

Lapin yliopisto
Taiteiden tiedekunta
Teollinen muotoilu

Pikavalmistusteknologia tuotekonseptin muotoiluprosessissa

Muotoiluprojekti See Through – Light Capturer

Lasse Virtanen
0306144
05.04.2017
Pro gradu -tutkielma
Jonna Häkkilä

Lapin yliopisto, taiteiden tiedekunta

Työn nimi:	Pikavalmistusteknologia tuotekonseptin muotoilu-prosessissa: Muotoiluprojekti See Through – Light Capturer
Tekijä:	Lasse Virtanen
Koulutusohjelma/oppiaine:	Teollinen muotoilu
Työn laji:	Pro gradu -tutkielma
Sivumäärä:	98+2
Vuosi:	Kevät 2017

Tiivistelmä:

Tutkimuksen aiheena on pikavalmistusteknologian merkitykset tuotekonseptin muotoilu-prosessissa. Aiheen selvittämisen aineistoksi on teemahaastateltu kuusi alan asiantuntijaa, tuotettu tuotekonseptin muotoiluprojekti sekä kerätty projektin asiakasyritykseltä kyselylomakkeet. Tutkimuksen tarkoituksena on löytää niitä pikavalmistusteknologian luomia merkityksiä, jotka rakentuvat konseptisuunnittelun työskentelyprosessin ympäristössä muotoilua toteuttavalle toimijalle. Tutkimuksessa selvitetään myös, millaisen roolin pikavalmistusteknologia sai See Through – Light Capturer -muotoiluprojektissa.

Tutkimusta lähestytään teollisen tuotemuotoilun näkökulmasta ja sitä avataan muotoilu-prosessista rakennettujen mallien ja alan toimintatapojen kautta. Tutkimuksen teoriaosuudessa esitetään myös pikavalmistusteknologia yleisellä tasolla ja sen osallisuus teollisen tuotemuotoilun kentällä sekä suhteessa ympäröivään yhteiskuntaan.

Tutkimus on laadullisella menetelmällä toteutettu empiirinen tutkimus. Aineisto on analysoitu laadullisen sisällönanalyysin avulla teemoihin ja tyypeihin, jonka jälkeen näitä tuloksia on peilattu tuotemuotoilijan tekemään konseptisuunnitteluprosessiin sekä kyseisessä projektissa mukana olleiden muiden toimijoiden vastauksiin. Evaluoinnin tulokset kootaan yhteen tutkimuksen yhteenvedossa, jossa niitä tarkastellaan yhdessä tuotemuotoilun teorian mukaisten vakiintuneiden käytänteiden kanssa.

Muotoiluprojektissa toteutettiin asiakasyrityksen hahmotteleman Light Capturer -tuotekonseptin muotoilutyö. Projektin päämääränä oli pikavalmistusteknologian avulla valmistettu toiminnallinen malli. Projektin muotoiluprosessi koostui viidestä erillisestä vaiheesta, jota jaksotti asiakasyrityksen kanssa käydyt tapaamiset.

Tutkimustulosten perusteella pikavalmistusteknologian merkitykset näyttäytyvät Toimija-, Toiminta- sekä Työkalut-tyypeissä tuotekonseptin muotoiluprosessin ympäristössä, mutta vain prosessin toimijoiden kautta. Muotoilijan lisäksi pikavalmistusteknologia luo merkityksiä prosessin muille toimijoille, jotka osaltaan vaikuttavat toteutettavaan muotoilutoimintaan. Merkitykset voidaan sijoittaa löydettyjen tyyppien alaisiin teemoihin, jonka kautta niiden arvoa ja vaikuttavuutta voidaan arvioida.

Avainsanat: teollinen muotoilu, konseptisuunnittelu, pikavalmistus, teemahaastattelut, kvalitatiivinen tutkimus

Suostun tutkielman luovuttamiseen kirjastossa käytettäväksi _X_

Suostun tutkielman luovuttamiseen Lapin maakuntakirjastossa käytettäväksi __

University of Lapland, Faculty of Art and Design

The title of the pro gradu thesis: Rapid Prototyping Technology in Product Concept Design Process: Case See Through – Light Capturer
Author(s): Lasse Virtanen
Degree programme / subject: Industrial design
The type of the work: Pro gradu thesis
Number of pages: 98+2
Year: Spring 2017

Summary:

The topic of this master's thesis is on the effects of rapid prototyping technology in the product concept design process. The research material includes six themed interviews with experts in the rapid prototyping technology field, a product design project and survey with a client company. The main goal of the work is to identify the impacts that rapid prototyping technology creates for the design practitioner in the concept design working environment. A secondary target is to explore the effect of rapid prototyping technology in the Light Capturer design project.

The perspective of this thesis is industrial product design and different design process models and working procedures are presented. As background, an overall view of rapid prototyping technology both in the industrial design world and on a societal level are included.

The thesis utilizes qualitative and empirical methods. A primary analysis approach used is thematic analysis with themes and sub-themes, which are then reflected against the product designer's concept design process and feedback from client company stakeholders. The results of this evaluation have been collected together in a research summary where the results are examined against the established conventions of product design theories.

The design project part of the thesis follows the design process of the Light Capturer product concept. The aim of the project was to create a prototype of the concept using rapid prototyping technologies. The design process consisted of five different phases separated by review meetings with the client company.

The results of this thesis claim that the effects of rapid prototyping technology can be seen in Actor-, Action- and Tool-types in the environment of the product concept design process, but only by the actors of the process. However, the designer is not the only important actor of the equation. Rapid prototyping technology also creates effects for other participants of the process. The value and impact of the effects are evaluated by founded themes and sub-themes within this master's thesis.

Keywords: industrial design, concept design, rapid manufacturing, focused interviews, qualitative research

I give a permission the pro gradu thesis to be read in the Library

I give a permission the pro gradu thesis to be read in the Provincial Library of Lapland

Sisällysluettelo

1. Johdanto	5
1.1. Tutkimuksen tausta	5
1.2. Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	7
1.3. Tutkimuksen rakenne.....	9
2. Tuotemuotoiluprosessi	10
2.1. Tuote ja muotoilija	10
2.2. Muotoiluprosessin vaiheet.....	12
2.3. Konseptisuunnittelu	17
2.4. Prototypointi	19
2.4.1. Prototyyppi ja malli	20
2.4.2. Prototypoinnin muutos.....	22
3. Pikavalmistus	24
3.1. Pikavalmistuksen määrittely	24
3.2. Teknologia muotoilijan työkaluna	27
3.3. Pikavalmistuksen näkymät ja mahdollisuudet	30
3.4. Pikavalmistus kuluttajan näkökulmasta	34
4. Teemahaastattelututkimus	36
4.1. Tutkimusmenetelmä	36
4.2. Osallistujat.....	39
4.3. Aineiston analyysi.....	41
4.4. Tutkimuksen aineiston analyysi	44
4.5. Tutkimuksen tulokset.....	45
4.5.1. Toimija	47
4.5.2. Toiminta	54
4.5.3. Työkalut	56
5. Muotoiluprojekti See Through – Light Capturer	58
5.1. Muotoilutehtävän tausta	58
5.2. Muotoiluprojekti ja rakenne	59
5.2.1. Ensimmäinen osio: Alustava vaihe.....	61
5.2.2. Toinen osio: Luonnosteluvaihe	62
5.2.3. Kolmas osio: Konseptiesitys	67

5.2.4.	Neljäs osio: Toiminnallisen mallin valmistus.....	70
5.2.5.	Viides osio: Viimeistellyn ulkonäkömallin valmistus.....	73
5.3.	Kyselylomakkeet ja niiden tulokset.....	74
5.4.	Löydökset	76
5.4.1.	Kyselylomakkeiden löydökset.....	76
5.4.2.	Muotoiluprojektin löydökset	78
6.	Yhteenveto	81
6.1.	Johtopäätökset.....	81
6.2.	Loppupohdinta.....	89
7.	Lähteet.....	92
7.1.	Painetut lähteet.....	92
7.2.	Verkkolähteet.....	94
8.	Liitteet.....	97

1. Johdanto

1.1. Tutkimuksen tausta

Bryan Lawson (2001, 7-8) kertoo tarinan tiedemiehestä, insinööristä ja arkkitehdistä, jotka väittelivät kilpaa kaupungin uuden kirkon korkeudesta. Lopettaakseen pitkäksi venähtäneen kiistelyn, paikalle tullut kauppias päätti lahjoittaa heille jokaiselle ilmanpainemittarin korkeuden selvittämisen avuksi. Tiedemies aloitti mittaamalla äärimmäisen tarkasti maanpinnan ilmanpaineen, jonka jälkeen hän kiipesi kirkontorniin toistaakseen mittauksen. Laskemalla näiden kahden tuloksen välisen erotuksen, pystyi tiedemies päättämään uuden kirkon korkeuden. Insinööri katseli tiedemiehen käyttämää menetelmää halveksien, kiipesi sitten itse kirkontorniin ja pudotti ilmanpainemittarin sieltä maahan. Kellottamalla putoamiseen kuluneen ajan, laski hän sen perusteella kirkontornin korkeuden. Arkkitehti katsoi miesten toimintaa sivusta, kunnes käveli viimeisenä sisälle kirkkoon. Hän tervehti kirkon suntiota ja tarjosi hänelle uutta ilmanpainemittaria vaihdossa siitä, että saisi nähdä kirkon alkuperäiset, tarkan korkeuden kertovat piirustukset!

Elämme maailmassa, joka on täynnä erilaisia tekniikoita, toimintamenetelmiä sekä niiden käyttäjiä. Ihmiset ovat erilaisia ja ajattelemme eri tavalla. Tekniikat muuttuvat, teknologiat kehittyvät ja ihmiset vaihtavat toimintatapojaan jatkuvassa syklissä. Koska muotoilu on kulttuurista ja sosiaalista toimintaa (Crouch & Pearce, 2012, XII), on muotoilijan tehtävänä havainnoida jatkuvasti ympäristönsä tapahtumia ja tehdä tarvittaessa oman vaikutusvaltansa alaisia toimenpiteitä ajattelunsa ja työskentelyprosessinsa kehittämiseksi. Muotoilijan tulee olla valmis arvioimaan omia ajatusmallejaan ja jokaista prosessin osatekijää, jotta ne olisivat ajanmukaisia, tarpeeseen vastaavia ja riittävän tehokkaita alati muuttuvassa maailmassa.

Yksi tuotemuotoilijan työhön vaikuttavista teknologisista muutoksia sai alkunsa 1980-luvulla. Ensimmäinen pikavalmistusteknologian patentti jätettiin vuonna 1980, joskin ensimmäinen hyväksytty patentointi tapahtui vasta vuonna 1986. Kyseessä oli SLA-1 -tek-

niikka, jonka kehittäjä Charles Hull perusti 3D Systems -nimisen yrityksen ja tuotti ensimmäiset kaupalliset 3D-tulostimet markkinoille vuoden 1988 aikana. (3D Printing Industry, 2017a) Pikavalmistusteknologian kehitys oli saanut alkunsa ja sitä seuranneiden vuosien aikana markkinoille ilmestyi useita uusia pikavalmistustekniikoita (Kuva 1). Patentointien takia tekniikoiden saatavuus oli kuitenkin rajallista ja niiden saatavuus koettiin kuluttajien ja useiden yritysten osalta turhan rajoitetuksi muun muassa niiden korkean hankintahinnan takia (Lipson & Kurman, 2013, 28; 3D Printing Industry, 2017a).



Kuva 1. Aikajana pikavalmistuksen historiasta (3D Printing Industry, 2017a; Google Patents; Carbon 3D, 2016).

Vuosi 2009 oli pikavalmistusteknologian kentällä merkittävä. FDM-tekniikan patenttien raukeamisen myötä markkinoille saapui hetkessä suuri määrä kyseistä tekniikkaa hyödyntäviä avoimella lähdekoodilla toimivia uusia laitevalmistajia (ks. Anderson, 2012, 92-93). Samalla laitteiden fyysinen koko pieneni ja niiden kuluttajahinnat putosivat jopa kymmenesosaan aikaisemmasta. Pikavalmistus oli yhtäkkiä kaikkien saatavilla. Vastaavanlainen kehitys on tapahtunut myös muiden, nykyisin patenttivapaiden pikavalmistekniikoiden kohdalla. Nämä muutokset ovat vaikuttaneet siihen, että pikavalmistusteknologian tunnetus ja käyttö ovat tulleet tutuksi entistä suuremmalle yleisölle tarjoten monimutkaistenkin kolmiulotteisten muotojen valmistamisen fyysiseksi kappaleeksi aikaisempaa edullisemmin, tarkemmin ja nopeammin. (Schoffer, 2016)

Yleinen kiinnostus pikavalmistuksen ympärillä pyörivään Maker-kulttuuriin näkyy yhä enenevässä määrin katukuvassa erilaisten FabLab- ja Makerspace-tilojen yleistymisen sekä ympäri maailmaa pidettävien Hackatlon- tai Co-creation -tapahtumien myötä. Mahdollisuus muotoilla on jokaisen ihmisen käsien ulottuvilla. Kuten Tim Brown on todennut: ”Jokainen meistä on muotoilija” (Huffington Post, 2014).

Tässä tutkimuksessa puhutaan pikavalmistuksesta yhtenä yleisenä teknologiana, joka koostuu useasta pikavalmistustekniikasta, kuten FDM- tai SLA-tekniikasta. Kansainvälisessä kirjallisuudessa edellä mainitut tekniikat kuvataan usein teknologiana, joka johtuu englannin kielen sanan 'technology' huomattavasti laajemmasta määritelmästä (Tekniikan Etiikan Tietopankki, 2001). Tutkimuksen ymmärrettävyyden ja luettavuuden vuoksi yksittäiset pikavalmistusmenetelmät kuvataan tässä tapauksessa yhdenmukaisesti tekniikoina, joista muodostuu yhdessä pikavalmistuksen teknologia.

1.2. Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää millaisia merkityksiä pikavalmistusteknologia luo tuotemuotoilijan konseptisuunnitteluprosessissa. Tarkemmin määriteltynä selvitettävät merkitykset rakentuvat tuotemuotoilijalle toimijana, jossa konseptisuunnitteluprosessi on vain niiden rakennusympäristö. Näiden merkitysten löytäminen mahdollistaa muotoilijan

ymmärryksen siitä, millä lailla pikavalmistusteknologiaa tulisi käyttää osana tuotekonseptin muotoiluprosessia.

Termi 'merkitys' ymmärretään tässä tutkimuksessa asioiden tai tapahtumien kausaalisenä jatkumona suhteessa elävään olentoon, subjektiin. Tämän olennon tarkoitus toimia, intention, nostaa esille tiettyjä merkityksellisiä kohteita, objekteja, joilla on mahdollinen syyseuraus -suhde olentoon ja sen toimintaan. Subjektin omat järjestelmät, kuten aistimusjärjestelmä tai semioottinen järjestelmä rakentavat merkityksen intention aikana. (Pikkarainen, 2004, 53-54)

Tietokoneavusteinen suunnittelu ja valmistus ovat olleet muotoilijan käytössä jo pidemmän aikaa, mutta pikavalmistusteknologian kentällä tapahtuneet muutokset vaikuttavat myös muotoilijan ympäristöön. Muuttunut tilanne ja sen tarjoamat mahdollisuudet jäävät helposti huomaamatta. Sen lisäksi pikavalmistuksen edellyttämä osaaminen voi olla puutteellista, tietotaito laitteistosta ja sen käytöstä on vajavaista tai teknologian mahdollisuuksia ei osata hyödyntää oikealla tavalla siihen sopivassa muotoiluprosessin vaiheessa. Tutkimuksen tavoitteena on avata pikavalmistusteknologian ja sen kentällä tapahtuneiden muutosten merkityksiä muotoiluprosessissa ja löytää toimivia ratkaisuja muotoiluprosessin tehokkaaseen toteuttamiseen pikavalmistusta hyödyntäen.

Tutkimuksessa haetaan vastauksia kahteen kysymykseen, jotka ovat:

1. Millaisia merkityksiä pikavalmistusteknologia luo tuotekonseptin muotoiluprosessissa?
2. Millaisen roolin pikavalmistusteknologian käyttö sai See Through – Light Capturer -muotoiluprojektissa?

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen motivaationa on löytää ja tunnistaa pikavalmistusteknologian antamat merkitykset tuotekonseptien suunnittelussa yleisellä tasolla. Toisessa tutkimuskysymyksessä peilataan näitä löydettyjä merkityksiä muotoiluprojektissa See Through – Light Capturer. Tavoitteena on selvittää millä tavalla pikavalmistusteknologian merkitykset nivoutuvat yhteen käytetyn muotoiluprosessin ja siihen osallistuvien toimijoiden keskuudessa.

Tutkimuksen aineistona toimii kuusi teemahaastatteluna toteutettua asiantuntijahaastattelua, produktiivisena osuutena toimiva muotoiluprosessi sekä sen aikana kerätyt kyselylomakkeet. Tutkimus on laadullinen tutkimus ja aineiston analyysimenetelmänä on käytetty laadullista sisällönanalyysiä.

1.3. Tutkimuksen rakenne

Tämä tutkimus on jaettu kuuteen lukuun. Ensimmäinen luku avaa tutkimuksen taustaa ja motivaatiota sekä siinä esitellään tutkimuskohde, aineisto, menetelmät ja tavoitteet. Luvun tarkoituksena on antaa lukijalle käsitys siitä pohjasta, jonka päälle tätä tutkimusta on rakennettu.

Toinen ja kolmas luku avaavat tutkimuksen aihepiirin teoreettista taustaa ja niitä keskeisiä käsitteitä, jotka ovat tälle tutkimukselle merkityksellisiä. Tuotemuotoiluprosessi-luku pitää sisällään yleisen alustuksen tuotemuotoiluun ja avaa prosessin eri osa-alueita tarkemmin tutkimuksen tarpeiden mukaisesti. Pikavalmistus-luku puolestaan kertoo pikavalmistuksen taustoista ja nykytilanteesta sekä teknologian suhteesta eri käyttäjiin. Luvussa kartoitetaan myös kyseisen teknologian eri mahdollisuuksia ja tulevaisuuden näkymiä.

Neljäs luku avaa tutkimuksen yhden aineiston, asiantuntijahaastatteluiden vaiheen. Luvussa käydään läpi valittu tutkimusmenetelmä, siihen osallistuneet henkilöt, aineiston kerääminen ja sen analysointi sekä tuodaan esille tämän osion tulokset.

Viidennessä luvussa käydään läpi tutkimuksen toisen aineiston, kyselylomakkeiden ja muotoiluprosessin vaihe. Luvussa esitetään toteutettu muotoiluprosessi ja tämän aineiston tulokset sekä toteutetaan evaluointi näiden ja haastatteluaineiston tulosten kesken.

Kuudes luku summaa yhteen kerätyt tulokset ja löydökset. Luvussa pohditaan myös tutkimuksen aikana esille nousseita ajatuksia ja huomioita sekä esitetään tutkimusongelman vastauksen mukainen näkökulma pikavalmistuksen merkityksistä tuotekonseptin muotoiluprosessin toimijalle.

2. Tuotemuotoiluprosessi

2.1. Tuote ja muotoilija

Maailma on täynnä muotoiltuja tuotteita. Oli kyse sitten arkielämän vaatteista, tietokoneesta työpöydällä, itse työpöydästä tai ikkunalistasta huoneessa, ovat ne kaikki jonkun toimesta muotoiltuja. (Aspelund, 2015, 6.) Tuotemuotoilun tavoite, oli se sitten millaisen tuotteen tahansa, on rikastaa ihmisten elämänlaatua niissä tilanteissa, missä ikinä he tuotetta käyttävätkään. Tämän lisäksi tuotemuotoilu on kaupallista toimintaa, sillä se auttaa yrityksiä myymään kuluttajille heitä miellyttäviä tuotteita, tarjoaa mahdollisuuden vastata asiakkaiden tiedostamattomiin tarpeisiin ja avaa uusia mahdollisuuksia olemassa olevien tuotteiden kriittiseen tarkasteluun ja kehittämiseen. Ytimekkäästi ilmaistuna tuotemuotoilu on asioiden tekemistä paremmaksi, niin tuotteen ostajalle, sen käyttäjälle kuin sitä myyvälle yrityksellekin. (Rodgers & Milton, 2011, 6)

Muotoilun luonne tekee siitä preskriptiivistä, sillä muotoilun ei ole tarkoitus kertoa miten asiat ovat, vaan miten ne voisivat olla. Tämän takia muotoilua voidaan pitää eräänlaisena tulevaisuuden tutkimisena. Tulevaisuuteen tähtäävä työ altistaa tekijänsä, tässä tapauksessa muotoilijan, aina mahdollisuudelle epäonnistua. On nimittäin havaittu, että hyvin usein meidän ihmisten keskuudessa jokin uusi asia koetaan aluksi jollain tavalla vieraaksi tai oudoksi, joskus jopa uhkaavaksikin. Muotoilijan voi myös epäonnistua siksi, että hän on puhtaasti väärässä määritellessään mieleistään tulevaisuutta. (Lawson, 2001, 113)

Niin muotoilussa, teollisessa muotoilussa kuin tuotemuotoilussakin on kaiken keskiössä tekijä tai tekijöiden joukko: muotoilija, ryhmä muotoilijoita ja heidän ympärillään vaikuttavat tekijät. Nigel Cross kirjoittaa (2011, 3-4) siitä perusolettamuksesta, kuinka jokainen ihminen on omalla tavallaan muotoilija. Ihmiset suunnittelevat tulevaisuuden tekojaan jatkuvasti, oli se sitten uuden järjestyksen luomista olohuoneeseen, uuden ruokareseptin kehittämistä tai omien internet-sivujensa tekemistä. Jokainen on kykenevä muotoilemaan ja kaikki ihmisen rakentama on jollain tavalla muotoiltu. Merkitykselliseksi muotoilun tekee toteutetun muotoilun taso ja sen aikana toteutetut valinnat (ks. myös Aspelund,

2015, 6). Toimijan kyky tuottaa vaikutuksellista, tehokasta, mielikuvituksellista ja stimuloivaa muotoilua on yksi muotoilun avaintekijöistä.

Muotoilua on aina ollut olemassa, mutta vasta modernissa, teollisessa maailmassa muotoilua on alettu ymmärtämään erityistaitona. Vaikka muotoilun taito on sisäsyntyistä, on sitä mahdollista myös kehittää (Cross, 2011, 4). Kuten Lawson toteaa (2001, 11-12), muotoilu on erityisen monimutkainen ja hienovarainen taito, joka opitaan vain pitkäjänteisellä harjoittelulla tietyn urheilulajin tai musiikkisoittimen kaltaisesti. Harjoittelun alkuvaiheessa kyseisen taidon harjoittaja joutuu keskittymään tekniikan pitämiseen kasassa, jotta onnistunut suoritus on mahdollista. Sen sijaan kokeneempi, kyseisen taidon jo osaava ammattilainen ei tietoisesti enää keskity tekniikkaan, vaan hän kykenee siirtämään huomionsa muihin asioihin entistä paremman suorituksen aikaansaamiseksi. Muotoilun kehittäminen on urheilulajien kaltaisesti mahdollista opiskelun ja harjoittelun avulla.

Kehittynyt muotoilun taito näkyy muotoilullisena älykkyytenä eri tilanteissa. Muotoilullinen älykkyyys voi näkyä korkeatasoisena systeemiajatteluna, laajempien asiayhteyksien havaitsemisena muotoilutehtävän kontekstissa. Taidokas muotoilija kykenee keräämään ja järjestämään oleellista tietoa yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, jonka avulla muotoiluhaaste on mahdollista ratkaista vaihtoehtoisten ratkaisukonseptien avulla. Tämän lisäksi taitava muotoilija osaa tuoda rakentavaa ajattelua hyödyttämään koko työryhmää. (Cross, 2011, 136)

Näkökulma tuotemuotoiluun ja -muotoilijaan tapahtuu tässä tutkimuksessa teollisen muotoilun lähtökohdista käsin. Teollisen muotoilun lähtökohta on Kettusen (2001, 10-12) mukaan muotoilun periaatteita mukaillen tuottaa parempaa ihmisen rakentamaa ympäristöä. Teolliseksi tämän muotoilun tekee sen tuotantotapa, jossa kaikki suunnittelutyö tehdään sen tavoitteen mukaisesti, että tuotetta voidaan tuottaa teollisesti. Olennaisena osana muotoilua, kuten teollista muotoiluakin on yksi sen peruseriaateista: muotoilu etsii ratkaisuja erilaisiin ongelmiin. Muotoilu on toimintasuunnitelma, joka luodaan vastaukseksi ratkaisua vaativaan tilanteeseen tai ongelmaan (Aspelund, 2015, 6).

2.2. Muotoiluprosessin vaiheet

Teollisen tuotemuotoilun muotoiluprosessi on kuvattu eri kirjallisuudessa tuotekehitysprosessina. Tämän prosessin kuvaamiseen on rakennettu useita erilaisia malleja ja kaavioita mahdollisimman tehokkaan prosessin aikaansaamiseksi (Kuva 2). Yleensä näiden kaikkien prosessimallien tausta-ajatuksena on ollut pyrkimys havainnollistaa prosessia jollain ennustettavalla ja määritellyllä tavalla. Kettunen (2013, 20-21) käyttää tällaisista malleistä nimitystä lineaarinen teknis-rationaalinen tuotekehitysmalli.

