

Arttu Järvenpää

3D-TULOSTETTAVAT VARAOSAT

Suunnitteluohje uusille asiakkaille

Opinnäytetyö
Tuote- ja palvelumuotoilu

2019



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Arttu Järvenpää	Muotoilija (AMK)	Huhtikuu 2019
Opinnäytetyön nimi		44 sivua
3D-tulostettavat varaosat – Suunnitteluohje uusille asiakkaille		8 liitesivua
Toimeksiantaja		
Materflow Oy		
Ohjaaja		
Ari Haapanen, Timo Peltonen		
Tiivistelmä		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena on tuote- ja palvelumuotoilun keinoin tehdä 3D-tulostettavien varaosien käytöstä helpommin lähestyttävää. Opinnäytetyössä tutkitaan 3D-tulostettujen varaosien nykyistä käyttöä, potentiaalisia varaosia sekä pyritään ymmärtämään nykyisen 3D-varaosaliiketoiminnan tila.</p> <p>Varaosaliiketoimintaan pystytään tuomaan 3D-tulostamalla uusia kilpailuvaltteja. Tarvepohjaisella valmistuksella pystytään optimoimaan valmistuserät tarpeen mukaan, jolloin varaosien turhan suuret varastointimäärät ja –ajat saadaan optimoitua. 3D-tulostaminen on viime vuosina yleistynyt valmistusmenetelmä, jossa on paljon potentiaalia. Työn keskeinen tutkimuskysymys on: ”Minkälaisella palvelulla tai tuotteella 3D-tulostettavien varaosien käyttöä saadaan lisättyä?”.</p> <p>Työn tutkimuksellinen osuus käsittää 3D-tulostettavaksi soveltuvan varaosan tunnistamisohjeen testauksen Materflow Oy:n asiakkaan tiloissa, kaksi teemahaastattelua Materflow Oy:n henkilökunnalle sekä tulevaisuuden tutkimuksen, jossa tutkittiin erilaisia tulevaisuuden skenaarioita alan julkaisusta sekä teemahaastattelun pohjalta. Tutkimuksen pohjalta tehtyjen havaintojen perusteella muodostuu työn produktiivinen osuus.</p> <p>Työn produktiivisessa osuudessa luodaan Materflow Oy:n käyttöön 3D-tulosteen suunnitteluohje. Suunnitteluohjeen runkona toimii 3D-tuloste, jonka suunnittelin tutkimuksessa esiin tulleiden teknisten vaatimusten mukaiseksi. 3D-tuloste toimii myös demokappaleena esimerkiksi messuilla tai asiakaskäynneillä.</p>		
Asiasanat		
3D-tulostus, materiaalia lisäävä valmistus, 3D-mallinnus, varaosat		

Author (authors)	Degree	Time
Arttu Järvenpää	Bachelor of Culture and Arts	April 2019
Thesis title 3D printable spare parts - Design guide for new customers		44 pages 8 pages of appendices
Commissioned by Materflow Oy		
Supervisor Ari Haapanen, Timo Peltonen		
Abstract The objective of the thesis was to make 3D-printable spare parts easier approachable to the users using product and service design methods. The thesis examined the current use of 3D-prints, explored the potential of 3D-printed spare parts and tried to understand current 3D-printing business mode. Research methods of the thesis were future research, theme interview and testing the existing identification guide for 3D-printable spare parts. The thesis productive part was made from the results of the research. The productive part of the thesis was to design a guide for 3D-prints. Design guide includes technical limit values for 3D-printed parts. For support of the design guide a 3D printed demo part was designed to illustrate the various features of a 3D-print.		
Keywords 3D-printing, additive Manufacturing, 3D-modeling, spare parts		

SISÄLLYS

KESKEISET KÄSITTEET

1	JOHDANTO.....	7
2	TUTKIMUSASETELMA	7
2.1	Yhteistyöyritys.....	7
2.2	Työn rajaus.....	7
2.3	Tutkimuskysymys	8
2.4	Tutkimusmenetelmät	8
2.5	Viitekehys	9
2.6	Käsitekartta.....	11
3	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	13
3.1	Muotoiluprosessi osana konseptisuunnittelua	13
3.2	3D-tulostus tuotantomenetelmänä -taustatutkimus.....	14
3.3	Varaosien tunnistamisohjeen testaaminen	16
3.4	3D-tulostuksen tulevaisuuden skenaariot	19
3.5	Tutkimuksen yhteenveto.....	20
4	ONGELMAKOHTIEN KITEYTYS.....	23
5	KONSEPTIN IDEOINTI	23
5.1	Ideointivaihe	24
5.2	Ideoiden esittely.....	25
5.3	Ideointivaiheen johtopäätökset	28
6	3D-TULOSTETTAVAN KOMPONENTIN SUUNNITTELUOHJE	29
6.1	Suunnitteluohjeen tekniset vaatimukset.....	30
6.2	Demokappaleen visuaalisuus	31
7	KONSEPTI SUUNNITTELUOHJEESTA.....	34
8	JOHTOPÄÄTÖKSET	37
9	POHDINTA.....	39
	LÄHTEET.....	40

KUVALUETTELO	43
--------------------	----

LIITTEET

Liite 1. Suunnitteluohjeen sivut

Liite 2. Demokappaleen tekninen piirros

Liite 3. Teemahaastattelun runko Materflow / Timo Peltonen CBDO

Liite 4. Teemahaastattelun runko Materflow / Sami Mattila CTO

Liite 5. Konseptiehdotukset

KESKEISET KÄSITTEET

Konsepti (Concept)

Konsepti on luonnosmainen esitys uudesta tuotteesta. Konsepti luodaan havainnollistamaan tuotteen pääpiirteet (Kettunen 2001, 59).

Materiaalia lisäävä valmistus (Additive Manufacturing, AM)

Valmistusmenetelmäjoukko joka käsittää puhekielen *3D-tulostus* -termin eri osa-alueet (Materiaalia lisäävä valmistus – Additive Manufacturing (AM) ja 3D-tulostus – 3D Printing 2019).

OEM (Original equipment manufacturer)

OEM tarkoittaa alkuperäistä laitevalmistajaa (Salmi ym. 2018, 3).

1 JOHDANTO

Työssä tutkitaan kuinka 3D-tulostettuja varaosia voi hyödyntää teollisuudessa. Opinnäytetyö tehdään Materflow Oy:lle. Työssä tutustutaan elintarvikealan tuotantolinjastoon ja siinä käytettäviin varaosiin. Lisäksi työssä pyritään ymmärtämään 3D-tulostettavien komponenttien hyöty sekä vahvuudet tulevaisuuden varaosabisneksessä. Työssä pyritään kartoittamaan tämän hetkisiä ongelmakohtia 3D-tulosteiden käytöstä varaosaliiketoiminnassa sekä löytämään niihin ratkaisuja tuote- ja palvelumuotoilun keinoin.

3D-tulostettavilla varaosilla voidaan ratkaista varaosien saatavuusongelmat. 3D-tulostamalla varaosa paikallisesti voidaan varastonkierto ja tuotantoerät optimoida. 3D-tulostus mahdollistaa myös varaosan muokkaamisen asiakkaan tarpeiden mukaisesti ilman suurta panostusta. (Salmi ym. 2018, 3.)

Työssä luodaan 3D-tulostettavalle kappaleelle suunnitteluohje. Suunnitteluohjetta soveltamalla helpotetaan 3D-tulostettavaksi soveltuvan varaosan tunnistamista sekä annetaan eväät, kuinka kappaletta muokkaamalla siitä saadaan kustannustehokkaammin tulostettava.

2 TUTKIMUSASETELMA

2.1 Yhteistyöyritys

Opinnäytetyö tehdään yhteistyössä Materflow Oy:n kanssa. Materflow Oy on Lahden Mukkulassa sijaitseva muovi- ja metallikomponenttien alihankintavalmistaja. Yritys tarjoaa 3D-tulostuspalvelua sekä yksityis- että yritysasiakkaille. Yritys on perustettu vuonna 2013. (Palkittu Materflow tekee 3D-tulostuksesta kansainvälistä bisnestä 2018.)

2.2 Työn rajaus

3D-tulostaminen mahdollistaa tarvepohjaisen valmistuksen lähellä loppukäyttäjää, jolloin turhat logistiikka- sekä myyntiporaat pystytään karsimaan pois

varaosan toimitusketjusta. Tarvepohjainen valmistus karsii myös liian suurien tuotantoerien myötä tulleen jätteen. Työssä luodaan 3D-tulosteiden suunnitteluohjeen materiaali sekä siihen perustuva demokappale. Suunnitteluohjeen tarkoitus on antaa eväät 3D-tulostettavan tuotteen suunnitteluun, havainnollistamaan 3D-tulostamisen hyödyt sekä ymmärtämään, minkälainen kappale sopii 3D-tulostettavaksi joko suoraan tai optimoinnin jälkeen. Suunnitteluohje on suunnattu Materflow Oy:n asiakasyritysten käyttöön, erityisesti sellaisille yrityksille jotka miettivät 3D-tulostamisen hyödyntämistä tuotantomenetelmänä. Materiaali toimii lisäksi Materflow Oy:llä myynnin tukena erilaisissa asiakas-kontakteissa esimerkiksi messuilla tai asiakaskäynnillä.

2.3 Tutkimuskysymys

Tarpeen mukaan 3D-tulostettavilla varaosilla voidaan olennaisesti tehostaa toimintaa ja alentaa kustannuksia sekä toimittajan että asiakkaan näkökulmasta. 3D-tulostukseen liittyy kuitenkin paljon tietämättömyyttä ja odotuksia. Siksi on tarpeen tarkastella, mihin käyttöön kyseinen teknologia sopii parhaiten. Työn keskeinen tutkimuskysymys on: ”Minkälaisella palvelulla tai tuotteella 3D-tulostettavien varaosien käyttöä saadaan lisättyä?” Lisäksi työssä pohditaan vastauksia alakysymyksiin kuten: ”Mitkä ovat 3D-tulostettavien varaosien käytön tämän hetkiset kompastuskivet” sekä ”Mitä asioita on otettava huomioon 3D-varaosapalvelukonseptia suunnitellessa?”.

2.4 Tutkimusmenetelmät

Työn tutkimusosuuden laadulliset menetelmät käsittävät tulevaisuuden tutkimuksen sekä kaksi teemahaastattelua Materflow Oy:n henkilökunnalle. Tutkimusosuudessa käytetään myös määrällistä tutkimusmenetelmää, kun Materflow Oy:n asiakasyrityksen luona kartoitetaan heidän varaosavarastosta 3D-tulostettavaksi soveltuvia varaosia.

Teemahaastattelu on yleinen tapa kerätä tutkimustietoa. Teemahaastattelu on puolistrukturoitu menetelmä, jossa käydään haastateltavan kanssa läpi tutkimusongelman tärkeimmät teemat. Haastateltava antaa oman näkökantansa kyseisistä teemoista. (Vilkkä 2005, 101-102.) Materflow Oy:n Timo Peltoselle

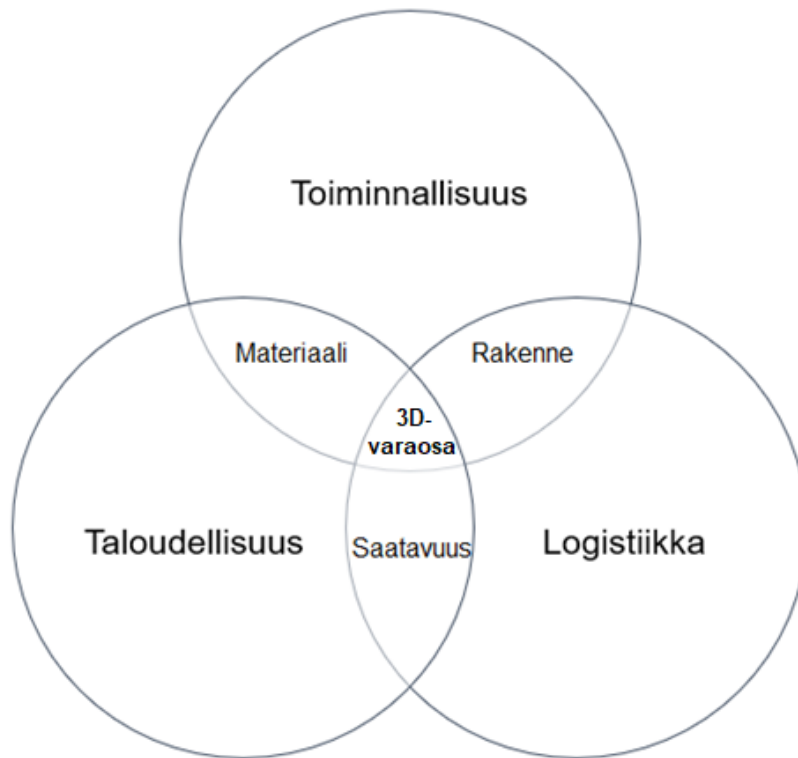
tehty teemahaastattelu sisältää tietoa alan tämänhetkisistä toimintamalleista, tulevaisuuden näkymistä sekä Materflow Oy:n itsensä ajatuksia siitä, mihin suuntaan he haluavat toimintaansa kehittää. Materflow Oy:n Sami Mattilalle tehty teemahaastattelu keskittyi 3D-tulostettavan komponentin suunnitteluohjeen teknisiin vaatimuksiin.

Tulevaisuuden tutkimuksella pyritään luomaan perusteltuja skenaarioita tulevasta (Mannermaa 1993, Anttilan 1998, 323 mukaan). Työssä kerätään mahdollisia tulevaisuuden skenaarioita alan julkaisuista sekä teemahaastattelun tuloksista.

Materflow Oy:n asiakasyrityksen luona tehdyn varaosien 3D-tulostettavuuden arvioinnin pohjana käytettiin Aalto-yliopiston käyttämää mallia (Knofius 2016, Salmen yms. 2018, 11-12 mukaan). Mallissa varaosan 3D-tulostettavuus arvioidaan eri kriteerein ja kategorisoidaan sen mukaan. Arvioinnin tulos dokumentointiin. Tutkimuksen tulosta pystyttiin näin vertaamaan Aalto-yliopiston olemassa oleviin tutkimustuloksiin. Asiakasyritys on elintarvikealan toimija ja tutkimuksen otantana oli yhden linjaston varaosavarasto. Samalla kun asiakasyrityksen varaosavarastosta seulottiin 3D-tulostettavaksi soveltuvia varaosia, arvioitiin myös tulostettavuuden tunnistamiseen liittyviä seikkoja.

2.5 Viitekehys

Viitekehyksellä jaotellaan tutkimuksen eri näkökulmia eri kategorioihin ja tekijöihin. Viitekehys toimii visuaalisena sekä havainnollistavana kuvauksena tutkimuksen lähtökohdista. Työssä esitetty viitekehysten kehämalli esittää tutkitavan asian keskellä kuvaa ja siihen linkittyvät tekijät ympäröivät pääaihetta. Viitekehys auttaa lukijaa ymmärtämään työn tutkimusasetelman. (Anttila 1996, 97.)



