2.33. 3D-tulostuslaitteet.

PK-yritykset ovat keskittyneet 3D-tulostuksen käytön tuotekehitykseen, kun taas pienyritykset näkevät käytön myös valmistuksessa ja tuotannon apuna. Yli puolet mikroyrityksistä ei ole miettinyt kohdetta ollenkaan.

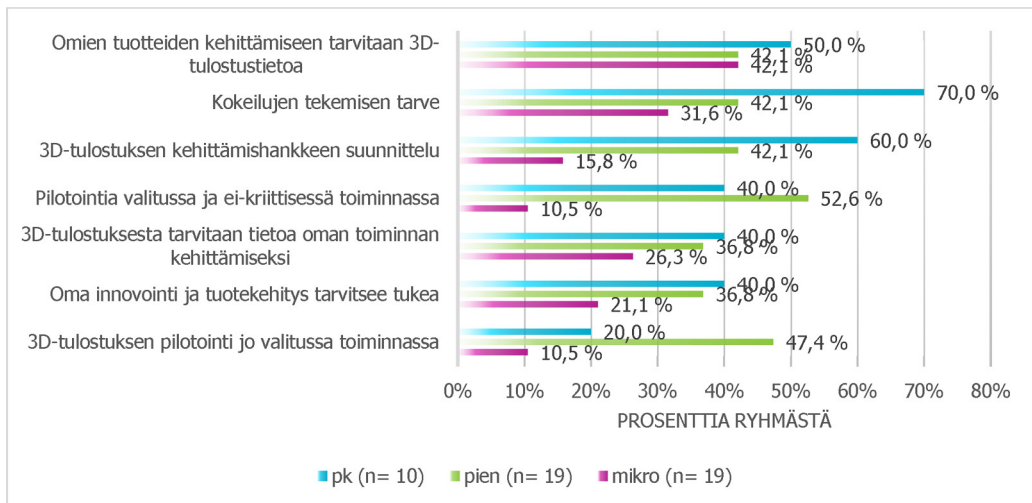


Kuva 2.34. 3D-tulostuksen käytön vertailu yrityskoon mukaan.

Siinä missä yritykset tunnistavat itsensä selvästi siitä, että tietoa omien tuotteiden kehittämiseksi 3D-tulostukseen tai kokeiluja halutaan tehdä, nousee myös eroja erikokoisissa yrityksissä. PK-yritykset näkevät tekevänsä kokeiluja ja pienyritykset ovat jo erilaisten pilottien tekovaiheessa.

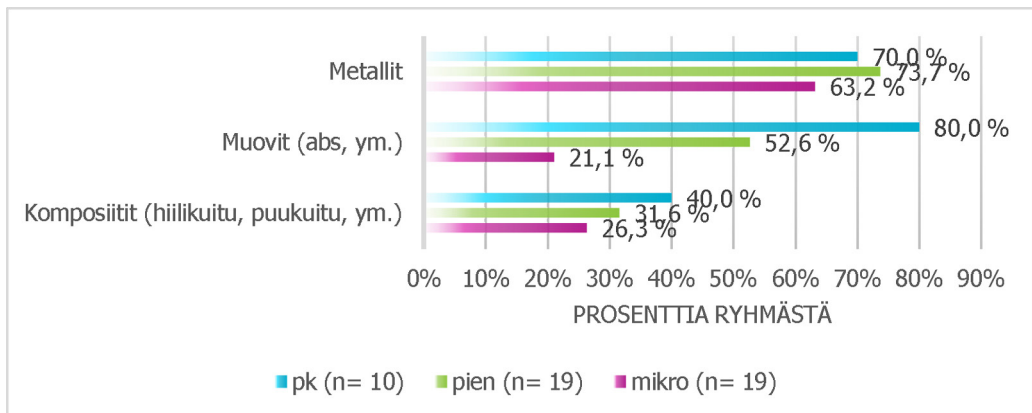


Kuva 2.35. 3D-tulostukseen liittyvän tietotarpeiden määrät yrityksen koon mukaan.



Kuva 2.36. Tietotarpeiden vertailu yrityskoon mukaan.

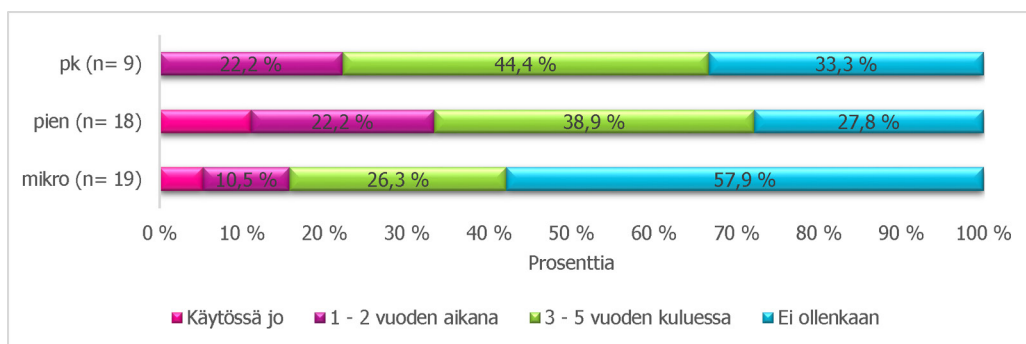
Metallin kokeilu tulostusaineena oli kaikkien vastanneiden määrällinen suosikki. Mutta yrityskoon mukaan tarkasteltuna eroja oli ryhmien välillä: Muovi nousi kuitenkin pk-yrityksillä tärkeimmäksi ja metalli taas pienyrityksissä.



Kuva 2.37. Tulostusaineiden kiinnostus yrityskoon mukaan.

2.1.14 Panostus

Yritysten arviot 3D-tulostusteknologian käytöstä omassa toiminnassa vaihtelivat jonkin verran. Mikroyrityksistä lähes 60% arvioi, ettei teknologia tule heille käyttöön ollenkaan, kun taas pk-yrityksistä yli 65% arvioi, ettei käyttöönottoon kuin alle 3 – 5 vuotta.



Kuva 2.38. 3D-tulostuksen hyödyntämisen aikataulut yrityskoon mukaan.