RIBA (1965)	Ulrich & Eppinger (2000)	Lawson (2011)	Milton & Rodgers (2013)	Aspelund (2015)
Mukautuminen	Alustava suunnittelu	Ongelma	Mahdollisuudet & idenfikaatio	Inspiraatio
Yleinen oppiminen	Konseptointi	Analyysi	Perehdytys & tarkennukset	Identifikaatio
	Systeemitason suunnittelu		Konseptointi	Konseptointi
Kehitys	Yksityiskohtien muotoilu	Synteesi	Muotoilun kehittäminen	Tutkiskelu & jalostaminen
	Testaus & jalostaminen	Evaluointi	Yksityiskohtien muotoilu	Määrittely & mallinnus
Kommunikaatio	Tuotanto	Ratkaisu	Tuotanto	Kommunikaatio
				Tuotanto

Kuva 2. Esimerkkejä kokonaisvaltaisista muotoiluprosessimalleista.

Muotoiluprosessin vaiheiden taustalla vaikuttaa Miltonin ja Rodgersin (2013, 14) mukaan aina tietyt perustoiminnot: katsominen, oppiminen, tekeminen, testaaminen, jatkokehittäminen, valinta ja kommunikointi. Nämä perustoiminnot toistuvat jokaisen muotoiluprosessin taustalla tavalla tai toisella.

Lawson (2001, 31-32) mainitsee jo vuonna 1965 ilmestyneen RIBA Architectural Practice and Management Handbook -teoksen nelivaiheisen prosessimallin. Prosessin ensimmäinen vaihe on mukautuminen, jossa pääpaino on yleisen aiheeseen liittyvän tiedon sekä erityisesti ongelmaan liittyvän tiedon kerääminen, järjestäminen ja yhdisteleminen. Toinen vaihe pitää sisällään yleistä oppimista, tutkittavan ongelman luonteen selvittämistä, mahdollisia ratkaisuja sekä niihin liittyvien tarkoitusten selvittämistä. Kehityksen vaiheessa yhden tai useamman toisen vaiheen aikana syntyneitä ideoita määritellään uudelleen ja kehitetään eteenpäin. Viimeisessä vaiheessa, kommunikaation vaiheessa, yksi tai useampi ratkaisuidea kommunikoidaan prosessiin vaikuttavien henkilöiden kanssa.

Monet myöhemmät muotoiluprosessimallit toistavat RIBA:n prosessimallin vaiheita, joskin hieman eri painotuksin ja tarkennuksin. Esimerkiksi Milton ja Rodgers (2013, 14) kuvaavat prosessia kuuden vaiheen kautta. Ne ovat seuraavat:

1. Mahdollisuudet ja identifikaatio

Tämä on ensimmäinen vaihe prosessista. Tässä kohtaa määritellään ne ongelmat, joihin toivotaan ratkaisua sekä selvitetään ne tarpeet ja halut, joihin on tarkoitus löytää vastauksia.

2. Perehdytys ja tarkennukset

Tässä vaiheessa prosessia analysoidaan ja määritellään uusiksi annettua tehtävää, hahmotellaan asiakkaiden tarpeita ja laaditaan kokonaisvaltainen tuotteen muotoilumääritelmä.

3. Konseptointi

Konseptisuunnittelun vaiheessa luodaan useita erilaisia kilpailevia konseptisuunnitelmia. (ks. luku 2.3.)

4. Muotoilun kehittäminen

Prosessin tässä vaiheessa tarkoituksena on kehittää valittua konseptia tarkemmin kohti vaatimuksia ja tuotteen muotoilumääritelmää.

5. Yksityiskohtien muotoilu

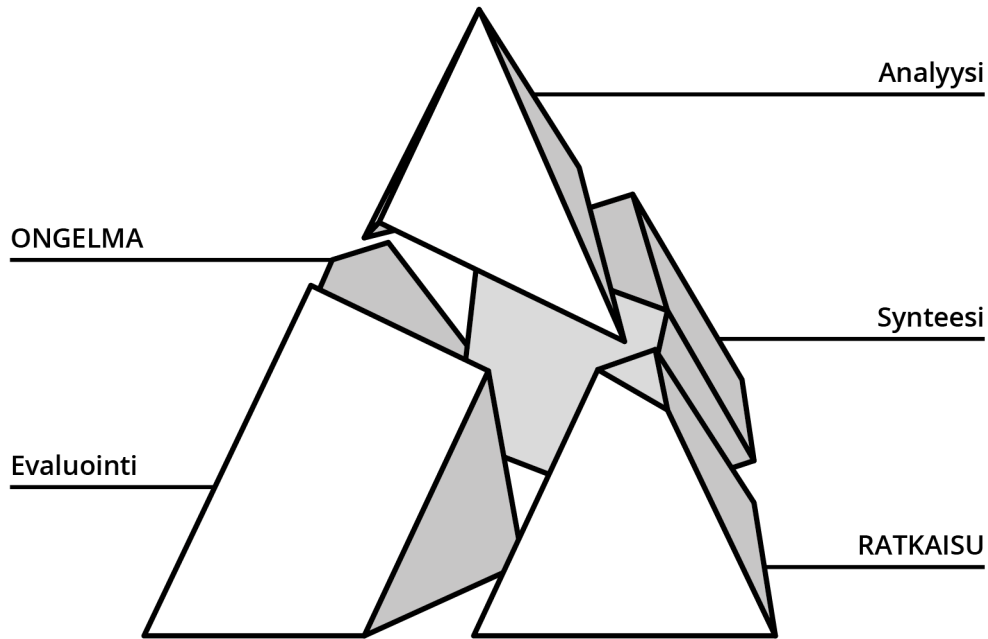
Yksityiskohtien muotoiluvaihe pitää sisällään kaiken sen työn mitä prosessissa tehdään muutettaessa aiempi konseptisuunnitelma yksityiskohtaisesti muotoilluksi tuotteeksi.

6. Tuotanto

Viimeisessä vaiheessa määritellään tuotteen valmistus ja keskitytään päättämään mitkä ovat ne valmistusmenetelmät ja -prosessit, joita tullaan käyttämään tuotannossa.

Vaikka prosessimallit kuvataan lineaarisesti, mallien vaiheet eivät välttämättä tapahdu juuri esitetystä järjestyksessä. Yhden prosessin aikana voidaan käydä lävitse yksittäisiä vaiheita useitakin kertoja (Milton & Rodgers, 2013, 14) Edellisen vaiheen suorittaminen voi vaatia seuraavaa vaihetta ja toisinpäin. Muotoiluprosessi on siis iteratiivinen (Ulrich & Eppinger, 2000, 133-134). Ratkaisujen yksityiskohtainen kehittäminen onnistuu vain harvoin hyvin suoraviivaisesti. (Lawson, 2001, 32-33)

Eriyismaininnan esimerkin (ks. Kuva 2) prosessimalleista saa Lawsonin (2011, 47) koostama malli, joka on hahmoteltu muista poiketen kolmiulotteisen pyramidin muotoon (Kuva 3). Prosessimalli kuvaa yleisesti niitä toimintoja, jotka tapahtuvat muotoiluprosessissa. Se ei kuitenkaan luo toimintojen välille erillistä lineaarista etenemissuuntaa tai -järjestyä, eikä edes erittele tiettyjen tapahtumien tarkkaa ilmaantumista. Yhtenä esimerkkinä Lawson nostaa asiakkaan ongelman hahmottamisen haasteen, jossa ongelman ymmärtämiseen tarvitaan usein jonkinlainen alustava ratkaisu, jotta ylipäätään ongelma voidaan kuvata sitä todella ratkaisemaan ryhtyvälle toimijalle.



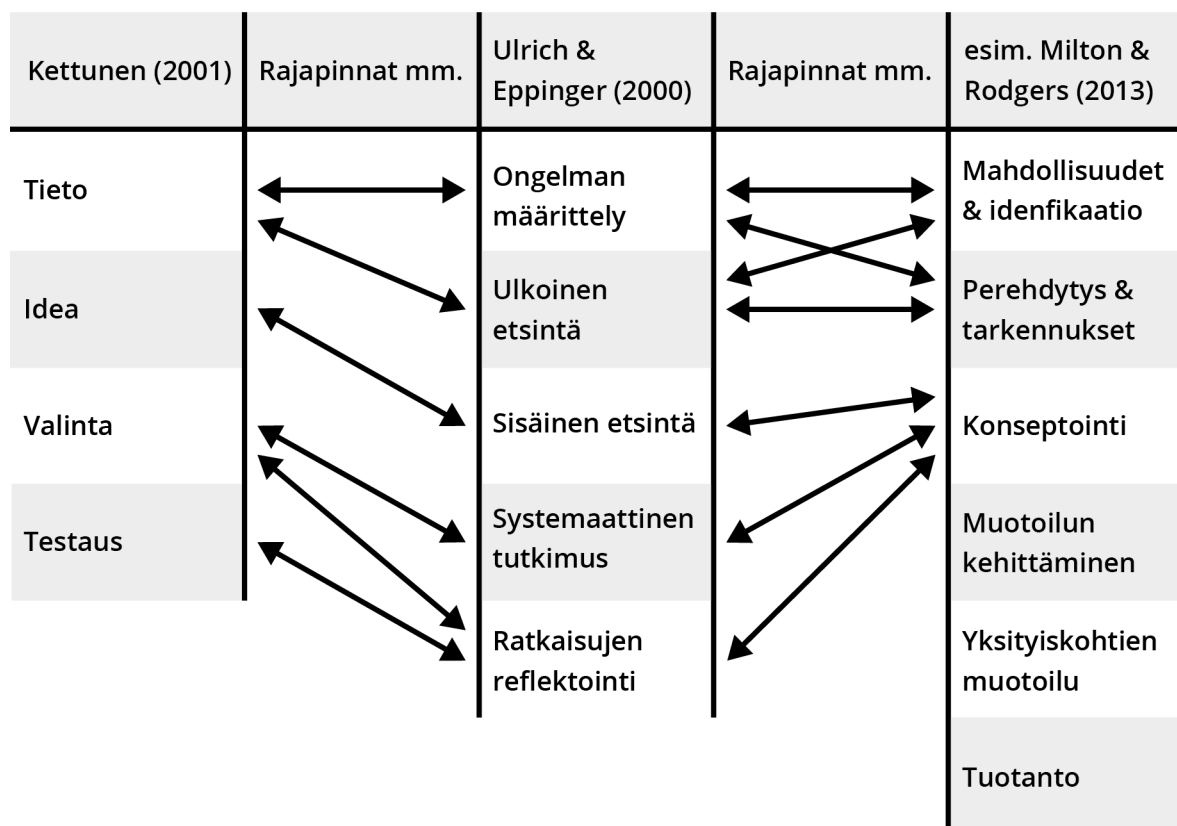
Kuva 3. Lawsonin (2011, 47) kuvaama muotoiluprosessimalli.

Kokonaisvaltaiset prosessimallit kuvaavat teollisen tuotteen muotoiluprosessia lineaarisesti korostaen iteraation merkitystä. Tuotekonseptin muotoiluprosessi on vain osa tätä prosessia, joskin samat lainalaisuudet toistuvat siinäkin. Monen muotoiluprosessimallin mukaan (ks. Kuva 2) konseptisuunnittelu on vain yksi vaihe kokonaisvaltaisen muotoiluprosessin alku- ja keskivaiheessa, joka päättyy ennen muotoilutyön siirtymistä yksityiskohtien muotoiluun. Kettunen (2001, 60) määrittelee konseptimuotoilun prosessin vaiheisiin, jotka myötäilevät kokonaisvaltaisen muotoiluprosessin alkupäätä. Kettusen vaiheet ovat jaoteltu seuraavasti: Tieto, Idea, Valinta ja Testaus.

Ensimmäinen vaihe, Tieto, on tiedonkeruuta, mukautumista ja yleistä oppimista, joka päättyy muotoilun tavoitteiden asettamiseen. Idea-vaiheessa muotoilija jaottelee ongelman useisiin pienempiin osa-ongelmiin ja luo mahdollisimman paljon uusia ratkaisuehdotuksia käyttämällä erilaisia ideointimenetelmiä. Valinta-vaiheessa syntyneitä ratkaisuehdotuksia karsitaan ja kehitetään edelleen. Viimeinen vaihe, Testaus, varmistaa valitun ehdotuksen soveltuvaksi alussa määritettyyn ongelmaan.

Kettusen nelikohtainen muotoiluprosessimalli nojaa vahvasti Ulrichin ja Eppingerin (2000, 109-111) konseptisuunnittelun malliin. Tässä mallissa on lineaarisesti määriteltynä viisi kohtaa, joiden välillä iteroidaan. Mallin vaiheet ovat: ongelman määrittely, ulkoinen etsintä, sisäinen etsintä, systemaattinen tutkimus sekä prosessin ja ratkaisujen reflektointi. Nämä samat vaiheet ovat nähtävissä (mts. 219-220) teollisen muotoiluprosessin vaiheissa pois lukien prosessin viimeiset vaiheet, jotka edellyttävät insinööritason toimintaa ja yhteistyötä valmistuksen ja myynnin kanssa. Konseptimuotoilun prosessi on siis lähes sama kuin tuotemuotoilun prosessi, vaiheiltaan vain vähäisempi.

Prosessimallien vertaamisessa on hyvä tunnistaa iteraation merkitys. Esimerkiksi kuvassa 4 esitetyt konseptimuotoilun prosessin rajapinnat kokonaisvaltaisen tuotekehitysprosessin kanssa yksinkertaistavat mallien välisiä suhteita ymmärrettävyyden vuoksi. Niin Kettusen kuin Ulrichin ja Eppingerin konseptimuotoilun prosessimallit ovat iteroituvia ja niiden väliset vaiheet voivat luoda rajapintoja myös muidenkin kuin esitettyjen prosessimallien vaiheiden kanssa, vaikka niitä ei kuvassa nuolin ole esitettykään.



Kuva 4. Konseptimuotoilun ja tuotekehityksen prosessimallien rajapinnat.

Vaikka muotoiluprosessia on kuvattu monin eri mallien ja toimintaohjeiden kautta, on sen toteuttaminen yleensä monimutkaisempaa. Lawsonin mukaan (2001, 47) on selvää, että muotoiluprosessi edellyttää joka tapauksessa tiettyjä toimenpiteitä: tehtävänantoa, vaatimusten määrittelyä, ratkaisuehdotuksia, kokeilemista ja kommunikointia. Vaikeampaa on määrittellä missä järjestyksessä ja kuinka erillisinä toimintoina nämä toimenpiteet suoritetaan. Joissain tapauksissa jokin ratkaisu voi osoittautua täysin toimivaksi, vaikka ongelmaa ei täydellisesti ole edes ymmärrettykään. Ongelman määrittely voi olla ajoittain jopa niin hankalaa, että sen selkeä kuvaaminen on mahdotonta. Ongelma voi myös olla niin löyhästi määritelty asiakkaan osalta, että monet rajoitteet ja kriteerit voivat muuttua projektin aikana (Cross, 2011, 121).

Crossin (2011, 75) mukaan muotoilija lähestyy ongelmaa usein joko systeemisestä näkökulmasta, ongelman uudelleenmäärittelyn tai pääperiaatteiden kautta tapahtuvan muotoilun kautta. Systeemiajattelu on vastakohta perinteiseen insinööritieteissä näkyvään suunnitteluun, joka lähestyy ongelmaa yksityiskohdista käsin siirtyen vähitellen kohti suurempaa kokonaiskuvaa. Systeeminen näkökulma lähestyy ongelmaa sitä ympäröivien kokonaisuuksien kautta tarkentuen yksityiskohtiin vasta myöhäisemmässä vaiheessa. Uudelleenmäärittelyn ja pääperiaatteiden avulla muotoilija jäsentää muotoilutyötään ja -konseptejaan vastaamaan todellista ongelmaa.

2.3. Konseptisuunnittelu

Keinosen ja Takalan mukaan (2006, 16) tuotteen määritelmä on tuotekehityksestä kertovassa kirjallisuudessa markkinoille tuotu vaihdon kappale. Tuote on tuotekehityksen lopputulos. Jos muotoilutehtävä ei edellytä tätä lopputulosta, tulisi sitä tarkastella erillään kokonaisvaltaisen tuotemuotoilun kehyksestä. Tällaista toimintaa Keinonen ja Takala kutsuvat konseptisuunnitteluksi, konseptoinniksi tai tuotekonseptoinniksi. Samalla se myös antaa löyhän määritelmän konseptisuunnittelulle, joka näin ollen tarkoittaa muotoilua tai muotoiluprosessia, jonka lopputuloksena ei ole kaupallinen tuote ainakaan ilman lisätyötä.

Konseptointi on siis yksi tuotekehitysprosessin osa, kuten luvussa 2.2. kuvataan. Kuitenkin muotoilijan osallisuus kokonaisvaltaiseen tuotekehitysprosessiin voi rajoittua vain esimerkiksi konseptisuunnittelun vaiheeseen. Tällöin muotoilijan toteuttaman konseptimuotoiluprosessin lopputulos on eri kuin koko tuotekehitysprosessin. Tällaisessa tilanteessa erillinen muotoiluprosessi edellyttää Keinosen ja Takalan mukaan (2006, 19-20) riittävän selkeää tavoitetta, jotta sitä ylipäätään on järkevää tehdä.

Konsepti ymmärretään eri aloilla hieman eri tavalla (Keinonen & Takala, 2006, 16). Tuotemuotoilijan ymmärtämä konsepti itsessään on Kettusen määritelmän mukaan (2001, 59) kuin epätarkka valokuva, jossa ongelman ratkaisu ja sen pääkohdat ovat nähtävillä, mutta yksityiskohdat ovat edelleen selvittämättä. Rodgers ja Milton (2011, 78) tukevat Kettusen väitettä kuvaamalla konseptia arvioituna kuvauksena teknisistä, funktionaalisista ja esteettisistä kehityksen kohteena olevan tuotteen muodoista.

Kokonaisvaltaisen tuotekehityksen osana toteutettava konseptisuunnittelu määrittelee ongelma-kohtia ja asettaa merkityksellisimmät reunaehdot yksityiskohtaisempien rajoitusten avuksi tuotekehityksen myöhäisempiin vaiheisiin (Keinonen & Takala, 2006, 20). Konseptin laatu määrittelee myös vahvasti sen, miten se menestyy asiakkaan vaatimusten kanssa. Onnistunut konsepti sitouttaa prosessin muut toimijat täysin konseptin jatkokehitykseen (Kettunen, 2001, 57). Hyvin suunniteltu konsepti on mahdollista toteuttaa huonosti, mutta huonosta konseptista on hankala saada hyvää tuotetta. On arvioitu että 85% kaikista tuotekehityksen kustannuksista määritellään tuotekehityksen alkupäässä, konseptisuunnittelun vaiheessa. (Rodgers & Milton, 2011, 78)

Konseptoinnin tärkein tehtävä on jakaa visio jostain sellaisesta mitä ei vielä todella ole olemassa. Konseptin tarkoitus on tehdä erilaisista vaihtoehtoista riittävän konkreettisia ja ymmärrettäviä. (ks. myös Aspelund, 2015, 79-80). Onnistunut konsepti luo ymmärrettävän tulevaisuudenkuvan, joka on mahdollista jakaa useiden eri toimijoiden kesken. Samalla konseptit luovat näiden toimijoiden välille yhteistä kieltä, jonka avulla tulevaisuuden suunnitelmia on helpompi hahmottaa isomman joukon kesken. (Keinonen & Takala, 2006, 23-24)

Konseptisuunnittelua voidaan hyödyntää myös kokonaan uusien innovaatioiden etsimisessä, sillä perinteinen tuotemuotoiluprojekti antaa hyvin vähän mahdollisuuksia löytää aivan uusia keksintöjä tai ideoita. Nopeasyklinen ja mahdollisesti suuria kustannuksia vaativa tuotekehitysprojekti pyrkii yleensä olemaan mahdollisimman matalariskinen. Sen lisäksi konseptoinnin avulla voidaan ylläpitää yrityksen osaamista ja odotuksia. Konseptisuunnittelu kehittää luovaa ajattelua ja monialaista toimintaa yrityksen sisällä. Yrityksen brändikuvaa voidaan kirkastaa konseptien avulla ja tuotoksilla vaikutetaan myös asiakkaiden saamiin mielikuviin yrityksestä. (Keinonen & Takala, 2006, 20-27)

Konseptoinnin toteuttamiseksi muotoilija voi käyttää useita eri menetelmiä, jotka voidaan jaotella eri vaiheisiin. Konseptin luomisen aikana muotoilija voi käyttää esimerkiksi aivo-riihi-menetelmää, erilaisia ominaisuuskarttoja, luonnostelua ja malleja. Konseptien analysoinnissa muotoilija vertailee ja arvioi näiden menetelmien avulla tuotettuja ideoita sekä pyrkii rakentamaan yhdenmukaista kuvausta valitusta konseptista saadakseen sen vastamaan asiakkaan tarpeita. Konseptien esittämisen vaiheessa muotoilija tuo esille luomisen ja analyysin kautta syntyneen suunnitelman ongelman ratkaisemiseksi. (Aspelund, 2015, 87-100, ks. myös Rodgers & Milton, 2011, 78)

2.4. Prototypointi

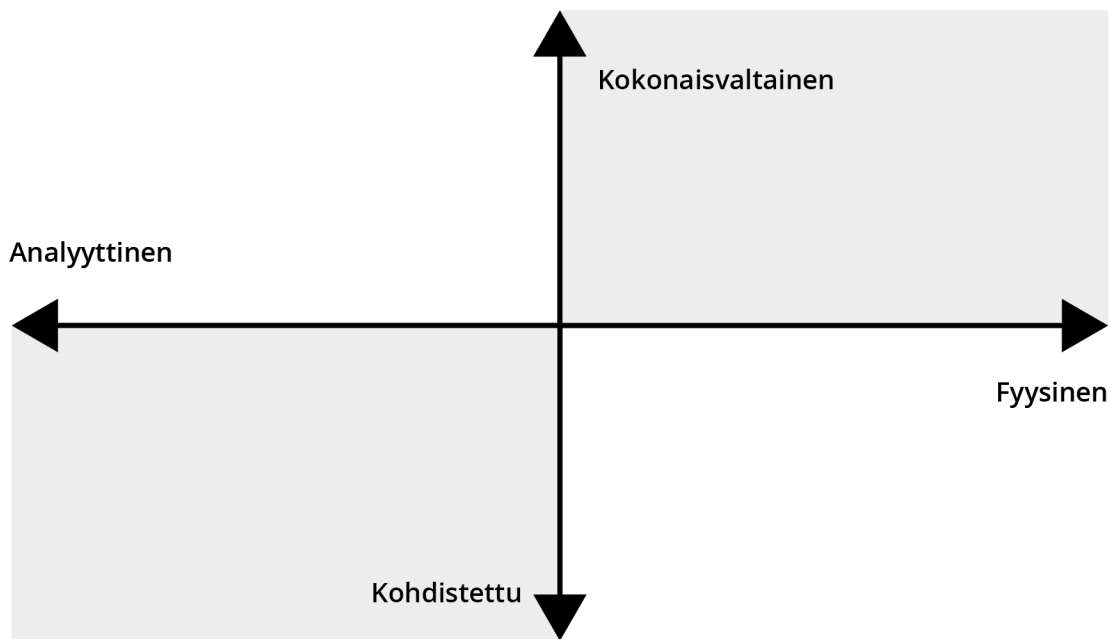
Prototypoinnilla on aina ollut paikkansa suunnittelun ja käsityön kentällä. Aikojen saatossa prototypoinnin luonne on pysynyt samana riippumatta suunniteltavan esineen muodosta tai tavoiteltavasta lopputuloksesta. Se on toimintaa, jonka tuotosten, prototyyppien, on tarkoitus viedä uusia ideoita kohti lopullista muotoiluratkaisua. Prototypointi on kuin puhuttu kieli, prosessi ja työkalu. Se rakentuu ihmisen mielikuvituksen, jatkuvan uuden tutkimisen ja kokeilemisen avulla. Prototypointi on oleellinen osa suunnittelutyötä ja sen merkitys on hyvin tunnistettu myös suunnittelukentän ulkopuolella. (Valentine, 2013, 8-9)

Prototyypointi on perinteisesti alisteinen suunnittelutyölle ja -prosessille. Suunnittelija hyödyntää prototyyppejä esimerkiksi osana tutkimusprosessia, tuotekehitystyötä tai markkinoinnin tukena. Tuotettujen prototyyppien avulla on mahdollista kehittää ideoita eteenpäin ja ratkaista ongelmallisia prosessin kohtia. (Valentine, 2013, 9). Hallgrimsson (2012, 7) korostaa, kuinka prototyypointi on yksi tärkeimmistä ongelmanratkaisun keinoista tuotemuotoilun kentällä.

2.4.1. Prototyyppi ja malli

Prototyypointi tuottaa prototyyppejä, joka terminä yleisesti merkitsee ensimmäistä tai alustavaa mallia jostakin. Termillä on kuitenkin eri merkityksiä riippuen esitettävästä kontekstista. Sen voidaan tulkita esimerkiksi muotoilijan luomaksi konseptin prototyyppiksi, insinöörin mittasuhteiltaan tarkaksi mock-up-malliksi tai ohjelmistosuunnittelijan tietokoneohjelman prototyyppiksi. (Sanders, 2013, 63). Tuotemuotoilun kentällä prototyypoinnin tuotos on usein fyysinen prototyyppi, joka voidaan ymmärtää tarkoittavan alustavaa kolmiulotteista esitystä tuotteesta, palvelusta tai systeemistä. Niin Hallgrimsson (2012, 6-7), kuin Kettunenkin (2001, 98) erottelevat mallin ja prototyypin erillisiksi termeikseen: malli on prototyyppiä yksinkertaisempi kolmiulotteinen esitystapa ja prototyyppi on monimutkaisempi, lopullisen tuotteen ominaisuuksien testaamisen mahdollistava esitystapa.