Kuva 1. Viitekehys (Järvenpää 2018)

Viitekehysten keskiöön valittiin sana 3D-varaosa. Keskeiset 3D-tulostettavaa varaosaa kuvaavat ominaisuudet ovat *logistiikka*, *taloudellisuus* sekä *toiminnallisuus*.

Logistiikka on kontekstissa keskeisessä roolissa. Osien 3D-tulostuksella pyritään mullistamaan nykyisen varaosabisneksen logistiikan peruskaava ja poistamaan turhat portaat varaosan tarjoajan ja tarvitsijan välillä.

Logistiikka linkittyy taloudellisuuteen saatavuuden kautta. Taloudellisuus ja taloudellinen hyöty 3D-tulostettavalle varaosalle saavutetaan tarvepohjaisen valmistuksen kautta, jolloin vältetään turha varastointi. Lisäksi monimutkaisen osan valmistus perinteisillä menetelmillä on aikaa vievää.

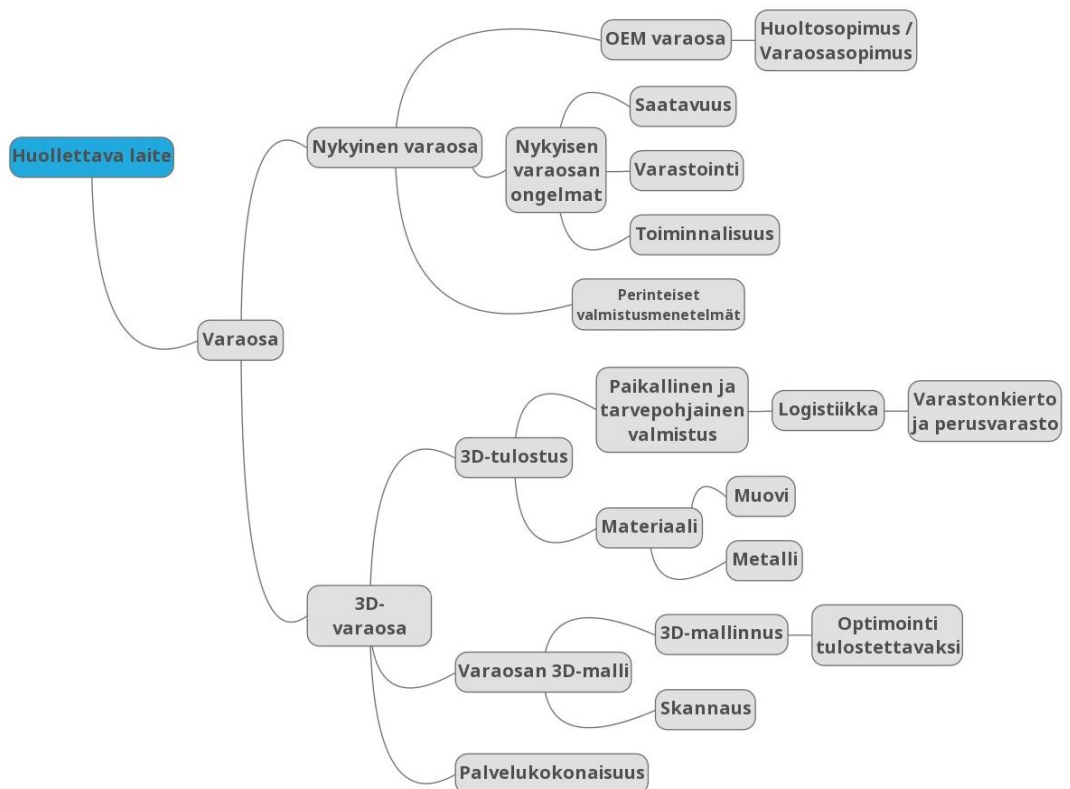
Toiminnallisuus on keskeinen ominaisuus 3D-tulostettavalle varaosalle. Kun varaosa muutetaan nykyisestä 3D-tulostettavaksi, tarjoutuu samalla loistava tilaisuus korjata kappaleen toiminnallisuutta, esimerkiksi jos kappaleessa on

aiemmin jokin kohta, mikä ei toimi halutulla tavalla tai kappale hajoaa aina samasta kohtaa. Uudelleen mallinnuksen yhteydessä on hyvä tilaisuus korjata näitä ominaisuuksia.

Toiminnallisuus linkittyy taloudellisuuteen materiaalin kautta. 3D-tulosteen toiminnallisuuden ja hinnan kannalta tulosteen materiaalivalinnalla on suuri merkitys. Logistiikka puolestaan linkittyy toiminnallisuuteen rakenteen kautta. 3D-tulosteen rakenteella selittyy kappaleen toiminnallisuus sekä kestävyys, millä puolestaan on suora yhteys tavaran elinkaareen, eli varaosasta puhuttaessa varaosan varastonkiertoon.

2.6 Käsitekartta

Käsitekartassa esitetään tutkittavan aiheen ympärille liittyvät käytännön käsitteet. Käsitekartta rakentuu siten, että ensin asetetaan tutkimuksen kohde, jonka jälkeen tuodaan siihen liittyviä käsitteitä järjestykseen. Ensimmäisenä tulevat laaja-alaisimmat käsitteet ja sen jälkeen esitetään siihen liittyviä alakäsitteitä. Käsitekartassa ilmenee käsitteiden vaikutussuunta. (Anttila 1996, 102.)



Kuva 2. Käsitekartta (Järvenpää 2018)

Työn käsitekartan keskiössä on “varaosa”, jonka ympärille rakentuu varaosien nykyinen tila ja 3D-tulostettavan varaosan tarjoamat hyödyt. Huollettava laite on korostettu kuvassa, koska usein laitteesta saatu hyöty ja laitteen hankintahinta ja saatavuus määrittävät kannattaako laitetta enää korjata vai onko järkevämpi hankkia kokonaan uusi laite. Varaosa jaettiin kahteen pääryhmään: Nykyinen varaosa sekä 3D-varaosa. Nykyisellä varaosalla tarkoitetaan osia, jotka ovat saatavilla ennestään huollettavaan laitteeseen. Nykyinen varaosa voi olla tarvikevaraosa tai OEM-varaosa, jonka alkuperäinen laitevalmistaja tarjoaa. OEM-varaosiin liittyy usein varaosasopimus tai huoltosopimus, jolla valmistaja varmistaa laitteen oikeaoppisen käytön sovitun ajanjakson ajan. Varaosabiznes ja OEM-varaosien valmistus näyttelevät isoa roolia eri teollisuuden aloilla, kuten autoteollisuudessa (Peltonen 2019).

Nykyiseen varaosan kannattavuuteen liittyy myös toiminnallisuus, varastointi sekä saatavuus. Mikäli jonkin edellä mainitun osa-alueen kanssa esiintyy ongelmia, voi varaosasta tulla erittäin kallis. Jos nykyisen varaosan saatavuus on huono ja vikatilanteessa oleva huollettava laite seisoo käyttämättömänä, niin hankintahinnaltaan kalliimpi mutta nopeasti saatava 3D-tulostettava varaosa saattaa olla edullisempi vaihtoehto asiakkaalle. Varaosien varastointi voi usein olla kallista, mikäli varaosia joudutaan varastoimaan käyttäjätahon varastossa esimerkiksi huonon saatavuuden takia (Tervola 2019). Vaihtoehtoisesti varaosavalmistaja saattaa joutua säilyttämään pitkiäkin aikoja varaosien valmistukseen liittyviä työkaluja, jotta myytyjen laitteiden elinkaaren ajan säilytetään varaosavalmius. Esimerkiksi elintarviketeollisuudessa tuotantolaitteet pysyvät käytössä mahdollisesti useita vuosikymmeniä. (Peltonen 2019.) 3D-tulostetun varaosan työkalu eli 3D-malli ei tarvitse fyysistä tallennustilaa, joten tällaisessakin tilanteessa se voi olla taloudellisesti kannattava vaihtoehto.

Nykyisen varaosan toiminnallisuudessa saattaa esiintyä ongelmia, joihin 3D-tulostamisen mahdollistamalla geometrioilla voi saada parannusta. 3D-tulostettava varaosa vaatii kuitenkin henkilön, joka luo varaosasta 3D-malliin. 3D-malli voidaan luoda skannaamalla tai uudelleen mallintamalla vanhasta varaosasta. Mikäli kappaleen geometriaan halutaan muutoksia, siihen tarvitaan myös suunnittelutyötä.

3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

3.1 Muotoiluprosessi osana konseptisuunnittelua

Palvelukonseptin suunnittelussa yksi lähestymistapa on soveltaa muotoiluprosessin kulkua. Tuotekehitysprojekti alkaa siitä, kun uudelle tuotteelle löytyy jokin suunnitteluprosessin käyntiin polkaiseva tekijä. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi yrityksen halu tuoda uusi tuote tai palvelu markkinoille, loppukäyttäjän luoma tarve uudelle tuotteelle tai hyvä idea, jolla saattaisi olla kaupallista potentiaalia. (Kettunen 2001, 56.)



Kuva 3. Palvelumuotoiluprosessi Tuulaniemen mukaan (mukaillen Tuulaniemi 2011, 128)

Palvelumuotoiluprosessi koostuu viidestä pääteemasta: *määrittely*, *tutkimus*, *suunnittelu*, *tuotanto* sekä *arviointi*. Ensimmäiseksi määritellään ongelma, johon muotoiluprosessilla pyritään saamaan ratkaisu. Lisäksi määritellään suunnitteluprosessin tavoitteet tilaajan kannalta. Tutkimusvaiheessa syvennyttään tavoitteisiin, käyttäjätarpeisiin, toimintaympäristöön sekä käytettäviin resursseihin erilaisia tutkimusmenetelmiä hyödyntäen. (Tuulaniemi 2011, 128.)

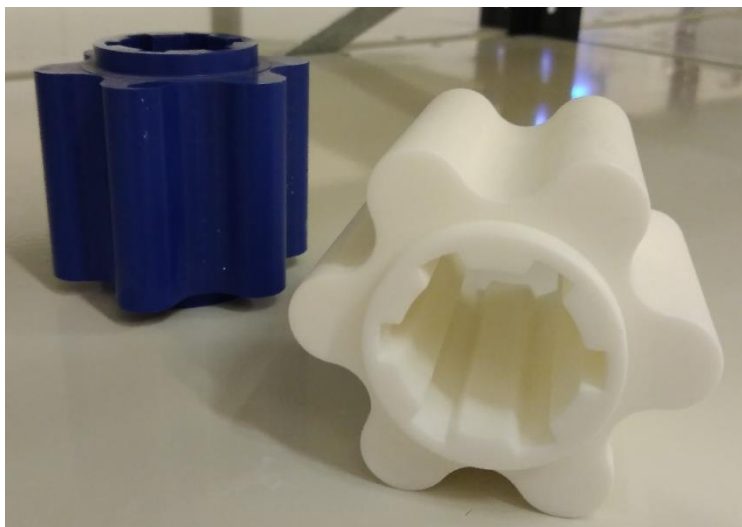
Taustatutkimuksessa tulisi myös selvittää esimerkiksi tuotteen kohderyhmä, liiketaloudelliset tavoitteet, tuotteen materiaali sekä mahdolliset valmistusmenetelmät (Kettunen 2001, 56). Suunnitteluvaiheessa konseptoidaan sekä ideoidaan erilaisia ratkaisuja alussa määritettyyn ongelmaan. Lisäksi ideoita ja konsepteja testataan asiakkaan kanssa. Tuotantovaiheessa konseptille suunnitellaan tuotanto ja se viedään markkinoille asiakkaiden testattavaksi ja kehitettäväksi. Arviointivaiheessa prosessin onnistuminen arvioidaan. Käyttäjiltä saadun palautteen mukaan tuotetta voidaan vielä parannella mahdollisuuksien mukaan. (Tuulaniemi 2011, 128.)

3.23D-tulostus tuotantomenetelmänä -taustatutkimus

3D-tulosteet voi luokitella kolmeen kategoriaan: lopputuotteet, prototyypit sekä näköismallit. Lopputuotteet ovat jaettavissa vielä kahteen kategoriaan: sarjavalmistettaviin sekä yksittäisiin tuotteisiin. (Valmistuspalvelut 2019.) Sarjavalmistukseen verrattuna 3D-tulostuksen etuna on esimerkiksi hankala geometria, jota ei muilla menetelmillä pysty valmistamaan tai yksilöidyt tuotteet, joiden valmistaminen muilla menetelmillä vaatisi runsaasti erilaisia muotteja.

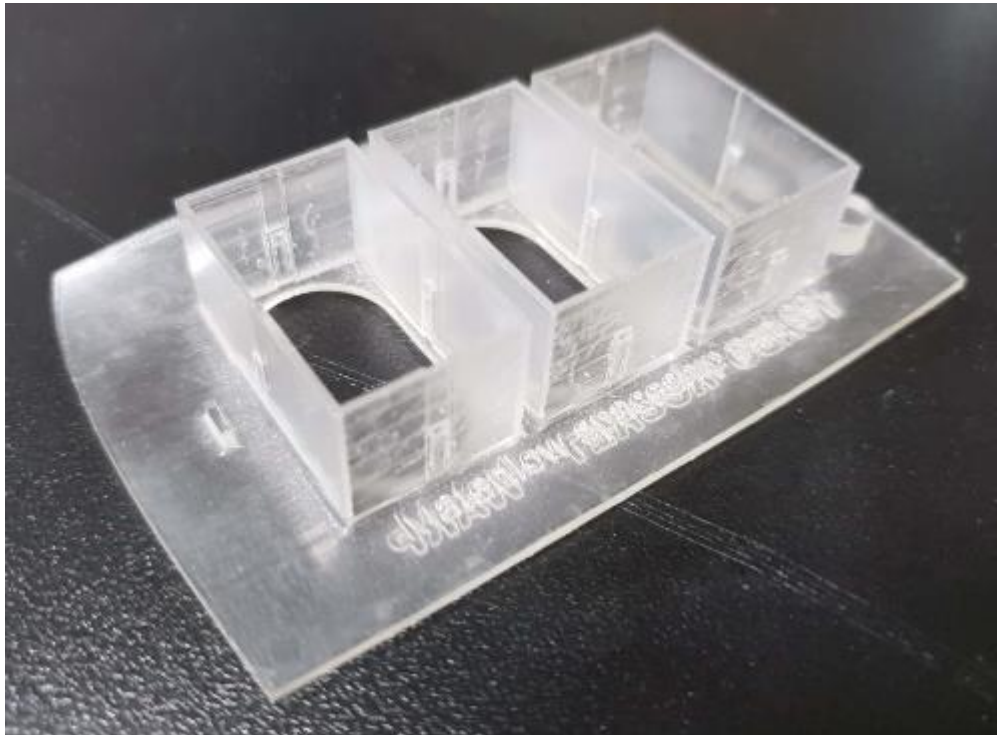
Materflow Oy:n käyttämällä 3D-tulostimilla pystyy tulostamaan erilaisia metalleja ja muoveja. Heidän käyttämät valmistusmenetelmät ovat Selective Laser Sintering (SLS), VAT Photopolymerisation (3SP) sekä Direct Metal Laser Sintering (DMLS) (3D-tulostustekniikat 2019).