2.2 Terveydenhoito ja lääketiede

Terveydenhuoltoalalle suunnattu kysely pohjautui yrityspuolen kyselyyn, jota muokattiin paremmin lääketieteen ja terveystalouden toimijoille soveltuvaksi. **Kysely epäonnistui tavoittamaan toimijoita halutussa laajuudessa.** Terveydenhuollon kyselyyn vastasi yhteensä kuusi yritystä, kun kysely toimitettiin 121 toimijalle. Kysely ei tavoittanut suurimmassa osassa yrityksiä oikeita henkilöitä koska terveystalouden toimijoiden osoitteistot eivät ole yhtä selkeästi saatavilla kuin teollisella puolella. Käytännössä kyselyn onnistuminen vaatisi jokaisen yrityksen osalta henkilökohtaista kontaktointia. Tämä tullaan huomioimaan seuraavissa kyselyissä.

Kaikki kuusi vastaajaa toimivat yksityisellä sektorilla. Vastaajista 4 toimi hammashuollon puolella, yksi fysioterapiassa ja yksi anestesiologian parissa. 3D-tulostus liittyi vain yhden vastanneen yrityksen toimintaan tällä hetkellä.

Vaikka näin pienestä otannasta ei voikaan vetää pitkälle meneviä johtopäätöksiä, nostamme muutaman vastausryhmän esille.

Kysymys: Jos yrityksessänne ei ole ollenkaan tai on vain vähän kokemusta 3D-tulostusteknologiasta, mitkä ovat 3 tärkeintä syytä tähän?

- Emme tiedä, miten voisimme hyödyntää sitä
- Investointi liian kallis
- Investoinnin kannattavuuden epävarmuus / tulostusmateriaalien soveltumattomuus

Kysymys: Missä toiminnassa voisitte hyödyntää 3D-tulostusta

- Lopputuotteiden valmistuksessa (4)
- Tuotekehityksessä (2)
- Myynnissä ja markkinoinnissa (2)
- Emme ole miettineet asiaa ollenkaan (2)

Kysymys: Mitä tulostusmateriaaleja haluaisitte testata omassa toiminnassanne? (Voit valita useamman vaihtoehdon)

- Muovit (3)
- Metallit (2)
- Komposiitit (2)
- Keraamiset (3)
- Ei mitään (2)

Kysymys: Millaisia 3D-tulostukseen liittyviä tieto- tai palvelutarpeita teillä on?

- Kokeilutarpeita soveltuvuuden ja toimivuuden testaamiseksi
- Koulutuksen tarve tekniikan hyödyntämiseksi ja soveltamiseksi

Kysymys: Jos teillä on tarpeita/kiinnostusta koulutukselle, millaista koulutusta erityisesti kaipaisitte?

- Tietoiskuja mahdollisuuksista ja sovellutuksista

3 PEDAGOGISET NÄKÖKOHDAT

3.1 Pedagogiset haasteet

Insinöörikoulutus on tunnetusti ollut viime aikoina voimakkaassa muutoksessa. Nopeasti kehittyvä teknologia ja valtiontalouden säästöt pakottavat opetussuunnitelmien uudistukseen yhä nopeammalla syklillä. Samaan aikaan opettajien on etsittävä uusia innovatiivisia keinoja opetuksen toteuttamiseen. Tähän liittyen onkin kehitetty uudenlaisia pedagogisia ajattelutapoja, joiden uskotaan parantavan tilannetta tulevaisuudessa.

Koulutuksessa painopiste tulee olemaan lähinnä kappaleiden ja tuotteiden kehityksessä ja suunnittelussa. Perinteisissä menetelmissä suunnittelun lähtökohtana on usein aihio, josta materiaalia poistamalla, muovaamalla ja yhteen liittämällä sekä erilaisia työkaluja käyttäen muodostetaan lopullinen kappale. Lisäävässä valmistuksessa ei tarvita aihioita eikä työkaluja, vaan materiaalia lisätään kerros kerrokselta. Tästä seuraa vallankumouksellinen näkökohta, jonka mukaan kappaleen muoto voidaan valita lähes vapaasti ilman aihioden ja työkalujen aiheuttamia rajoitteita. Kappaleen muoto voidaan optimoida esimerkiksi lujuuden ja massan ja/tai toiminnallisten ominaisuuksien osalta. Tuotteiden suunnittelun lisäksi lisäävällä valmistuksella on vaikutusta myös tuotteiden valmistuksen toteutukseen ja toimitusverkostoihin.

Kappaleen muodon vapaus asettaa suunnittelijan uuden haasteen eteen: miten löytää optimaalinen muoto kappaleelle? Insinööritieteiden perinteet ovat vuosisatoja pakottaneet insinöörit käyttämään lähinnä suoria tai ympyrämäisiä muotoja. Uusi tilanne ei ole hämmäntävä pelkästään suunnittelijoille vaan myös insinöörien kouluttajille. Opetussuunnitelman laadinta on aina nollasummapelejä: kun jotain lisätään, on jotain otettava pois. Voidaanko nyt lähteä siitä, että opetussuunnitelmaan lisätään lisäävää valmistusta ja perinteistä otetaan vastaavasti pois?

Kun asiaa tutkaillaan tarkemmin, huomataan että lisäävä valmistus ei olekaan ihan niin mullistava teknologia kuin edellä on annettu ymmärtää. Aiemmin todettiin, että erityisen kiinnostuksen kohteena ovat metallikappaleet. Metallista valmistettavat kappaleet ovat kuitenkin hyvin kalliita. Tämä johtuu ensinnäkin siitä, että tulostuksessa yleis-

simmin käytettävä metallijauhe maksaa jopa sata kertaisesti perinteiseen materiaaliin verrattuna. Toinen syy on se, että metallitulostimet ovat hyvin kalliita, joka tekee koneajasta kallista. Nykyiset metallitulostimet ovat myös varsin hitaita, mikä edelleen kasvattaa tulostuksen kustannuksia. Vähänkin suurikokoisemman kappaleen tulostaminen voi kestää päiviä. Edelleen on muistettava, että metallitulosteilla jälkikäsitellyt (kappaleen ja tukirakenteiden irrotus, lämpökäsittelyt jne.) ovat usein aikaa vieviä. Näiden tietojen perusteella on vaikea nähdä, että metallitulosteista tulisi ainakaan lähiaikoina taloudellisesti kannattavia perusteellisuuden tarpeisiin.

Toinen ongelma on useiden menetelmien yhteydessä esiintyvä tyhjän päälle tulostaminen. Se on joko mahdotonta tai aiheuttaa ainakin laadullisia ongelmia. Siitä päästään luonnollisesti eroon hyödyntämällä tukirakenteita, jotka joudutaan puolestaan poistamaan tulostuksen jälkeen.