Prototyyppejä voidaan jaotella fyysisyytensä tai kokonaisvaltaisuutensa mukaisesti (Kuva 5). Siinä missä fyysinen prototyyppi altistetaan kosketeltavalle arvioinnille, analyyttinen prototyyppi on usein abstraktimmassa matemaattisessa muodossaan. Tarkemmin määritelty kohdistettu prototyyppi kuvaa vain yhtä tai muutamaa tuotteen ominaisuutta, kun taas kokonaisvaltaisempi prototyyppi on mittasuhteiltaan aito, täysin toiminnallinen esitys koko tuotteesta. Ytimekkäästi sanottuna prototyypit voidaan jakaa ulkonäöltään ja toiminnaltaan vastaaviin prototyyppihin. (Rodgers & Milton, 2011, 101)



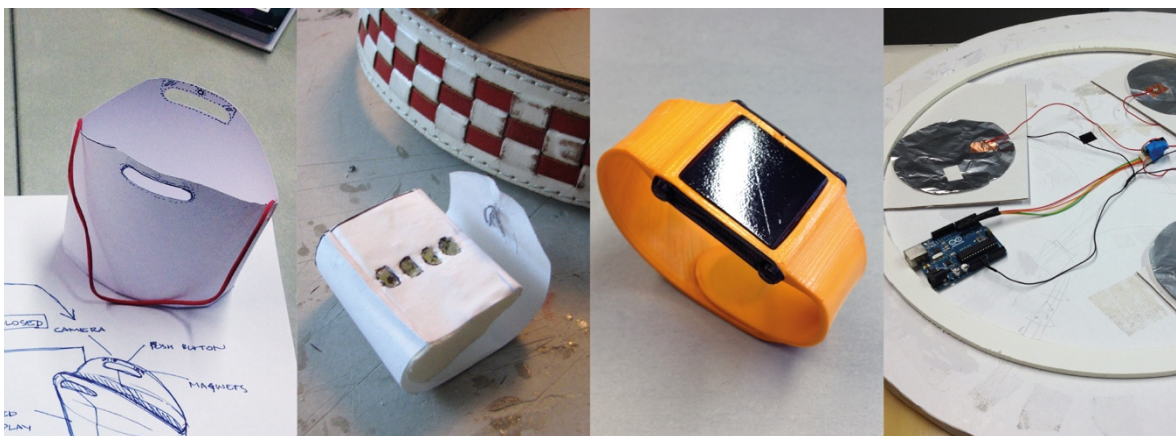
Kuva 5. Visualisoitu nelikenttä prototyyppien eri dimensioista (Rodgers & Milton, 2011, 101).

Sandersin (2013, 63) ja Kettusen (2001, 98) mukaan muotoilija voi hyödyntää prototyyppiä esimerkiksi ideoiden kartoittamisessa, ongelmien määrittelyssä sekä rakenteen ja muodon ymmärtämisessä. Prototyyppien avulla muotoilijan on myös helpompi myydä syntyneitä ideoita ja konsepteja asiakkaalle. Näiden lisäksi prototyyppien rakentaminen palvelee muotoiluprojektissa mukana olevaa yhteisöä kommunikaatiovälineenä. Prototyyppi toimii keskustelun tukena ja auttaa päätöksenteossa (ks. myös Rodgers & Milton, 2011, 101). Projektin toimijat tarkastelevat hyvin todennäköisesti koulutuksensa ja kokemuksensa takia suunniteltavaa muotoilukonseptia erilaisista lähtökohdista, joten fyysinen prototyyppi on erityisen tärkeä väline varmistamaan se, että jokainen toimija on sitoutunut yhtenäiseen tuotteen muotoiluun. (Hallgrimsson, 2012, 23)

Fyysistä prototyyppiä yksinkertaisempi malli soveltuu myös moneen muotoilijan työvaiheeseen. Tuotekehityksessä malli voi toimia muotoilijan yhtenä visualisoinnin keinona hahmottamaan kaksiulotteisia suunnitelmia kolmiulotteisesti. Tällä tavalla voidaan tutkia kappaleen toimintoja, käytettävyyttä, ergonomiaa, mittasuhteita tai muotoja ja kehittää

konseptia tämän tiedon perusteella eteenpäin. Myös mallin avulla muotoilija voi vakuuttaa muut ihmiset oman konseptinsa toimivuudesta. Sen lisäksi mallin avulla voidaan havainnoida ihmisten reaktioita, soveltuvuutta markkinoille sekä konseptiin suunniteltuja rakenteellisia ominaisuuksia voidaan tarkastella paremmin. (Rodgers & Milton, 2011, 98)

Mallin mittasuhteet riippuvat aina muotoiluprosessin vaiheesta. Pienemmän mittasuhteen mallit ovat yleisiä muotoiluprojektin aikaisessa vaiheessa. Rakennustekniikan nopeus vaikuttaa mallikappaleiden rakentamisen tasoon ja laatuun (Kettunen, 2001, 98). On monia eri tapoja valmistaa malli, mutta muotoilijat yleensä käyttävät jotain seuraavasta neljästä tavasta: nopea luonnosmalli, helpoista materiaaleista valmistettu 1:1 kokoinen mock-up-malli, yksityiskohtaisempi ulkonäkömalli tai jotain konseptin toimintoja havainnollistava toiminnallinen malli, toisin sanoen ensimmäinen prototyyppi (Kuva 6). Jokaisella näistä malleista on oma tarkoituksensa muotoilutyön kannalta. (Rodgers & Milton, 2011, 98)



Kuva 6. Kuvaesimerkit vasemmalta oikealle: luonnosmalli, mock up -malli, ulkonäkömalli sekä toiminnallinen malli/prototyyppi.

2.4.2. Prototyypin muutos

Prototyyppien rooli ja merkitykset ovat muuttuneet muotoiluprosessissa vuosien aikana, vaikka sen luonne on pysynyt samana (ks. luku 2.4). Vielä 1980-luvulla prototyyppi merkitsi hyvin usein näköismallia erittäin tarkkoine yksityiskohtineen. Tällaiset prototyypit rakennettiin usein muotoiluprosessin lopussa ja niiden tarkoitus oli vakuuttaa asiakkaat lo-

pullisen tuotteen ulkonäöstä. Prototyypin tekemisessä käsillä tekemisen taito oli merkittävässä roolissa. Taitavat mallinrakentajat olivat usein tärkeä osa suunnittelutiimiä ja yksityiskohdat hiottiin tekemisen aikana. (Sanders, 2013, 62)

Myös tuotekehityksessä prototypoinnin merkitykset muuttuvat ja mukautuvat muun yhteiskunnan mukana. Prototyyppejä voidaan valmistaa hyvinkin realistiseen muotoon yhä nopeammin ja helpommin. Tämä mahdollistaa ideoiden jakamisen helposti prototyypin muodossa muotoiluprosessin aikaisemmissa vaiheissa. Sen avulla myös loppukäyttäjä voidaan ottaa entistä helpommin mukaan tuotekehityksen evaluointiin ja määrittelyyn. (Sanders, 2013, 62-63) Myös Kettunen (2001, 98) puhuu, kuinka muotoiluprosessissa ja ideoinnissa on nähtävissä selkeästi suuntaus, jossa prototyypeistä saatu tieto ohjaa suunniteltavan tuotteen ominaisuuksien tarkempaa määrittelyä syrjäyttäen aikaisemman toimintalogiikan prototyypistä jo valmiiden määrittelyiden esittäjänä.

Oman osansa prototypoinnin muutokselle on tuonut 90-luvun jälkeen yleistynyt tietokoneavusteinen suunnittelu. Se mahdollistaa virtuaalisen prototyypin rakentamisen hyvinkin tarkkoine yksityiskohtineen. Prototyypin ja valmiin tuotteen eroa voi olla vaikea havaita (ks. Sanders, 2013, 62). Silti on erityisen tärkeää, että muotoilijat rakentavat konseptiaan todellisessa maailmassa, sillä vain sen avulla kappale aineellistuu ja sitä voidaan aidosti testata. (Rodgers & Milton, 2011, 98; Aspelund, 2015, 144-145) Virtuaalitetellisyys ei ainakaan vielä voi vastata aitoon, todellisen maailman aineellisuuteen, joskin lupaavia haptisia virtuaalitetellisuuden tekniikoita on jo kehitteillä (Hallgrimsson, 2012, 6-8; AxonVR; HTC, 2016).

Tietokoneavusteinen suunnittelu ja pikavalmistusteknologia ovat keskeisiä osia tämän päivän tehokkaassa tuotemuotoiluprosessissa (Bryden, 2014, 7). Alati kiihtyvän talouselämän kentällä yhä useampi yritys haluaa muotoiltavan tuotteen entistä nopeammin valmiiksi, toimivaksi tuotteeksi. Savesta tai vaahtomuovista käsin rakennetut prototyypit eivät pärjää tarkkuuden ja nopeuden kokonaisuudessa pikavalmistetuille prototyypeille. Vaikka käsin rakennettuja malleja suositaan yhä tietyillä aloilla, skannataan nekin usein sähköiseen kolmiulotteiseen muotoon, jotta työtä voidaan jatkaa tietokonepohjaisten toimintojen avulla. (Lipson & Kurman, 2013, 30-32)

3. Pikavalmistus

3.1. Pikavalmistuksen määrittely

Pikavalmistus on käänös englanninkielisestä termistä 'rapid prototyping'. Syrjälä ja Tuomi (1997, 1) määrittelevät pikavalmistus-sanan tarkoittavan nimitystä usealle erilaiselle tietokoneavusteiseen suunnitteluun pohjautuvalle tekniikalle, jotka mahdollistavat mallien, prototyyppien, työkalujen tai lopputuotteiden valmistamisen ilman lastuavaa työstöä tai käsityötä. Vuonna 1998 perustettu Suomen Pikavalmistusyhdistys eli Finnish Rapid Prototyping Association, FIRPA, ajaa materiaalia lisäävän valmistuksen tunnettuutta Suomessa. Yritys toimii aktiivisesti erilaisilla messuilla ja järjestää tapahtumia ympäri maata. (FIRPA)

Englanninkielisessä kirjallisuudessa rapid prototyping -termi, RP, määritellään suomenostaan hieman laiveemmin. Chua, Leong ja Lim (2003, 25-26) jaottelevat automatisoidut valmistusmenetelmät kolmeen erilaiseen luokkaan: materiaalia poistava, materiaalia lisäävä ja materiaalia muovaava. Pikavalmistustekniikoista suurin osa on materiaalia lisääviä menetelmiä, kuten Stereolithography, SLA, tai Selective Laser Sintering, SLS (Kuva 7).



Kuva 7. 3D Systemsin valmistamat SLA-tekniikan ProX 800 -3D-tulostin sekä SLS-tekniikan ProX SLS 500 -3D-tulostin (3D Systems, 2016).

Bryden (2014, 67-68) puolestaan määrittelee pikavalmistuksen eli rapid prototyping -käsitteen prosessiksi, jossa valmistetaan fyysisiä malleja, prototyyppejä tai niiden osia käyttäen tietokoneavusteista suunnittelua hyödyksi. Pikavalmistus on usein kolmiulotteisten kappaleiden valmistamismenetelmä, joskin myös kaksiulotteista tietokonepohjaista informaatiota on mahdollista käyttää tasomaisten kappaleiden valmistuksessa. Kirjoittajan mukaan termiä käytetään usein vain ainetta lisäävien menetelmien kanssa, joskin tietyt ainetta poistavat menetelmät sopivat pikavalmistuksen määrittelyyn alle. Tällaisia esimerkkejä ovat esimerkiksi laserleikkaus, vesileikkaus, plasmaleikkaus, jysintä, kipinätyöstö tai kuumalankaleikkaus siinä tapauksessa, että niissä käytetään tietokoneavusteista suunnittelua ja valmistusta apuna.

Ymmärretään pikavalmistustekniikoihin kuuluvan vain ainetta lisäävät menetelmät tai hieman laajemmin myös osa ainetta poistavista menetelmistä, edellyttäen toiminta aina digitaalista suunnittelua. Tämän taustalla on tietokoneavusteinen suunnittelu, Computer Aided Design, CAD, joka tarkoittaa prosessia, jossa luodaan tietokoneen mallinnusohjelman avulla virtuaalisia kolmiulotteisia malleja tai kaksiulotteisia tuotepiirustuksia. Tietokoneavusteinen suunnittelu mahdollistaa muotoilijoiden ideoinnin nopeutumisen, tarkemman visualisoinnin ja virheiden ennaltaehkäisyä käsin piirrettyihin piirustuksiin verraten. Tietokoneella suunnitellun mallin voi myös helposti altistaa erilaisille mekaniikkatestauksille ja se toimii hyvänä kommunikaatiovälineenä eri toimijoiden välillä. (Bryden, 2014, 11-12)

Tietokoneavusteinen suunnittelu ei silti yksinään riitä korvaamaan fyysisiä malleja, joilla on yhä suuri merkitys tuotemuotoilussa. Fyysinen mallikappale auttaa edelleen niin suunnitteluryhmää kuin asiakastakin hahmottamaan suunniteltua tuotetta. Sen lisäksi, esimerkiksi CAD-ympäristössä toteutettava vapaa luonnostelu törmää usein ohjelman perusperiaatteeseen, olettamukseen piirustuksen valmistettavuudesta, jonka takia ohjelma asettaa tiettyjä reunaehtoja siellä tehtävälle toiminnalle. (Rodgers & Milton, 2011, 90)

CAD-ohjelmistojen kirjo on laaja (Kuva 8). Ohjelmat voidaan jakaa karkeasti kahteen eri luokkaan: pintamallinnusohjelmiin sekä parametrisiin mallinnusohjelmiin. Pintamallinnusohjelmissa luodaan kappaleita yksittäisten pintojen avulla, joilla ei ole paksuutta. Tällä tavalla on mahdollista luoda monimutkaisia vapaita muotoja, joita ohjataan pintojen tai yksittäisten viivojen pinnassa olevien pisteiden avulla. Myös virtuaalinen veistäminen on pintamallinnusta. Tällöin kappale rakentuu erittäin pienistä kolmioista, joita ohjataan eri työkalujen avulla. Virtuaalinen veistäminen on suosittua erityisesti pelisuunnittelussa. Tuotemuotoilussa virtuaalista veistämistä ei käytetä kovin paljoa, koska ohjelmistot ovat yleensä suhteellisen epätarkkoja matemaattisten mittasuhteiden määrittämisessä. (Bryden, 2013, 13-14)



Kuva 8. Muutamia markkinoilla olevia kaupallisia ja vapaita CAD-ohjelmia.

Parametrisessa mallinnuksessa suunniteltavaa kappaletta ohjataan sen omien mittasuhteiden, parametrien avulla. Mallinnusohjelmat ymmärtävät periaatteidensa mukaisesti rakennettavan kappaleen ulkopintojen välisen tilan kuuluvan osaksi koko kappaletta toisin kuin pintamallinnusohjelmat. Ohjelmat rakentavat kappaleelle eräänlaisen rakennepuun, jonka avulla suunniteltavan kappaleen yksittäisiä mittasuhteita on helppo muokata. Yleensä tällaisia ohjelmia käytetään niissä tilanteissa, joissa ei ole enää tarkoituskaan tehdä kovin vapaita muotoja, vaan ennemmin toteuttaa mittatarkkaa valmistamiseen tähtävää toimintaa. (Bryden, 2013, 14)

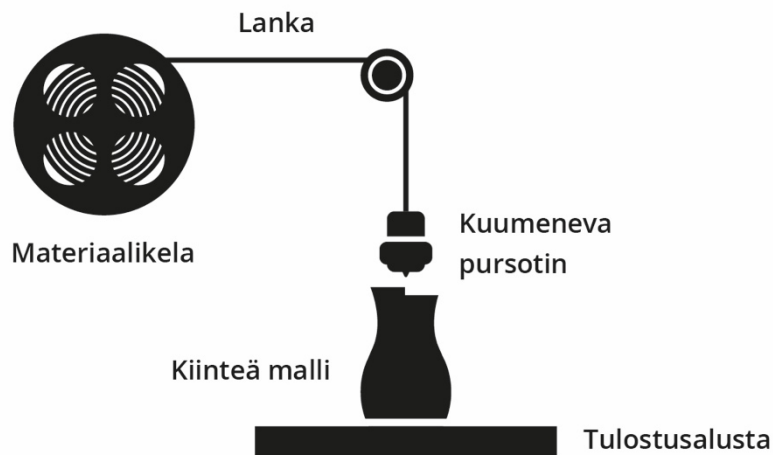
Materiaalia poistavien valmistusmenetelmien kohdalla siirrytään tietokoneavusteisen suunnittelun jälkeen tietokoneavusteiseen valmistukseen. Computer Aided Manufacturing, CAM, on menetelmä, jossa ohjelmoidaan suunnitellulle kappaleelle muun muassa

työstöradat ja oikeanlaiset leikkaustyökalut. (Bryden, 2013, 67) CAD- ja CAM-ohjelmat ovat lähtökohtaisesti erillisiä ohjelmia, joten suunnitellun kappaleen informaatio siirretään esimerkiksi Stereolitography-tiedostomuodossa (.stl) ohjelmasta toiseen. Tänä päivänä markkinoilla on kuitenkin jo useita kokonaisvaltaisia CAD/CAM-ohjelmistoja sekä ratkaisuja, jotka mahdollistavat prosessin läpiviennin hyödyntäen suunnittelu- ja valmistusohjelmien parhaita etuja yhdessä ja samassa paketissa. (Chua, Leong & Lim, 2003, 27-29; Autodesk, 2016; Mastercam, 2016)

3.2. Teknologia muotoilijan työkaluna

Pikavalmistus on muuttanut tuotekehitysprosessin prototypoinnin vaihetta heti teknologian keksimisen jälkeen. Kappaleen valmistukseen tarvittavat tiedot siirtyvät sähköisesti suoraan valmistavaan laitteeseen, joka on omalta osaltaan nopeuttanut tuotekehitysprosessia merkittävästi. Pikavalmistus on nopeutensa lisäksi vaikuttanut muotoilijan työhön esimerkiksi tietokoneavusteisen suunnittelun osaamisen korostumisena. Pikavalmistulaitteiden hintataso ja monimutkaisuus piti teknologian saatavuuden matalana ensimmäisen vuosikymmenen, joskin laitteiden hinnat ovat pudonneet sen jälkeen merkittävästi. Tämä on vaikuttanut siihen, että myös pienemmät muotoilutoimistot ja oppilaitokset ovat pystyneet ottamaan pikavalmistuksen osaksi työskentelytapojaan. (Hallgrimsson, 2012, 65-66)

Ainetta lisääviä valmistustekniikoita on useita, kuten SLA, SLS, MJM, DLP, SMS, DMLS, DMD, 3DP, FDM ja niistä jokaisella on oma tarkoituksensa etuineen ja haittoineen. (Bryden, 2014, 88-99) Ehdottomasti yleisin näistä tekniikoista on FDM, Fused Deposition Modelling tai vastaavalla toimintaperiaatteella toimiva FFF, Freeform Fabrication (Kuva 9). (3D Printing Industry, 2017b)



Kuva 9. Pursotus-, FDM- ja FFF-tekniikan toimintaperiaate (3D Printing Industry, 2017b).

FDM-tekniikkaa pidetään helpoimpana ja edullisimpana pikavalmistustekniikkana (3D Printing Industry, 2017b). Tämän lisäksi tekniikan suosiota selittää ensimmäisenä rautaneet patenttioikeudet (ks. luku 1.1.), sitä hyödyntävä avoimeen lähdekoodiin perustuva RepRap-konsepti ja sen ympärillä vaikuttava Maker-kulttuuri (ks. luku 3.4). FDM-tulostin on paljon käytetty työkalu prototyypinnissa. Yksi tekniikan suurimpia etuja on sen siisti prosessi, joka mahdollistaa laitteen käytön esimerkiksi toimistotiloissa. Sen lisäksi käytettävien materiaalien kirjo on suhteellisen laaja. (Bryden, 2014, 98-99) Laitteiden hinnat ovat tänä päivänä muita tekniikoita edullisempia, prototyypointiin soveltuvia laadukkaita malleja saa helposti alle 1000 dollarilla (Yusuf, 2017).

Lipson ja Kurman (2013, 25) esittävät perinteisestä tuotemuotoilun tuotekehitysprosessista yhden esimerkin: tyypillinen massatuotannolla hammasharjoja valmistava tehdas, joka tuottaa lasten hammasharjoja 300 000 kappaletta päivässä 10 sentin kappalehintaan. Tehdas on täynnä kehittyneitä teknisiä laitteita sekä niitä käyttäviä ammattilaisia. Ulkopuolisen silmin tämä vaikuttaa erittäin tehokkaalta ja edulliselta toiminnalta.

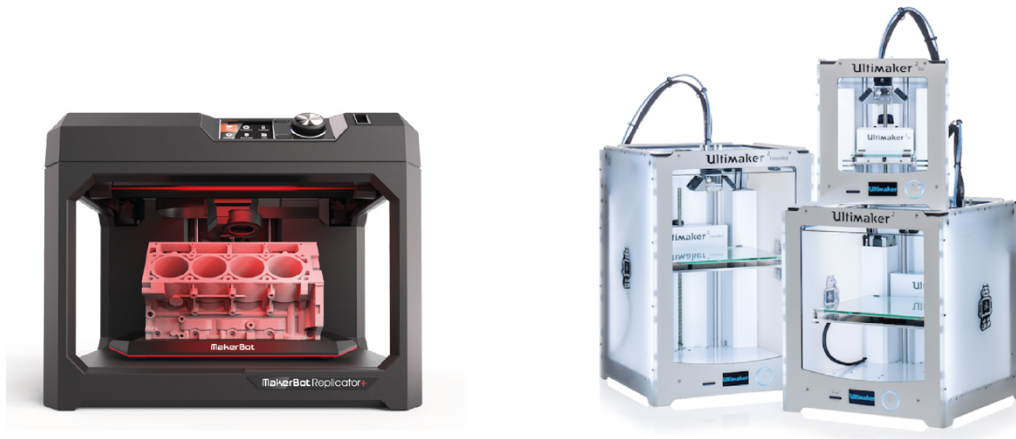
Massatuotanto on kuitenkin täynnä piilotettuja kuluja ja viivästyksiä. Tuotanto ei ole edullista, jos sitä ajattelee kuluttajan näkökulman sijaan yrityksen näkökulmasta. Tuotteen saaminen ideatasolta valmiiksi tuotteeksi ei myöskään ole järkevä nopeaa, eikä mah-

dollista muotoiluprosessin koko potentiaalia. Jopa yksinkertainen hammasharjan muotoilu joutuu alistumaan tuottavassa massatuotannossa kompromisseihin tuotteen laadun ja valmistuskustannusten suhteen. Lopputuotteen hinnan saaminen mahdollisimman alas edellyttää valtavia tuotantomääriä. (Lipson & Kurman, 2013, 25-26)

Pikavalmistus tarjoaa täysin poikkeavan tavan rakentaa tuotteita, joka on muotoilijan näkökulmasta ajoittain jopa vallankumouksellista. Suunnittelu on vapautettu lähes kokonaan valmistuksen rajoitteista. Pikavalmistus eroaa merkittävästi myös massatuotannosta hyötyjensä osalta: standardisoinnin ja toiston kautta rakentuva hyöty ei realisoidu pikavalmistuksessa. Siinä missä ensimmäisen ruiskupuristetun tuotteen yksikköhinta on 10 000 dollaria ja miljoonannen vain muutamia pennejä, pikavalmistetun tuotteen yksikköhinta on aina sama 20 dollaria. Myös ajallisten hyötyjen osalta ruiskupuristus ohittaa pikavalmistuksen muutamien satojen yksikkösarjojen kohdalla. (Anderson, 2012, 87-89)

Tänä päivänä muotoilijan on mahdollista käyttää melkein mitä tahansa pikavalmistustekniikkaa, sillä pikavalmistus on yleisesti tunnettu ja sitä tarjotaan laajasti prototyyppiin. Pikavalmistuksen suurimmat haasteet teollisessa tuotemuotoilussa on kuitenkin vastata juuri suuren massatuotannon tai suurten kappaleiden haasteisiin. Tällöin puhutaan rapid manufacturing- tai additive manufacturing -termeistä, jotka tarkoittavat valmiiden tuotantokomponenttien valmistusta käyttämällä pikavalmistuksen prosesseja. (Bryden, 2014, 68, 88)

Muotoilijan konseptisuunnittelussa pikavalmistuksen merkitys nojautuu vahvasti prototyyppiin ja sen eri vaiheisiin (ks. luku 2.3. ja 2.4.1). Tällöin FDM-tekniikan kaltaiset prototyyppiin parhaiten soveltuvat menetelmät ovat muotoilijan työssä tärkeässä roolissa. Fyysisen mallin tai prototyypin valmistaminen onnistuu helposti esimerkiksi työpöydän päälle asetettavalla 3d-tulostimella (Kuva 10).



Kuva 10. Pöydälle asetettavat FDM-tekniikkaa käyttävät Makerbot Replicator+ ja Ultimaker 2 -3D-tulostimet. (MakerBot, 2017; Smeekes, 2015)

3.3. Pikavalmistuksen näkymät ja mahdollisuudet

Pikavalmistus on saanut nimensä Brydenin mukaan (2014, 67) siitä, että se mahdollistaa tietynlaisten kappaleiden valmistamisen muutamissa tunneissa perinteisten valmistusmenetelmien päiviin tai jopa viikkoihin. Pikavalmistusta voidaan käyttää lopputuotteen valmistamisessa edellytettävien työkalujen valmistamiseen, prototypointiin tai jopa ohittaa kokonaan näiden tekeminen. Jotta tietty valmistusmenetelmä on mahdollista, edellyttää se aikaa ja rahaa vaativien muottien käyttöä. Pikavalmistuksen avulla tämä vaihe on tietyissä tilanteissa mahdollista ohittaa kokonaan.