SLS-tekniikan toimintaperiaate perustuu uudelleen levittyvään pulveripetiin, josta laser sulattaa pulverista kappaleen kerros kerrokselta esille. Valmistusmenetelmä on tarkka ja siinä käytetyt materiaalit soveltuvat sellaisenaan lopputuotteessa käytettäväksi. Valmistusmenetelmässä etuna on se, että kappaleeseen ei vaadita tukea valmistuksen ajaksi. Kappale valmistuu pulverin sekaan, jolloin sulamaton pulveri tukee kappaletta. SLS-tekniikka tarjoaa suurimman mahdollisen ulkomitan kappaleelle. (Selective Laser Sintering (SLS) 2019.)



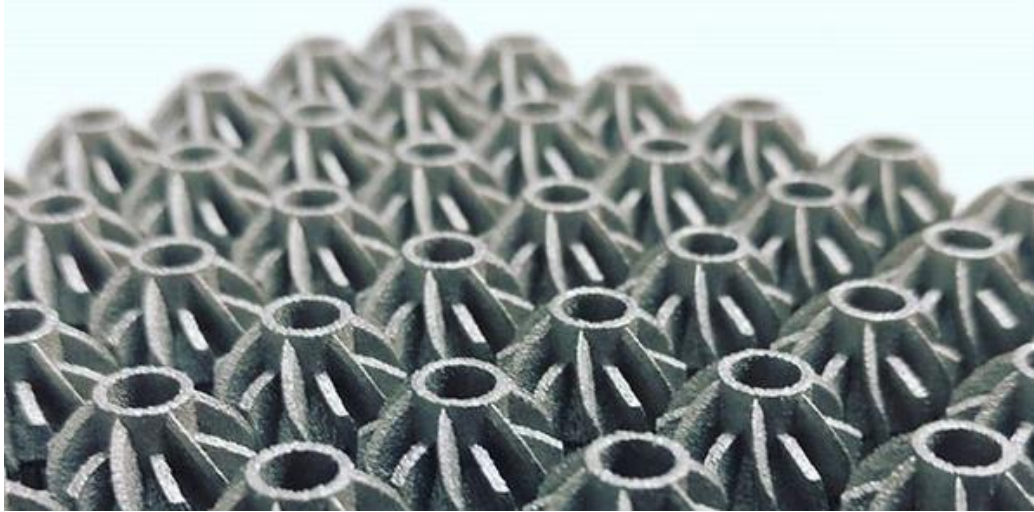
Kuva 4. SLS-tekniikalla tulostettu varaosa (oikealla) sekä alkuperäinen varaosa (vasemmalla) (Järvenpää 2018)

3SP-tekniikalla valmistettaessa uv-valo kovettaa nestemäisen hartsin. Tekniikka on tarkempi kuin SLS-tekniikka ja sillä on mahdollisuus tehdä esimerkiksi läpinäkyviä kappaleita ainoana menetelmänä. Toisaalta se on hinnaltaan kalliimpi kuin SLS-tekniikalla tulostettu kappale. Myöskään kestävyys ei ole samalla tasolla SLS-tekniikan kanssa ja valmistuksen ajaksi kappaleet tarvitsevat erilliset tuet. Tällä tekniikalla tuotettu kappale soveltuu lopputuotteeksi esimerkiksi silikonivalun muottina. (VAT Photopolymerisation 2019.)



Kuva 5. 3SP-tekniikalla tulostettuja E-GLASS kappaleita (E-glass 3SP V2 2019)

DMLS-tekniikalla pystytään valmistamaan metallisia kappaleita. Tekniikka on hyvin pitkälle sama kuin SLS-tekniikassa, mutta kappaleiden suuremman ominaispainon takia kappaleet vaativat lisäksi valmistustuet, jotka joudutaan mekaanisesti poistamaan tulostuksen jälkeen. (Direct Metal Laser Sintering (DMLS) 2019.)



Kuva 6. DMLS-tekniikalla tulostettuja metallikappaleita (Metal parts waiting for processing 2018)

Tulostettavan kappaleen hinta muodostuu kappaleessa ensisijaisesti käytetyn materiaalin mukaan. Onkin tärkeää optimoida perinteinen varaosa 3D-tulostusta varten. (Mistä tulostuksen hinta muodostuu 2019.)

Perinteisillä menetelmillä valmistettu kappale on usein valmistettu materiaalia poistamalla, eli täysin päinvastoin kuin 3D-tulostettaessa materiaalia lisäämällä. Tällöin 3D-tulostuksen mahdollistamat kennomaiset rakenteet umpimateriaalin tilalla keventävät kappaletta runsaasti, jolloin tavoitekestävyys saadaan aikaiseksi olennaisesti vähemmällä raaka-aineella.

Teollisuudessa varaosan hankintahinnalla ei aina ole suurta merkitystä. Mikäli jotain hajoaa tuotannossa ja tuotanto pysähtyy puuttuvan varaosan takia, näyttelee varaosan hankintahinta pientä osaa. Varaosakaupassa on monta porrasta ennen kuin varaosan valmistajalta tuote on loppukäyttäjän käytössä. (Heinonkoski 2013, 236.) 3D-tulostamalla varaosa pystytään lyhentämään varaosan toimitusketjua sekä tarjoamaan kustannustehokkaampia ratkaisuja varaosahankinnalle.

3.3 Varaosien tunnistamisohjeen testaaminen

Työssä kokeiltiin Aalto-yliopiston käyttämää mallia 3D-tulostettavaksi soveltuvien varaosien tunnistamiseen. Tunnistamismalli on kehitetty Nils Knofiuksen (University of Twente, Alankomaat) tekemässä tutkimuksessa. (Salmi ym.

2018, 11-12.) Menetelmää kokeiltiin Materflow Oy:n asiakasyrityksen tiloissa. Menetelmässä varaosa käy läpi 4-vaiheisen tunnistusprosessin:

1. *Varaosajoukon ja luokittelukriteerien määrittäminen* (Salmi ym. 2018, 12)

Määritetään tutkittava varaosajoukko sekä seuraavissa kappaleissa mainittavat luokittelukriteerit.

2. *Poista varaosa, joita ei voida 3D-tulostaa nykyteknologialla* (Salmi ym. 2018, 12)

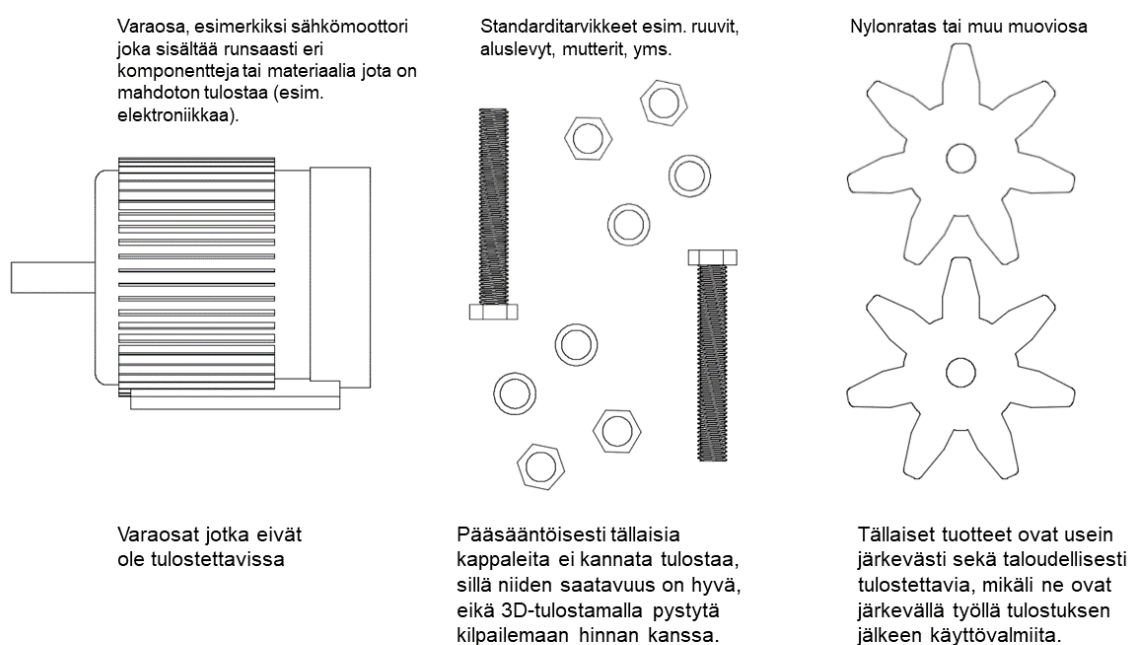
Varaosa on valmistettu yhdestä kappaleesta ja materiaalista (muovi tai metalli). Joissain tapauksissa eri materiaalia olevat kappaleet ovat jälkeensä liitettävissä toisiinsa. Kappale soveltuu tulostettuna tai jälkityöstön jälkeen (koneistus) varaosakäyttöön. (Salmi ym. 2018, 12.) Varaosan on mahdollista myös 3D-tulostaa. SLS-tekniikalla valmistetun muovitulosteen enimmäismitat ovat Materflow Oy:n käyttämässä koneessa 320x320x600 mm (PA2200 (nylon 12) muovi 2019). DMLS-tekniikalla valmistetun metallitulosteen enimmäismitat ovat Materflow Oy:llä 90x90x80 mm (Ruostumaton teräs 316L 2019).

3. *Poista varaosat, joiden 3D-tulostaminen ei ole teknologisesti järkevää* (Salmi ym. 2018, 12)

Varaosan on oltava 3D-tulostamisen jälkeen heti tai kohtuullisella työllä käyttövalmis (Salmi ym. 2018, 12). Kappaleen voi pystyä tulostamaan, mutta jos kokonaisuus pitää esimerkiksi kasata useammasta osasta liian suuren kokonsa vuoksi verrattuna muulla menetelmällä valmistettuun vastaavaan varaosaan, ei tulostaminen ole järkevää.

4. Luokittele jäljellä olevat varaosat 3D-tulostuksen tuoman liiketaloudellisen hyödyn perusteella (Salmi ym. 2018, 12)

Varaosa, jonka tulostaminen on taloudellisesti järkevää verrattuna muihin valmistusmenetelmiin. Standardituotteita (esimerkiksi ISO ja DIN hyväksynyt) ei kannata tulostaa. Pääsääntöisesti tällaiset osat ovat taloudellisesti huomattavasti halvempia sellaisenaan, eikä kyseisillä tuotteilla ole saatavuusongelmia. Varaosan taloudellinen kilpailukyky voidaan saavuttaa tarvepohjaisella valmistuksella, jolloin turhat logistiikkakulut saadaan pois varaosan toimitusketjusta. (Salmi ym. 2018, 12).



Kuva 7. Esimerkkitalanteita varaosien 3D-tulostettavuuden arvioinnista (Järvenpää 2019)

Yllä oleva kuva havainnollistaa varaosien tulostettavuuden arvioinnissa ilmeviä tilanteita. Mikäli ymmärtää 3D-tulostuksen peruseräiteen sekä materiaalivalikoiman on melko helppoa sulkea pois varaosia, jotka eivät ole tulostettavissa kokonsa tai materiaalinsa vuoksi, kuten esimerkissä käytetty sähkömoottori. Kuvan keskellä on esimerkki standarditarvikkeista. Tällaisten varaosien tulostaminen ei ole useinkaan järkevää, sillä 3D-tulostamalla ei tuoda hyötyä kappaleen saatavuuteen eikä taloudellisuuteen. Kuvassa oikealla oleva nylonratas voi hyvinkin sopia 3D-tulostettavaksi, mikäli 3D-tulosteen pin-

nanlaatu, tarkkuus sekä materiaali sopivat varaosan käyttökohteeseen. Tällaisten varaosien tulostettavuuden arviointi vaatii jo syvempää ymmärrystä 3D-tulostamisesta sekä varaosan teknisistä vaatimuksista.

3.4 3D-tulostuksen tulevaisuuden skenaariot

3D-tulostaminen on tätä päivää, mutta monesti törmää väitteeseen, että se olisi tulevaisuutta. Tuotantomenetelmänä se elää kuitenkin nyt murroksessa. 3D-tulostamalla tehdään jo lopputuotteita. Esimerkiksi huonekalujätti IKEA:lla on valikoimassaan 3D-tulostamalla valmistettuja tuotteita (Brave new 3D world 2017). Alalle povataan uusia työpaikkoja. Ennen on siirretty tavaran massatuotantoa pois Suomesta ja pyritty saavuttamaan tällä edullisempi tuotantokustannus. 3D-tulostaessa hyöty pyritään saamaan täysin vastakkaisella asetelmalla, paikallisella, tarvepohjaisella valmistuksella. 3D-tulostaessa tavaran valmistuksessa käytetyn työn hinta tai työn suorituspaikka menettää merkityksensä. (Parviala 2016.)

Hollantilainen ING-rahoituslaitos on luonut kaksi erilaista skenaariota 3D-tulostuksen vaikutuksesta maailmanlaajuiseen kaupankäyntiin. Maltillisemmän skenaarion mukaan 3D-tulostaminen vie maailmankaupasta 22 % vuoteen 2060 mennessä. Tämä skenaario vaatii toteutuakseen sen, että teollisuus jatkaa investointia 3D-tulostamiseen nykyisellä tasolla. Rajumman skenaarion mukaan 3D-tulostus vie maailmankaupasta 40 % vuoteen 2040 mennessä. Tämä skenaario puolestaan vaatii toteutuakseen sen, että 3D-tulostamiseen investointi kaksinkertaistuu viiden vuoden välein. (Wass 2017.)

Vaikka skenaarioiden lukujen välillä on melko suuri ero, ovat muutokset kummassakin skenaariossa suuria nykytilanteeseen verrattuna. Vuonna 2016 maailman teollisesta tuotannosta 3D-tulostamisen osuus on vain alle 0,7 %. 3D-tulostaminen tulee vaikuttamaan eniten autoteollisuudessa sekä kuluttajatuotteiden ja teollisuuskoneiden aloilla. Jo tällä hetkellä valmistetaan 3D-tulostamalla yksilöllisyyttä vaativia tuotteita, kuten proteeseja, kuulolaitteita sekä muita lääkinällisiä apuvälineitä. Eniten 3D-tulostuksen mukanaan tuomien maailmankaupan toimitusketjujen muutoksesta kärsii logistiikka-ala, sillä kun

paikallinen valmistaminen lisääntyy, rahtiliikenteen tarve vähenee. Lisäksi halvan tuotannon maiden, kuten Bangladeshin ja Kiinan vienti tulee kärsimään paikallisen ja tarvepohjaisen valmistuksen seurauksena. (Wass 2017.)