Insinöörikoulutusta ajatellen suurimmat haasteet ovat ajattelutapojen muuttamisessa. Tähän saakka tuotteiden suunnittelussa hyödynnetty paljon suoraviivaisia ja –kulmaisia sekä ympyrämäisiä muotoja, joihin ovat pohjautuneet usein myös lujustechniset laskelmat sekä mallinnusohjelmat. Nyt suunnittelijalla onkin käytössään suunnittelu-avaruus, joka voi sisältää hyvin suuren määrän erilaisia mahdollisia muotoja. Perinteiset suunnittelu- ja analysointimenetelmät toimivat huonosti tällaisten vapaiden muotojen yhteydessä. Onneksi kehitteillä on erilaisia topologian optimointiin tarkoitettuja ohjelmistoja, joiden avulla voidaan hakea kappaleelle optimaalinen muoto tiettyjen parametrien suhteen. Ohjelmistojen avulla voidaan myös etsiä kappaleisiin sisäisiä rakenteita, joiden avulla niiden massaa ja tulostusaikaa voidaan pienentää.

Suunnittelun lisäksi lisäävä valmistus aiheuttaa muutoksia tuotannon järjestelyihin. Kappaleita voidaan tuottaa pienemmissä sarjoissa tai jopa yksittäiskappaleina. Myös sarjatuotanto siten, että jokainen sarjan kappale on erilainen, on mahdollista. Tuotanto on varsin yksinkertaista eikä edellytä pitkälle koulutettua henkilökuntaa ja yksi henkilö voi valvoa useita tulostimia samanaikaisesti. Tuotanto voi myös sijaita varsin vapaasti halutussa maantieteellisessä paikassa.

Yksi uusimmista pedagogisista menetelmistä on ns. Flipped Learning tai Flipped Classroom. Näissä perinteisen opetustunnin jälkeen annet-

tavien kotitehtävien tilalla ovat etukäteen tehtävät kotitehtävät. Kun opiskelijat ovat voineet tutustua opetustunnilla käsiteltävään aiheeseen jo etukäteen, tuo se oppituntiin erilaisen tunnelman ja opetuksessa pystytään syventymään aiheeseen aikaisempaa paremmin. Alun perin Flipped Classroom –menetelmässä opiskelijat katsoivat oppitunnin nauhoitetun videon etukäteen, mutta periaatteessa materiaali voi olla muutakin.

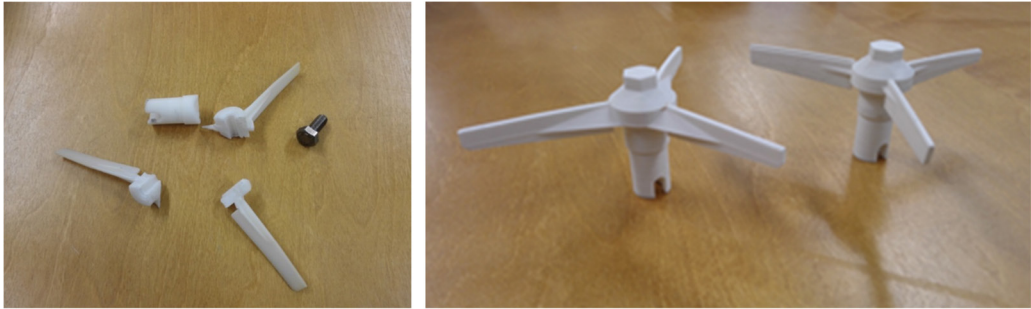
Toinen moderni, mutta jo paljon käytetty pedagoginen menetelmä on projektiopetus (Project Based Learning, PBL), jossa opiskelijat perehtyvät käsiteltävään aiheeseen mahdollisimman paljon työelämään sidottujen projektien kautta.

Kun näitä kahta tutkitaan tarkemmin, tulee väistämättä mieleen ajatus, että niiden yhdistämisellä voidaan saavuttaa merkittävää opetuksen tuottavuuden kasvua. Erityisen hyvin tällaisen yhdistelmän uskotaan toimivan juuri lisäävän valmistuksen opetuksen yhteydessä. Opiskelijat joutuvat tutustumaan oppimisprojektissa käsiteltävään aiheeseen etukäteen, jolloin heillä on paremmat valmiudet lähteä ratkomaan erityisesti juuri projektin kohteena olevaa ongelmaa.

3.2 Projektio-pintokokeilu

Edellä kuvattua kahden pedagogisen menetelmän yhdistelmää kokeiltiin ALVO-hankeen yhteydessä kahdella kolmannen vuosikurssin insinööriopiskelijaryhmällä vapaasti valittaviin opintoihin sisällytettävällä opintojaksolla. Kenelläkään opiskelijoista ei ollut aikaisempaa tietoa eikä kokemusta lisäävästä valmistuksesta. Flipped Learning -periaatteen mukaisesti opiskelijoille annettiin ensin tehtävä hakea lisätietoa lisäävästä valmistuksesta sekä etsiä Internetistä jokin sopiva valmiiksi suunniteltu kohde, jonka voisivat tulostaa oppilaitoksen tulostimilla. Tällä tavalla opiskelijat saivat heti alkuun realistisen ja kouriintuntuvan kuvan tulostamisesta ja siihen liittyvistä haasteista.

Seuraava tehtävä sisälsi jo varsinaisen projektin, jossa ryhmät saivat yhteistyössä suunnitella varaosan rikkoutuneen keittiökoneen osan (kuva 3.1) tilalle. Osa piti suunnitella uudelleen kahdesta näkökulmasta: jotta se olisi mahdollisimman helppo valmistaa ja jotta se olisi vahvistettu niin, että rikkoutumista ei enää tapahtuisi. Opiskelijat selvivät haasteesta hyvin.



Kuva 3.1. Keittiökoneen rikkoutunut osa ja tulostettu varaosa.

Kolmantena kohtana opiskelijat kohtasivat todellisen teollisuusyrityksen ja saivat tehtäväkseen suunnitella hydraulikkalohkon toteutettavaksi lisääväällä valmistuksella. Tässäkin kohtaa opiskelijat saivat hyvin juonesta kiinni, mutta aika vaan loppui kesken, jotta tuloksesta olisi tullut valmis. Lohkon malli kuitenkin saatiin hyvin alulle ja tulostettukin versio konkretisoi tilannetta.

Projektiopintokokeilu sujui mallikkaasti ja opiskelijoidenkin mielestä he oppivat opintojakson aikana paljon. Kokeilun perusteella voidaan sanoa, että jatkossa tämän tyyppinen opiskelu sopii hyvin sekä opetuksen, että lisäävän valmistuksen oppimisympäristön näkökulmista. Menetelmä on hyvin sopusoinnussa suunniteltavan oppimisympäristön palvelu- ja liiketoimintamallien kanssa.