Pikavalmistuksen eduiksi voidaan laskea myös ajallisesti tehokkaampi suunnitteluprosessi, matalammat kustannukset, parempi laaduntarkkailu sekä mahdollisuus kehittää helpommin tietynlaisia kappaleita. Muotoilija voi suunnitella fyysisesti tarkan esityksen konseptistaan, jonka ominaisuuksia voidaan arvioida. Lopulliseen valmistukseen vaadittavia työvaiheita ja -kaluja voidaan vähentää ja niiden valmistuksesta aiheutuva taloudellinen riski pienenee. Sen lisäksi pikavalmistuksessa on mahdollista käyttää joitain sellaisia materiaaleja sellaisilla ominaisuuksilla, joita ei muuten olisi mahdollista saavuttaa. (Bryden, 2014, 67).

Lipson ja Kurman (2013, 20-24) ovat määritelleet kymmenen 3D-tulostuksen periaatetta, jotka toistuvat hyvin usein ja tuovat esille valmistusteknologian hyödyt parhaiten esille:

1. Monimutkaisen valmistus on ilmaista

Valmistettavien kappaleiden monimutkaisuus on perinteisin valmistusmenetelmin tarkoittanut usein suurempia valmistuskustannuksia. 3D-tulostamalla monimutkainen maksaa saman verran kuin yksinkertainenkin. Monimutkaisten kappaleiden edullisuus muuttaa perinteistä hinnoittelumallia ja sitä, kuinka laskemme valmistuskustannuksia.

2. Vaihtelu on ilmaista

3D-tulostin voi tehdä erilaisia kappaleita joka ikinen kerta toisin kuin rajoitettuihin muotoihin kykenevä perinteinen valmistusmenetelmä. Teknologia poistaa tarpeen koneistukselle ja kalliiden työkalujen tai muottien valmistamisesta.

3. Kokoaminen on tarpeetonta

Massatuotanto nojaa vahvasti kokoamislinjastoihin, joissa useampi kone valmistaa yksittäisiä osia, jotka robotit tai ihmistyöntekijät lopulta kokoavat kasaan. 3D-tulostuksella kokoaminen voidaan suorittaa tulostuksen aikana, joka lyhentää toimitusketjua sekä kustannuksia.

4. Ei ennakkoaikaa

3D-tulostimella on mahdollista tulostaa vasta tarpeen vaatiessa. Tämä vähentää tarvetta fyysiselle varastoinnille. Sen lisäksi esimerkiksi kuljetuskustannuksissa voidaan hyötyä merkittävästi, kun tarvittava kappale tulostetaan vain tarvittaessa ja mahdollisimman lähellä sitä paikkaa, missä tarve on esiintynyt.

5. Rajoittamaton suunnittelutila

Perinteisten valmistusmenetelmien avulla voidaan tehdä vain rajoitetusti muotoja. Esimerkiksi tavallinen puusorvi voi tehdä vain pyöreitä muotoja, jyrsin vain sellaisia muotoja mihin koneen terä yltää ja muottikone vain sellaisia muotoja, jotka voidaan kaataa ja poistaa muotista. 3D-tulostin puolestaan voi valmistaa sellaisia muotoja, joita on voinut nähdä ennen pikavalmistusta vain luonnon muovaamana.

6. Olematon valmistusosaamisen tarve

Useat perinteisen valmistustekniikan laitteet vaativat paljon kokemusta, jotta niitä voidaan onnistuneesti käyttää. 3D-tulostus perustuu paljolti suunnittelutiedostoon ja edellyttää vähemmän operointia kuin moni perinteinen valmistusmenetelmä. Tulostuksen vähäinen valmistusosaaminen avaa uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja tuotantomalleja.

7. Kompakti, siirrettävä valmistus

3D-tulostimella on enemmän valmistusmahdollisuuksia kuin perinteisillä tekniikoilla. Esimerkiksi ruiskupuristuskone voi valmistaa vain konetta merkittävästi pienempiä kappaleita. Lähtökohtaisesti 3D-tulostin voi tulostaa tulostusalustan kokoisia kappaleita, mutta jos tulostin asennetaan liikkumaan vapaasti, voisi tällä tavalla tulostaa myös laitetta suurempia kappaleita.

8. Vähemmän hukkaa tuotetta kohti

Esimerkiksi metallitulostuksen on havaittu olevan huomattavasti materiaalitehokkaampaa kuin perinteinen metalliesineiden valmistus. Metallin koneistus on hyvin epätehokasta materiaalin suhteen, joten 3D-tulostus on tässä suhteessa huomattavasti perinteistä valmistustapaa ekologisempi vaihtoehto.

9. Loputtomat materiaalien sävyt

Useamman materiaalin yhdistäminen yksittäiseen tuotteeseen on perinteisellä valmistusmenetelmällä hyvin hankalaa. 3D-tulostusmateriaalien kehittyessä raakojen materiaalien sekoittaminen helpottuu. Uudet, tutkimattomat materiaalisekoitukset tarjoavat paljon suuremman, usein tyystin uuden materiaalivalikoivan monilla hyödyllisillä ominaisuuksilla.

10. Tarkka fyysinen kopiointi

Tulevaisuudessa 3D-tulostus tarjoaa digitaalisen tarkkuuden fyysisten kappaleiden maailmaan. Skannausteknologia ja 3D-tulostus yhdessä tarjoavat korkean tason muodonmuutoksen fyysisen ja digitaalisen maailman välillä.

Brydenin (2014, 129-130) mukaan maailmanlaajuiset trendit tulevat vaikuttamaan siihen, miten tietokoneavusteinen suunnittelu ja pikavalmistusteknologia kehittyvät ja muuttuvat. Taloudelliset kustannukset ovat yksi suurimmista tekijöistä, mitkä määrittävät miten tuotteita valmistetaan. Jo nyt on nähtävissä, kuinka esimerkiksi tietokoneavusteinen suunnittelu ja pikavalmistus ovat vähentäneet tuotantokustannuksia ja tuotekehitykseen kuluva aikka valmiille markkinoille. Silti pikavalmistus on yhä pääasiassa käytössä vain prototyyppinnissa. Jotta pikavalmistamalla voitaisiin tuottaa lopputuotteita, edellyttää se yhä nopeampaa tuotantoa suurten määrien suhteen ja koneiden sekä käytettävien materiaalien kustannusten laskua.

Massatuotannossa tuotantoketjuja on venytetty äärimmilleen tehokkuuden ja matalien kustannusten toivossa. Tilanne on tietyllä tavalla tuskallinen, joskin talouden viimeisimmät muutokset ovat vaikuttaneet tilanteeseen elvyttävästi. Esimerkiksi kokeilemiseen ja kokemuksellisuuteen perustuva innovointi on osoittautunut toimivaksi tavaksi suunnittelutyössä, mutta se edellyttää rajoitteiden keventämistä ja epäonnistumisen sallimista. Kokonaisvaltaisesti ajatellen tällainen muutos edellyttää eniten yhteiskunnalta ja sen suurilta toimijoilta valmiutta ja aloitteellisuutta lähteä muutoksen vetureiksi. (Deloitte Center, 2013, 4)

Oman osansa tuo internetin valtakausi, joka vaikuttaa pikavalmistuksen käyttöön muotoilussa hyvinkin kokonaisvaltaisesti. Jo nyt on nähtävissä sellaista muotoilua (ks. Converse, 2017; Shapeways, 2016), jossa muotoilija ei suunnittele vain tuotetta itsessään, vaan käyttää tehokkaasti hyödykseen erilaisia muotoiluohjelmia luodakseen useita vaihtoehtoja tuotteestaan. Erityisen tehokkaaksi tässä on osoittautunut algoritmeihin pohjautuva generatiivinen suunnittelu (Khabazi, 2012, 7-8). Muotoilun demokratisoitumisen (ks. luku 3.4.) myötä muotoilija tarjoaa kuluttajalle erilaisia etukäteen suunniteltuja parametreja, joiden kautta tuotteen kustomointi on mahdollista. Parametrien avulla muotoilija varmistaa sen, että tuotteen toimivuus, suunnitellut ominaisuudet ja sen brändi-identiteetti säilyvät. (Bryden, 2014, 138)

3.4. Pikavalmistus kuluttajan näkökulmasta

Pikavalmistusteknologian kehitys näkyy myös kuluttajissa. Vaikka teknologia ei ole vielä jokaisella ihmisellä käytössä, on se ottanut jo vahvoja ensimmäisiä askeliaan valtavirran suuntaan Maker -kulttuurin ja Maker Movement -liikkeen kautta. (Lipson & Kurman, 2013, 48; Anderson, 2012, 9) Viimeisen 15 vuoden aikana taloudellinen muutos on tapahtunut sellaisella nopeudella, jota ei aikaisemmin ole pidetty edes mahdollisena. Tämä kaikki on tapahtunut pienten osien summana: digitaalisuuden lyömisenä läpi, sosiaalisen median globaalina kehittymisenä sekä uusien ansaintamallien ja institutionaalisten mallien kehittymisenä digitaalisuuden ympärille. Maailma on digitalisoitunut ja fyysisestä tekemisestä on tullut uusi rajaviiva. (Deloitte Center, 2013, 4)

Toinen merkittävä muutos on luovan tekemisen uusi tuleminen. Tee-se-itse -kulttuuri oli voimissaan vielä 1970- ja 80-luvulla, kunnes tietokoneiden kehityksen myötä tuotannollisissa työtehtävissä oleva työ- ja keskiluokka muuttui tietokoneilla työskenteleväksi luokaksi (Anderson, 2012, 53-55). Maker Movement -liike on palauttanut Tee-se-itse -kulttuurin takaisin ihmisten tietoisuuteen. Ihmisten sisäsyntyistä luovuutta korostetaan ja tietokoneavusteiset valmistusmenetelmät palvelevat tätä tarkoitusta. Valmistamiseen tarkoitettuja tiloja, pieniä työskentelyverstaita perustetaan ympäri maailmaa ja Kickstarter -joukkorahoituspalvelujen kaltaiset palvelut mahdollistavat tuotteiden kaupallistamisen helposti. (Anderson, 2012, 17-20). Sosiaalisten verkostojen suosio on kasvanut ja ihmisten tuotosten jakaminen internetissä eri jakopalveluiden kautta on helpompaa kuin koskaan. (Sanders, 2013, 60)

Anderson (2012, 20-21) määrittelee Maker Movement -liikkeen perustuvan löyhään määritelmään erilaisista perinteisistä käsityötaidoista ja korkeatasoiseen teknologiaan liittyvistä toiminnoista. Maker Movement korostaa digitaalisten työkalujen käyttöä suunnittelussa ja valmistuksessa, eli voidaan puhua eräänlaisesta digitaalisesta Tee-se-itse -toiminna. Liikkeen mukainen kulttuurinen normi on jakaa tuotoksiaan avoimesti internetissä ja toimia yhteisöllisesti. Valmistamisen prosessin ja internetin aikakaudella kasvaneiden käyttäjien yhdistelmä luo yhdessä kokonaan uuden kulttuurisen kokonaisuuden, Maker-kulttuurin.

Internetin myötä myös muotoilu on alkanut demokratisoitua vahvasti. Tuotteita voidaan kustomoida kuluttajien toimesta suoraan kotikoneen äärestä. Massakustomisaatio, jossa jokainen lopputuote on yksilöllinen, on nousemassa uudeksi normiksi. Kuluttaja voi manipuloida tuotetta ja sen ominaisuuksia käyttämällä verkossa olevaa käyttöliittymää luoden loputtomasti erilaisia variaatioita tuotteesta. Tällaisella toiminnalla on vaikutusta myös muotoilun suojaamiseen: loputtomien vaihtoehtojen takia muodon suojaamisesta tulee osaltaan merkityksetöntä ja kustomointiin käytettävän ohjelman ja käyttöliittymän suojaamisen merkitys kasvaa. (Bryden, 2014, 138)

4. Teemahaastattelututkimus

4.1. Tutkimusmenetelmä

Tutkittavan aiheen tueksi tutkimukseen kuuluu muotoiluprojekti, sen aikana projektin asiakasyrityksellä teetetyt kaksi erillistä kyselyä sekä alan asiantuntijoiden teemahaastattelut. Haastattelut ja avoimet kyselyt kuuluvat vahvasti laadullisen tutkimuksen kenttään. Eskola ja Suoranta (1998, 13) käyttävät laadullisesta tutkimuksesta määritelmiä: pehmeä, laadullinen tai kvalitatiivinen menetelmä. Tutkimusmenetelmän määrittelyssä sitä verrataan usein kvantitatiiviseen tutkimukseen, jolloin menetelmiä määritellään näiden välisen eroavaisuuksien kautta. Pelkistetyimmillään laadullinen tutkimus yksinkertaistaa aineiston ja sitä seuraavan analyysiin ei-numeraaliseen muotoon, joskin selkeää rajaa voi olla usein hankala erottaa.

Eskola ja Suorannan (1998, 14-15) mukaan kokonaisvaltaisesti eri tutkimusmenetelmien vastakkainasettelu on tietyllä tapaa turhaa. Tutkimuksessa tarkoituksena on toteuttaa parasta mahdollista tutkimusta siihen tilanteeseen parhaiten soveltuvalla tutkimusmenetelmällä. Kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmä soveltuu hyvin empiiristen ilmiöiden tutkimiseen. Tämän tutkimuksen ollessa vahvasti muotoilun tutkimuksen kentällä, toteutettu tutkimusmenetelmä arvioitiin tutkijan toimesta parhaaksi mahdolliseksi tavaksi edetä.

Toisin kuin perinteisessä tieteellisessä tutkimuksessa, muotoilun tutkimuksen tavoite on olemassa olevan tiedon tutkimisen sijaan pyrkiä selittämään, kuinka asiat voisivat olla. Muotoilun tutkimuksen tarkoitus on jatkuvasti kyseenalaistaa ja haastaa vallitsevaa nykyistä tilaa. Sen lisäksi muotoilun tutkimuksessa korostetaan universaalien totuuksien sijaan mahdollisuuksia ja erilaisten ehdotusten sopivuutta. (Milton & Rodgers, 2013, 11)

Muotoilun tutkimus voidaan jakaa kolmeen erilaiseen kategoriaan. Ne ovat:

- Muotoilusta tehtävä tutkimus
- Tutkimus muotoiluna
- Tutkimus muotoilun kautta

Edellä mainituista kategorioista muotoilusta tehtävä tutkimus on edelleen yksi yleisimmistä tutkimusmuodoista. Tässä tapauksessa tutkija hyvin epätodennäköisesti on tutkittavan muotoilun muotoilija, sillä muotoilusta tehtävä tutkimus edellyttää riittävää objektiivisuutta kohteeseen. (Milton & Rodgers, 2013, 12)

Muotoiluna tehtävä tutkimus on määritelty siten, että muotoilu itsessään on samanaikaisesti omankaltaisensa tutkimuksen prosessi. Tällainen tutkimus nojaa vahvasti ideoiden, materiaalien ja tekniikoiden testaamiseen. Usein tutkija itsessään on muotoilija, joka vaikuttaa siihen, ettei tutkittava kohde ole muotoilusta tehtävän tutkimuksen kaltaisen objektiivisuuden kanssa samalla lähtöviivalla. (Milton & Rodgers, 2013, 12)

Muotoilun kautta tehtävä tutkimus on kokeellista ja käytännöstä lähtevää tutkimusta. Tutkimuksessa tutkija työskentelee kiinnostuksen aiheen parissa, reflektoi ja kontekstualisoi sitä. Uusi tieto tuotetaan yhdistelemällä tutkimuksen kohdetta ja yleistyvää kohteesta ilmenevää reflektiota. (Milton & Rodgers, 2013, 12)

Tässä tutkimuksessa on yhdistelty muotoilun tutkimuksen otteita riippuen tutkimuksen aineistosta ja niiden antamista vaatimuksista. Muotoilijan toiminta oman muotoiluprosessin kanssa ja reflektio sen eri vaiheista on tulkittavissa muotoiluna tehtäväksi tutkimukseksi. Muotoiluprosessin vaiheista kerättyjen ulkopuolisen informaation ja teema-haastatteluista koostuvan aineiston osalta tutkimus sijoittuu enemmän muotoilusta tehtävään tutkimukseen.

Tutkimukseen on haastateltu yhteensä kuusi asiantuntijaa, jotka kaikki ovat tekemisissä omalla tahollaan tutkimusaiheen parissa. Asiantuntijat koostuivat kahdesta muotoilun tutkijasta, yhdestä tutkijasta, projektisuunnittelijasta, palvelupäälliköstä sekä laboratoriovastaavasta. Haastattelut tehtiin Uumajan Muotoiluinstituutissa, Aalto yliopiston Digitaalisen suunnittelun ADDLab-laboratoriossa, Aalto FabLab -laboratoriossa, Kaupunkiversitaalla Helsingissä sekä Ammattikorkeakoulu Centriassa Ylivieskassa. Jokainen haastattelu oli etukäteen sovittu ja kesti noin 30-60 minuuttia. Haastattelut nauhoitettiin myöhem-

pää litterointia varten, joskin yksi haastattelu jouduttiin dokumentoimaan käsin kirjoittamalla teknisten ongelmien takia. Käsin kirjoitettu dokumentointiaineisto lähetettiin haastateltavalle jälkikäteen, joka hyväksyi aineiston oikeellisuuden.

Alastalon ja Åkermanin (2010, 373-374) mukaan tapaustutkimuksessa asiantuntijahaastattelua voidaan käyttää, jos halutaan kerätä tietoa tutkittavasta prosessista, tietystä tapahtumasta tai ilmiöstä. Tällöin ei olla niinkään kiinnostuneita asiantuntijasta itsestään, vaan siitä tiedosta, mitä hänellä oletetaan olevan. Haastateltavat henkilöt valitaan heidän asemansa tai muun osallisuuden perusteella tutkittavasta aiheesta.

Tutkimuksen haastattelut olivat luonteeltaan teemahaastatteluita, joissa haastateltavana oli alan asiantuntijoita. Saaranen-Kauppinen ja Puusniekka (2006) määrittelevät teemahaastattelun yhdeksi haastattelun muodoista. Erona avoimeen, strukturoimattomaan haastatteluun, teemahaastattelu perustuu etukäteen suunniteltuihin teemoihin, jotka käydään haastateltavien kanssa läpi. Haastateltavilla on mahdollisuus vastata valituista teemoista mahdollisimman vapaasti, jotta heidän tulkintansa ja merkityksenantonsa nousevat esille. Teemahaastattelua suositellaan tilanteisiin, jossa pyritään löytämään lisää tietoa sellaisista ilmiöistä, joiden tietopohja on vähäinen. Tiittulan ja Ruusuvuoren (11, 2009) mukaan teemahaastattelu rakentuu paljolti haastateltavan ehdoilla tilanteen aikana.

Teemahaastattelun keskustelun kaltaisessa tilanteessa haastattelijä käy ennalta määritellyt aihepiirit läpi jokaisen haastateltavan kanssa, joskin ei välttämättä samassa järjestyksessä. Haastattelijalla on mukana vain lyhyet muistiinpanot käsiteltävistä teemoista. Onnistunut haastattelu edellyttää haastattelijalta huolellista paneutumista aiheeseen ja tilanneälyä haastattelutilanteen eteenpäin viemiseksi. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006) Usein asiantuntijat ovat tottuneet esiintymään ja puhumaan niistä asioista, joista häntä haastatellaan. Tällöin on vaarana, että asioista puhutaan yleisellä tasolla ja haastattelun tulosten anti voi jäädä pieneksi. Toiseksi haastateltavan muistin ollessa rajallinen, huolellinen perehtyminen haastattelun teemoihin auttaa haastattelijaa muodostamaan riittävän tarkkoja kysymyksiä. Tutkijan tulee silti olla varautunut avaamaan sellaisia asioita, joihin hän ei ole perehtynyt etukäteen ollenkaan. (Alastalo & Åkerman 210, 378-380)

Tutkimuksen haastatteluissa on säilytetty sen kannalta oleelliset teemat mukana jokaisessa haastattelussa, joskin näitä teemoja korostettiin aina kunkin asiantuntijan ammattiosaamiseen ja tietämykseen soveltuvaksi. Haastatteluiden teemat olivat lähtökohtaisesti suunniteltu laajemmalla näkökulmalla pikavalmistuksesta kuin tutkimuksessa esillä oleva tutkimusongelma antaa olettaa. Asiantuntijoiden teemahaastattelun tarkoitus oli tuottaa tälle tutkimukselle yleinen, laajempi kuvaus aihealueen kentästä, jota peilataan tutkijalle subjektiivisempaa, yksityiskohtaisempaa aineistoa vasten.

Haastattelutilanteessa yleinen tapa on nauhoittaa keskustelu, sillä siitä on yleensä enemmän hyötyä kuin haittaa. Nauhoitus mahdollistaa tutkijalle tiettyyn haastattelutilanteeseen palaamisen myöhemmin uudelleenarvioinnin tai muistamisen vuoksi. Haastattelun aikaista vuorovaikutusta on mahdollista analysoida nauhoituksen kautta objektiivisemmin, jolloin esimerkiksi vuorovaikutuksen aikana esiintyneet puheen sävyt voivat näyttäytyä uudessa valossa. Nauhoituksen avulla voidaan myös arvioida haastateltavan vastauksen jäsentämistä, kuinka haastateltava on saattanut jäsentää omat vastauksensa kyseisessä vuorovaikutustilanteessa. (Tiittula & Ruusuvuori 2009, 14-15)

Haastatteluilla on usein arkikeskusteluiden muoto, mutta ne eroavat siitä institutionaalisuutensa vuoksi. Haastattelijalla on tiedon intressi ja haastattelulla jokin tietty päämäärä, jota kohdin vuorovaikutustilanne etenee. Tutkimuksen tavoite ohjaa haastattelua. Haastattelutilanteessa noudatetaan kuitenkin useita arkikeskustelun sääntöjä: se yleensä aloitetaan jollain neutraalilla aiheella vuorovaikutuksen käynnistämiseksi ja lopetetaan tietyn kaavan mukaisesti. (Ruusuvuori & Tiittula 2009, 23-26)

4.2. Osallistujat

Tässä tutkimuksessa oli haastateltavana yhteensä kuusi pikamallinnusteknologian asiantuntijaa. Kaikki haastateltavat valikoituivat heidän nykyisten työtehtävien mukaisesti. Haastateltavien taustat vaihtelivat, joka mahdollisti monipuolisen kuvan saamisen tutkitavasta aiheesta (Kuva 11).

HAAST.	PAIKKA	AMMATTINIMIKE	KOULUTUSTAUSTA	HAASTATELUN PAINOTUS
01	UID	Muotoilun tutkija	Teollinen muotoilu	<ul style="list-style-type: none"> • muotoilu & prosessi • työkalut
02	Aalto ADDLab	Tutkija	Konetekniikka	<ul style="list-style-type: none"> • muotoilu & prosessi • tekniikat
03	Aalto ADDLab	Muotoilun tutkija	Arkkitehtuuri	<ul style="list-style-type: none"> • muotoilu & prosessi • tekniikat
04	KV HelMet	Projektisuunnittelija	Kirjastoala	<ul style="list-style-type: none"> • Maker -kulttuuri • työkalut
05	Aalto FabLab	Laboratoriovastaava	Rakennustekniikka	<ul style="list-style-type: none"> • muotoilu & prosessi • Maker -kulttuuri
06	Centria	Palvelupäällikkö	Tuotantotekniikka	<ul style="list-style-type: none"> • tekniikat • työkalut

Kuva 11. Taustatietoja haastatteluiden asiantuntijoista.

Ensimmäinen haastateltava oli Uumajan Muotoiluinstituutissa työskentelevä, tohtorin opintoja samanaikaisesti suorittava muotoilun tutkija. Hän oli valmistunut teolliseksi muotoilijaksi Delftin yliopistosta Hollannista. Haastattelun aikana hän valmisteli väitöskirjaansa aiheenaan Muotoilijan rooli ja pikavalmistuksen avulla toteutettava massakustomointi. Haastattelu toteutettiin englannin kielellä.

Toinen ja kolmas haastattelu suoritettiin yhteishaastatteluna Aalto yliopiston Digitaalisen suunnittelun ADDLab-laboratoriossa Helsingissä. Haastateltavana oli silloin paikassa jatko-opiskelijana sekä projektityöntekijänä työskennellyt, diplomityönsä 3D-tulostuksen käytöstä tehnyt henkilö sekä koulutukseltaan arkkitehti, haastattelun aikana muotoilun tutkijana paikassa työskentelevä henkilö. Myös nämä haastattelut toteutettiin englanniksi.

Neljäs haastattelu toteutettiin Helsingin Kaupunginkirjaston Kaupunkiverstaalla, aivan Helsingin ydinkeskustassa. Tutkimukseen haastateltiin suomeksi paikan esimiehenä toimivaa, kirjastoalan koulutuksen saanutta projektisuunnittelijaa. Tästä haastattelusta ei tutkimukseen saatu nauhoitusta, vaan haastattelu dokumentoitiin teknisten ongelmien takia välittömästi haastattelun jälkeen kirjoittamalla ylös kaikki haastattelussa läpikäytyt asiat. Kyseinen dokumentti lähetettiin haastateltavalle jälkikäteen, joka hyväksyi tekstin oikeellisuuden.

Viides haastattelu tapahtui Aalto yliopiston FabLab-laboratoriossa, Helsingissä. Haastateltavana oli laboratorion päivittäisestä toiminnasta ja ylläpidosta vastaava, Englannissa rakennusinsinöörin koulutuksen saanut henkilö. Tämä haastattelu toteutettiin jälleen englannin kielellä.

Viimeinen, kuudes haastattelu suoritettiin Ammattikorkeakoulu Centrian Ylivieskan yksikössä. Haastateltavana oli silloin Centrian tuotantoautomaatiolaboratorion palvelupäällikkö, jonka vastuualueeseen kuului yksikön tuotetestaus- ja tuotekehityspalvelut, mukaan lukien 3D-tulostus. Haastattelun kielenä oli suomi.