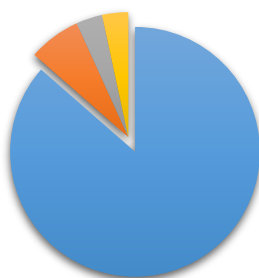
Materflow Oy:n perustaja Timo Peltonen kokee, että maailma on menossa siihen suuntaan, että varaosan elinkaaren kokonaiskustannus nähdään laajempänä kokonaisuutena kuin valmistus- ja materiaalikuluina. Harvoin myytävät varaosat, kuten esimerkiksi yksilöllisten tehdaslinjastojen erikoisvalmisteiset laitteet ovat sellaisia, joihin täytyy säilyttää varaosavalmius jopa vuosikymmeniä. Perinteisillä menetelmillä valmistettuja varaosia on pidettävä siis varastossa tai minimivaatimuksena säilyttää työkalut varaosan valmistukseen, jolloin pahimmassa tapauksessa varaosan tarpeen ilmetessä alettaisiin vasta valmistamaan osia. Varastoimalla varaosa digitaalisena 3D-mallina tietojärjestelmään ja tulostamalla se tarpeen tullen pystytään välttämään pitkä toimitusaika sekä minimoimaan varastointikustannukset. (Peltonen 2019.)

3.5 Tutkimuksen yhteenveto

Projektin testaus- ja havainnointikäynti suoritettiin lauantaina 15.9.2018 Materflow Oy:n elintarvikealan asiakkaan luona. Tutustuimme yhteen tuotantolinjastoon sekä siihen kuuluvaan varaosavarastoon. Käynnin tarkoituksena oli selvittää nykyisestä varaosavarastosta potentiaaliset 3D-tulostettavat varaosat.

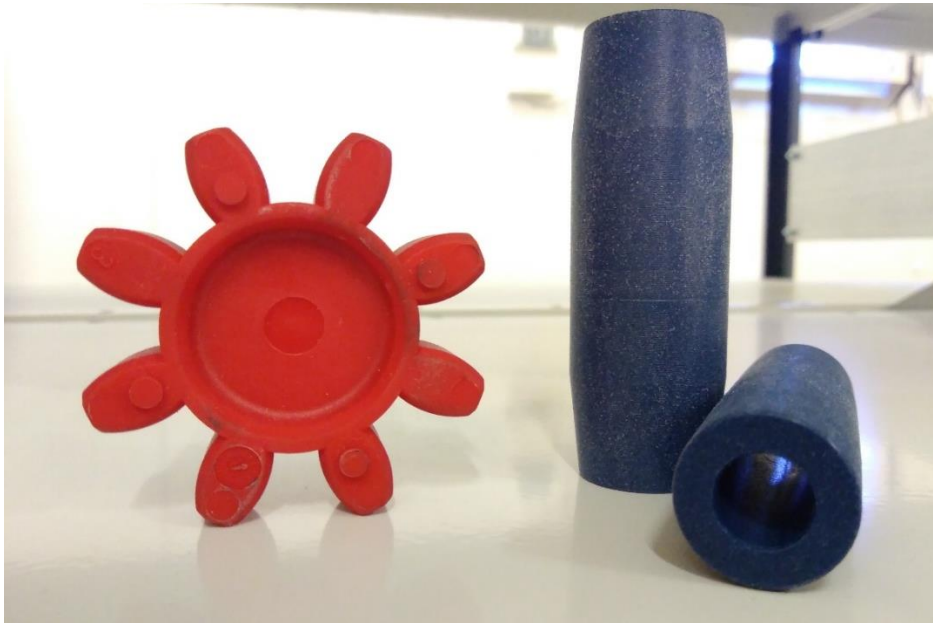
3D-tulostettavaksi soveltuvat varaosat

- Varaosat jotka eivät ole tulostettavissa
- Varaosat jotka voidaan tulostaa nykyisillä menetelmillä
- Varaosat jotka ovat järkevästi tulostettavissa nykyisillä menetelmillä
- Varaosat joiden tulostaminen on taloudellisesti kannattavaa



Kuva 8. 3D-tulostettavaksi soveltuvat osat asiakkaan varaosakirjastosta (Järvenpää 2018)

Kävimme läpi 118 varaosaa, joista 13,6 % oli 3D-tulostettavissa nykyisillä menetelmillä, 6,7 % varaosista oli järkeviä tulostettavia ja 3,4 % varaosista arvioitiin olevan tulostettavia myös taloudelliselta näkökannalta. Lisäksi tutkimme linjaston koneita ja huomasimme, että koneissa on runsaasti nylonista valmistettuja yksiosaisia komponentteja, jotka soveltuisivat sellaisenaan 3D-tulostettavaksi. Kyseiset osat eivät sisällyneet laskelmaan, sillä niitä ei ollut otantaan kuuluneessa varaosavarastossa.



Kuva 9. Muilla menetelmillä valmistettuja varaosia asiakkaan varaosakirjastossa. Kyseiset varaosat arvioitiin olevan myös järkevästi 3D-tulostettavia. (Järvenpää 2018.)

Tutkimuksessa selvisi, että varaosavaraston seulomisessa on omat ongelmansa. 3D-tulostuksen asiantuntija pystyy seulomaan melko helposti teknisesti 3D-tulostettavaksi soveltuvat varaosat, mutta tuntematta asiakasyrityksen tilauskantaa ja sidosryhmiä on lähes mahdotonta arvioida tulostetun varaosan taloudellista kilpailukykyä. Ulkopuolisen toimijan voi olla monesti hankala päästä käsiksi yrityksen sisäisiin tietoihin.

3D-tulostettavien varaosien tunnistusohjeen testaus- ja havainnointikäynnillä asiakasyritykseltä löytyi kaksi niin potentiaalista digitaalista varaosaa, että ne päätettiin tulostaa heti. Kappaleiden saatavuuden kanssa oli joko taloudellisia tai logistisia ongelmia, minkä vuoksi 3D-tulostus osoittautui kannattavaksi

vaihtoehdoksi. Kyseiset varaosat eivät kuuluneet työssä käytettyyn testiotantaan, vaan tulivat toisaalta tehtaasta saatavuusongelman siivittämänä. Saatavuusongelmat vauhdittavatkin 3D-varaosabisneksen kasvua, kun asiakas itse joutuu etsimään toimittajan varaosille. Mikäli varaosia joutuu tilaamaan suhteettoman paljon tai odottelemaan liian kauan, on 3D-tulostaminen ratkaisu, johon on helppo tarttua.

Daimler Groupin tytäryhtiö EvoBus on aloittanut 3D-tulostettavien varaosien käytön busseissaan. Varaosia hallinnoiva yksikkö ylläpitää 320 000 nimikettä, joista suurta osaa pidetään varastossa. Yritys pyrkii 3D-tulostamalla korvaamaan sellaisia varaosia, joita joudutaan tilaamaan turhaan varastoon huonon logistisen saatavuuden tai minimiostomäärän takia. 3D-tulostettuja varaosia käyttämällä yritys on onnistunut pienentämään bussien käyttökatoja. Yritys käytti 3D-tulostinvalmistaja EOS:n konsultteja sopivien varaosien löytämiseksi. Osasto löysi 2600 potentiaalista varaosaa, joista valikoitui 35 metalli- ja polymeerikomponenttia tulostettavaksi asti. Projektin edetessä yritys aikoo laajentaa 3D-tulostettavien varaosien valikoimaa 3D-mallintamalla komponentteja, joista ei löydy mallia tällä hetkellä. (Tervola 2019.)

3D-tulostaminen tulee kaikkien tarkasteltujen skenaarioiden perusteella muuttamaan nykyisiä teollisuuden tuotantotapoja sekä toimitusketjuja. 3D-tulostaminen luo uusia työpaikkoja, uusien osajien tarpeen sekä uusia kilpailuvaltteja tuotteelle. Kun tuotanto siirtyy halvan tuotannon maista ja pitkien logistiikkaketjujen takaa paikalliseksi ja tarvepohjaiseksi, voidaan olettaa, että kaikilla valmistajilla ja toimittajilla on yhtäläiset toimitus- ja varastointimahdollisuudet tuotteilleen. Tällöin tavaran ominaisuudet sanelevat suurimmat kilpailuvaltit. Toisaalta vientimarkkinat saattavat kokea kolahduksen 3D-tulostamisen yleistyksen myötä ja tällöin vähentää työpaikkoja toisilla aloilla. 3D-tulostamisella saattaa olla myönteinen vaikutus ilmastonmuutokseen logistiikkaketjujen lyhentymisen myötä sekä turhan materiaalin valmistuksen välttämisen myötä.

4 ONGELMAKOHTIEN KITEYTYS

Tunnistusohjeen testauksessa huomasi hyvin nopeasti taloudellisen kannattavuuden arvioinnin hyvin vaikeaksi, ellei kyseessä ollut hyvin selkeä ”standardituote” kuten esimerkiksi mutteri tai aluslevy. Tämän kaltaiset tuotteet soveltuvat rakenteensa puolesta hyvin 3D-tulostettavaksi, mutta eivät ole mitenkään järkeviä taloudellisesti, koska kyseiset tuotteet ovat massatuotteina edullisia valmistaa ja helposti saatavilla. 3D-tulostettavuuden taloudellista kannattavuutta arvioitaessa on tärkeää huomioida myös varaosan hinnan ympärille rakentuvat kustannukset. Tällaisia kustannuksia ovat esimerkiksi logistiikka- ja varastointikulut. Näiden lisäksi on tärkeä arvioida varaosan arvoa sen kautta, koituuko osan hajoamisesta ja varaosan odottamisesta tuotannon hidastuminen tai jopa pysähtyminen.

3D-tulostettavien varaosien ympärille rakentuvan palvelukokonaisuuden yksi haaste on luoda uusi tilausjärjestelmä vanhojen lisäksi. Uusi tilausjärjestelmä tarkoittaa uutta sidosryhmää asiakkaalle, mikä edelleen tarkoittaa uutta varaosatoimittajaa, uuden järjestelmän opettelua sekä esimerkiksi uusia käyttäjätunnuksia vanhojen rinnalle. Asiakasyrityskäynnillä kävi selvästi ilmi, että asiakas haluaa mahdollisimman automatisoidun sekä valmiin paketin palvelusta. Asiakasyrityksellä on käytössä SAP-järjestelmä, joka hallitsee lähes kaiken logistiikan. Keskustelussa kävi ilmi, että uuden tilausjärjestelmän tulisi olla yhteensopiva yrityksen oman järjestelmän kanssa.

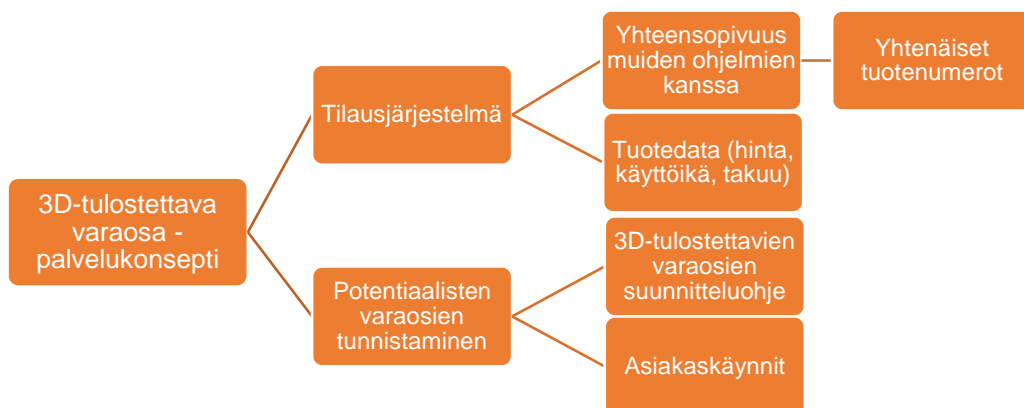
5 KONSEPTIN IDEOINTI

Konsepti luodaan havainnollistamaan uuden liiketoimintamallin tarjoamia ominaisuuksia, asiakkaan ja palveluntarjoajan saavuttamaa hyötyä sekä nykyisten liiketoimintamallien ongelmien mahdollista ratkaisutapaa (Kettunen 2001, 56). Konseptin kuvaaminen on tehokas tapa esitellä asiakasyritykselle palvelun tai tuotteen tarve. Konseptin tulisi kuvata ainakin asiakkaan luoma tarve eli tuotteen kysyntä, tapa, jolla palvelu toteutetaan, asiakkaalle luotu hyöty palvelusta sekä tavoite, eli miten yritys hyötyy konseptista. (Edvardsson 2007, Martinsuon & Kohtamäen 2014, 69-70 mukaan.)

Palvelukonseptin tarkoitus on edistää 3D-tulostettavien varaosien myyntiä, tehdä siitä selkokielisempää sekä helpommin ymmärrettävää. Tämänhetkisillä teknologioilla pystytäänkin korvaamaan vain pieni osa vanhanaikaisilla menetelmillä valmistetuista varaosista. Kuitenkin 3D-tulostus teknologiana on niin rajua vauhtia kehittyvä ala, että mitä nopeammin yritykset lähtevät mukaan, sitä paremmin he varmistavat sen, että ovat mukana seuraavassa teollisessa murroksessa. Siksi 3D-tulostuspalvelun lisäksi on perusteltua tarjota työkaluja, jotka pienentävät kynnystä lähteä käyttämään 3D-tulostusta varaosien valmistusmenetelmänä.

5.1 Ideointivaihe

Palvelukonseptin on tarkoitus tuoda sidosryhmät lähemmäksi toisiaan, sekä luoda kullekin ryhmälle perusteet palveluliiketoiminnan aloittamiselle. Lähdin ideoimaan erilaisia palvelukonsepteja omien kokemuksieni sekä tutkimusvaiheessa selvinneiden seikkojen kautta. Loin neljä erilaista ehdotusta työssä luotavan konseptin suunnaksi. Ehdotukseni olivat *Toiminnallinen verkko-kauppa*, *yhteistyö varaosatoimittajien kanssa*, *toiminta asiakkaiden kanssa kentällä* sekä *yhteensopivuus tunnettujen yritys- ja varastointijärjestelmien kanssa* (ks. 5.2 Ideoiden esittely). Ehdotuksien pohjalta kävimme keskustelun, jossa ilmeni liiketoiminnan tämänhetkisiä ongelmia sekä ideoita siitä, miten konseptia voisi kehittää.



Kuva 10. Palvelukonseptin kerrokset (Järvenpää 2018)

Rajasin palvelukonseptin ideoinnin kahteen pääharaan (ks. 5.2 Ideoiden esittely). Varaosien tilausjärjestelmään liittyvät ideat keskittyivät varaosien tilaamiseen, katalogien ja tuotetietojen ylläpitämiseen sekä logistiikan organisointiin varaosien identifiointia parantamalla. Potentiaalisten varaosien tunnistamiseen liittyvät ideat puolestaan keskittyivät 3D-tulosteen hyödyn havainnollistamiseen suunnitteluohjeen avulla sekä asiakkaiden opastamisen.