Savonia-ammattikorkeakoulun terveysalan opiskelijoiden opetus-suunnitelmassa on opintojakso Moniammatillinen hanketyö. Tavoitteena on, että opintojakson suoritettuaan opiskelija osaa työskennellä hankkeessa sekä suunnitella ja toteuttaa hanketyöskentelyä ideoinnista arviointiin. Opiskelijat toimivat moniammatillisissa ryhmissä. Hanketyön aiheet tulevat pääsääntöisesti työelämästä.

ALVO-hankkeessa päätettiin tehdä tilannekatsaus lisäävän valmistuksen käytöstä terveydenhuollon ja lääketieteen sovelluksissa ja selvitystyötä tarjottiin terveysalan opiskelijoille. Hanketyöhön tarttuivat kaksi opiskelijaa suuhygienistin ja yksi opiskelija fysioterapeutin koulutusohjelmasta. Opiskelijoiden mukaan aihe oli kiinnostava eikä sitä oltu käsitelty opinnoissa.

Opiskelijat tuottivat tietoa mm. digitaalisista hammasmalleista sekä tulostuksesta hammasprotetiikassa ja oikomishoidossa. Lisäksi selvitettiin 3D-tulostettujen proteesien, implanttien, kipsien ja lastojen

hyödyntämisestä terveydenhuollossa nyt ja tulevaisuudessa. Opiskelijoiden oma tietämys aiheesta kasvoi ja selvityksiä voidaan jatkossa hyödyntää opetuksessa.

Opiskelijoiden tuotokset liitettiin hankkeessa tuotettuun julkaisuun ”Lisäävän valmistuksen käyttö terveydenhuollon ja lääketieteen soveluksissa, Tilannekatsaus 2016”.

4 OPPIMISYMPÄRISTÖN KUVAUS

4.1 3D-tulostuslaboratorio

Hankkeessa suunniteltiin tutkimus- ja oppimisympäristöä johon kuuluu olennaisena osana fyysinen 3D-tulostuslaboratorio. 3D-tulostuslaboratorio ei jäänyt vain suunnitelmien tasolle vaan hankkeen aikana suunniteltiin ja keskitettiin Savonian laitekanta ja osaaminen yhteen tilaan Opistotien kampukselle. Lisäksi päätettiin alustavasti laitetyyppit ja materiaalit, joita laboratoriossa tullaan käyttämään. Koska myös Savonian opetus tulee hyödyntämään 3D-tulostuslaboratoriota, pidettiin tärkeänä sitä että 3D-tulostinten käyttämä materiaali vakioidaan ja että se on hintatasoltaan edullista. Päädyttiin pursottavaan menetelmään (Fused Filament Fabrication) joka käyttää 1,75 mm filamenttilankaa. Kaikki hankkeen aikana investoidut laitteet perustuvat samaan menetelmään.

Osana investointihanketta laitekantaa myös päivitettiin hankkimalla sekä muovin 3D-tulostimia että lisäävän valmistuksen tarvitsemia ohjelmistoja. Hankitut ohjelmistot olivat:

- Netfabb, jolla voidaan käsitellä ja korjata 3D-tulostettavia malleja
- Solidthinking Inspire, topologian optimointiohjelma.

ALVOI-hankkeen investoinnit 3D-tulostuslaitteisiin olivat:

- Leapfrog XEED. Lämmitettävällä kammiolla varustettu 3D-tulostinlaite, joka hankkeen aikana osoittautui ennakoitua huonommin toimivaksi. Laite toimii, mutta sekä laitteen fyysisen kokoonpanon laatu että sen tuottamat kappaleet eivät ole yhtä laadukkaita kuin muilla tulostinlaitteilla.
- Zmorph 2.0SX joka ongelmien selviämisen jälkeen vaikuttaa lupaavalta ja edulliselta laitteelta. Ongelmat johtuivat fyysisesti viallisesta laitteesta, joka vaihdettiin maahantuojan toimesta uuteen.
- German RepRap X1000. Laitteessa on suurikokoinen tulostusalue (1000x800x680 mm) joten se soveltuu hyvin tki-toimintaan ja alueen yritysten testaustarpeisiin. Käyttöönnotossa oli aluksi hieman ongelmia sillä ylläpidosta ja ohjeistuksesta vastaava tanskalainen jälleenmyyjä meni konkurssiin pian laitteen toimituksen jälkeen. Laitteiston mukana tulleet ohjekirjat olivat puutteellisia ja osittain

saksankielisiä. Ohjekirjasta julkaistaan päivitetty englanninkielinen versio loppuvuodesta 2016.

Laitteistohankinnan yhteydessä tuli selvästi ilmi että tällä hetkellä 3D-tulostuslaitteilla on ”myyjän markkinat”, mikä tarkoittaa että markkinoilla on runsaasti kyseenalaisia toimijoita. Laitteistojen nopea kehitystahti ja kova kysyntä lisäävät toimitusaikoja ja rajoittavat saatavilla olevaa tietoa päätöksen tukena.

Julkisissa hankinnoissa on painotettava hankintahintaa perusteena, joka yhdessä laitteiden nopean kehitystahdin ja kovasta laitekysynnästä johtuvan toimitusaikojen vaihtelun kanssa nostaa riskiä siitä että valinta kohdistuu huonommin toimivaan laitteeseen.

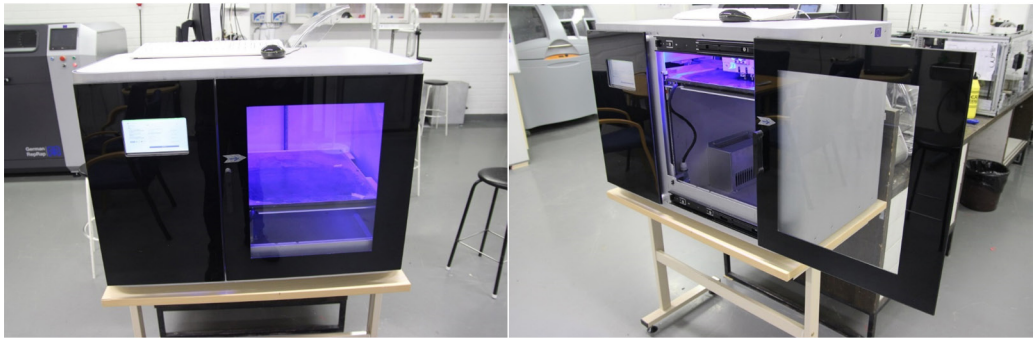
Lisäksi hankkeen aikana aloitettiin alustava kartoitus siitä, kiinnostaako alueellisia toimijoita metallin 3D-tulostimen hankinta tki- ja oppimisympäristön yhteyteen. Kiinnostusta asiaan löytyi, ja kartoitusta sekä hankinnan mahdollista valmistelua jatketaan hankkeen jälkeen.