4.3. Aineiston analyysi

Yksi mahdollisuus rakentaa laadullista tutkimusta on lähteä liikkeelle ilman ennakoase-
tuksia ja määritelmiä. Aineistolähtöinen analyysi on soveltuva silloin, kun jostain ilmiöstä tai sen olemuksesta tarvitaan perustietoa. Aineistolähtöisyys tarkoittaa yksinkertaistetusti empirian kautta syntyvän teorian rakentamista. Analyysin tarkoitus on luoda uutta tietoa tutkittavasta asiasta luomalla suuremmasta määrästä aineistoa selkeää ja mielekästä. Rakennettaessa tätä uutta teoriaa, on kuitenkin tärkeä miettiä aineistolle sopivaa rajausta, niin että analysointi on järkevää ja mielekästä. (Eskola & Suoranta, 1998, 19, 138)

Ennen varsinaista aineiston analyysia, nauhoitetut teemahaastattelut litteroidaan, jotta niiden analysointi on mahdollista. Litteroinnissa nauhoitettu aineisto muutetaan kirjoitet-
tuun muotoon. Litterointiin on olemassa eritasoisia tarkkuuksia, joiden käyttö määräytyy

tutkimuskysymysten ja -metodien kautta. Yleisesti ajateltuna mitä enemmän haastattelua analysoidaan vuorovaikutuksena, sen tarkempi litteroinnin tulee olla. On kuitenkin huomioitava, että tänä päivänä haastattelutilanteen sanattomat tulkinnat on mahdollista havaita ja analysoida myös muiden tallennusvälineiden kautta, kuten esimerkiksi videokuvan välityksellä. (Tiittula & Ruusuvuori, 2009, 16)

Aineiston jäsentelyä toteutetaan koodauksen avulla. Siihen on lähtökohtaisesti kaksi erilaista tapaa. Aineistolähtöinen analyysi ilman teoreettista etukäteisolettamusta on teoreettisesti yksi tapa, vaikka sen toteuttaminen ilman oletuksia on käytännössä mahdotonta. Tällä tavalla lähestyttäessä tutkijan on sysättävä oletuksensa sivuun ja pyrittävä antamaan niiden olla häiritsemättä esille nousevia teemoja. Toinen tapa on hyödyntää jotain teoriaa tai teoreettisesti perusteltua näkökulmaa, jota vasten aineistoa tarkastellaan. (Eskola & Suoranta, 1998, 153)

Creswellin (2013, 185) mukaan koodauksessa on syytä tehdä päätös siitä, halutaanko koodien toistuvuutta laskea määrällisesti. Osa laadullisen tutkimuksen tekijöistä pitää koodien ilmenemisen laskemista luontevana tapana, sillä se toimii tietyn asian ilmentymisen indikaattorina. Toiset tutkijat puolestaan saattavat laskea ilmiön toistuvuutta määrällisesti, joskin eivät sisällytä niitä tutkimuksen tuloksiin. Tämä johtuu usein siitä syystä, että koodien vertailu määrällisesti pitää sisällään sen oletuksen, että jokainen koodia merkitsevä maininta on samanarvoinen. Tällainen oletamus ei silloin ota huomioon mahdollisia merkityksiä ja painoarvoja, mitä alun perin tutkittava aihe on mahdollisesti voinut tarkoittaa.

Tässä aineistolähtöisessä tutkimuksessa aineiston analyysimenetelmäksi valittiin laadullinen sisällönanalyysi. Analyysin tarkoituksena on tarkastella systemaattisesti kerättyä aineistoa, purkaa aineisto pieniin osatekijöihin ja tunnistaa niistä erilaisia kategorioita ja kytköksiä niiden väliltä. Tämän jälkeen löydetyt kategoriat on mahdollista teemoitella, jonka jälkeen niistä on hahmotettavissa yleisempiä tyyppisiä.

Teemoittelun tarkoituksena on selvittää aineistosta sen keskeiset aiheet. Teemoittelua pidetään luontevana tapana esimerkiksi teemahaastattelun aineiston analyysissä. Tässä

tapauksessa haastatteluissa puhutut teemat voidaan teemoitella heti litteroinnin jälkeen. Myös Eskola ja Suoranta mainitsevat (1998, 152), että teemahaastattelun teemat muodostavat jo sellaisenaan eräänlaisen aineiston jäsenyyksen. On siis hyvin luonnollista, että ensimmäiset löydökset mukailevat haastattelun teemoja. Teemoittelun ensimmäiset löydökset eivät ole kuitenkaan lopullisia, jonka takia litteroitua haastattelua on syytä tarkastella avoimin mielin. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006)

Laadullisen tutkimuksen aineistoa on syytä lähestyä ensimmäisenä tematisoinnin kautta. Tällöin voidaan nostaa aineistosta sen keskeiset teemat, jotka parhaiten avaavat tutkimusongelman teemoja. Aineistosta pyritään nostamaan ensimmäisenä olennaisimmat aiheet, jotka erotellaan. Teemoittelua pidetään hyvänä aineiston analysoinnin tapana käytännöllisten ongelmien ratkaisemisessa, sillä se antaa mahdollisuuden poimia juuri käytännölliseen tutkimusongelmaan vastauksia. Halutessaan tutkija voi jatkaa teemoittelua myös pidemmälle. Teemoittelu edellyttää myös määrätietoista teorian ja aineiston välistä yhteyttä. (Eskola & Suoranta, 1998, 175-176 ja 179-180)

Teemoittelun apuna voidaan käyttää teemakortistoa, johon aineisto jaotellaan tulevia tulkintoja varten. Kortisto rakennetaan haastattelu kerrallaan ja siihen määritellyt teemat merkitään aineistoa luettaessa ylös. Creswell (2013, 183) suosittelee merkintöjen ja muistiappujen lisäämistä aineiston yhteyteen, jotta tutkijan kokonaiskuva täydentyy. Sen jälkeen jokaisesta teemasta kerätään ylös sitä koskevat tekstikohdat joko sellaisenaan tai tiivistettynä. On huomioitava, että tiivistettäessä aineistoa tässä vaiheessa tutkija vaikuttaa aineistoon oman tulkintansa kautta. (Eskola & Suoranta, 1998, 154-155)

Tyypittely tarkoittaa laadullisen aineiston analyysissä jonkun yleisemmän kokonaisuuden, tyypillisen informaation esiintymisen löytämistä. Tyypittelyssä on mahdollista nostaa esiin myös epätyypillisiä, ristiriitaisia asioita, joita arvioidaan erilaisena tai epätavallisena. Tyypittelyn tarkoitus on kerätä tutkimusaineiston informaatiosta nousevat kokonaisuutta havainnollistavat tyypit. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006)

Tyypittely lasketaan olevan teemoittelun seuraava askel, sillä aineisto kuvataan siinä pelkkiä teemoja laajemmin. Useimmiten tyypit pitävät sisällään tiettyjä teemoja. Tätä kutsutaan teemoitteluksi tyypittelyn sisällä. Tyypittely edellyttää aineiston pidempää ja systemaattisempaa analysointia ja tiivistämistä. Tyyppien esittelyn jälkeen niistä on mahdollista tehdä tulkintoja, johtopäätöksiä ja pohdintaa. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006)

4.4. Tutkimuksen aineiston analyysi

Tutkimuksen aineiston litteroinnin jälkeen kerätty materiaali luettiin huolellisesti läpi, jotta tutkija omaksuisi tutkittavan aineiston ja saisi alustavan kuvan kokonaisuudesta. Seuraavaksi aineistosta kirjattiin ylös kaikki läpikäytyt teemat ja aiheet alustavan teemakortiston luomiseksi. Aihealueet luokiteltiin merkintäkynän avulla litterointidokumentteihin. Luokittelussa käytettiin apuna teemahaastattelurungon alustavia teemoja, koska aineistonkeruu oli tapahtunut teemahaastattelun keinoin. Aineiston läpikäyminen tällä tavalla antoi tutkijalle kokonaisvaltaisen kuvan siitä, kuinka paljon haastatteluissa oli todella keskusteltu valituista teemoista. Ensimmäinen lukukerta toimi myös alustavana teemoittelurunkona, jonka perusteella aineiston analysointia voitiin jatkaa.

Aineiston toisella lukukerralla sieltä alleviivattiin kaikki asiantuntijan mielipiteet. Tämä lukukerta oli ensimmäistä kertaa tarkempi. Tarkoituksena oli nostaa esille aineistosta nousevat merkittävät aiheet ja järjestellä ne sopivien teemojen mukaisesti. Analyysi toistettiin vaihtamalla alleviivauskynä erivärisiksi merkintäkyniksi. Merkintäkynien väritys vastasi tässä vaiheessa analyysia esille tulleita teemoja ja edellisen kerran alleviivaukset käytiin näiden merkintäkynien avulla lävitse. Vaikka ensimmäisen lukukerran teemat olivat mukana, etsittävien teemojen annettiin elää kommenttien mukana. Tällä tavalla saaduista kommentteista saatiin monipuolisempi otos irti, koska se altistettiin avoimemmalle tarkastelulle.

Seuraavaksi kaikki aineiston merkityt kohdat kirjattiin ylös Post it -lapuille, jotka järjestettiin yhdelle ja samalle seinälle (Kuva 12). Myös Post it -lappujen värikoodaus vastasi analyysin teemoittelua. Järjestetyt laput altistettiin tarkemmalle analyysille ja niiden avulla tutkija hahmotteli aineistosta ensimmäiset tyytit. Laput järjesteltiin näiden tyyppien mukaisesti ja niiden sisältämiä merkintöjä tarkasteltiin yksitellen. Tällä tavalla tyyppien sisäiset teemat pystyttiin hahmottelemaan.



Kuva 12. Aineiston teemoittelua Post it -lappujen avulla.

4.5. Tutkimuksen tulokset

Tutkimuksen aineiston analyysin ensimmäisessä vaiheessa tarkoituksena oli nostaa esille haastattelujen aikana läpikäytyt teemat. Tämän avulla tutkijan oli mahdollista muodostaa ensimmäinen kokonaisvaltainen kuva koko aineistosta. Analyysin tässä vaiheessa nousi merkittävästi esille viisi teemaa, jotka mukailivat teemahaastattelussa käytettyjä teemoja (Kuva 13).



Kuva 13. Aineiston analyysin ensimmäisen vaiheen teemat.

Aineiston analyysin edetessä teemat elivät ja mukautuivat. Analyysin jatkuessa tyypittelyyn, korostuivat sieltä kolme merkittävää päätyyppiä. Kuvassa 14 esitettävät päätyypit olivat haastatteluaineistosta nousevat yleisimmät tyypit, joiden sisälle rakentui oma alatyypin ja teemojen maailma. Päätyypit vastasivat myös tutkimusongelmaan kokonaisvaltaisesti, sillä ne esittivät ne kohdat, missä merkitykset rakentuvat tämän tutkimuksen kontekstissa.

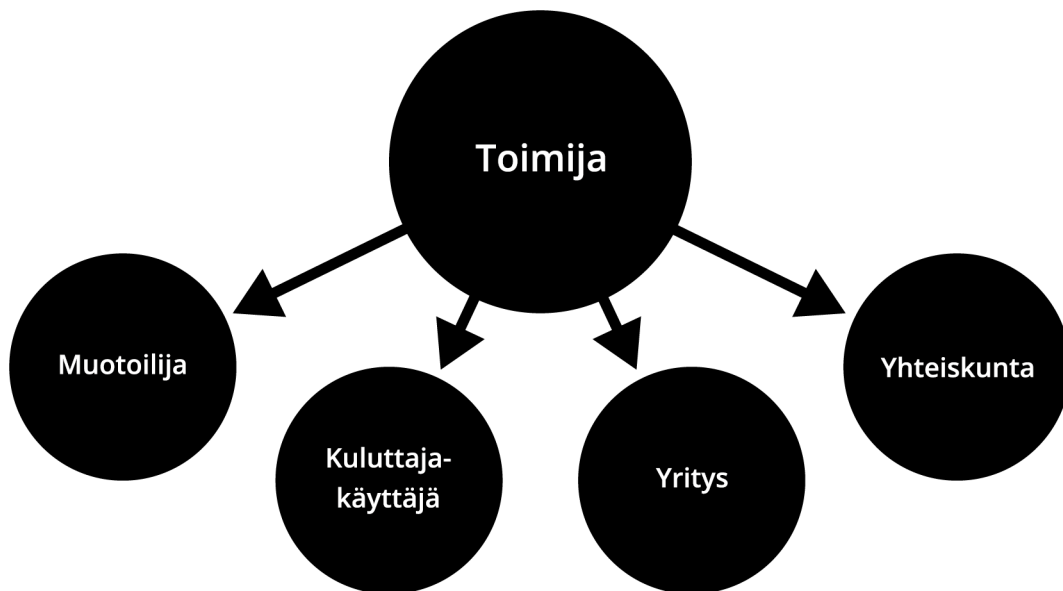


Kuva 14. Analyysin avulla löydetyt aineistot päätyypit.

Päätyypeistä Toimija on aineistoltaan laajin. Se jakaantuu neljään samanarvoiseen alatyypin ja niiden alla kulkeviin teemoihin. Toiminta ja Työkalut ovat tyypeiltään suppeampia, sillä ne eivät sisältäneet alatyyppejä, vain teemoja. Tämän tyypittelyn kautta on mahdollista nähdä Toimija-tyypin alatyypin määrittelevän sen merkitysten rakentumisen polun, minkä kautta tutkimuksessa etsityt merkitykset kulkevat edelleen Toiminta- ja Työkalut-tyyppeihin ja vastavuoroisesti takaisin.

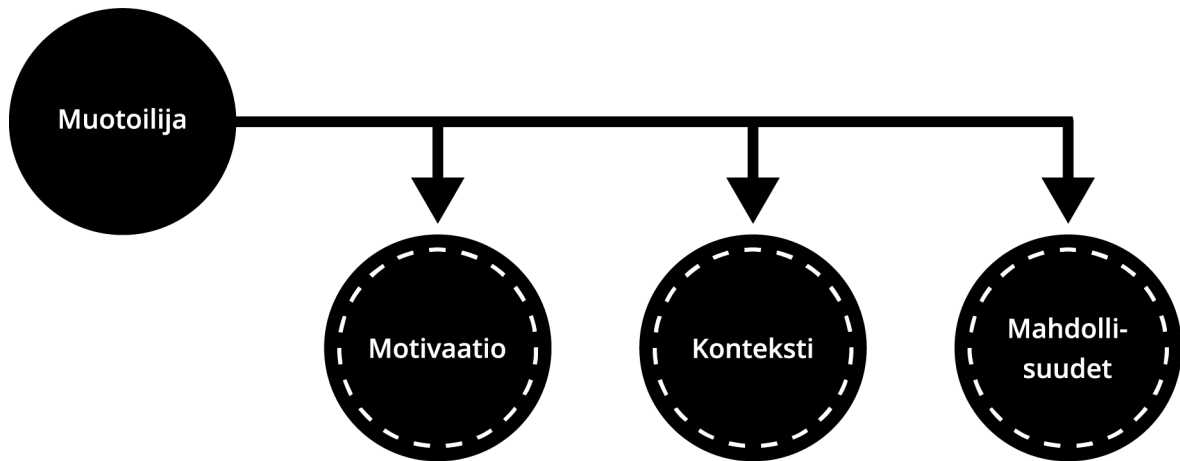
4.5.1. Toimija

Toimija-tyyppi jaotellaan neljään samanarvoiseen alatyyppiin, jotka ovat Muotoilija, Kuluttaja-käyttäjä, Yritys sekä Yhteiskunta (Kuva 15). Jokainen näistä alatyypeistä pitää sisällään omat teemansa.



Kuva 15. Toimija-tyypin alatyypit.

Ensimmäinen alatyyppe, Muotoilija-tyyppi pitää sisällään kolme teemaa, jotka ovat Motivaatio, Konteksti ja Mahdollisuudet (Kuva 16). Muotoilijaksi on tässä kontekstissa määriteltä lähtökohtaisesti ammattimaisesti toimiva, alan koulutuksen saanut henkilö. Muotoilijan määrittely on näkemyksestä riippuen mahdollista ulottaa kattamaan myös laajemmin keneksi tahansa suunnittelutyötä toteuttavaksi toimijaksi riippumatta hänen taustakokemuksestaan.



Kuva 16. Toimija-tyyppin Muotoilija-alatyypin kolme teemaa.

Muotoilijan motivaatio on lähtökohtaisesti erilainen kuin sellaisella henkilöllä, joka ei ole ammatiltaan muotoilija. Muotoilijat ovat usein sellaisia ihmisiä, joilla on sisäinen halu kehittää itseään ja suunnitella uusia asioita. Muotoilija kykenee käyttämään aikaisempaa kokemustaan ja osaamistaan uuden luomisen aikana, jotta saavuttaa suunnittelutyössään riittävän korkean laatutason. Sen sijaan toiset ihmiset ovat aina valmiita maksamaan siitä, että saavat tiettyä vastiketta vastaan täysin valmiin tuotteen. Yksi asiantuntijoista (#5) kuvailee eroa seuraavasti:

” Most people I think are still going to want convenience of someone else’s already designed and made, and for a lot of people, they don’t actually want to trouble of ... making ... Some people are designers and some people are just producing something ... copying what they’ve seen and they are not really coming up with the elegant solution themselves.”

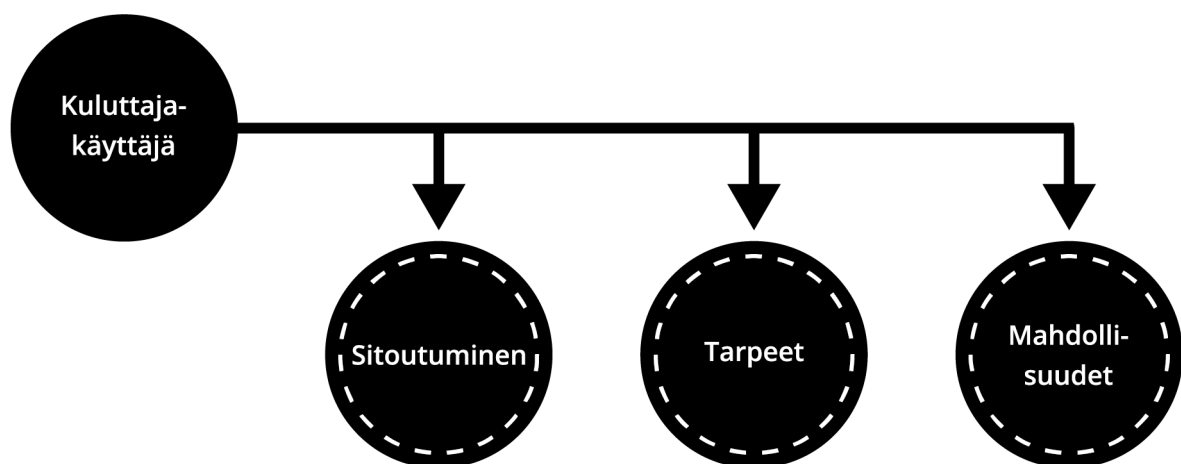
Muotoilijan ja kuluttajan väliset eroavaisuudet ovat kuitenkin hämärtyvässä ja niistä tulee enemmän kontekstisidonnaisia. Tällöin konteksti määrittelee eri toimijoiden osallisuuden ja aseman jopa prosessin sisällä. Tämän lisäksi pikavalmistuksen merkitykset vaihtelevat eri suunnittelun vaiheissa: jossain tapauksessa sen merkitys on hyvinkin oleellinen muotoilijalle, toisessa merkitys ja siitä saatu hyöty on vähäisempi.

” Some context you might design something as a consumer and another context you don’t. So, it’s also varying ... It’s like a whole spectrum, like twenty, thirty, forty sort of levels which depend on context, product, motivation and access and all kinds of things.” (#1)

Pikavalmistusteknologia mahdollistaa muotoilijan luovuudelle täysin uusia tapoja tulla esille ja näyttäytyä. Perinteisten valmistusmenetelmien rajoitteet eivät koske pikavalmistusta, joten koko muotoiluprosessi on avoin uuden teknologian mahdollisuuksille. Pikavalmistusteknologia ei silti ole syrjäyttämässä perinteisiä valmistusmenetelmiä, vaan sitä tulisi tarkastella muiden menetelmien yhtenä vaihtoehtona eri hyötyjä ja haittoja punnitien.

” ...that’s what is sticking advantage of 3D-printing is something which only 3D-printer can do ... it demands completely new way of design thinking! ... like when you already think about how to design, just depending on your training, like, our training is for using traditional technologies ... we’ll have to scrap that training and try to start, like, completely new training which would actually induce you to use these new technologies.” (#3)

Toinen Toimija-tyypin alatyypin on Kuluttaja-käyttäjä. Kuluttajaksi määritellään tässä kohdalla sellainen henkilö, joka ei välttämättä ole ammatiltaan muotoilija tai luovan alan toimija tai toteuttaja. Kuluttaja-käyttäjä näyttäytyy tässä tilanteessa artikkeleita kuluttavan toimijan roolissa tai tuotteen käyttäjänä. Tämä tyyppi jaetaan myös kolmeen merkittävään teemaan. Ne ovat Sitoutuminen, Tarpeet ja Mahdollisuudet (Kuva 17).



Kuva 17. Toimija-tyypin Kuluttaja-käyttäjä-alatyypin kolme teemaa.

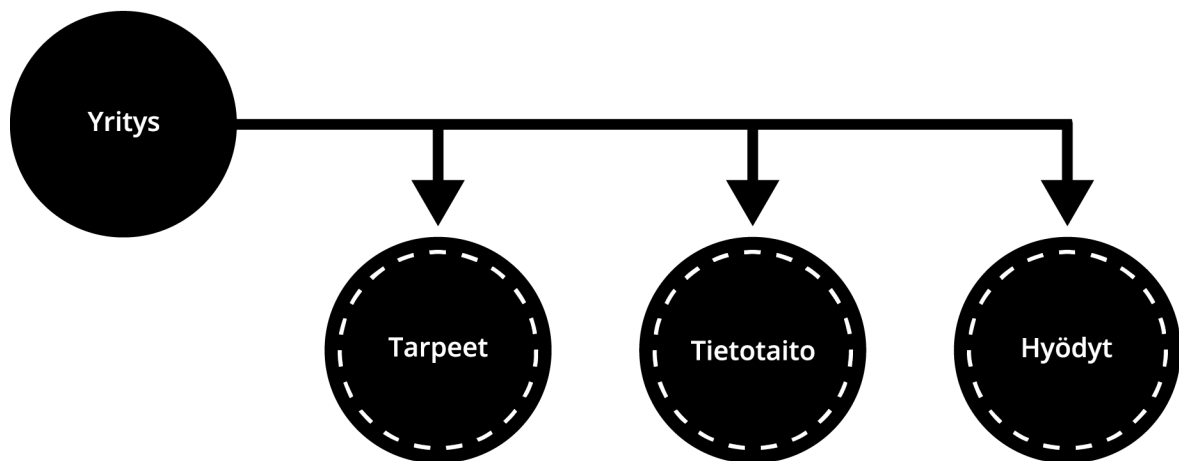
Kuluttaja-käyttäjän sitoutuminen näkyi haastatteluissa monella eri tavalla. Pikavalmistusteknologian jalkautuminen kaikkien ihmisten käytettäväksi muun muassa FabLab-tilojen kautta tuo nähtäväksi työprosessin ne vaiheet, mitä fyysisen tuotteen valmistuksessa käydään lävitse. Tällöin Kuluttaja-käyttäjä saa ymmärryksen siitä, mitä kaikkea tuotteen valmistaminen edellyttää. Sen lisäksi FabLab-ympäristöt korostavat Tee-se-itse -kulttuuria. Tuotteen ja sen valmistajan, tällaisessa tapauksessa myös käyttäjän, välille syntyy hyvin usein tunneside valmistamisen aikana, sillä käyttäjä investoi tuotteeseen tekemällä sen eteen työtä. Valmistamalla tuotteita itse, kuluttaja kokee voimaannuttavan tunteen tuottaessaan itselleen tavoittelemansa asian. Tällöin tuotteesta halutaan pitää myös huolta ja tarvittaessa käyttää resursseja sen korjaamiseen. Tällainen toiminta on ekologisesti kestävämpää vähentäen tuotteiden kertakäyttöisyyttä. Näiden lisäksi, esimerkiksi FabLab-ympäristöjen luonne on vahvasti yhteisöllinen, jossa ihmiset auttavat toisiaan. Yhteisöllisyys sitouttaa ja kantaa itse itseään.

Kuluttaja-käyttäjän tarpeet jakaantuivat haastatteluissa kolmeen ryhmään: ensimmäisellä pikavalmistuksen käyttäjäryhmällä on jonkin tuotteen tai kappaleen korjaamisen tarve. Pikavalmistamalla käyttäjä kykenee valmistamaan itsenäisesti yksittäisen osan tai osien kokonaisuuden, joiden avulla on mahdollista saada rikkoutunut tuote tai kokonaisuus taas toimintakuntoon. Toisen käyttäjäryhmän ihmiset ovat puolestaan lähtökohtaisesti enemmän pelkästään uteliaita uutta teknologiaa kohtaan ja haluavat selvittää mitä kyseisellä laitteistolla on mahdollista valmistaa. Tämän käyttäjäryhmän motivaatio on kerryttää sitä tietotaitoa, jota he mahdollisesti tulevaisuudessa voisivat tarvita. Näissä kahdessa ensimmäisessä ryhmässä käyttäjien tavoite oli pääasiallisesti lopputuote, jolloin tuotteen kehityksen prosessilla ei ollut niin väliä. Kolmas käyttäjäryhmä koostuu sellaisista ihmisistä, joilla on jonkinlainen valmis työ tai prototyyppi, jonka he halusivat rakentaa. Tähän käyttäjäryhmään kuuluu paljon insinööri- ja suunnittelutaustaisia ihmisiä tai tietynlaisen keksijäluonteen omaavia ihmisiä. Heidän tarpeensa on yleensä kehittää jotain pikavalmistusteknologiaa hyödyntäen. Tässä ryhmässä valmistettavalla asialla on huomattavasti selkeämpi funktio kyseisen työn kehitysprosessissa.