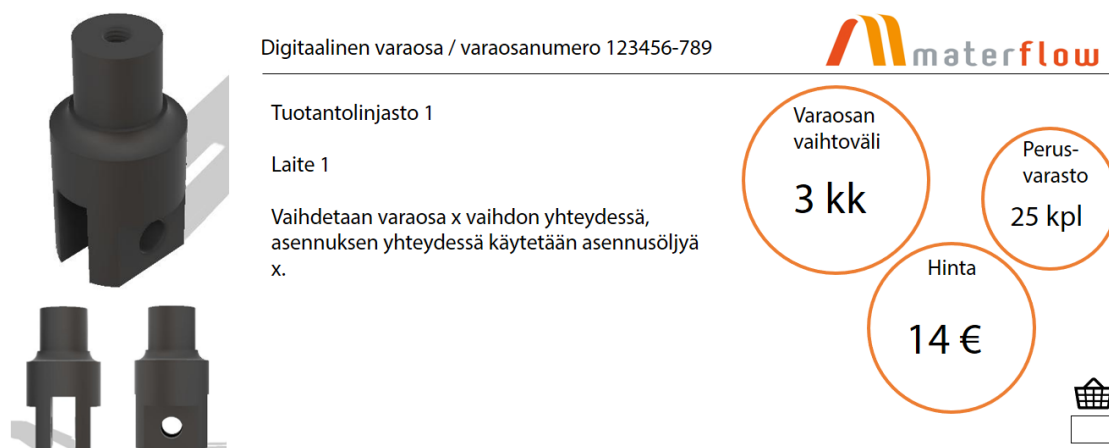
5.2 Ideoiden esittely

Esittelin yrityksen edustajalle Timo Peltoselle ideoitani konseptista (ks. liite 5). Tavoitteena oli saada aikaan vapaata keskustelua ja ideointia konseptin kehittämiseen. Keräsin ajatuksia siitä mitä asioita mielestäni kannattaa kehittää ja huomioida, jotta asiakkaat saadaan paremmin aktivoitumaan, sekä ymmärtämään 3D-tulostamisen hyödyt varaosien hankinnassa.

Teemahaastattelu (ks. liite 3) eteni siten, että esittelin palveluehdotukset yksittellen ja yrityksen edustaja vastasi niihin omien näkökulmiensa mukaan. Keskustelu eteni luonnollisesti sekä johdonmukaisesti. Sain haastattelun pohjalta paljon tietoa myös siihen, miten asiat nykyisin tehdään yrityksessä ja mikä olisi toivottu kehityssuunta. Keskustelu äänitettiin sekä litteroitiin. Alla keskustelun pääkohdat ja siihen liittyvät tärkeimmät kommentit yrityksen edustajalta.

Ehdotus numero 1.

”Toiminnallinen verkkokauppa. Verkkokauppa, joka tarjoaa varaosan perustietojen lisäksi myös varaosaan liittyviä muita tietoja, kuten varaosan vaihtoväli, varastonkierto, kestoikä tai kohdelaite. Asiakas pystyisi myös itse määrittämään tietoja, joita haluaa verkkokaupassa näkyvän. Verkkokauppa voisi tällöin toimia myös kevyempänä ohjeistona kunnossapidolle.”



Kuva 11. Havainnekuva mahdollisesta *Toiminnallisen verkkokaupan* ulkoasusta (Järvenpää 2019)

Yritys arvelee, että 3D-tulostetut varaosat näyttävät niin pientä osaa asiakkaiden varaosavalikoimassa, että tietoja ei ole järkevää hajauttaa moneen tietolähteeseen. Esimerkiksi varaosan varastonkierto, kestoikä ja vaihtoväli käyvät parhaiten ilmi asiakkaan omasta osto-tilausjärjestelmästä. Ideana he pitävät kuitenkin hyvänä sitä, että jokin lisätietokenttä olisi käytettävissä, kun uutta tuotetta perustetaan asiakaskohtaiseen varaosakatalogiin, mutta asiakas saisi itse määrittää, minkä tiedon he siihen valitsevat. Tärkeintä toimivassa verkkokaupassa ja asiakaskohtaisessa tuotekatalogissa on se, että sieltä löytyvät tiedot varmistavat sen, että Materflow Oy toimittaa oikean tuotteen asiakkaalleen. (Peltonen 2019.)

Ehdotus numero 2.

”*Yhteistyö varaosatoimittajien kanssa.* Yksi uhkakuva digitaalisille varaosille on OEM-valmistajien reaktiot vaihtoehtoiselle varaosien valmistustavalle. Kannattaisiko varaosien valmistus priorisoida kustomvaraosien valmistukseen vai lisätä yhteistyötä virallisten varaosatoimittajien ja -valmistajien kanssa?”

Yhteistyö virallisten varaosatoimittajien kanssa on erilaista, sillä heidän kanssaan tuotteiden volyyymi on huomattavasti suurempi kuin loppukäyttäjän kanssa tehtävän suoran kaupan kautta. Jakelu loppuasiakkaalle tapahtuu välikäden kautta, joka hallitsee suurempia tuotekatalogikonaisuuksia. 3D-tulos-

tus on varaosan valmistustapa, siinä missä koneistus tai muovipuristus. Materflow Oy kokee, että heidän palvelumalliinsa sopii paremmin kaupankäynti yritysten kanssa kuin kuluttaja-asiakkaiden kanssa. OEM-valmistaja tai suuri varaosatoimittaja kannattaa ohittaa ja toimittaa varaosa suoraan loppuasiakkaalle erityisesti sellaisissa tilanteissa, kun asiakkaalle tehdään kustomoitu yksittäinen varaosa/-sarja tai alkuperäistä varaosaa ei enää ole saatavilla. Usein tällaiset varaosatarpeet ovat kertaluontoisia, eikä kyseiselle varaosalle tule sen jälkeen kauppaa. Hinta tällaiselle varaosalle on tavanomaista varastotuetta korkeampi, koska myös varaosan mallinnustyö laskutetaan. (Peltonen 2019.)

Ehdotus numero 3.

”Toiminta asiakkaiden kanssa kentällä. Asiakkaiden kouluttaminen 3D-tulostettavien varaosien tunnistamiseen. Valmistustavan hyötyjen havainnollistaminen sekä 3D-mallintamisen perusteiden ymmärtäminen.”

Alalla myyntityön voi rinnastaa useissa tilanteissa myös asiakkaiden kouluttamiseksi, sillä ala tunnetaan edelleen melko huonosti. Tilanteissa joissa esimerkiksi tehtaan kunnossapito tilaa jonkin varaosan, olisi hyödyllistä, että heillä olisi käytössä jokin ohjeisto, joka kertoisi minkälainen osa on 3D-tulostettavissa ja mitä 3D-tulostus mahdollistaa. Usein asiakas saattaa tietää hyvin perinteisten valmistusmenetelmien mahdollisuudet ja rajoitukset, kuten pellin muokkauksen, hitsauksen, sorvauksen tai jyrsinän. Kyseiset menetelmät ovat monen yrityksen kunnossapidon käytössä ja esimerkiksi monet tuotantolinjastojen komponenteista ovat valmistettu kyseisillä menetelmillä. 3D-tulostaminen on kuitenkin niin tuore tekniikka, että asiakas ei uskalla edes ottaa yhteyttä 3D-tulostusyritykseen tiedon puutteen vuoksi.

Olisi hyödyllistä, että myös yritysten suunnitteluporras tuntisi 3D-tulostuksen hyödyt ja pystyisi jo suunnitteluvaiheessa näkemään, minkälaisia ominaisuuksia 3D-tulostamalla pystyttäisiin saamaan kappaleeseen, sekä minkälaisella suunnittelulla 3D-tuloste on taloudellisin valmistaa. (Peltonen 2019.)

Ehdotus numero 4.

”Yhteensopivuus tunnettujen yritys- ja varastointijärjestelmien kanssa. Kun järjestelmä huomaa, että varaosan saldo lähenee ennalta määrättyä alinta määrää, lähettää se tilauksen automaattisesti 3D-tulostusyriykselle. Jatkuvasti ja säännöllisesti käytettävien varaosien myynti tapahtuisi tällöin automatisoidusti.”

Yritykselle tulee jo nyt automatisoituja tilauksia yritysten osto-tilausjärjestelmistä. Tällaisten tilausten kanssa on toisinaan vaikeata selvittää, että mikä revisio tuotteesta on oikea. Alalla on tavanomaista, että joitain kappaleita tilataan vain yhden kerran, eikä asiakas aina ymmärrä kertoa etukäteen, että tilattavaa kappaletta saatetaan tilata myöhemmin uudestaan. On hankala etsiä vanhoista tilauksista tai sähköpostiliikenteestä oikeaa mallia. Esimerkkutilanne Timo Peltosen sanoin: ”Yksi haaste on, että usein protoiluvaiheessa saamme käsiimme tilauksia esimerkiksi nimellä: ”palikka1”, jonka jälkeen kappaletta muutetaan. Sitten siitä tulee ”palikka2” ja kun kappale onkin valmis ja saamme ostotilauksen, jossa kappaleella on esimerkiksi jokin tuotenumero ja tämän jälkeen pitää selvittää, mikä on oikea malli.” Olisi tärkeää, että asiakas pääsisi muuttamaan omassa tuotekatalogissaan tuotteen nimeä uudelleen myöhemmin. (Peltonen 2019.)

5.3 Ideointivaiheen johtopäätökset

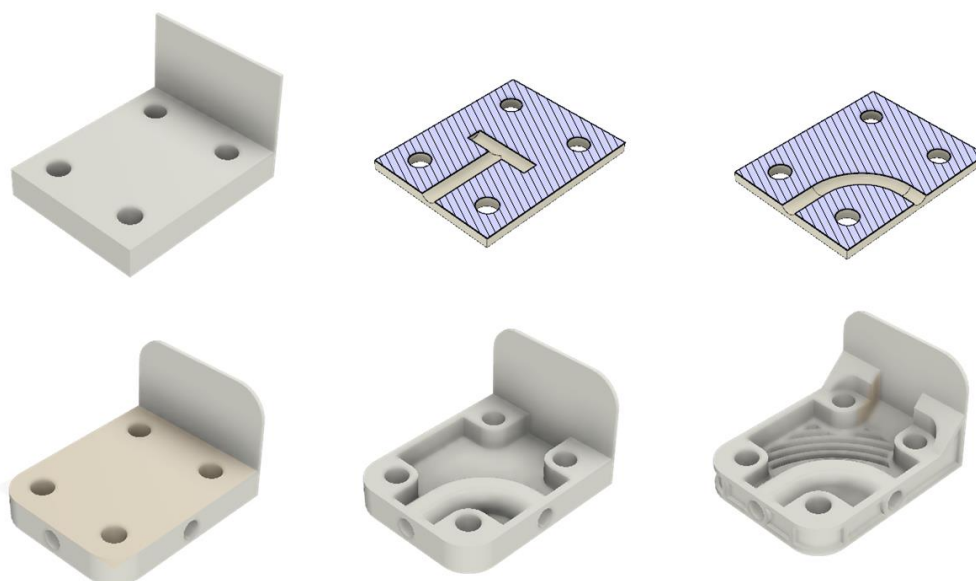
Palvelukokonaisuuteen liittyy keskeisesti potentiaalisen 3D-tulostettavan varaosan tunnistaminen. Tutustuessani asiakkaan varaosavalikoimaan huomasin, kuinka hankalaa varaosan tulostettavuuden tunnistaminen voi olla. Tämä kävi myös ilmi Timo Peltosen kanssa käydyssä keskustelussa. Asiakkaat eivät oman tietotasonsa takia käytä 3D-tulostusta tai uskalla edes ottaa yhteyttä 3D-tulostusyriykseen, vaikka heillä olisi tarve 3D-tulosteille.

Osana palvelukokonaisuutta on siis perusteltua myös suunnitella asiakkaiden käyttöön visuaalinen ohjeisto 3D-tulostamisen hyötyjen tunnistamiseen. 3D-tulosteiden suunnitteluohje toimii samalla myös asiakkaille Materflow Oy:n

”käyntikorttina”. Ohjetta voidaan jakaa joko paperiversiona tai yrityksen internetsivuilta.

6 3D-TULOSETTAVAN KOMPONENTIN SUUNNITTELUOHJE

Päädyin havainnollistamaan 3D-tulosteiden suunnitteluohjeen 3D-tulostetun demokappaleen mallinnuskuvasarjalla. Kuvasarjassa ilmenee SLS-tekniikalla tulostettaessa huomioon otettavat seikat, sekä 3D-tulosteiden kustannuksiin vaikuttavat tekijät ja miten kustannuksia saa karsittua. Idean esittelyä varten mallinsin proton omasta ajatuksesta siitä, miltä demokappale voisi näyttää. Tässä kohtaa ei ollut vielä tietoa kappaleen tarkoista teknisistä vaatimuksista, vaan tein mallinnuksen omien kokemusten pohjalta. Kuvasarjan ensimmäinen kuva kuvastaa muilla menetelmillä valmistettua kuvitteellista varaosaa. Viimeinen kuva puolestaan kuvastaa sitä, miltä kappale voisi näyttää 3D-tulostettavaksi optimoinnin jälkeen.



Kuva 12. Ensimmäinen mallinnus demokappaleesta (Järvenpää 2019)

Materflow Oy piti ideasta. Suunnitteluohjeen tekniset vaatimukset koin parhaimmaksi selvittää yrityksen henkilöstölle tehtävän haastattelun kautta, sillä heillä on pitkä kokemus alasta, sekä tietoa siitä, minkälainen kappale onnistuu tulostamalla.

6.1 Suunnitteluohjeen tekniset vaatimukset

Suunnitteluohjeen runkona käytetty kappale on täysin tulostettavissa oleva demokappale, jota Materflow Oy voi käyttää esimerkiksi osallistuessaan erilaisiin tekniikanalan messuihin. Suunnitteluohjeen demokappaleesta pitää käydä selväksi suunnitteluun vaikuttavat tekijät. Ohje käsittää PA2200 materiaalista SLS-tekniikalla tulostettavan kappaleen suunnitteluun vaikuttavat tekijät ja siitä tulee ilmetä seikat, joista Materflow Oy saa kokemuksensa mukaan eniten kysymyksiä. Kyseinen materiaali ja tekniikka ovat Materflow Oy:n eniten käyttämät. Haastattelin Materflow Oy:n Sami Mattilaa aiheesta (ks. liite 4). Haastattelussa kävimme läpi 3D-tulostettavan kappaleen suunnitteluun vaikuttavat tekniset vaatimukset sekä asiat mitä Materflow Oy haluaa demokappaleessa ja suunnitteluohjeessa selviävän.