Taulukko 1. Investointihankkeessa hankitut 3D-tulostuslaitteet.

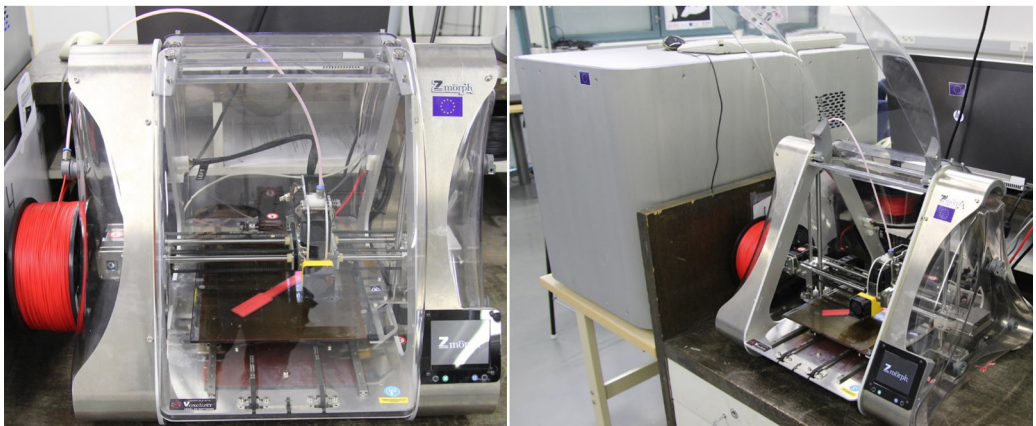
Tulostin	Menetelmä	Materiaali	Alue	Suutin	Ohjelmisto
LeapFrog Xeed	Materiaalin pursotus (FFF)	ABS, PLA, PETG, PA, ... (satoja erilaisia)	220 x 280(250) x 230 (Lämmitettävä kammio, tulostus- alusta graniittia)	0.4 mm (2 kpl)	Linux (LeapFrog-webui), Simplify3D, RepetierHost, slic3r, curaengine, netfabb
Zmorph 2.0SX	Materiaalin pursotus (FFF) ja jyrsintä. Laitteeseen on saatavilla myös pursotus- ja laser pää.	ABS, PLA, PETG, PA, ... (satoja erilaisia)	250 x 235 x 165 (tulostusalustana lasi)	0.4 mm	Voxelizer, netfabb
German RepRap X1000	Materiaalin pursotus (FFF)	ABS, PLA, PETG, PA, ... (satoja erilaisia)	1000 x 800 x 600 (tulostusalustana lasi)	0.8 mm (2 kpl)	Linux (Repetier Server-webui), Simplify3D, RepetierHost, slic3r, curaengine, netfabb



Kuva 4.1. German RepRap X1000



Kuva 4.2. Leap Frog Xeed



Kuva 4.3. Zmorph 2.0SX

4.2 Palvelu- ja liiketoimintamallit

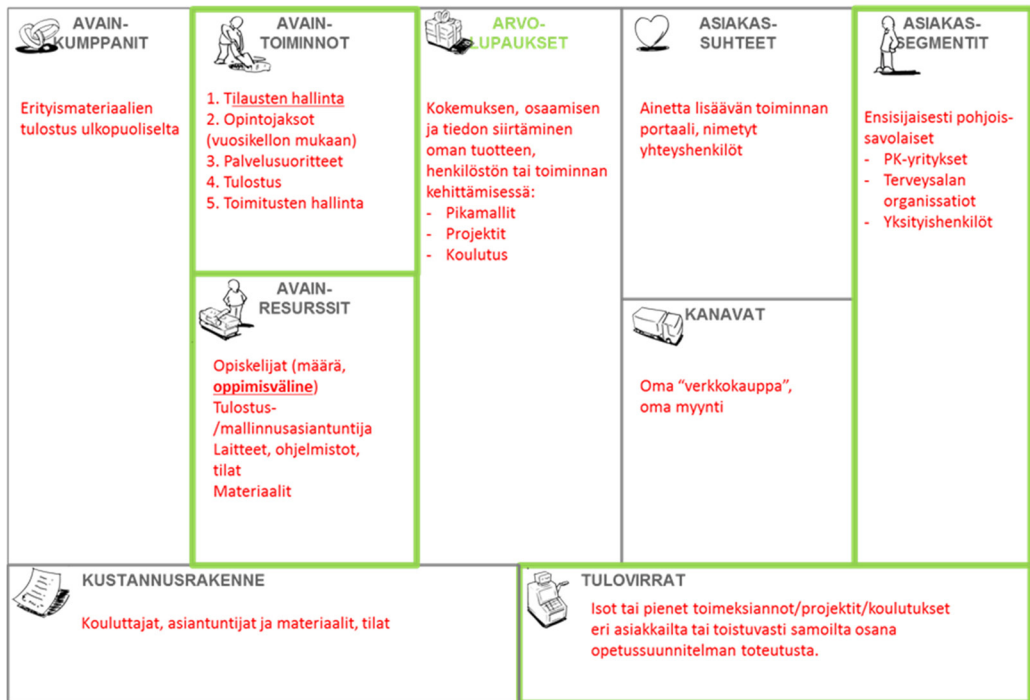
Seuraavassa kuvataan Savonian lisäävän valmistuksen tarjoamat palvelut liiketoimintamallin muodossa. Tässä kuvatun liiketoimintamallin tehdävänä on esittää se toimintamalli, jolla pyritään tuottamaan asiakkaille arvoa siten, että Savonian liiketoiminnan volyyymi ja tulos toteutuu tavoitteiden mukaisena ja että malli integroi erityisesti Savonian opetuksen liiketoimintamallin toteutukseen.

Liiketoimintamalli pohjautuu BMC-tekniikkaan ja sen yksityiskohtia on tarkennettu sanallisesti. Mallia ei ole testattu eikä otettu vielä käyttöön.