Pikavalmistusteknologian jalkautuminen ihmisten lähelle mahdollistaa lähes jokaiselle ta-
van toteuttaa itseään ja tehdä sellaisia asioita, joita he eivät muuten voisi valmistaa. Avoi-
met työskentely-ympäristöt tukevat tällaista toimintaa. Ihmisillä on tarve ilmaista itseään
ja suunnitella omia asioita motivaationsa ja erilaisten tarpeiden tyydyttämiseksi.

” FabLab has the idea that it should be as much as possibly DIY (do-it-yourself) workshop
... though we can give advice and give points as we’ve tried to give hands on as possible
...so say this is some advice to a certain direction and let them to do it. So, in that way I
think they (people) are a lot more involved in a fabrication process.” (#5)

Kolmas Toimija-tyyppin alatyypin on Yritys ja se jaotellaan seuraaviin teemoihin: Tarpeet,
Tietotaito sekä Hyödyt (Kuva 18). Yrityksen tarpeet määrittelevät merkittävästi sitä,
kuinka pikavalmistus näyttäytyy yrityksessä. Koska kestävän yritystoiminnan perusele-
mentti on sen tavoite tuottaa taloudellista menestystä, pikavalmistusteknologiaakin tar-
kastellaan osana yrityksen tarpeita aivan eri lailla kuin Kuluttaja-käyttäjän kohdalla. Yri-
tykset tarkastelevat teknologian tarvetta myös tarkemmin siltä osin, onko sen tarve ajoit-
tainen vai jatkuva.



Kuva 18. Toimija-tyyppin Yritys-alatyypin kolme teemaa.

Tietotaidon osalta haastatteluissa nousi esille, että suomalaisissa yrityksissä tullaan pe-
rässä muuhun maailmaan verrattuna erityisesti suoran pikavalmistuksen osalta. Pikaval-
mistusta käytetään yhä pääasiassa vain prototypointiin. Pikavalmistuksen kanssa olevat

tahot pyrkivät kuitenkin lisäämään yritysten tietotaitoa tuomalla hyötyjä sekä mahdollisuuksia esille, jotta mahdollinen yrityksen lisätoiminta voisi toteutua.

” There should be a much higher emphasis on an additive manufacturing. Right now, you can’t really see them in Finland, because Finland is using direct manufacturing in a much less than the rest of the world. So obviously, the knowledge isn’t there.” (#2)

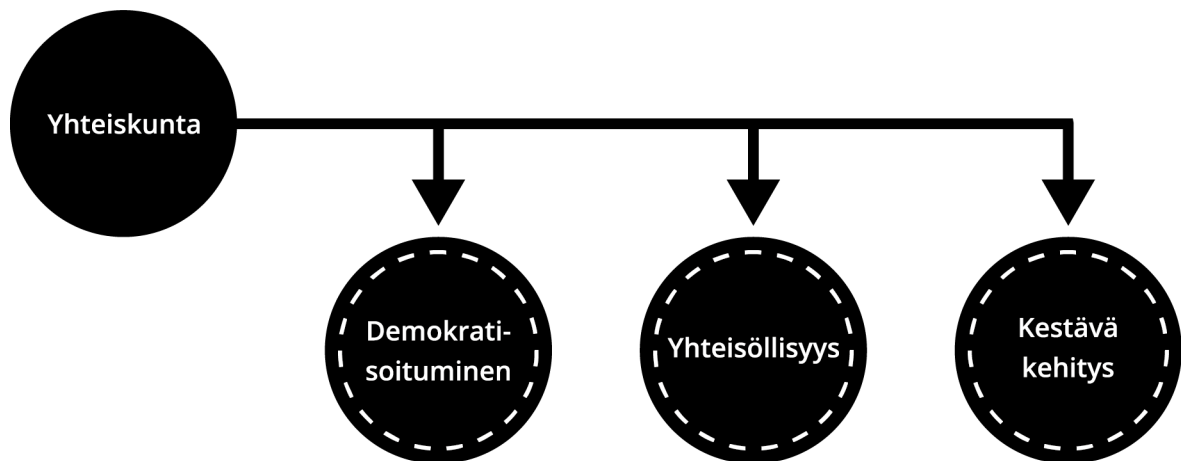
”Teknologia tuodaan siihen yrityksille siihen tarjolle ja sitten, sitenhän tehdään sitä soveltavaa tutkimusta ... se on se luontainen tie, että saadaan se (pikavalmistus) palvelutoiminnan kautta tuotettua, joko ne yritykset saa siitä lisätoimintaa tai sitten siitä muodostuu meille palvelutoimintaa.” (#6)

Pikavalmistuksen on tuotava jotain uutta hyötyä sellaisille yrityksille, joiden käyttämät nykyiset valmistustekniikat ovat hioutuneet vuosikausien saatossa hyvinkin optimoiduiksi. Jotta pikavalmistusta kannattaa käyttää yrityksen tuotekehityksessä, on sen tuotava esimerkiksi säästöjä kustannusten tai ajan osalta. Teknologian on myös oltava riittävän valmista, jotta teknologian hyödyt, mahdollisuudet ja toimintatavat tulevat riittävän selkeästi yrityksille esille. Hyvänä esimerkkinä tästä on robotiikka, joka on löytänyt jo oman paikkansa osana tuotteiden valmistusta.

”Tämän tulostamisen pitää tuoda jotakin lisää siihen (tuotekehitykseen) ... se ei pelkää riittää, että on se tulostin, jolla voidaan tulostaa, koska nykyiset valmistustekniikat on hiottu aika tehokkaiksi, niinkö, kustannuksien kannalta ja ajan kannalta ja muuten ... yhtäkkiä ei vain tule jotakin, että nyt meillä on tällainen ihmelaite, joka ratkaisee kaikki ongelmat.” (#6)

” It’s hard to see right now how 3D-printing could help companies that are, well, producing stuff in a large scale. Like, how can you convince someone, that we can produce thousands of these better with additive manufacturing? Because a thousand is still pretty big number.” (#2)

Toimija-tyyppin neljäs alatyyppejä on Yhteiskunta. Yhteiskunnalliset asiat voidaan jakaa kolmeen teemaan: Demokratisoituminen, Yhteisöllisyys ja Kestävä kehitys (Kuva 19). Demokratisoituminen näkyy kuluttajien ja muotoilijoiden rajapinnan rikkoutumisena. Luovan työn tekeminen on mahdollista ja sallittua kaikille ja siitä on tullut yhä enemmän kontekstisidonnaista. Tämä demokratisoituminen koskee koko yhteiskuntaa, eikä pelkästään tuotemuotoilijoiden ammattikuntaa. Kuluttajan ja tuottajan välinen rajapinta hämärtyy.



Kuva 19. Toimija-tyyppin Yhteiskunta-alatyypin kolme teemaa.

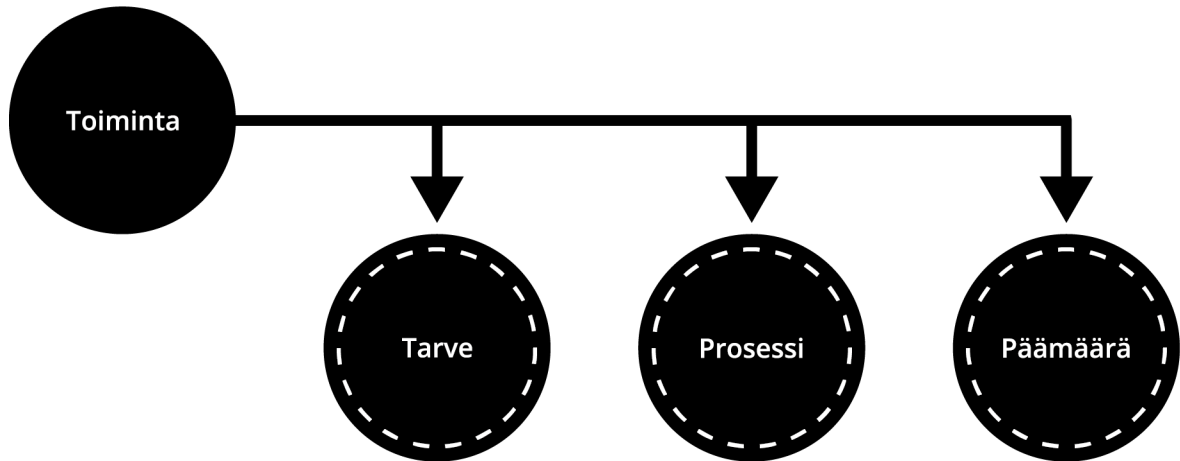
” I think it is much bigger than just, like, design profession. It’s more like on a societal level ... that whole, sort of relation might change. And then, you know, people would design, also people that consume it, and then you (designer) kept in this blurry. I think that is quite big ... difference.” (#1)

Pikavalmistuskulttuuri rakentaa yhteisöllisyyttä. Maailmanlaajuinen FabLab-assosiaatio, yhteistekemistä tukevat julkiset työtilat ja avoin, opastava tekemisen kulttuuri rakentavat tilojen sekä tekemisen ympärille tiiviitä yhteisöjä. Teknologia tuo ihmiset yhteen ja rakentaa siltoja erilaisen taustan omaavien ihmisten välille.

Pikavalmistusteknologiat rakentavat kestävästä kehitystä yhteiskuntaan. Käyttäjien ollessa mukana valmistusprosessissa, luo se automaattisesti tunnesidettä valmistettavaan tuotteeseen. Sen lisäksi pikavalmistus mahdollistaa monien asioiden korjaamisen itsenäisesti vähentäen poisheitettävän jätteen määrää.

4.5.2. Toiminta

Haastatteluaineiston tulosten toinen päätyyppi on nimeltään Toiminta. Se jaotellaan kolmeen teemaan: Tarve, Prosessi ja Päämäärä (Kuva 20). Toiminta-tyyppi kuvaa sellaista toimintaa, mitä toinen päätyyppi, Toimija, toteuttaa pikavalmistusteknologian avulla.



Kuva 20. Toiminta-tyyppin kolme teemaa.

Toiminnan alle sijoittuvat teemat näkyvät tuloksissa osittain limittäisinä. Esimerkiksi toiminnan tarve rakentuu monesta osasta. Se nivoutuu usein vahvasti tavoiteltavaan lopputulokseen, tiettyyn etukäteen asetettuun päämäärään, joka nähdään olevan tuotekehitysprosessin loppupäässä.

Edelleenkin on selkeästi nähtävillä pikavalmistuksen käytön sijoittuvan pääasiassa prototyyppien valmistuksen, erityisesti Suomessa, ja siihen vaiheeseen prosessia, jossa on tarkoitus kokeilla ja testata kehitettävän tuotteen eri toimintoja. Pikavalmistus tarjoaa kuitenkin muotoiluprosessiin sellaisiakin uusia vaihtoehtoja, joita ei aina osata hyödyntää. Yksi suurimmista pikavalmistuksen ongelmista onkin, että tuotteita prototypoidaan pikavalmistuksen avulla vanhoille, perinteisille valmistusmenetelmille. Tässä tapauksessa pikavalmistuksen parhaat edut katoavat ja parhaat mahdollisuudet jäävät käyttämättä.

” ... designers have been taught to design in a certain way which makes sense because of a (traditional) manufacturing and it’s really hard to escape that ... if we ask them to design product for additive manufacturing, it will still feature lots of things that are there only for (traditional) manufacturing reasons.” (#2)

Tuotekehityksen prototyyppien valmistamisessa ei ole syytä pitäytyä vain yhdessä tekniikassa, vaan ne tulisi valmistaa aina todellista tarvetta vastaten. Vaikka pikavalmistus tarjoaakin hyvät mahdollisuudet prototyyppien valmistamiseen, ei kyseinen tekniikka ole aina paras tilanteeseen sopiva vaihtoehto, jos todellinen tarve ei sitä edellytä.

Nykyinen prosessi tähtää lopputuotteeseen, joka on usein massatuotannossa valmistettu, perinteisillä teollisilla valmistusmenetelmillä valmistettu tuote. Pikavalmistuksen avulla on esimerkiksi mahdollista toteuttaa suoraan koko lopputuote. Toiseksi pikavalmistuksen avulla voidaan valmistaa sellainen tuote tai tuotteen osa, joka ei ole edes kokonainen tai valmis ja vasta loppukäyttäjä määrittää tälle tuotteelle sen tarkoituksen. Voidaankin puhua tietynlaisesta työkalupakista tai alustasta, jossa muotoilija tarjoaa mahdollisuuksia, mutta ei yhtä selkeää, lopullista ratkaisua.

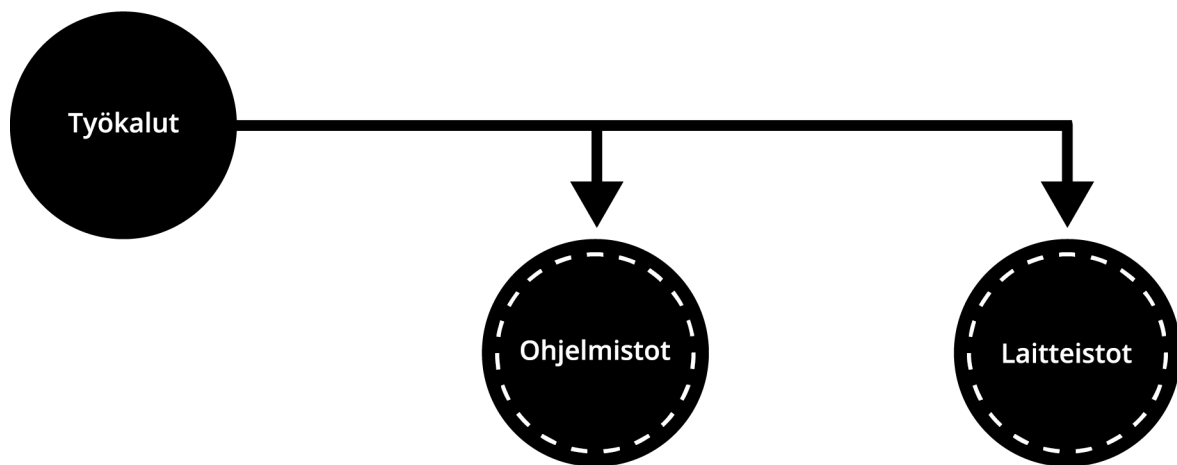
Tämän lisäksi pikavalmistuksen ympärille kehittynyt toimintakulttuuri vaikuttaa muotoilijaan niin, että muotoilijan toimintatapoja tulee tarkastella uudella tavalla. Erilaiset internetin palvelut, kuten Shapeways, tarjoavat muotoilijalle uusia valmistus- ja liiketoimintamalleja helpottaen tuotteen saamista markkinoille. Muotoilijan ei välttämättä tarvitse enää vakuuttaa valmistusta ja myyntiä hallitsevaa yritystä oman tuotteen oikeudesta päästä markkinoille, vaan hän voi sivuttaa tämän vaiheen prosessissaan kokonaan ja antaa kuluttajien määrittää tuotteen arvioinnin suoraan markkinoilla.

Pikavalmistuksessa on havaittavissa tiettyä paradigman muutosta, mutta se ei tapahdu kovin nopeasti. Syitä tähän on muun muassa se, että muotoilijat ovat koulutettu tiettyyn muottiin, perinteistä valmistusmenetelmää lopputuotteen valmistuksessa hyödyntävään ajattelutapaan. Vanhojen tapojen muuttaminen vaatii aikaa ja se edellyttää kokonaisvaltaisempaa ajattelutavan muutosta. On kuitenkin syytä todeta, että perinteiset valmistusmenetelmät eivät ole katoamassa, eikä muotoiluprosessia ole syytä aina muuttaa. Jotta

pikavalmistusta voidaan hyödyntää tehokkaasti, tulisi prosessia kuitenkin tarkastella perinteisen valmistusmenetelmän vaatimusten ulkopuolelta.

4.5.3. Työkalut

Työkalut-tyyppi on jaoteltu kahteen teemaan. Nämä ovat: Ohjelmistot ja Laitteistot (Kuva 21). Myös Työkalut-tyyppi voidaan nähdä tietyllä tapaa alisteisena Toimija-tyypille, jonka sisäinen toimija toteuttaa tiettyä toimintaa käyttämällä Työkalut-tyyppien teemoihin merkityksiä rakentavia objekteja.



Kuva 21. Työkalut-tyypin kaksi teemaa.

Ohjelmistot-teema nostaa esille käytettävien työkalujen osaamisen merkityksen. Usein pikavalmistusta käyttävät ihmiset pitäytyvät sellaisissa ohjelmissa, joiden käytön he ovat jo aikaisemmin omaksuneet. Pikavalmistuksessa usein edellytettävä kolmiulotteisten mallinnusten toteuttaminen tapahtuu sellaisilla ohjelmilla, joiden käytön aloittamisessa on suhteellisen korkea kynnyks. Vaikka markkinoilla on useampia matalan kynnyksen mallinnusohjelmia, ongelmia syntyy usein siinä vaiheessa, kun käyttäjä haluaa suunnitella niiden avulla jotain monimutkaisempaa. Ohjelmistojen osaaminen on vähintään yhtä, jos ei jopa tärkeämpää kuin laitteiden käytön osaaminen, sillä vain hyvällä ohjelmistojen hallinnalla käyttäjä voi hyödyntää pikavalmistuksen kaikkia mahdollisuuksia.

” And then the barrier, I think, it’s still a quite high for most of the advantage of the 3D-modeling... People are often trying to start with something maybe what they are familiar with already and then trying to get it 3D-printed somehow.” (#5)

” Software tools are very important ... especially for 3D-printing because of the, like, all these possibilities with 3D-printing ... but you have to have right tools, like Grasshopper for instance ... it’s not that just program specifically, but just the way of thinking, part of the drawing is very different, so that is critical skill to learn... you need to have some knowledge about form and drawing and those things before start to go to that I think.” (#1)

Pikavalmistukseen liittyvästä innostuksesta huolimatta on tärkeää ymmärtää, että laitteet ovat edelleen osin rajoittuneita. On kuitenkin nähtävissä sellaista kehitystä, joka on lähtenyt lähes räjähdysmäisesti etenemään pikavalmistusteknologian tiettyjen patenttien raukeamisen jälkeen. Tätä on seurannut useita teknologiaan kohdistuvia investointeja sekä ammattilaisille ja amatöörikäyttöön suunniteltujen laitteistojen eron kaventuminen. Laitteistoilta edellytetään erityisesti helppokäyttöisyyttä, koska teknologia on yhä useimmille käyttäjille uutta.

Pikavalmistuslaitteet ovat jo nyt vaikuttaneet muotoilijan työhön ja muutos tulee vain vahvistumaan. Riittävä ymmärrys laitteistosta on edellytys sille, että muotoilija voi hahmottaa kappaleen rakentumisen käytännössä ja ratkaista eri käytännön ongelmia. Osaisella voidaan myös nopeuttaa tarpeen vaatiessa tiettyjä muotoilun vaiheita.

Tämänhetkinen pikavalmistuksen käyttö sijoittuu edelleen vahvasti prototypointiin. Jotta pikavalmistamalla voitaisiin valmistaa lopullisia tuotteita, edellyttää se teknologian yleisten kustannusten ja materiaalikustannusten laskua, parempaa pinnanlaatua sekä materiaalien teknisiä ominaisuuksia. Teknologian kehitys on kuitenkin menossa kohti lopullisen tuotteen valmistamista, kuten esimerkiksi uuden CLIP-tekniikan kehitys osoittaa. Tämän lisäksi muun muassa uudet SLA-tekniikkaa hyödyntävät laitevalmistajat tuovat jatkuvasti uusia kehittyneempiä laiteversioita ja valmistusmateriaaleita markkinoille.

5. Muotoiluprojekti See Through – Light Capturer

Tutkimuksen produktiivinen osuus on toteutettu See Through -projektissa teknologian tutkimusyhtiö VTT Oy:lle, joka toimi yhtenä projektikonsortion jäsenenä. Osuus koostuu muotoiluprojektista, joka toteutettiin 28.11.2014-27.2.2015 välisenä aikana. Projektin tarkoituksena oli suunnitella asiakasyrityksen kehittämälle sensorijärjestelmälle konseptisuunnittelutyö erityisesti pikavalmistuksen etuja hyödyntäen. Projektin aikana VTT:n edustajilta kerättiin kyselylomakkeet välipresentaatioissa 10.12.2014 sekä loppuesityksessä 22.01.2015. Kyselylomakkeet ovat esitetty liitteissä (Liite 1 sekä Liite 2).

Projektin muotoilija oli neljännen vuoden muotoilijaopiskelija ja hänen aikaisempi kokemus elektronisten laitteiden suunnittelusta perustui aikaisempien opintojen aikana hankittuun muotoiluosaamiseen aiheesta, kuten muun muassa kandidaattityössään toteutettuun antureiden päätelaitteiden käytettävyyteen ja kotelointiin. Oleellisesti muotoilutyöhön vaikutti myös Lapin yliopiston teollisen muotoilun koulutusohjelmalle maaliskuussa 2014 hankittu MakerBot Replicator 2X -3D-printteri, jonka käytöstä oli tullut nopeasti osa muotoilijan työskentelyprosessia.

5.1. Muotoilutehtävän tausta

VTT oli osana See Through -projektia kehitellyt eräänlaista virtuaalista valoprinttausta, jossa käyttäjä pystyi hallinnoimaan ympäristönsä valomaailmaa. Tekniikka perustui erilaisiin sensorijärjestelmiin, joiden testaamista he olivat onnistuneesti jo toteuttaneet. Tämän järjestelmän yhteen osaan, Light Capturer -laitteeseen, VTT halusi muotoilijan avuksi konseptointiin, jotta kyseistä laitetta ja järjestelmää voitaisiin kehittää eteenpäin. Laitteen tarkoituksena oli tallentaa tietyssä ympäristössä esiintyvät luonnolliset valot ja värit valokuvan lailla digitaaliseksi informaatioksi, jotta kyseinen kokemus voitaisiin toisintaa laboratorio- tai muussa ihmisen kontrolloimassa ympäristössä uudestaan

Light Capturer oli osa suurempaa kokonaiskonseptia, jota kutsuttiin nimellä Light Streamer. Tähän kokonaisuuteen kuuluivat älyvaloista koottu valaisinmatriisi, liikeseenso-reista koostuva, tilassa olevat ihmiset havainnoiva People Tracker sekä järjestelmään tie-don tuottava Light Capturer. Tieto laitteiden välillä kulki erillisen välityspalvelimen kautta.

Light Streamer -kokonaisuuden tavoitteena on tarjota ihmiselle intuitiivinen tapa luoda erilaisia tilanteita ja hyödyntää älyvalaistuksen koko potentiaali. VTT oli juuri tätä varten rakentanut laboratoriotilan, jossa oli mahdollisuus kokea tilaan asennettujen kontrolloitu-jen valaisimien luoma ainutlaatuinen kokemus. Siellä älyvalaisimet ja käyttäjää seuraavat laitteet optimoivat tilaan heijastuvan valon juuri oikeanlaiseksi.

5.2. Muotoiluprojekti ja rakenne

Muotoiluprojektin tehtävänä oli suunnitella VTT:n kehittämän Light Capturer -laitteen fyysinen muotokieli ja malli. Tämän konseptoinnin lopputuotoksia VTT voisi käyttää niin kokonaiskonseptin kuin Light Capturer -laitteen jatkekehityksessä. Alkuperäinen suunnitelma projektin kestosta oli suunniteltu suhteellisen lyhyeksi ja siinä käytettäisiin muun muassa pikavalmistusta osana muotoiluprosessia. Projektin kokonaisuus venyi kuitenkin kestoltaan ja tavoitteiltaan alkuperäisestä suunnitelmasta, sillä kokonaiskonseptin ollessa vielä kehitysvaiheessa, muuttuivat myös asiakkaan toiveet projektin lopputuotoksista.

Kokonaisuudessaan muotoiluprojekti koostui neljästä tapaamisesta ja yhdestä etäkeskus-telusta sähköpostin välityksellä (Kuva 22). Tapaamiset toimivat projektin välietappeina, joissa VTT:n edustajat ottivat kantaa muotoilijan ehdotuksiin, arvioivat ja evaluoivat konseptia. Muotoilija toteutti omalle muotoiluprojektille alustavan projektisuunnitelman, joka käytiin projektin aloituspalaverissa yhdessä läpi.

Muotoiluprosessin selkeyttämisen vuoksi muotoiluprosessi on jaoteltu välietappien eli asiakasyrityksen tapaamisten kautta. Tällä tavalla tarkasteltuna Light Capturer -muotoilu-projekti voidaan jakaa viiteen pienempään osioon, joita on mahdollista tarkastella lähem-min.

VKO	TEHTÄVÄT	TAVOITE	TAPAAMISET
48	<ul style="list-style-type: none"> • alustava projektisuunnitelma • aihealueen taustatutkimus 		28.11.2014 (VTT Oulu) Aloituspalaveri
49	<ul style="list-style-type: none"> • luonnostelu/mallinnus • prototypointi (3D-printteri) 	Ulkonäkömallit, 3 kpl (1:2)	
50	<ul style="list-style-type: none"> • esityskuvat/mallinnus • prototypointi (3D-printteri) 		10.12.2014 (VTT Oulu) Välipresentaatio
51	<ul style="list-style-type: none"> • jatkokehitys/mallinnus • prototypointi (3D-printteri) 	Ulkonäkömalli, 1 kpl (1:2)	19.12.2014 (Etäyht.) Väliraportti
52			
01			
02	<ul style="list-style-type: none"> • mallinnus • prototypointi (3D-printteri) 		
03	<ul style="list-style-type: none"> • mallin rakennus (3D-printteri) • mallin viimeistely 	Ulkonäkömalli, 1 kpl (1:1)	
04	<ul style="list-style-type: none"> • mallin viimeistely • esityskuvat 		22.01.2015 (VTT Oulu) Loppupresentaatio
05			
06			
07	<ul style="list-style-type: none"> • mallinnus • mallin rakennus (3D-printteri) 		
08	<ul style="list-style-type: none"> • mallin rakennus (3D-printteri) • mallin viimeistely 	Ulkonäkömalli, 1 kpl (1:1,5)	
09	<ul style="list-style-type: none"> • mallin viimeistely • mallin luovutus 		27.02.2015 (VTT Oulu) Mallin luovutus

Kuva 22. See Through – Light Capturer -projektin toteutunut työvaihekaavio.