SLS 3D-tulosteen suunnittelussa tärkeä lähtökohta on muistaa, että kappaleen valmistuskustannus riippuu siitä, kuinka suurina kappaleen tilavuus ja massa ovat. Kennomaisilla rakenteilla pystytään säästämään kappaleen massaa ja usein kappaleiden paksut kohdat kannattaa keventää mahdollisimman hyvin. Suositeltava vähimmäisainevahvuus 3D-tulosteelle on 1 mm. Sitäkin ohuempia kappaleita on mahdollista tulostaa, mutta kappaleen mittatarkkuudelle ja kestävyydelle ei voida antaa toimintatakuuta. (Mattila 2019.)

Vaikka 3D-tulostaminen mahdollistaa erilaisien muotojen toteuttamisen, on suunnittelussa otettava huomioon tiettyjä rajoitteita. Mikäli samaan 3D-tulosteeseen tulee pyöreitä muotoja pysty- ja vaaka-akseleille, on vaarana, että vaaka-akselilla sijaitseva muoto romahtaa hieman soikean malliseksi (Mattila 2019). Vaaka-akselilla sijaitseviin mittatarkkoihin reikiin kannattaa siis jättää työstövara (esimerkiksi 1 mm) jälkiporaukselle. Mikäli kyseessä on muoto, jonka ei tarvitse olla mittatarkka, ei jälkiporausta tarvita.

SLS-tekniikalla tulostettaessa laser sulattaa tulostusjauheen kiinteäksi kappaleeksi. Halkaisijaltaan pienien ja suhteessa melko syvien reikien valmistuksessa on riski, että 3D-tulostettaessa laser sulattaa reiät umpeen. 10 mm syvä ja 0,8 mm halkaisijaltaan oleva reikä on luultavasti ummossa tulostuksen jälkeen. Erityisesti kohdat, joiden ympärillä on paksu ainevahvuus, on pienten

reikien umpeen sulamiselle suurempi riski, sillä kappale pysyy niistä kohdista kuumempänä pidempään. Suorat reiät pystytään jälkeenpäin poraamaan auki, mutta mutkittelevien kanavien kohdalla on järkevää suunnitella mahdollisimman suuri kanava kappaleeseen. (Mattila 2019.)

3D-tulosteen reiät pystytään kierteistämään jälkeenpäin kierretapilla, jolloin kappaleeseen mallinnetaan kierteen vaatima alkureikä. M8-kierrettä isommat normaalilla nousulla olevat kierteet ovat tulostettavissa sellaisenaan, mutta tiivein tulos saadaan aikaan kierteistämällä kierretapilla. (Mattila 2019.)

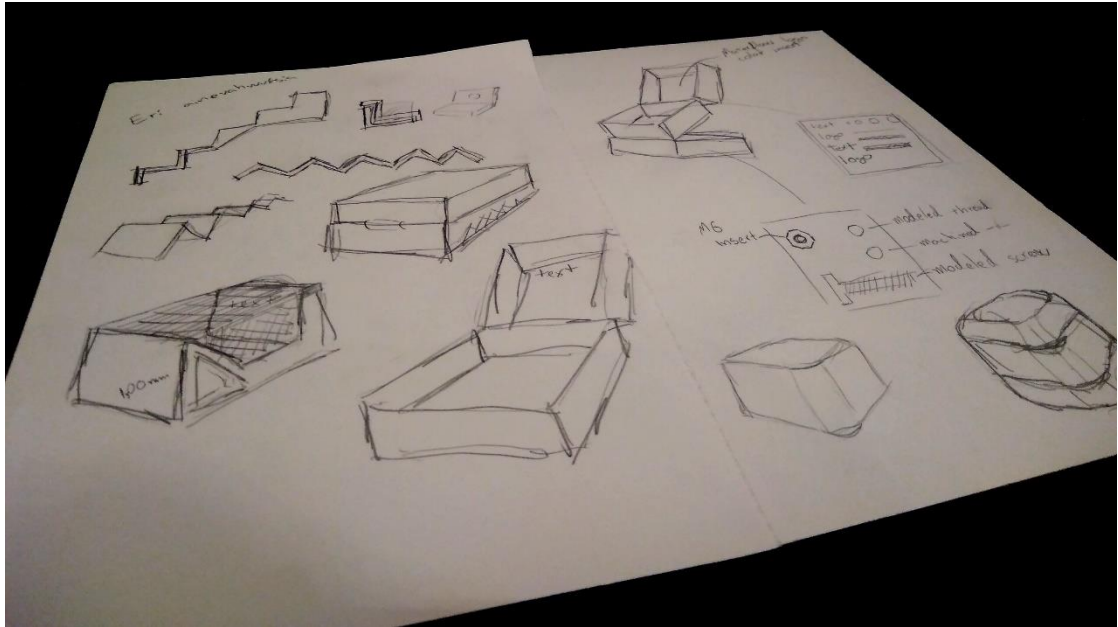
Mikäli kappaleeseen tulostetaan kiinteä ja liikkuva kappale, on liikkuvien osien väliin jätettävä vähintään 0,5 mm välys. Tarkempi lopputulos saadaan, mikäli liikkuvat kappaleet voidaan tulostaa erikseen toisistaan ja liittää vasta sitten toisiinsa. Tällöin välykseksi riittää 0,1 mm. (Mattila 2019.)

3D-tulosteessa sijaitsevien pintamuotojen kuten logojen ja tekstien viivan paksuuden tulisi olla vähintään 1 mm. Muodon korkeudeksi tai syvyydeksi riittää 0,8 mm. Arial-fontti on suositeltu fontti 3D-tulosteessa käytettäväksi selkeytensä vuoksi. (Mattila 2019.)

Mikäli ontto kappale tulostetaan, jää tyhjään tilaan tulostusjauhepulveria. Mikäli kappale halutaan tyhjäksi, on tulosteeseen mallinnettava tyhjennysaukko. Ohjetoleranssit SLS-tekniikalla tulostettaessa ovat $\pm 0,25$ mm, sekä $\pm 0,1$ mm/100 mm. (Mattila 2019.)

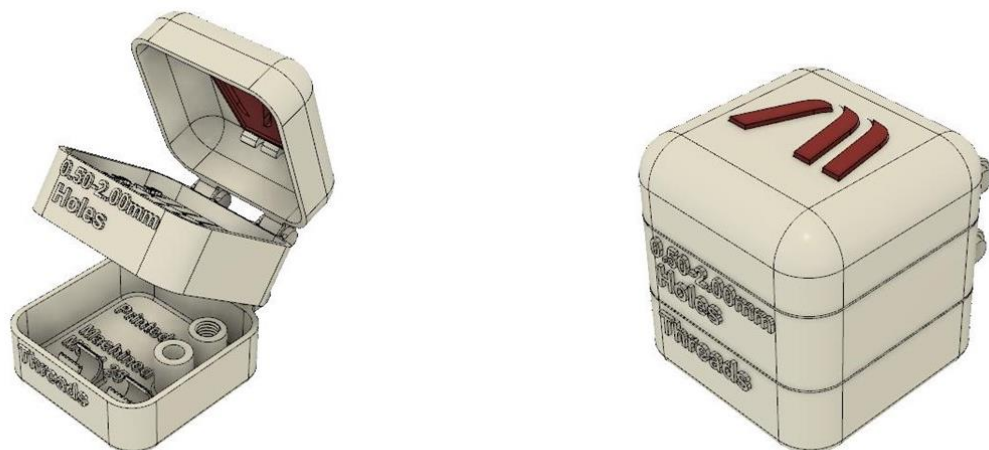
6.2 Demokappaleen visuaalisuus

Suunnitteluohjeen tekniset vaatimukset antoivat kappaleen muodon suunnittelulle raamit. Demokappaleen tulisi olla sellainen, että siitä käyvät kaikki edellisessä kappaleessa käydyt asiat ilmi, mutta silti siten, että suunnitteluun vaikuttavat tekijät eivät tunnu esteiltä vaan mahdollisuuksilta. Ajattelin että kappaleeseen pitää saada jokin toiminnallisuus, joka "koukuttaa" asiakkaan kiinnostumaan kappaleesta ja 3D-tulostuksen hyödyistä.



Kuva 13. Hahmotelmia demokappaleesta (Järvenpää 2019)

Päädyn havainnollistamaan suunnitteluun vaikuttavat tekijät korurasiamaisella esineellä. Suunnittelin kappaleen siten, että se voidaan tulostaa kokonaisena ilman erillistä kokoonpanoa, lukuun ottamatta kanteen tulevaa Materflow Oy:n logoa, joka naksautetaan kappaleen kannessa olevaan logon muotoiseen reikään neljän klipsin avulla. Tämä johtuu siitä, että SLS-tekniikalla tulostettaessa sama tuloste ei voi sisältää eri materiaaleja tai värejä.



Kuva 14. Havainnekuva 3D-suunnitteluohjeen demokappaleesta (Järvenpää 2019)

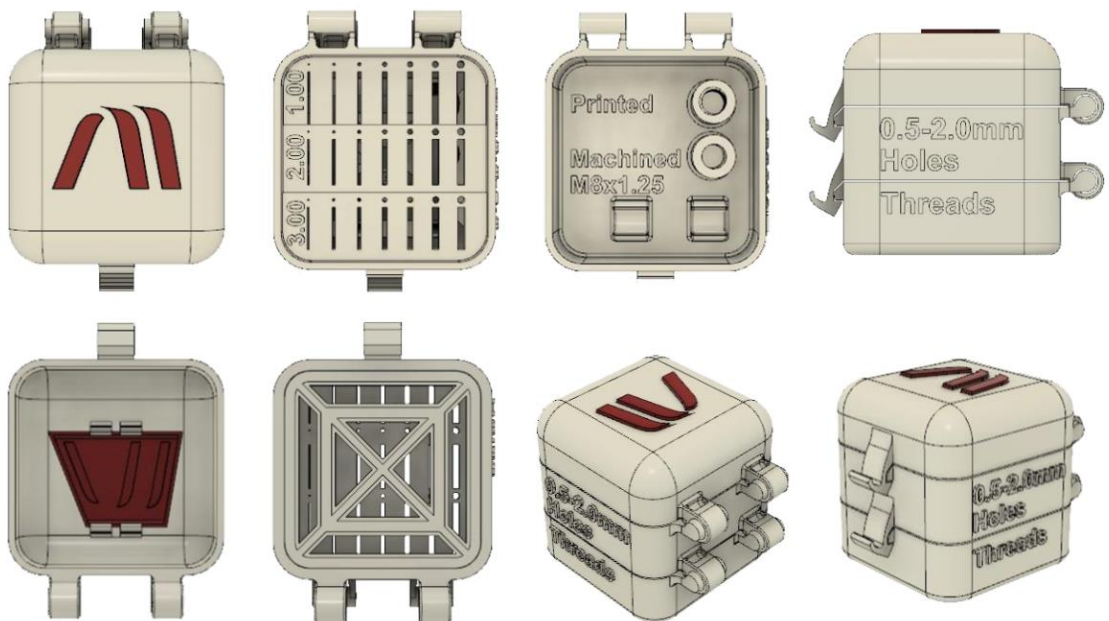
Materflow Oy piti ehdotuksestani ja päädyimme tulostamaan kappaleesta prototyyppiä, jotta mahdolliset korjaukset tulisivat esille. Kappaleeseen lisättiin vielä klipsit pitämään rasian kasassa ja demonstroimaan materiaalin ominaisuuksia. Lisäksi muutaman tekstin paikkaa muutettiin (ks. liite 2).

Kappaleen alimmainen osa esittelee materiaalin käyttäytymistä vakiokierteiden kanssa. Pohjalle mallinnettiin teline M8x30 mm ruuville, M8x1,25 vakio-kierte sekä 6,8 mm halkaisijalla oleva alkureikä, joka kierteistettiin tulostuksen jälkeen M8x1,25 kierretapilla. Näin asiakas voi verrata kierrettä ”näppituntumalla” sekä herättää asiakkaassa ajatuksia siitä, kuinka 3D-tulosteisiin voisi yhdistää muita komponentteja, kuten standardikiinnitystarvikkeita.

Keskimmäisen kerroksen pohjalle mallinsin 3D-tulosteelle ominaisen kennomaisen rakenteen jäykisteeksi. Keskimmäisen kerroksen pintapuolelle mallinsin 0,25 mm välein reikiä (halkaisijat 0,5 mm-2,0 mm) kolmelle eri ainevahvuudelle (1,0-2,0-3,0 mm). Tämän tarkoitus on esitellä pienien reikien tulostettavuutta eri ainevahvuuksille.

Ylimmän kerroksen kanteen mallinsin toiselle irtokappaleelle insertin. Insertinä toimii Materflow Oy:n logo. Tällä on tarkoitus esitellä eri kappaleiden ja värien yhdistettävyyttä samaan kappaleeseen.

Välykset esitellään kappaleessa saranoiden kautta, jotka toimivat suoraan tulostettuna. Saranat ja kansien lukitusklipsit tuovat kappaleeseen kierteiden testauksen lisäksi toiminnallisen funktion. Lisäksi eri puolilla kappaletta on tekstejä, joiden näkyvyyteen viitataan suunnitteluohjeessa (ks. liite 2)



Kuva 15. 3D-mallinnuskuvat valmiista demokappaleesta, sekä sen toiminnallisuuksista. Kappaleeseen lisätty kiinnitysklipsit sekä tekstit siirretty toiselle ulkosivulle. (Järvenpää 2019.)



Kuva 16. Kuvakollaasi 3D-tulostetusta demokappaleen prototyypistä (Järvenpää 2019)

3D-tulostettu prototyyppi onnistui hyvin. Kappaleen saranointi ja kierteet toimivat odotetulla tavalla. Kappaleen tekstit erottuivat myös selkeästi. Kappale vaatii kuitenkin jonkin verran muutoksia, ennen kuin on täysin toimiva demokappale. Kanteen painettu Materflow Oy:n logo meni paikalleen, mutta oli työläs asentaa. Kansiosassa olevat klipsit, jotka pitävät logon paikallaan ovat aavistuksen liian jäykät, kuten myös kappaleen kasassa pitävät klipsit. Lisäksi pohjassa oleva ruuviteline mahdollistaa ruuvin asentamisen väärinpäin ja liikkeen vaakasuunnassa, mikä vaikeuttaa ruuvin irrottamista telineestä. Sain Materflow Oy:n henkilökunnalta hyvää palautetta kappaleen toiminnallisuudesta sekä demoamisominaisuuksista. Muutokset ovat tehtävissä kappaleeseen pienellä vaivalla.

7 KONSEPTI SUUNNITTELUOHJEESTA

Suunnitteluohjeen tarkoitus on herättää ajatuksia siitä, mitä 3D-tulostamalla pystytään tekemään sellaisille potentiaalisille asiakkaille, joilla ei vielä ole kokemusta 3D-tulostamisesta tai 3D-tulosteen suunnittelusta. Ohjeen tarkoituksena ei ole opettaa 3D-mallinnusta tai tuotesuunnittelua. Näin ohjeesta on saatu kompakti paketti esimerkiksi messuilla asiakkaille jaettavaksi.