Liiketoimintamalli perustuu siihen, että opetuksessa pyritään eri opintojaksojen kautta opettamaan perusasioita 3D-tulostuksesta ja näihin kaivataan opiskelijoille todellisia tehtäviä. Saavutetuilla tuloksilla voidaan samalla tuottaa arvoa alueen yritysten kehittäessä omaa osaamistaan, tuotteitaan ja toimintaansa 3D-tulostusta hyödyntämällä. Tarkoitus ei ole rakentaa raskasta palvelukoneistoa vaan saada toimintamalli toimimaan luonnollisesti opetuksen/opiskelun yhteydessä. Oleellisia osioita mallissa on toimeksiantojen kerääminen ja tuotanto ohjaus (aikataulutettu), ohjeistettu (ja ohjattu) tekeminen sekä toimitusten hallinta (sopimusten mukaan, ei opiskelijatyötä). Ensijaisena tavoitteena on tilausten nopea läpäisy ja suuri volyyymi ilman ylimääräistä hallintoa tai tuotannollista työtä tai hallitut aikataulutetut toimitukset (esim. projektityö, harjoittelu tai ont). Liiketoimintamalli ei kestä sitä, että jokainen toimeksianto myydään tai että yksittäisiä toimituksia suunnitellaan projekteina vaan tuotantomalli pitää olla vakioitu, joka vain aikataulutetaan.

4.2.1 Lisäävän valmistuksen liiketoimintamalli

Kuvassa 4.4 on esitetty suunnitelmaa lisäävän valmistuksen liiketoimintamallista Savoniassa. Malli yhdistää kolme eri näkökulmaa yhteen liiketoimintamalliin, jotka ovat: **pikamallien tekeminen**, **projektitoiminta** ja **koulutus**. Perusero pikamallit- ja projektit-liiketoimintamallien välillä on se, että projekteissa käytetään enemmän Savonian asiantuntija- ja ohjaustyötä kuin pikamallit-liiketoimintamallissa. Projektit-liiketoimintamallissa asiakkaalle toimitettava lopputulos on muutakin kuin tulostettu kappale ja yleensä tuottaa asiakkaalle osaamista tai muutoksen asiakkaan omassa toiminnassa.



Kuva 4.4. Savonian lisäävän valmistuksen liiketoimintamalli.

Liiketoimintamalleista on kuvattu tarkemmin sanallisesti käsitteet arvolupaus, tulovirratt, avaintoiminnot ja avainresurssit.

Arvolupaus on liiketoimintamallin keskeinen elementti, joka toimii kaikkien tarjottavien palvelujen tai tuotteiden liiketoiminnan perustana. Liiketoiminta syntyy tuon arvolupauksen toteuttamiseksi asiakkaille eikä keskity yksittäisten tuotteiden näkökulmaan. Alla on kuvattu eri Savonian ainetta lisäävän palvelutoiminnan arvolupauksia eri näkökulmista.

- **Pikamallit** - Ensimmäinen arvolupaus liittyy yritysten ensiaskeleisiin 3D-tulostuksessa tai satunnaisiin tarpeisiin. Arvolupauksessa pyritään toimittamaan yritykselle hyötyjä 3D tulosteen avulla omaan toimintaan sen eri kehitysvaiheissa (ml. ainetta lisäävän valmistuksen kehittyminen), halutussa mittakaavassa, aikataulussa ja tahdissa (asiakkaalle 3D-kappale(-et)). Huomion kohteena asiakkaalle tuotettava arvo (hyöty/arvo > kustannus) palvelun tuloksena. (Asiakas voi myös osallistua tulostuslaboratoriossa tapahtuvaan työskentelyyn) Arvon tuottaminen asiakkaalle toteutuu tulostetun kappaleen avulla, joihin liittyy erilaisia toimenpiteitä,

jotta tuo kappale tuottaisi asiakkaalle tuon luvatus ja odotetun arvon. Itse kappaleella ei ole välttämättä suurta taloudellista arvoa, mutta sen tuottaminen palveluna asiakkaan toimintaan kytkettyinä toteuttaa sen.

Palvelu voi sisältää erillisinä ja toistuvina tehtävinä esim. innovointia, mallintamista, suunnittelua, testausta, tulostuksen, loppukäsittelyä ymv., joista rakennetaan lopullinen palvelukokonaisuus 3D-tulosteen synnyttämiseksi ja toimittamiseksi. Jos palvelussa tuotetaan muita kuin 3D-tulosteita (esim. testausta, josta halutaan testiraportti) siirrytään palvelussa projektiin, harjoitteluun tai opinnäytetyöhön, joissa opiskelijalla on enemmän resursseja toteuttaa lopputuloksia. Esim. nopea pikamalli ”käpe-
löitäväksi”, kustannus 100 € (sis. karkean 3D-mallinnuksen) tai tarkka prototyyppi testaukseen (n. kpl toimenpidettä * 100 €) Oheisesta esimerkin omaisesta arvolupaustaulukosta voi tarkastella, mihin yritysten alueisiin liiketoiminnalla pyritään tuottamaan arvoa. Tätä kuvausta tulee päivittää eri asiakaskontaktien ja toteutusten perusteella.

- **Projektit** - Projektien arvolupaus rakentuu asiakkaan tunnistamaan kehittämistarpeeseen sisältäen tutkimista ja kehittämistä ja on luonteeltaan ja laajuudeltaan projektiksi suunniteltava. Tällaisia projekteja ovat tyypillisesti 3D-tuotekehitys, 3D-toiminnan kehitysprojekti tai tutkimus- tai analyysipalvelu.
- **Koulutus** - Koulutuksen arvolupaus rakentuu asiakasyrityksen ja sen henkilöstön osaamisen vahvistamiseen, mikä voi liittyä tutkimiseen, päätöksentekoon, kehittämiseen tai vain käyttöön.

Tulovirrat - Liiketoimintamallien tehtävänä on tuottaa tuloja ja tulovirtojen tehtävänä on kuvata, kuinka paljon ja mistä asiakas maksaa vastaanottamastaan palvelusta tai tuotteesta. Liiketoimintamallin tehtävänä on tunnistaa ja rakentaa ansaintamalli kestäväälle ja, jos mahdollista, kasvavalle pohjalle.