5.2.1. Ensimmäinen osio: Alustava vaihe

Projektin ensimmäinen osio ajoittuu aikaan ennen virallista aloituspalaveria. Ensimmäiset tiedot projektista muotoilija sai 18.11. työskennellessään projektityöntekijänä omalta esimieheltään, jonka perusteella taustatyö oli mahdollista aloittaa. Muotoilija sopi VTT:n edustajien kanssa aloituspalaverin, joka järjestyi lopulta 28.11. Oulussa VTT:n tiloissa. Kyseisen projektin kokonaisuuden ja työmäärän hahmottamisen avuksi muotoilija aloitti rakentamalla alustavan projektisuunnitelman (Kuva 23) senhetkiseen tietoon perustuen. Tämä mahdollisti konkreettisen lähtökohdan projektin ensimmäiseen yhteiseen tapaamiseen.

ALUSTAVA PROJEKTISUUNNITELMA - 21.11.2014

Projektin tarkoituksena on muotoilla VTT:n kehittämän sensorijärjestelmän koteloinnin konseptointi. Projekti toteutetaan käyttämällä mahdollisimman paljon nopean prototypoinnin välineitä, kuten 3D-tulostus tai laserleikkaus.

Aloituspalaveri on tarkoitus pitää viikon 48 aikana ja välipalaveri viikon 50 lopussa. Konseptin loppupresentaatio pyritään pitämään viikon 51 loppupuolella.

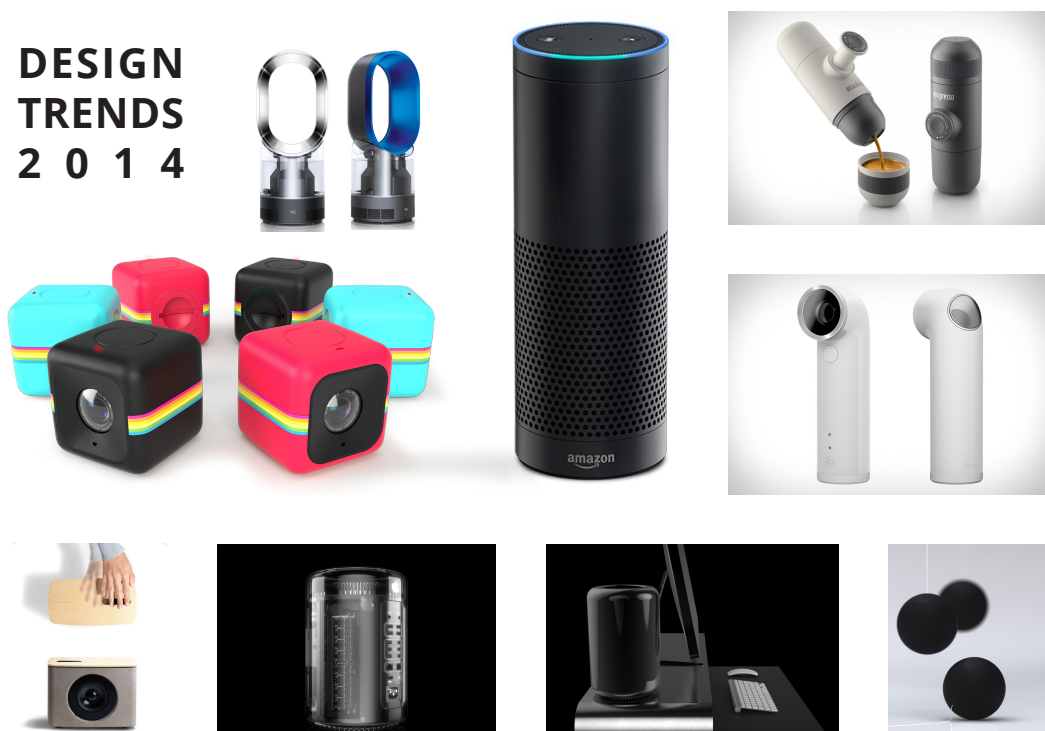
TEHTÄVÄ/VKO	48/2014	49/2014	50/2014	51/2014
Taustatutkimus	////			
Ideointi	////	////		
Prototypointi	////	////	////	
Konseptimalli			////	////
Konseptiesitys			////	////

LOPPUTUOTOKSET

- taustatutkimukseen ja käyttäjäryhmään perustuva muotokieliohjeistus
- konseptitason esitys tuotteen mekaniikan ja koteloinnin sopivuudesta
- viisi (5) esityskuvaa valmiista konseptista
- kolme (3) skenaariokuva konseptista käyttöympäristössään
- konseptin 1:1 -kokoinen ulkonäkömalli

Kuva 23. Alustava projektisuunnitelma Light Capturer -projektille.

Projektsuunnitelman lisäksi muotoilija perehtyi suunniteltavaa konseptia vastaaviin, jo markkinoilla oleviin tuotteisiin ja niihin tällä hetkellä vaikuttaviin trendeihin. Aloituspala-
vertiin muotoilija rakensi niin hänelle itselleen kuin asiakasyrityksen edustajille keskuste-
lun avuksi Design Trends -kuvakollaasiin (Kuva 24), jossa tuodaan esille kyseisellä aihealu-
eella jo valmiiksi hyvin suunniteltuja tuotteita. Samalla tätä kuvakollaasia olisi mahdollista
käyttää keskustelun tukena siitä, millaista muotokieltä Light Capturer -laitteelta haluttiin.



Kuva 24. Aloituspalaveriin koottu kuvakollaasi muotoilutrendeistä 2014.

5.2.2. Toinen osio: Luonnosteluvaihe

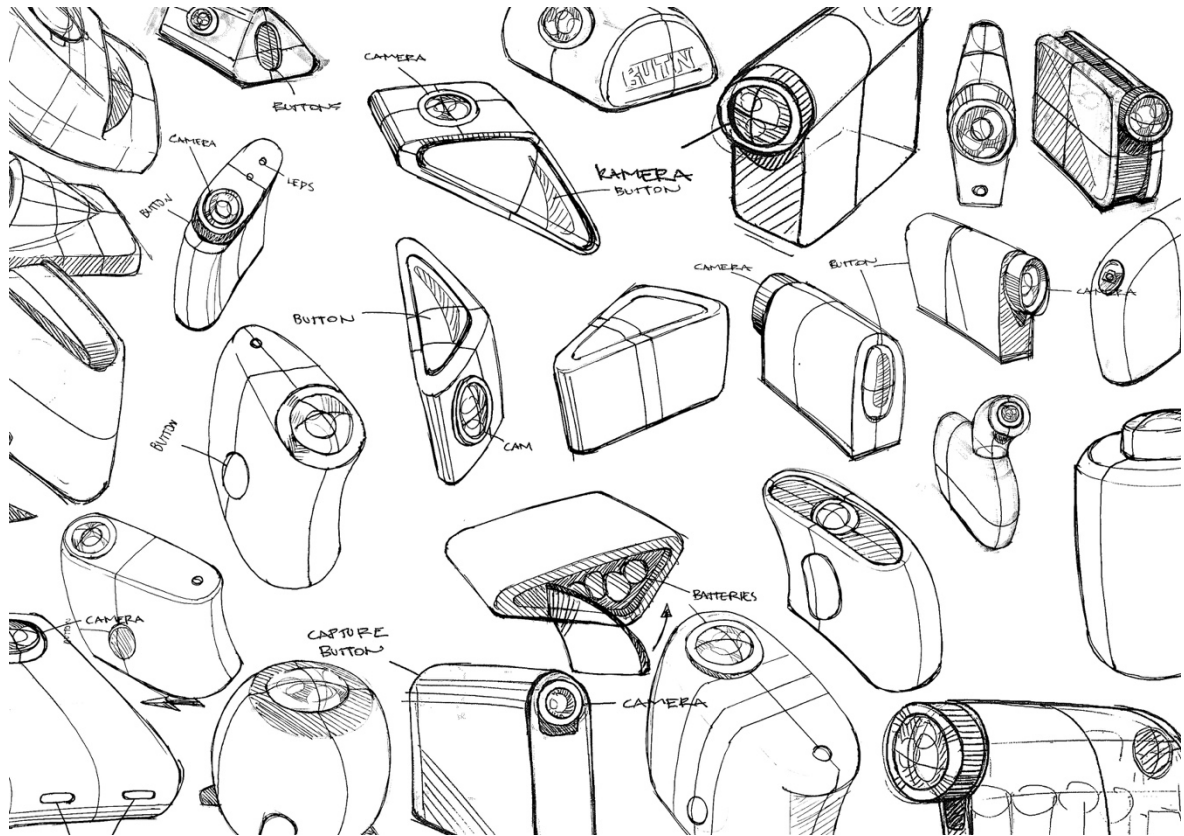
Projektin aloituspalaveri pidettiin 28.11.2014 VTT:n toimitiloissa Oulussa. Paikalla oli muotoilijan lisäksi VTT:ltä kaksi projektin vastuuhenkilöä, projektitutkija sekä muotoilija-kollega. Palaverissa keskusteltiin yleisesti projektitehtävästä ja perehdyttiin hieman tar-
kemmin tavoitteisiin ja aikatauluihin. Palaveri antoi muotoilijalle paljon lisätietoa mitä kaikkea suunniteltavan konseptin pitäisi sisältää ja mikä tarkoitus koko konseptilla oli.

Alustavan projektisuunnitelman avulla projektin aikatauluja käytiin läpi ja tehtiin sen perusteella yhteisiä rajauksia työn määrästä ja tehtäväkuvista. Muotoilijan esittelemä Design Trends -kuvakollaasi sai hyvän vastaanoton ja sitä seurannut keskustelu antoi muotoilutyöhön melko selkeän käsityksen mitä asiakkaan edustajat halusivat konseptimuotoiluprojektilta.

Vaikka osa projektiin vaikuttavista kysymyksistä jäi edelleen auki, muotoilutyö pääsi tehokkaasti alkuun. Muotoilijan tarkoituksena oli luonnostella piirtäen ja mallintaen erilaisia konseptiehdotuksia, joista esiteltäisiin kolme parasta ehdotusta välipresentaatioissa 10.12.2014. Asiakasyrityksen ohjeiden mukaisesti luonnostelun vaiheessa perspektiivi pidettiin suhteellisen laajana ja vapaana. Laitteen muotokieleltä toivottiin selkeää, trendikästä ja ammattimaista ilmettä. Sen lisäksi laitteelta toivottiin muutamia yksittäisiä teknisiä yksityiskohtia, kuten Rasperry Pi -mikroprosessorin ja kamerayksikön integroimista.

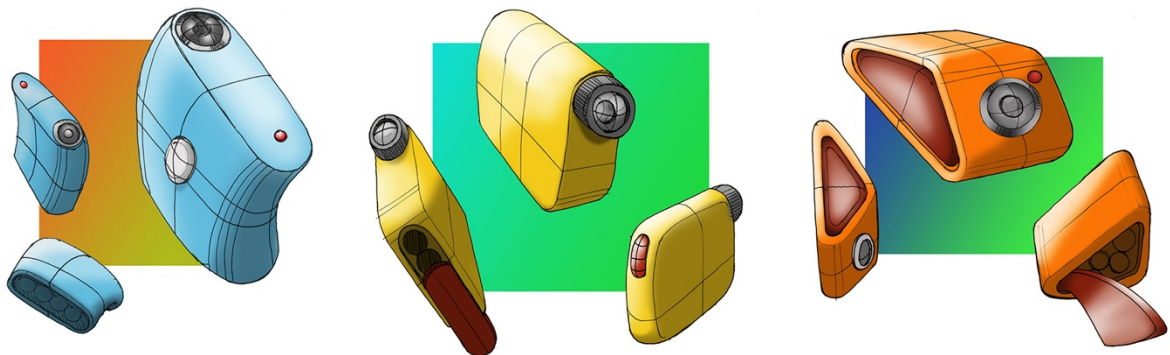
Muotoilija aloitti luonnostelun piirtäen laajalla skaalalla erilaisia ideoita. Prosessin tässä vaiheessa luonnostelu oli tietoisesti mahdollisimman kriittiköntä, jota arvioitiin tasaisin väliajoin tiedossa olevien reunaehtojen turvin. Luonnostelua jatkettiin itsenäisten väliarviointien avulla noin viikon verran.

Projektin alkuvaiheessa luonnostelu tapahtui pääasiassa käsin piirtäen (Kuva 25). Ideointityötä toteutettiin samanaikaisesti myös Rhinoceros -mallinnusohjelmassa, joskin sen merkitys tässä vaiheessa oli lähinnä valmistaa ideoita konkreettiseen, pikavalmistamalla toteutettavaan ulkonäkömallin valmistukseen. Yhtäaikaisen mallintamisen takia muotoilijalla oli mahdollista toteuttaa 3D-tulostimella prototypointia nopeasti. Ylipäätään pikavalmistuksen merkitys koko projektissa toimi myös yhtenä motivaation nopean mallinnuksen aloittamisen puolesta.



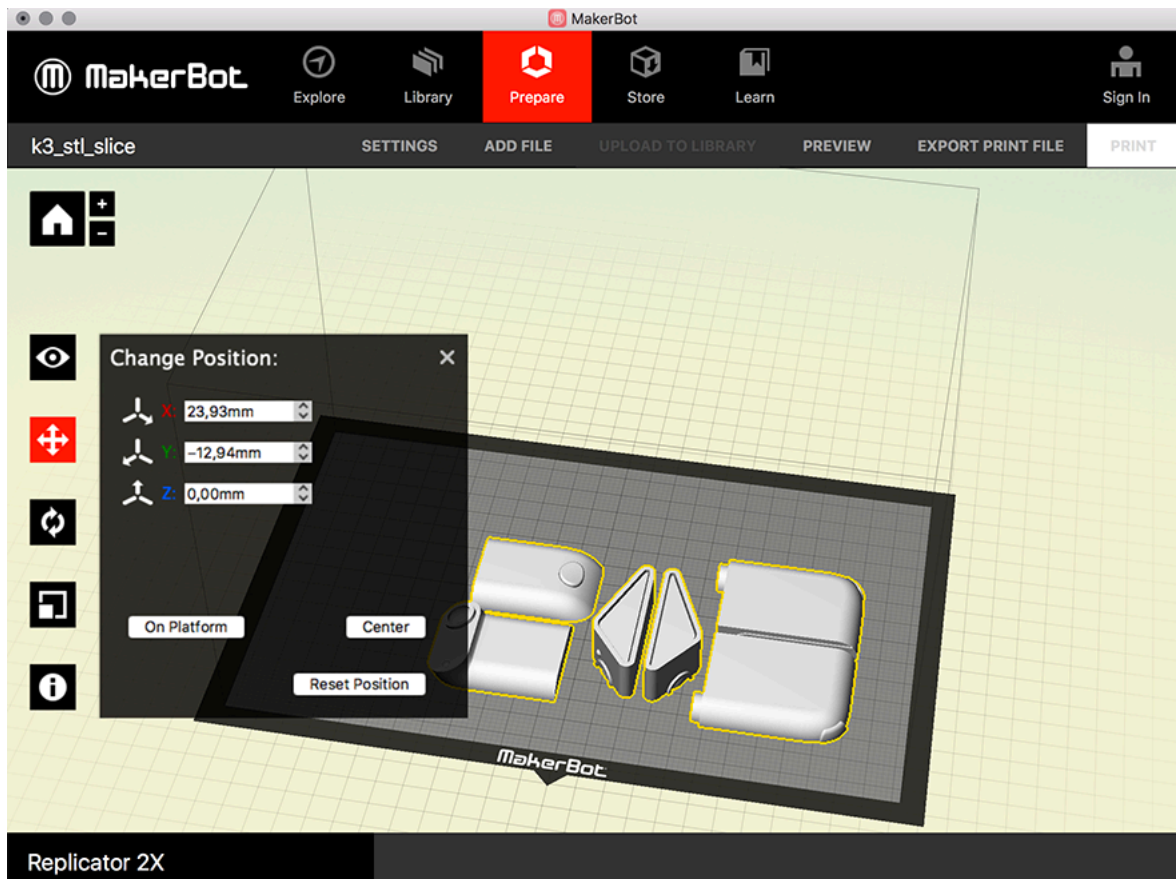
Kuva 25. Kooste alkupään luonnoksista Light Capturer -laitteesta.

Muotoilija toteutti säännöllistä ideoiden rajaamista luonnosteluvaiheen edetessä. Käsin piirrettyjen luonnosten ja 3D-tulostettujen mallien avulla muotoilijalle selkeni suhteellisen nopeasti kolme selvästi toisistaan erottuvaa linjaa, jotka vastasivat tavoitteita ja olivat luonteeltaan kuitenkin riittävän erilaisia (Kuva 26). Näitä kolmea erillistä luonnostelulinjaa kuljetettiin yhä eteenpäin samalla jatkaen yleistä ideointityötä uutta luoden sekä eri ideoita yhdistellen ja sekoittaen.



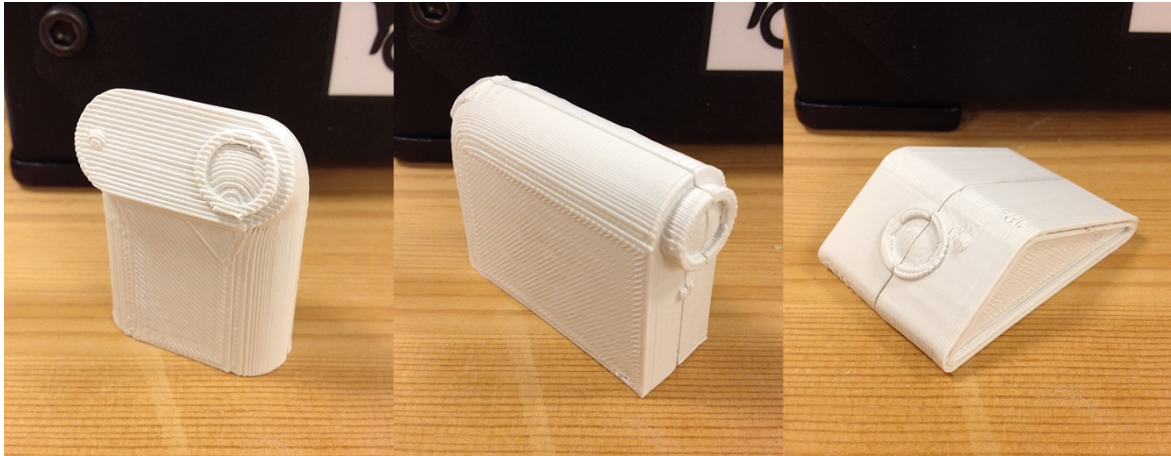
Kuva 26. Välipresentaation kolme piirrettyä luonnosehdotelmää.

Mallinnusohjelmassa muotoilija keskittyi paljon edellytettävän tekniikan ja eri muotojen soveltuvuuteen sekä mallien pikavalmistuksen valmisteluun. Käytettävissä oleva MakerBot -3D-tulostimen ollessa FDM-tulostin, onnistuneet tulostukset vaativat pieniä valmistavia toimenpiteitä (Kuva 27). Mallit päätettiin halkaista sopivasta kohdasta kahtia ja liimata ne jälkikäteen yhteen, jotta tulostus varmasti onnistuisi.



Kuva 27. Halkaistut mallit valmiina tulostukseen MakerWare -ohjelmassa.

Välipresentaatioon valmistettavat mallikappaleet olivat pintamallinnettuja ulkonäkömal-
leja mittaluokaltaan 1:2 (Kuva 28). Tällä tavoin varmistuttiin siitä, että vaihtoehdoista saa-
taisiin tasapuolinen arviointi. Sen lisäksi, liian pitkälle viety prototyyppi voisi antaa hel-
posti valmiin työn vaikutelman, kuluttaisi kallista työpanosta tässä vaiheessa epäoleelli-
seen toimintaan, eikä malleja välttämättä pystyisi enää kommentoimaan riittävän raken-
tavasti. Malleja ei myöskään pintakäsitelty ja viimeistelty liimausta lukuun ottamatta mil-
lään tavalla, jotta sekään ei vaikuttaisi tulevaan arviointiin.

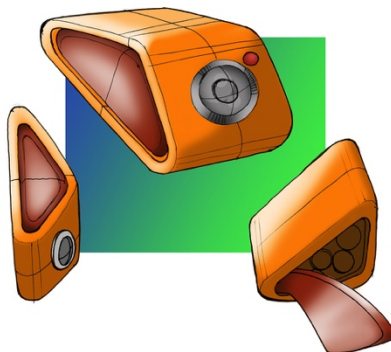


Kuva 28. Välipresentaation kolme 3D-printattua mallikappaletta.

Välipresentaatio pidettiin sovitus mukaisesti 10.12.2014 jälleen VTT:n tiloissa Oulussa. Paikalla olivat projektin kaksi vastaavaa henkilöä VTT:ltä sekä projektitutkija. Tässä välipresentaatiossa kerättiin paikallaolijoilta ensimmäiseen kyselylomakkeeseen vastaukset.

Luonnosten ja ulkonäkömallien esittelyn jälkeen tapaamisessa keskusteltiin pitkään ideoista, mahdollisista kehitysehdotuksista sekä valinnoista ja tehtävistä jatkotoimenpiteistä. Muotoilija sai positiivista palautetta malleista, jotka auttoivat konkretisoimaan ideoita ja hahmottamaan kappaletta, vaikka ne eivät olleetkaan 1:1 kokoisia. Mallit toimivat kuitenkin keskustelun tukena ja antoivat mahdollisuuden perehtyä suunniteltavan konseptin teknisiin ja käytännön vaatimuksiin.

Tapaamisen lopputulemana luonnosteluvaihetta päätettiin jatkaa vielä hieman, jotta valittu konsepti (Kuva 29) kykenisi vastaamaan myös niihin teknisiin ja käytännön vaatimuksiin, jotka nousivat esille 10.12.2014 välipresentaatiossa.

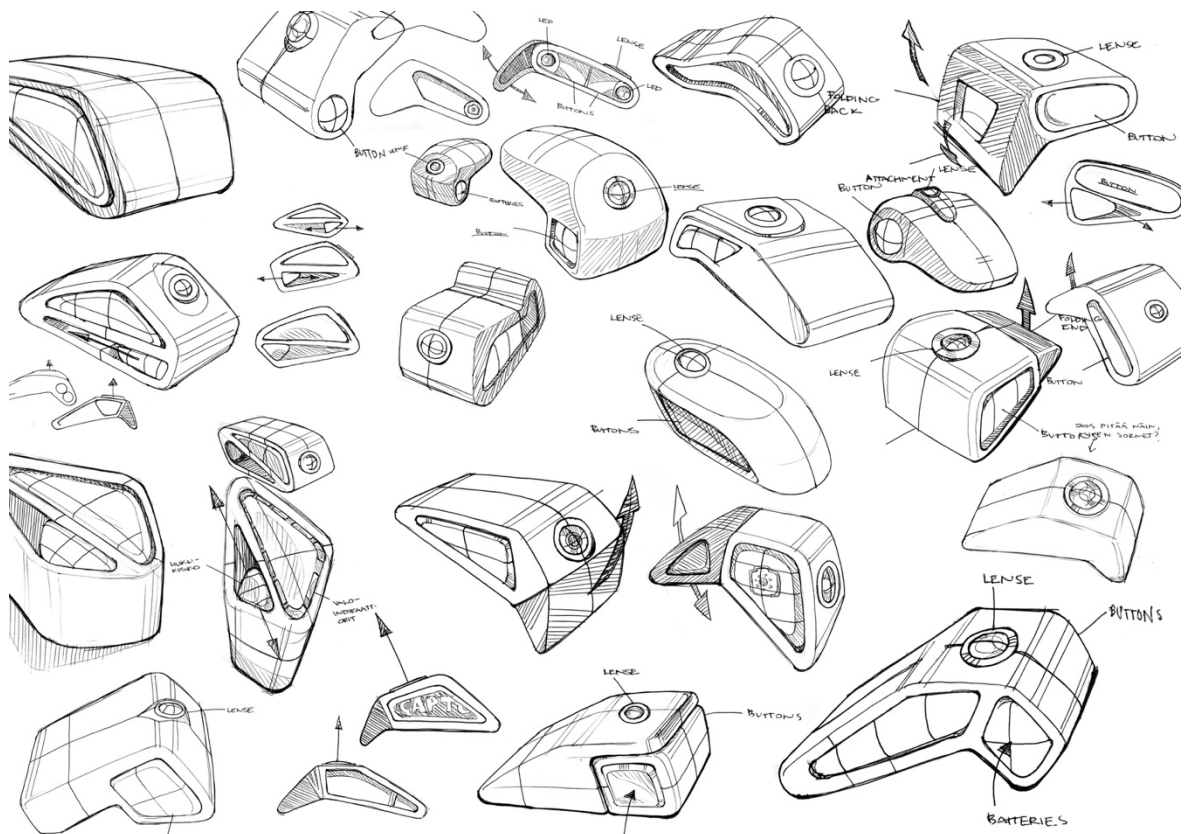


- kameran linssin suojaaminen
- linssin liikuteltavuus eri suuntiin
- led-valon funktion täsmennys
- "tilahiiri" -optio

Kuva 29. Välipresentaatiossa valittu konsepti ja jatkokehitykselle asetetut vaatimukset.