Kuva 17. Esimerkkikuva asiakkaalle jaettavasta suunnitteluohjeesta (Järvenpää 2019)

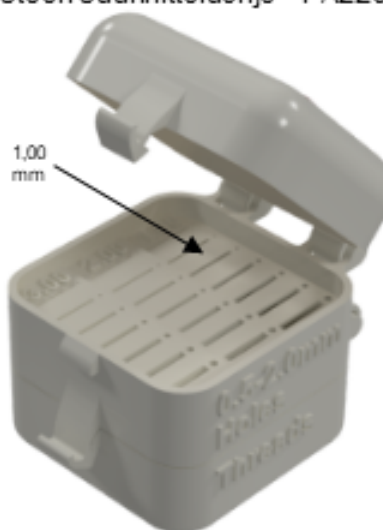


3D-tulosteen suunnitteluohje – PA2200

Ainevahvuus

3D-tulosteen hinta määräytyy pitkälti käytetyn materiaalin mukaan. Muovikappale ei aina tarvitse mekaanisen kestävyuden saavuttamiseksi niin paksuja massoja kuin esimerkiksi muille valmistusmenetelmille suunnitelluissa kappaleissa on totuttu näkemään.

Suositteltu vähimmäisainevahvuus kappaleelle on 1mm. Tätä ohuempia pinnat saattavat tulostua väärin.



TEKNISET TIEDOT:

- Tulostustilavuus: 330 mm x 330 mm x 620 mm
- Kerrospaksuus: 0.1 mm, 0.12 mm and 0.15mm

Kuva 18. Esimerkkikuva asiakkaalle jaettavan suunnitteluohjeen sivusta (Järvenpää 2019)

Suunnitteluohjeen suunnittelin seitsemän sivuiseksi lehtiöksi. Ohjeen kanssa on kolmiosaisen kappaleen toiminnallisista kerroksista kuva, mikä pyrkii herättämään asiakkaan kiinnostuksen ohjeen sisällöstä sekä yhdistämään demokappaleen ohjeeseen. Suunnitteluohjeen havainnollistavia kuvia sekä tekstimateriaalia pystyy käyttämään helposti myös esimerkiksi yrityksen verkkosivuilla. Ohje koostuu seitsemästä päätemaasta *ainevahvuus, reiät, pinnanmuoto, välykset, kierteet* sekä *vinkit* (ks. liite 1).

Palvelupolku esitetään asiakkaan sekä Materflow Oy:n näkökulmasta. Päätin rytmittää palvelupolun samoihin teemoihin, jotka tulisi selvittää toimivassa palvelukonseptin kuvauksessa eli asiakastarve, kuinka tarve saadaan tyydytettyä, kuinka se tehdään ja mitä sillä saavutetaan (Edvardsson 2007, Martinsuon & Kohtamäen 2014, 69-70 mukaan).



Kuva 19. Palvelupolku asiakkaan sekä Materflow Oy:n näkökulmista 3D-tulostus suunnitteluohjeen ympäriltä (Järvenpää 2019)

Palvelupolku havainnollistaa sen kuinka yksittäisen varaosan muodostama tarve voidaan hyödyntää osaamiseksi. Asiakkaalla on tarve komponentille, jonka valmistusmenetelmäksi saattaisi sopia 3D-tulostaminen. Asiakas on yh-

teydessä Materflow Oy:hyn saadakse tietoa siitä, mitä 3D-tulostamalla voidaan tehdä. Materflow Oy esittelee suunnitteluohjeen sekä siihen liittyvän demokappaleen. Tämän jälkeen asiakkaan suunnitteluporras suunnittelee kappaleen 3D-tulostettavaksi sekä ymmärtää 3D-tulostamisen mahdollistaman hyödyn. Asiakkaalle suunnitteluohje tarjoaa tietoa 3D-tulostettavan kappaleen suunnitteluun. Materflow Oy puolestaan pystyy markkinoimaan tulostusohjeen avulla toimintaansa potentiaalisille asiakkaille. Lisäksi visuaalinen ja kirjallinen ohje vähentää väärinymmärtämisen mahdollisuutta verrattuna puhelimesta tai sähköpostikeskusteluissa kerrottuihin suunnitteluohjeisiin.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn keskeinen tutkimuskysymys oli: ”Minkälaisella palvelulla tai tuotteella 3D-tulostettavien varaosien käyttöä saadaan lisättyä?”. Tutkimuskysymyksen ratkaisemiseksi työssä käytettiin erilaisia tutkimusmenetelmiä, kuten asiantuntijoille tehdyt teemahaastattelut, tulevaisuuden tutkimus sekä varaosavaraston varaosien 3D-tulostettavuuden arviointi Materflow Oy:n asiakasyrityksen tiloissa. Lisäksi työssä perehdyttiin 3D-tulostamiseen valmistusmenetelmänä.

Tutkimuksen tuloksista huomattiin, että varaosien 3D-tulostamatta jättämiselle yksi oleellinen syy on varaosan 3D-tulostettavuuden arvioinnin vaikeus sekä potentiaalisten asiakkaiden tietämättömyys 3D-tulostamisen hyödyistä. Ratkaisuksi tutkimuskysymykseen työssä päädyttiin konseptoimaan Materflow Oy:lle SLS-tekniikalla valmistetun 3D-tulosteen suunnitteluohje sekä suunnittelemaan suunnitteluohjeen tueksi 3D-tulostettava demokappale, johon ohje perustuu. Suunnitteluohjeen ja demokappaleen tarkoituksena on herättää erityisesti potentiaalisten asiakkaiden ajatuksia 3D-tulostamisen hyödyistä. Lisäksi ohje sekä demokappale auttavat hahmottamaan teollisen 3D-tulostamisen mahdollisuudet nykypäivänä. Suunnitteluohje ja demokappale auttavat uusia asiakkaita ymmärtämään 3D-tulosteen suunnittelun perusteet. Lisäksi materiaali toimii Materflow Oy:lle myynnin tukimateriaalina.

Työn tutkimuksessa käytetyt lähteet olivat pääsääntöisesti luotettavia. Tulevaisuuden tutkimuksessa käytettyjen lehtiartikkelien luotettavuuden voi mielestäni kuitenkin kyseenalaistaa. On hyvä muistaa, että tulevaisuuden skenaariot ovat ennusteita tulevasta ja 3D-tulostaminen on nopeasti kehittyvä ja melko tuore ala, jossa historiaan perustuvan tulevaisuuden arviointi on erittäin hankalaa. Kuitenkin lehtiartikkeleissa ennustettu teollisen 3D-tulostamisen kasvu tuli esille myös Materflow Oy:n teemahaastattelun yhteydessä, joten luotettavasti voi sanoa, että varaosien 3D-tulostaminen tulee kasvamaan. Tutkimuksen lopputuloksen kannalta en antaisi tulevaisuuden tutkimukselle muihin tutkimusmenetelmiin verrattuna yhtä suurta painoarvoa. Työn aihepiirin kannalta tulevaisuuden tutkimus oli kuitenkin mielestäni perusteltu, eikä sitä voinut jättää täysin noteeraamatta. Uskon että puolistrukturoidut teemahaastattelut olivat oikeat menetelmät työn tutkimukseen, sillä silloin keskustelut olivat avoimia ja 3D-tulostusammattilainen pystyi tuomaan omat näkemyksensä paremmin esille haastattelutilanteeseen. Materflow Oy:n asiakasyrityksen tiloissa tehty varaosien 3D-tulostettavuuden kartoittaminen onnistui luotettavasti, sillä kartoituksessa oli mukana Materflow Oy:n Timo Peltonen, joka pystyi hyvin luotettavasti sanomaan 3D-tulostuskokemuksensa ansiosta, oliko jokin varaosa tulostettavissa vai ei. Verrattaessa Aalto-yliopiston julkaisuun 3D-tulostettavuuden arvioinnin tulokset osuivat melko lähelle. Aalto-yliopiston julkaisussa lentoteollisuudessa toimivan yrityksen varaosavalikoimasta arvioitiin 2.8 % olevan liiketaloudellisesti kannattavia 3D-tulostaa (Knofius 2016, Salmen yms. 2018, 11 mukaan). Työssä tehdyn tutkimuksen lopputuloksena arvioitiin elintarviketeollisuuden toimijan yhden tuotantolinjan varaosavarastossa olevista varaosista olevan 3,4 % taloudellisesti kannattavia 3D-tulostaa (ks. 3.5 Tutkimuksen yhteenveto).

Uskon että tutkimuksen päätelmät ovat uskottavat ja että tutkimuksen tuloksien perusteella tehty 3D-suunnitteluohje ja demokappale ovat Materflow Oy:lle tarpeellisia. Olen pitänyt koko prosessin ajan Materflow Oy:n tietoisena siitä, miten työ edistyy ja minkälaisia johtopäätöksiä olen tehnyt. Olen saanut heiltä säännöllisesti palautetta työn edistymisestä.

9 POHDINTA

Opinnäytetyössä valmistettu konsepti suunnitteluohjeesta ja siihen tuotettu materiaali sekä demokappale onnistuivat mielestäni pääpiirteittäin hyvin. Demokappaleesta saa pienillä muutoksilla erittäin toimivan kappaleen esittämään 3D-tulostamisen hyötyjä ja mahdollisuuksia. Olen saanut työstä väliraportointien yhteydessä positiivista palautetta Materflow Oy:ltä ja uskon että he ovat tyytyväisiä lopputulokseenkin.

Suunnitteluohjeen visuaalisuuteen olisi voinut panostaa hieman enemmän. Mielestäni ohje onnistui konseptina, mutta kaipaa hieman parantelua ennen lopullista julkaisua. Ohjeen sisältö sekä kuvat ovat onnistuneet, mutta ohjeen ulkonäkö sekä asettelu kaipaavat viimeistelyä.

Työssä käytetyt tutkimusmenetelmät syvensivät ammattiosaamistani. Erityisesti käytännönläheinen varaosien 3D-tulostettavuuden arviointikäynti oli mielenkiintoinen. Vierailuilla ymmärsin toimivan varaosavaraston tärkeyden tuotantolinjojen toimintavarmuudessa.

Työn hankalin vaihe oli itselleni ehdottomasti työn rajaaminen sekä päätöksen teko. Jäin projektin alussa turhan helposti vellomaan eri vaihtoehtojen pariin ja tästä syystä myös työn alku venyi ajallisesti. Kun työn rajaus sekä tutkimus alkoivat olemaan paketissa, oli työ helpompi viedä loppuun. Tulevaisuuden kannalta suunnitteluohjeen lisäksi sopisi hyvin toinen ohje, jossa käsitellään ole-massa olevan varaosan muuttaminen 3D-tulostettavaksi varaosaksi.

LÄHTEET

3D-tulostustekniikat. 2019. Materflow Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.3.2019. Saatavissa: <https://www.materflow.com/materflow-3d-tulostustekniikat/> [viitattu 10.3.2019].

Anttila, P. 1996. Tutkimisen taito ja tiedonhankinta: Taito-, taide- ja muotoilu-alojen tutkimuksen työvälineet. Helsinki: Akatiimi.

Brave new 3D world. 2017. Ikea Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 9.3.2019. Saatavissa: <http://ikea.today/brave-new-3d-world/> [viitattu 17.1.2019].

Direct metal laser sintering (DMLS). 2019. Materflow Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.3.2019. Saatavissa: (<https://materflowcom.test.cchoosting.fi/direct-metal-laser-sintering-dmls-2/>) [viitattu 10.3.2019].

Heinonkoski, R. 2013. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito. Helsinki: Opetushallitus.

Kettunen, I. 2001. Muodon palapeli. Helsinki: WSOY.

Materiaalia lisäävä valmistus – Additive Manufacturing (AM) ja 3D-tulostus – 3D Printing. 2019. FIRPA. WWW-dokumentti. Päivitetty 27.3.2019. Saatavissa: www.firpa.fi/html/sanasto.html [viitattu 2.4.2019].

Mattila, S. 2019. CTO. Haastattelu 22.2.2019. Materflow Oy.

Martinsuo, M. & Kohtamäki, M. 2014. Teollisen palveluliiketoiminnan uudistaminen: Kehittämisen keinot ja menetelmät. Helsinki: Teknologainfo Teknova.

Mistä tulostuksen hinta muodostuu. 2019. Materflow Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.3.2019. Saatavissa: <https://materflowcom.test.cchoosting.fi/hinta/> [viitattu 10.3.2019].

PA2200 (nylon 12) muovi. 2019. Materflow Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.3.2019. Saatavissa: <https://www.materflow.com/materflow-materiaalit/materiaali-pa2200-nylon-12-muovi/> [viitattu 10.3.2019].

Palkittu Materflow tekee 3D-tulostuksesta kansainvälistä bisnestä. 2018. Lahti Business Region. WWW-dokumentti. Päivitetty 9.3.2019. Saatavissa: <http://lahtibusinessregion.fi/yritystarinat/menestystarina/?article=materfow> [viitattu 3.3.2019].

Parviala, A. 2016. Mitä ihmettä, 3D-tulostus turvaa työpaikkoja –”tekee suomalaisen tuotannon kilpailukykyisemmäksi. Yleisradio. WWW-dokumentti. Päivitetty 9.3.2019. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-9349679> [viitattu 17.1.2019].

Peltonen, T. 2019. CBDO. Haastattelu 25.1.2019. Materflow Oy.

Ruostumaton teräs 316 l. 2019. Materflow Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.3.2019. Saatavissa: <https://www.materflow.com/materflow-materiaalit/materiaali-ruostumaton-teras-316/> [viitattu 10.3.2019].

Salmi, M., Partanen, J., Tuomi, J., Chekurov, S., Björkstrand, R., Huotilainen, E., Kukko, K., Kretzschmar, N., Akmal, J., Jalava, K., Koivisto, S., Vartiainen, M., Metsä-kortelainen, S., Puukko, P., Jussila, A., Riipinen, T., Reijonen, J., Tanner, H. & Mikkola, M. 2018. Digitaaliset varaosat. PDF-dokumentti. Päivitetty 9.3.2019. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-3745-5> [viitattu 3.3.2019].

Selective Laser Sintering (sls). 2019. Materflow Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.3.2019. Saatavissa: <https://materflowcom.test.cchoosting.fi/selective-laser-sintering-sls-3/> [viitattu 10.3.2019].

Tervola, J. 2019. EvoBus aloittaa varaosien 3d-tulostuksen. *Tekniikka & talous* 8.3.2019, 6.

Tuulaniemi, J. 2011. Palvelumuotoilu. Helsinki: Talentum.

Valmistuspalvelut. 2019. Materflow Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 9.3.2019. Saatavissa: <https://www.materflow.com/materflow-palvelut/valmistus-palvelut/> [viitattu 3.3.2019].

VAT photopolymerisation. 2019. Materflow Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.3.2019. Saatavissa: <https://www.materflow.com/vat-photopolymerisation-2/> [viitattu 10.3.2019].

Vilkkä, H. 2005. Tutki ja kehitä. Helsinki: Tammi.