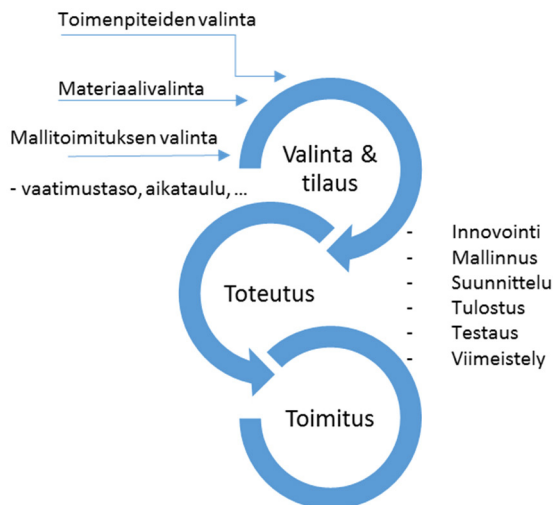
- **Pikamallit** - Liiketoimintamallin tulovirta perustuu 3D-tulosteiden määrälliseen tuottamiseen asiakkaan eri tarpeisiin. Tavoitteena on esimerkiksi yli 100 tehtävää (a' 50 – 100€) tilatuista toimeksiantoista vuodessa, josta syntyy vähintään 5 – 10.000 € laskutusta. Tämä koostuu erikseen seuraavista osa-alueista:
 - Yksittäiset tilaukset (uusia asiakkuuksia tai toimenpiteitä < 50)

- Toistuvat tilaukset (n. kierrosta 3 - 5)
 - Jatkuva asiakassuhde (uusintatilaukset esim. 10)
 - Omasta kannasta ja opiskelijoiden 3D-malleja (esim. P-S:sten yritysten tuotealueisiin liittyviä) a' 50 €
- **Projektit** - Projektien tulovirta muodostuu erisuuruisista projekteista, opiskelijaprojekteista (opintojaksot, opinnäytetyöt) aina ulkopuolisten rahoittamiin projekteihin.
 - **Koulutus** - Koulutuksen pääasiallinen tulovirta tulee opiskelijoiden kurssimaksuista (henkilöt, yritykset). Muita tuloja voidaan saada mm.
 - Lisätulostusoptiot (lisäpalvelut)
 - On-site -tuki / määräaikainen lisäohjaus (lisäpalvelu)
 - Muut lisäpalvelut (kts. Pikamallinnus ja opiskelijatyö)

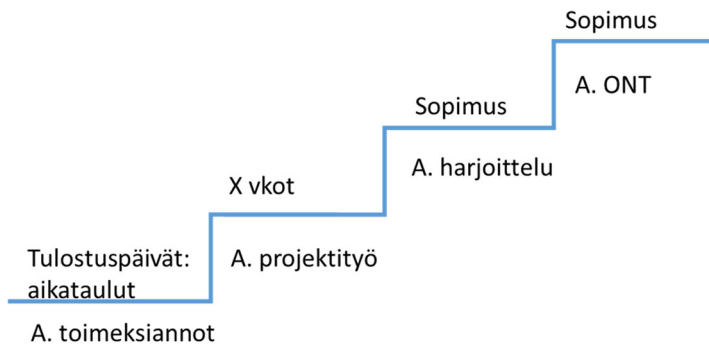
Avaintoiminnot - Liiketoimintamallien avaintoimintojen kuvaus tarkastelee liiketoimintamallin arvolupauksen toteuttamisen kannalta keskeisiä toimintoja, joita ilman liiketoiminnan tavoitteet eivät joko toteudu tai toiminnan sisältämä kilpailuetu ei toteudu kestävässä.

- **Pikamallit** - Suoritteet (pistepilvi, 3D-tuloste) opintojaksojen opiskelijatöitä tai opintopisteisiin oikeuttavia suorituksia (a'1-5 op; 3D-malli, 3D-tuloste)

Opintojaksot ja toteutuminen oltava hallinnassa



Kuva 4.5. Perustoimintamalli.



Kuva 4.6. Palvelun eri tasot Savoniassa.

- **Projektit** - Projektien avaintoimintona voidaan pitää projektityö- ja lisäävään valmistukseen liittyviä kursseja sekä henkilöstön projektijohtamista ja asiantuntijatyötä.
- **Koulutus** -Koulutuksen puolelta tunnustetaan avaintoimintoina Savonian eri koulutusohjelmien:
 - Koulutuksen suunnittelu ja räätälöinti
 - Koulutuksen toteutus (opetus, ohjaus, tulostus, arviointi)
 - 3D-mallinnus, topologian optimointi –palvelu
 - Skannaus-palvelu
 - Tulostus ja jälkikäsittelyyn liittyvä palvelu

Avainresurssit - Liiketoimintamallin toteutuminen vaatii, että sen arvolupaukseen suunnitellut avaintoiminnot toimivat ja niiden toteuttamiseen suunnitellut avainresurssit toimivat.

- **Pikamallit** - Pikamallinnuksen perusidea on tuottaa jatkuvasti suuri määrä tulostuskappaleita. Tämä perustuu alla olevien resurssien mitoittamiseen ja hallintaan:
 - Opiskelijat (lkm ?, oltava tasaisesti riittävä)
 - Asiantuntija (asia, suunnittelu, tulostus) apuna ja tekijänä
Tarjotaan vain omalla kalustolla tuotettavia kappaleita (koko, materiaalit huomioitava)
Tilaaminen + kustannus on erillinen toimenpide verkoston tulosteissa
- **Projektit** - Projektien avainresurssina on aina toimiva projektiryhmä, jolla on projektiin tarvittava aika, työmäärä ja osaaminen.

- **Koulutus** - Koulutuksen avainresurssi on aina suunniteltu koulutuskokonaisuus, joka sisältää:
 - Asiantuntija/-kouluttaja ja koulutusaineistot
 - Tulostuslabra, laitekanta ja ohjelmistot
 - Luokkatilat
 - Tulostusmateriaalit (muovi, komposiitit, metallit?)

4.2.2 Johtopäätökset

Edellä kuvattujen liiketoimintamallien tarkoitus on esittää Savonian keinoja tuottaa lisäävän valmistuksen osaamisen ja toimintaympäristön avulla arvoa pohjois-savolaisille yrityksille, yhteisöille ja yksityishenkilöille ja harjoittaa kannattavaa liiketoimintaa tulorahoituksen kerryttämiseksi osaksi toiminnan rahoittamista. Esitetyt kolme mallia eivät ole irrallisia malleja, vaan korostavat eri näkökulmia Savonian toiminnassa ja erilaista volyyymiä toiminnassa. Savonian ainetta lisäävän valmistuksen liiketoimintamalli korostaa myös Savonian roolia osaajien kehittäjänä sekä tutkimus- ja kehittämisotetta.

5 YHTEENVETO

Hankkeen tavoitteena oli suunnitella AM-valmistuksen tki- ja oppimisympäristö, johon keskitetään Savonian eri yksiköiden osaaminen ja laitteisto. Tavoitteena oli myös tehdä AM:n käytöstä ja tarpeista kartoitus, jonka pohjalta luodaan palvelumalli ja konsepti tarpeiden täyttämiseksi sekä hankkia alustavat ohjelmistot, laitteet ja osaaminen joilla toiminnassa päästään alkuun.

Hanke toteutettiin monialaisena hyödyntäen Savonian eri toimialojen osaamista tekniikasta, liiketaloudesta, muotoilusta ja terveysalalta. Tarkoituksena oli myös varmistaa, että alueen yritykset ovat tietoisia AM-menettelmien kehityksestä ja mahdollisuuksista. Tki- ja oppimisympäristön toiminta suunniteltiin siten että se palvelee alueen yrityksiä mahdollisimman monipuolisesti ja monialaisesti.

Hankkeen aikana syntyi fyysinen toimintaympäristö, sen käynnistämisen edellyttämät ohjelmisto- ja laitehankinnat sekä suunnitelma toimintamallista ja palveluista jatkoa ajatellen. Tki- ja oppimisympäristössä alueen yritykset ja yhteisöt sekä Savonian opiskelijat saavat lisätietoa lisäävästä valmistuksesta ja voivat tutustua aiheeseen käytännössä.

Välittömiä tuloksia ovat myös hankkeessa syntynyt www-portaali sekä julkaisut (5 kpl) ja sen aikana toteutetut seminaarit (2 kpl). Edelleen on syytä mainita hankkeen aikana luotu koulutusmateriaali sekä sen avulla toteutetut testikoulutukset Savonian opiskelijoille ja yritykselle. Näiden avulla on rakennettu pedagoginen malli, joka pohjautuu Flipped learning ja Project based Learning ajatusmalleihin ja on hyvin synkronissa Savonian OIS-ajattelun kanssa.

Www-portaaliin (<http://alvo.savonia.fi/>) on kerätty tietoa suomenkielillä kaikkien vapaasti saataville liittyen menetelmiin, materiaaleihin, käyttökohteisiin ja sovelluksiin. Hankkeessa toteutettu julkaisu ”Lisäävän Valmistuksen Perusteet” on suomenkielinen perusmateriaali 3D-tulostuksesta. Muita julkaisuja ovat tämän loppuraportin lisäksi ”Topologian optimointi – ohjelmistoverailu”, ”Additive Manufacturing Challenges the Engineering Education” sekä ”Lisäävän valmistuksen käyttö terveydenhuollossa ja lääketieteessä, tilannekatsaus 2016”.

Kartoitusten lisäksi hankkeessa oli tavoitteena toteuttaa AM-valmistustekniikalle tärkeiden suunnittelu- ym. ohjelmien kartoitus, vertaus, kilpailutus, hankinta ja käyttöönotto, jotka toteutuivat suunnitellusti. Lisäksi hankittiin muutama muovitulostin oppimisympäristön käyttöön ja kartoitettiin myös metallin AM-valmistukseen soveltuvan laitteen tarvetta alueella. Hankkeen aikana kehitettiin www-sivusto, joka tukee tki- ja oppimisympäristön toimintaa ja tarjoaa ajankohtaista tietoa aiheesta.

Hanke vastasi hyvin kehittämistarpeeseen ja hankkeen tavoitteet, mm. ainetta lisäävän valmistuksen tki- ja oppimisympäristön suunnittelu, saatiin tehtyä suunnitelman mukaisesti. Myös muut tähän liittyvät tavoitteet, kuten tilannekartoitusten tekeminen saatiin toteutettua.

Tavoitteet tiedonlevityksestä onnistuivat hankkeen seminaarien sekä julkaisujen muodossa suunnitelmien mukaisesti.

ALVO-hankkeen suunnitteluvaiheessa päätettiin valmistella lisäävän valmistuksen tutkimus- ja oppimisympäristön suunnittelu ALVO-hankeella ja mikäli tarpeellista, käynnistää sen toiminta myöhemmin käynnistettävänä erillisenä hankkeena. Tätä raporttia kirjoittaessa tämä on toteutunut ja lähtenyt käyntiin ”Lisäävä Valmistus Pohjois-Savossa (LIVA)” -hankkeen myötä. ALVO:ssa toteutetun selvityksen perusteella alueelta löytyi runsaasti kiinnostusta ja selkeää tarvetta lisäävän valmistukseen liittyvälle lisätiedolle. LIVA-hankkeeseen lähti mukaan 9 yritystä Pohjois-Savon alueelta eri toimialueilta ja sen aikana jatketaan ALVO:ssa aloitettua yhteistyötä alueen muiden oppilaitosten (mm. Savon koulutuskuntayhtymä, Itä-Suomen Yliopisto) kanssa.



SAVONIA

ALVO-HANKKEEN LOPPURAPORTTI

AINETTA LISÄÄVÄN VALMISTUKSEN TKI- JA OPPIMISYMPÄRISTÖ
(ALVO) 1.3.2015 - 31.5.2016

Tässä raportissa kuvataan lisäävään valmistukseen (3D-tulostus) liittyvän ALVO-hankkeen toteutusta ja tuloksia. Hankkeessa on syntynyt sekä tässä raportissa että muissa hankkeen julkaisuissa esitetty suunnitelma ainetta lisäävän valmistuksen tutkimus- ja oppimisympäristöstä, joka toimii monialaisesti yhdistäen Savonian tekniikan, liiketalouden, muotoilun ja terveystieteiden osaajat. Lisäksi suunnitelmassa on esitetty toimintaympäristön liiketoimintamalli sekä tuloksia pedagogisten mallien kehittämisestä. Asiantuntemuksen keskittämisen lisäksi suunnitelmassa on otettu huomioon myös laitetarpeet ja ohjelmistot, jotta opetustoiminnan lisäksi alueen yritykset pystyvät hyötymään ympäristöstä mahdollisimman tehokkaasti. Raportissa on kuvattu myös tarvekartoitusten tuloksia, joita hyödynnetään lisäävään valmistukseen liittyvien investointitarpeiden suunnittelussa ja valmistelussa.

Hankkeen aikana syntyi fyysinen toimintaympäristö, johon hankittiin tarvittavat laitteistot ja ohjelmistot. Tki- ja oppimisympäristössä alueen yritykset ja yhteisöt sekä Savonian opiskelijat saavat lisätietoa lisäävästä valmistuksesta ja voivat tutustua aiheeseen käytännössä. Ympäristön avulla voidaan myös lisätä aihepiiriin liittyvää osaamista Pohjois-Savon alueella ja Suomessa, sekä toteuttaa vahvaan asiantuntemukseen perustuvaa korkealuokkaista soveltavaa tutkimusta yhteistyössä kotija ulkomaisten partnerien kanssa.



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

Pohjois-Savon liitto tukee
maakunnan
menestystä



KUOPIO