Wass, S. 2017. 3D printing could wipe out 40% of world trade by 2040. Global Trade Review. WWW-dokumentti. 9.3.2019 Saatavissa: <https://www.gtreview.com/news/global/3d-printing-could-wipe-out-40-of-world-trade-by-2040> [viitattu 17.1.2019].

KUVALUETTELO

Kuva 1. Viitekehys. Järvenpää, A. 2018.

Kuva 2. Käsitekartta. Järvenpää, A. 2018.

Kuva 3. Palvelumuotoiluprosessi Tuulaniemen mukaan. Tuulaniemi, J. 2011. Palvelumuotoilu. Helsinki. Talentum.

Kuva 4. SLS-tekniikalla tulostettu varaosa (oikealla), sekä alkuperäinen varaosa (vasemmalla). Järvenpää, A. 2018.

Kuva 5. 3SP-tekniikalla tulostettuja E-GLASS kappaleita. E-glass 3SP V2. 2019. Materflow Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.3.2019. Saatavissa: <https://www.materflow.com/materflow-materiaalit/e-glass-3sp-v2/#> [viitattu 10.3.2019].

Kuva 6. DMLS-tekniikalla tulostettuja metallikappaleita kappale. Metal parts waiting for processing, 2018. (at)materflowoy. Instagram-kuva. Saatavissa: <https://www.instagram.com/p/Bn8609rAFKt/?taken-by=materflowoy> [viitattu 10.3.2019].

Kuva 7. Esimerkkitalanteita varaosien 3D-tulostettavuuden arvioinnista. Järvenpää, A. 2019.

Kuva 8. 3D-tulostettavaksi soveltuvat osat asiakkaan varaosakirjastosta. Järvenpää, A. 2018.

Kuva 9. Muilla menetelmillä valmistettuja varaosia asiakkaan varaosakirjastossa. Kyseiset varaosat arvioitiin olevan myös järkevästi 3D-tulostettavia. Järvenpää, A. 2019.

Kuva 10. Konseptin kerrokset. Järvenpää, A. 2019.

Kuva 11. Havainnekuva mahdollisesta ”Toiminnallisen verkkokaupan ulkoasusta. Järvenpää, A. 2019.

Kuva 12. Ensimmäinen mallinnus demokappaleesta. Järvenpää, A. 2019.

Kuva 13. Hahmotelmia demokappaleesta. Järvenpää, A. 2019.

Kuva 14. Havainnekuva 3D-suunnitteluohjeen demokappaleesta. Järvenpää, A. 2019.

Kuva 15. 3D-mallinnuskuvat valmiista demokappaleesta, sekä sen toiminnallisuuksista. Kappaleeseen lisätty kiinnitysklipsit sekä tekstit siirretty toiselle ulkosivulle. Järvenpää, A. 2019.

Kuva 16. Kuvakollaasi 3D-tulostetusta demokappaleen prototyypistä. (Järvenpää, A. 2019.

Kuva 17. Esimerkkikuva asiakkaalle jaettavan suunnitteluohjeen sivusta. Järvenpää, A. 2019.

Kuva 18. Esimerkkikuva asiakkaalle jaettavan suunnitteluohjeen sivusta. Järvenpää, A. 2019.

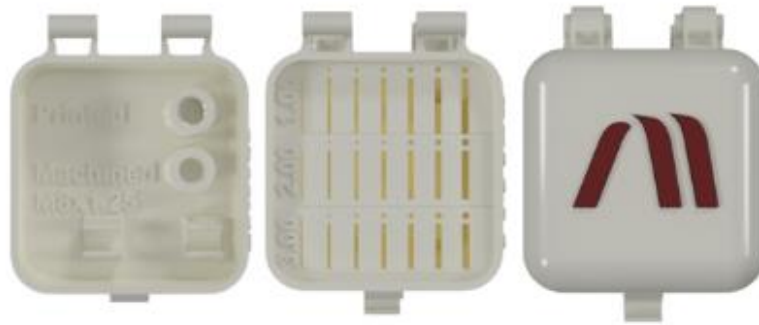
Kuva 19. Palvelupolku asiakkaan sekä Materflow Oy:n näkökulmista 3D-tulostus suunnitteluohjeen ympäriltä. Järvenpää, A. 2019.

Kuva 20. Suunnitteluohjeen sivut. Järvenpää, A. 2019.

Kuva 21. Demokappaleen tekninen piirros. Järvenpää, A. 2019.

Kuva 22. Konseptiehdotukset. Järvenpää, A. 2019.

SUUNNITTELUOHJEEN SIVUT



YHTEYSTIEDOT

Materflow Oy

Mukkulankatu 19, c/o IskuCenter

+358 400 910 119

info@materflow.com

https://www.materflow.com



Ainevahvuus

3D-tulosteen hinta määräytyy pitkälti käytetyn materiaalin mukaan. Muovikappale ei aina tarvitse mekaanisen kestävyden saavuttamiseksi niin paksuja massoja kuin esimerkiksi muille valmistusmenetelmille suunnitelluissa kappaleissa on totuttu näkemään.

Suosittelua vähimmäisainevahvuus kappaleelle on 1mm. Tätä ohuimmat pinnat saattavat tulostua väärin.



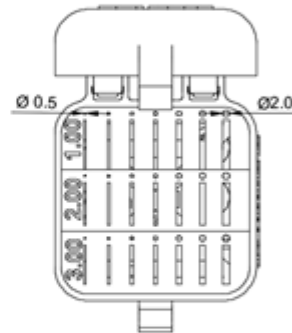
TEKNISET TIEDOT:

- Tulostustilavuus: 330 mm x 330 mm x 620 mm
- Kerrospaksuus: 0.1 mm, 0.12 mm and 0.15mm

Reiät

Reikien suunnitteluun on hankala antaa raja-arvoja. Pienet reiät voi joutua poraamaan kappaleen tulostuttua auki. Esimerkiksi 10mm syvä ja 0,8mm halkaisijalta oleva reikä on liian pieni, sillä reiän pohjalle jää puoliksi sulanutta tulostuspulveria, jota ei saa pois kuin mekaanisesti.

Mikäli tulostettavassa kappaleessa on eri akselleilla reikiä, on vaara että vaakakselilla oleva muoto romahtaa. Tällaisiin reikiin kannattaa jättää pieni työstövara, jotta reikä saadaan porattua pyöreäksi.



Pinnanmuodot

Mikäli kappaleeseen tulee erottuvia pintamuotoja kuten logo tai teksti, on suositeltavaa että viivan paksuus on vähintään 0,8mm. Muodon syvyys tai korkeus on oltava kappaleen pinnasta myös vähintään 0,8mm.

Suosittelava viivan paksuus sekä muodon korkeus/syvyys pinnasta on 1mm.

Hyvä ja toimiva fontti on Arial.

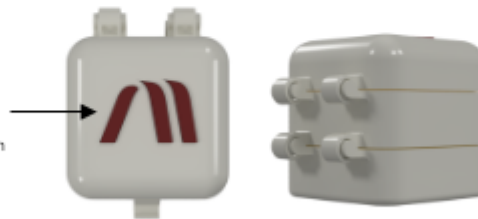
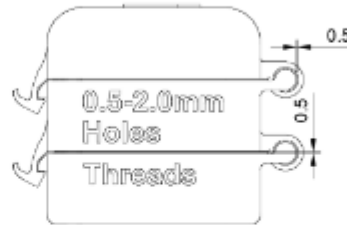


Välykset

Mikäli tulostettavaan kappaleeseen tulee toiminnallisia osia on suositeltava välyksen oltava kappaleiden välissä 0,5mm, jotta ne eivät sintraannu tulostuksen aikana toisiinsa.

Mikäli kappaleet voidaan liittää toisiinsa tulostuksen jälkeen on riittävä vähimmäisvälys 0,1mm.

Logo liitetään tulostuksen ja värjäyksen jälkeen paikalleen, joten pienempi välys riittää. Tässä 0,25mm



Kierteet

Kappale voidaan kierteistää kahdella tavalla.

Tiivein kierre saadaan tulostamalla kierteen vaatima alkureikä (ruuvin koko - kierteen nousu) ja kierteistämällä reikä kierretapilla tulostuksen jälkeen.

Yli M8 peruskierteet (M8x1,25) voidaan myös tulostaa suoraan kappaleeseen



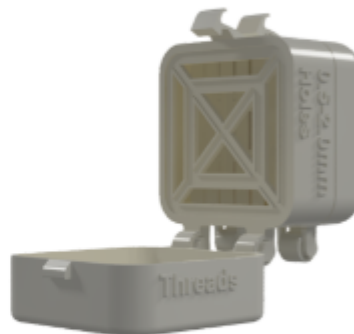
M8x1,25 kierre sekä
6,8mm alkureikä
jälkikierteistystä varten

Vinkit

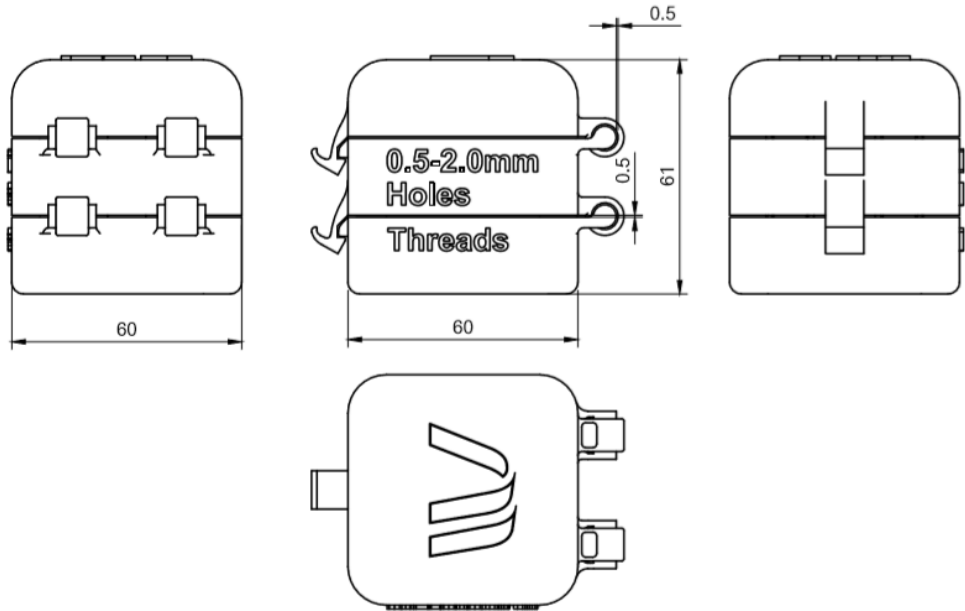
SLS-tekniikalla tulostettaessa kappale muodostuu kerros kerrokselta tulostusjauheen sisälle. Tästä syystä onton kappaleen sisälle jää tulostusjauhe.

Mikäli kappale on tarkoitus jättää ontoksi on kappaleessa oltava aukko josta tulostusjauhe saadaan pois tulostuksen jälkeen.

Umpinaisia alueita voi korvata kennomaisilla rakenteilla.



DEMOKAPPALEEN TEKNINEN PIIRROS



TEEMAHAASTATTELUN RUNKO MATERFLOW / TIMO PELTONEN CBDO

Minkälaisia ajatuksia seuraavat ehdotukset herättävät?

Ehdotus numero 1.

”Toiminnallinen verkkokauppa. Verkkokauppa, joka tarjoaa varaosan perustietojen lisäksi myös varaosaan liittyviä muita tietoja, kuten varaosan vaihtoväli, varastonkierto, kestoikä tai kohdelaite. Asiakas pystyisi myös itse määrittämään tietoja, joita haluaa verkkokaupassa näkyvän. Verkkokauppa voisi tällöin toimia myös kevyempänä ohjeistona kunnossapidolle.”

Ehdotus numero 2.

”Yhteistyö varaosatoimittajien kanssa. Yksi uhkakuva digitaalisille varaosille on OEM-valmistajien reaktiot vaihtoehtoiselle varaosien valmistustavalle. Kannattaisiko varaosien valmistus priorisoida kustomvaraosien valmistukseen vai lisätä yhteistyötä virallisten varaosatoimittajien ja -valmistajien kanssa?”

Ehdotus numero 3.

”Toiminta asiakkaiden kanssa kentällä. Asiakkaiden kouluttaminen 3D-tulostettavien varaosien tunnistamiseen. Valmistustavan hyötyjen havainnollistaminen sekä 3D-mallintamisen perusteiden ymmärtäminen.”

Ehdotus numero 4.

”Yhteensopivuus tunnettujen yritys- ja varastointijärjestelmien kanssa. Kun järjestelmä huomaa, että varaosan saldo lähenee ennalta määrättyä alinta määrää, lähettää se tilauksen automaattisesti 3D-tulostusyritykselle. Jatkuvasti ja säännöllisesti käytettävien varaosien myynti tapahtuisi tällöin automatisoidusti.”

TEEMAHAASTATTELUN RUNKO MATERFLOW / SAMI MATTILA CTO

1. Mitkä ovat 3D-tulostettavan kappaleen tekniset raja-arvot seuraavilla osaluilla:

- Suositeltu minimiainevahvuus 3D-tulosteelle
- 3D-tulosteen reikien minimikoko (halkaisija, syvyys)
- Välyt toiminnallisissa kappaleissa (liikkuvat osat, toiminnallisina tulostettavat, tulostuksen jälkeen kokoonpantavat)
- Tekstit ja pintakuviot (logot, fontit)
- Ohjetoleranssi valmiille kappaleelle

2. Mitä tulee ottaa huomioon seuraavien ominaisuuksien suunnittelussa:

- Reikien 3D-tulostaminen
- Kierteiden 3D-tulostaminen
- 3D-tulostusjauheen poistaminen kappaleesta.

3. Mitä haluatte suunnitteluohjeessa selviävän?

KONSEPTIEHDOTUKSET

Toiminnallinen verkkokauppa.

Tarjoaa varaosan perustietojen lisäksi myös varaosaan liittyviä muita tietoja, kuten varaosan vaihtoväli.

Asiakas pystyisi itse määrittämään tietoja, joita haluaa verkkokaupassa näkyvän.

Verkkokauppa voisi toimia myös kevyempänä ohjeistona varaosalle.

Yhteistyö varaosatoimittajien kanssa.

Priorisoidaanko varaosien valmistus kustomvaraosien valmistukseen vai lisätäänkö yhteistyötä virallisten varaosatoimittajien ja -valmistajien kanssa?

Palvelukonseptin suunnittelu

Toiminta asiakkaiden kanssa kentällä.

Asiakkaiden kouluttaminen:

3D-tulostettavien varaosien tunnistamiseen.

3D-mallintamisen perusteiden ymmärtäminen.

Valmistustavan hyötyjen havainnollistaminen

Yhteensopivuus tunnettujen yritys- ja varastointijärjestelmien kanssa.

Automatisoitu tilausjärjestelmä 3D-tulostetuille varaosille.

Jatkuvasti ja säännöllisesti käytettävien varaosien myynti tapahtuisi automatisoidusti.