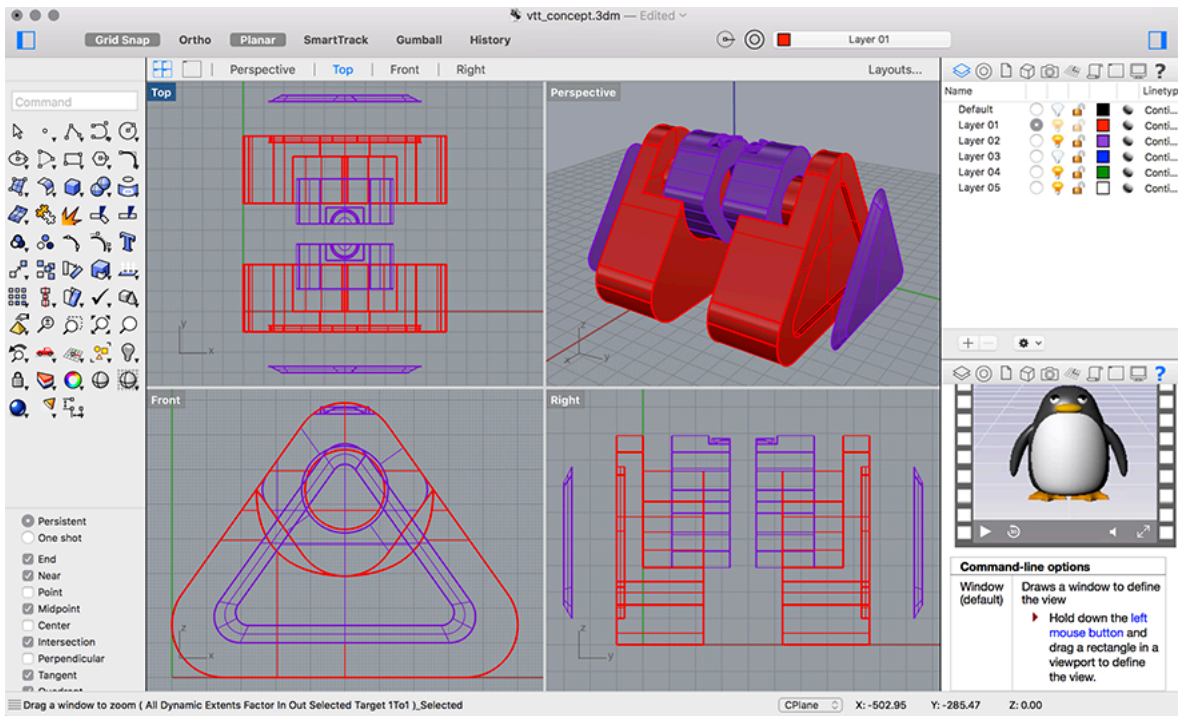
5.2.3. Kolmas osio: Konseptiesitys

Luonnosteluvaihe jatkui valitun konseptin parissa. Jatkokehityksen luonnosteluvaiheen muotoilija aloitti jälleen piirtämällä konseptin muotokieltä käsin (Kuva 30). Hänen tavoitteena oli pitää tämä luonnostelu suhteellisen kriittittömänä, joskin annetut tekniset vaatimukset huomioon ottaen. Konseptin muotokielen annettiin kuitenkin elää vapaammin.



Kuva 30. Kooste jatkokehityksen vapaammista luonnoksista.

Luonnosteluissa siirryttiin eteenpäin suhteellisen pian niiden rajaamiseen saatuun palautteeseen, hyväksi havaittuihin löydöksiin ja jo tehtyihin päätöksiin perustuen. Rajatumman luonnostelun aikana konseptia kehitettiin samanaikaisesti jälleen 3D-mallinnusohjelmassa (Kuva 31), jossa valmisteltiin prototyyppejä toiminnallisuuden testaamiseen 3D-tulostamalla. Tässä vaiheessa malleihin lisättiin edellisessä tapaamisessa sovittua toiminnallisuutta, kuten kääntyvä kameramoduuli. Mallin eri osia haluttiin havainnollistaa paremmin tulostamalla niitä eri materiaaleista (Kuva 32).

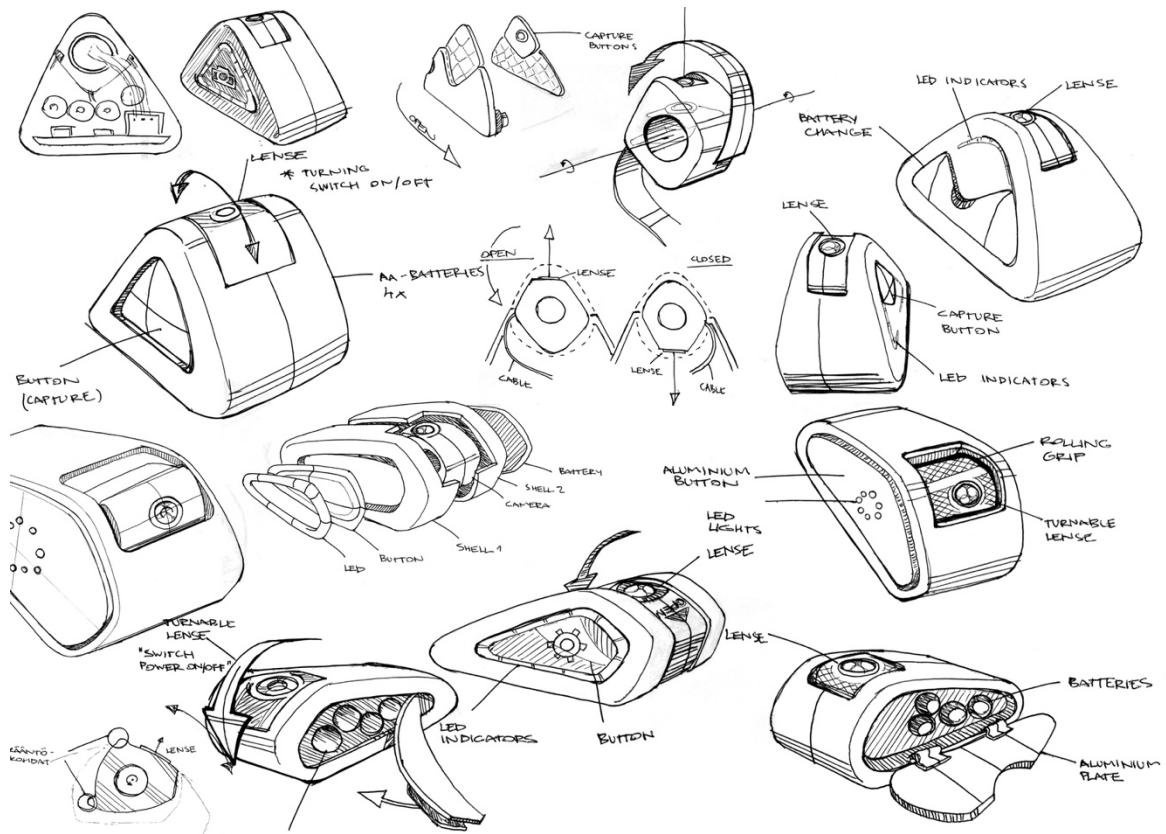


Kuva 31. Yhden luonnoksen ideointia ja valmistelua Rhinoceros-pintamallinnusohjelmassa.



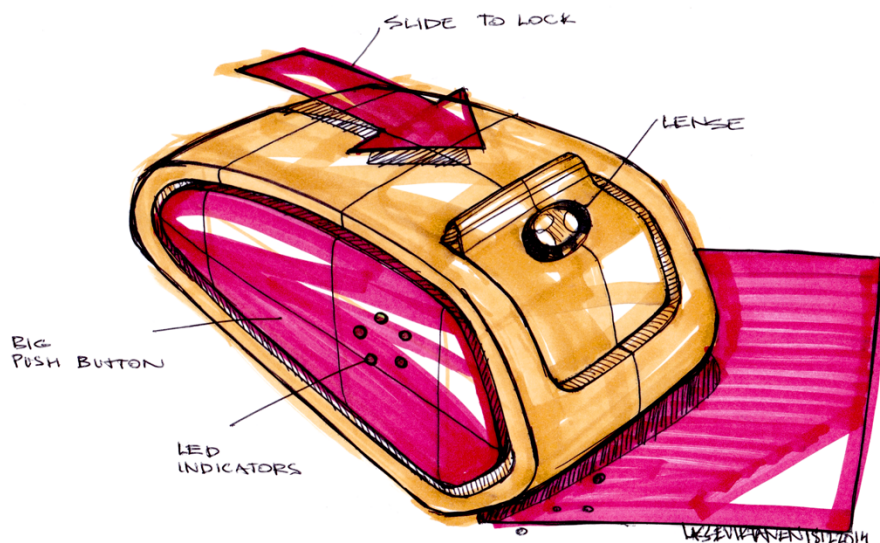
Kuva 32. Esimerkkejä jatkokehityksen aikana pikavalmistetuista konseptiehdotuksista.

Ensimmäisen valinnan jälkeisen luonnostelun vaiheessa oli havaittavissa, että luonnokset olivat jakaantuneet jälleen, tällä kertaa kahdeksi erilliseksi vaihtoehdoksi (Kuva 33). Muotoilija arvioi molempia konsepteja yhtäaikaaisesti arvioiden ja testaten niitä pikavalmistettujen mallikappaleiden avulla.



Kuva 33. Kaksi konseptilinjaa jatkokehityksen rajatummissa luonnoksissa.

Tämän prosessivaiheen lopuksi suoritettiin vielä konseptin rajaus ja toteutuneesta jatkoideointivaiheesta valmistettiin väliraportti, joka luovutettiin eteenpäin 19.12.2014. Raportti piti sisällään käsin piirrettyjen kuvien (Kuva 34) ja mallista otettujen valokuvien havainnollistaman ehdotuksen kehitetystä konseptista sekä seuraavat muotoilutehtävät.



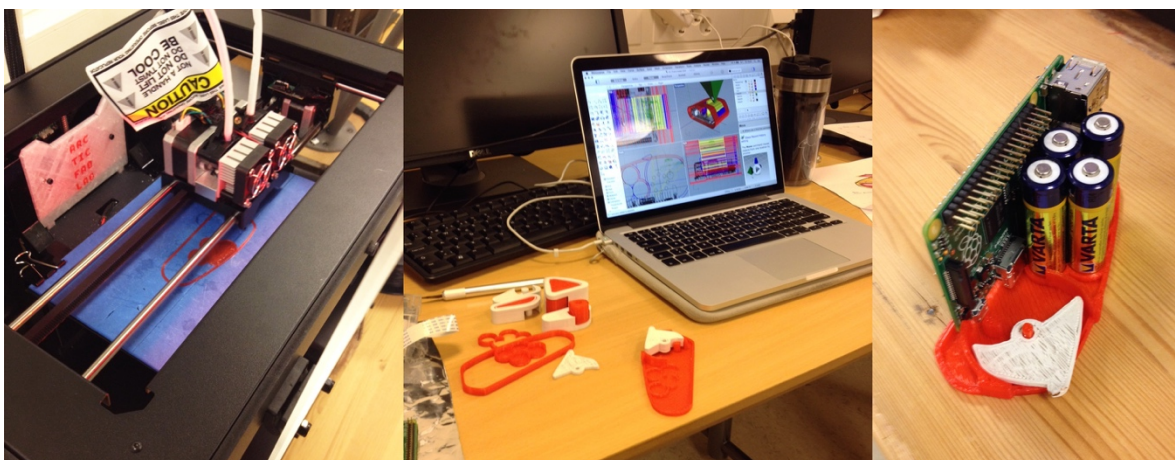
Kuva 34. Käsin piirretty konseptin esityskuva väliraportissa.

5.2.4. Neljäs osio: Toiminnallisen mallin valmistus

Lähetetty väliraportti sai riittävän hyväksynnän, jotta muotoilija pystyi jatkamaan projektissa eteenpäin. Oman haasteensa muotoilutyöhön toi neljännen osion ajalle sattunut loma-aika, jonka takia mallin rakentamiseen vaadittavia komponentteja tai teknistä tukea ei ollut saatavilla. Muotoilijalla oli tässä vaiheessa käytössään teknologian edellyttämä mikroprosessori sekä kameramoduuli, mutta ne eivät sisältäneet tarvittavaa koodia, eikä niitä oltu kytketty toimintakuntoon. Sen lisäksi muotoilija ei saanut sitä teknistä tukea, jonka avulla teknologia olisi ollut mahdollista saada toimintakuntoon.

Projektin ollessa hyvinkin tiiviisti aikataulutettu, tavoite 1:1 kokoisesta, elektroniikan sisältävästä toiminnallisesta mallista piti hylätä. Teknologian sisällyttämisen rajattiin vain niihin komponentteihin, jotka olivat jo muotoilijalla käytössä, jonka jälkeen konseptin viemistä jatkettiin eteenpäin.

Tässä vaiheessa projektia 3D-mallinnus ja -tulostus nousivat entistä suurempaan rooliin. Muotoilija toteutti nopeita kokeiluja 3D-tulostimen ja saatavilla olevan elektroniikan kanssa sekä testasi osien liitettävyyttä, kokoa ja sopivuutta keskeneräisillä, mutta tiettyyn ongelmaan vastauksen nopeasti antavilla kappaleilla (Kuva 35). Tavoitteena oli saada tarvittava tieto ripeästi muun muassa mitoituksista, seinämävahvuuksista tai osien sopivuudesta, jotta työskentelyä pystyttiin jatkamaan. Tällainen tapa palveli myös sitä etukäteen asetettua tavoitetta, jossa lopullinen malli rakennettaisiin käyttämällä pikavalmistusta.



Kuva 35. Testaamista 3D-tulostamalla lopullisen mallin rakentamisen aikana.

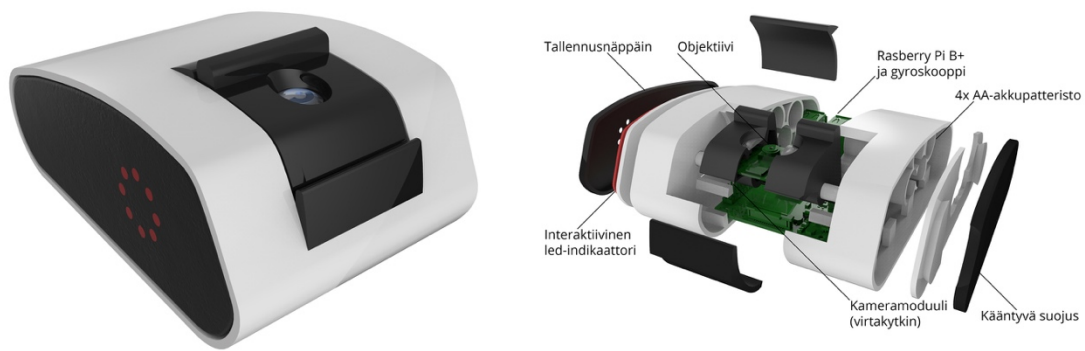
Mallin valmistamisen lisäksi muotoilijan tehtävänä oli esittää havainnekuvina konseptin sisältämä tekniikka ja valmistella esitys- sekä skenaariokuvat (Kuva 36). Loppupresentaation päivämääräksi oli sovittu 22.1.2015, johon mennessä kaikki työ olisi valmista.



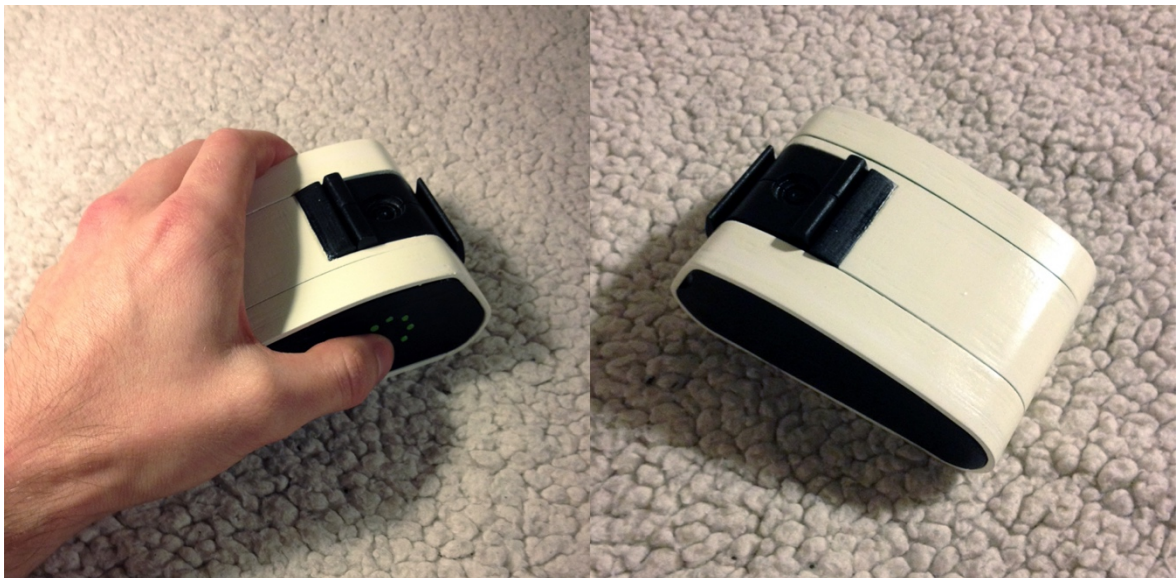
Kuva 36. Konseptin skenaariokuvitusta.

Loppupresentaatiossa 22.1.2015 oli mukana jälleen samat henkilöt kuin aikaisemmassakin välipresentaatiossa: muotoilija ja kolme VTT:n edustajaa. Myös tässä tapaamisessa asiakkaan edustajia pyydettiin vastaamaan kyselylomakkeisiin tätä pro gradu -työtä varten.

Tässä tapaamisessa muotoilija esitteli konseptin kehitystyötä, kävi läpi suunnitellun tekniikan ja sen integroimisen laitteeseen sekä esitteli lopullisen konseptin niin kuvina (Kuva 37), kuin valmiina 1:1 mallina (Kuva 38). Valmistettu malli oli toiminnallinen niiltä osin kuin se oli mahdollista: laite piti sisällään Rasperry Pi -mikroprosessorin ja sisälsi virtalähteen. Laitteen sivusuojukset olivat kääntyvät ja laite oli avattavissa niin, että paristot olivat vaihdettavissa. Laitteen kameramoduuli toimi virtakytkimenä ja oli käännettävissä piiloon tai haluttuun kulmaan.

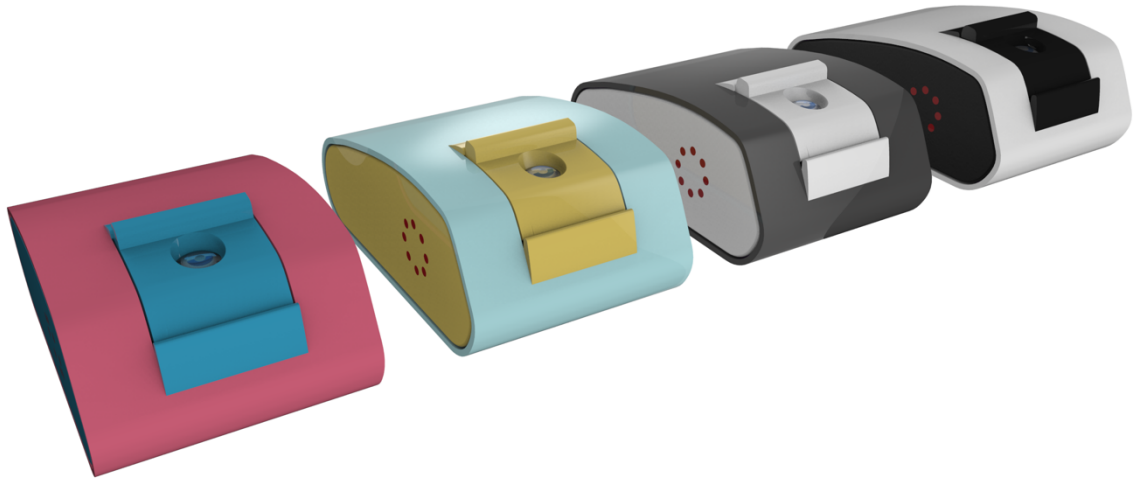


Kuva 37. Lopullinen konsepti ja tekniikan havainnollistaminen.



Kuva 38. Konseptin 1:1 malli toiminnallisilla osilla.

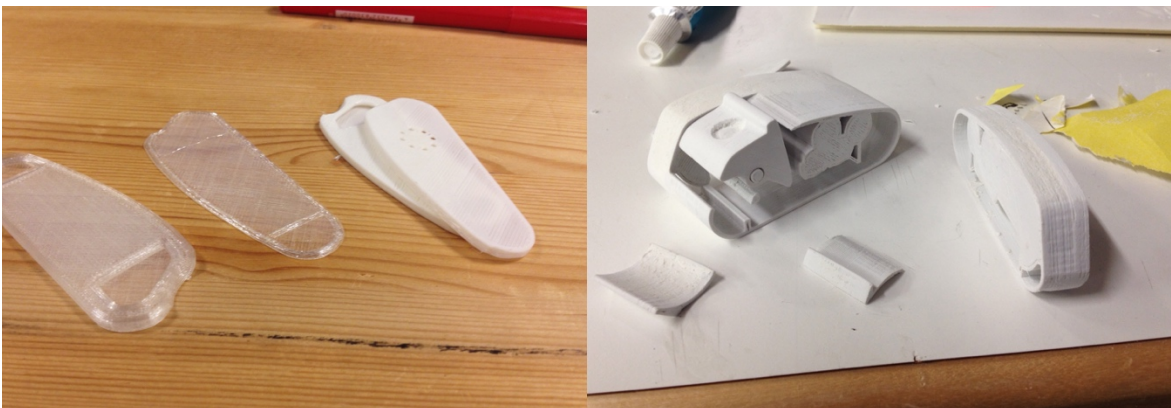
Valmistettu malli ei kuitenkaan ollut varsinainen toiminnallinen malli. Se ei sisältänyt konseptikuvissa esitettyä virrankytkentää kameramoduulia kääntämällä, mikroprosessorissa ei pyörinyt virta, eikä laitteessa oleva kamera ollut toimintakuntoinen. Tämän tapaamisen aikana keskusteltiin myös siitä, kuinka tätä konseptia voitaisiin hyödyntää mahdollisimman hyvin projektin käytössä. Toiminnallisuuden puuttuessa mallista, valikoitui sen käyttökohteeksi konkreettinen havainnollistaminen laitteen muotokielestä. Tästä syystä muotoilija sai jatkotehtäväksi pienentää rakennettua mallia ja viimeistellä jo nyt kehitetyn muotokielen mukainen ulkonäkömalli. Mallin väriksi valikoitui esitetyn konseptiehdotuksen mukainen Tiffany Blue – Arylide Yellow -vaihtoehto (Kuva 39).



Kuva 39. Konseptin eri väri vaihtoehtot: Tiffany Blue – Arylide Yellow toinen vasemmalta.

5.2.5. Viides osio: Viimeistellyn ulkonäkömallin valmistus

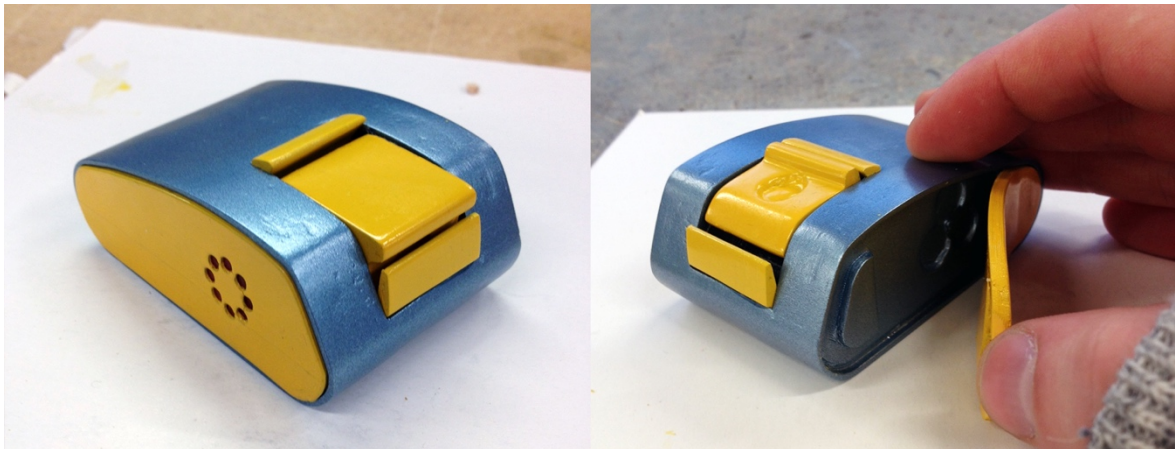
Projektin viimeisessä vaiheessa muotoilija toteutti nyt jo valmiin konseptin mallin uudelleenrakentamisen. Koska mallin rakentaminen oli vapautettu teknisistä rajoitteista, helpotti se muotoilijan käytännön työskentelyä. Lopulliseen malliin haluttiin toiminnallisuuden puuttumisestakin huolimatta sisällyttää kaksi olennaisinta toiminnallista elementtiä: kääntyvät sivuläpät sekä kääntyvä kameramoduuli, jotta mallin avulla voisi havainnollistaa sen tärkeimpiä toimintoja (Kuva 40).



Kuva 40. Joustavan tulostusmateriaalin testaaminen ja mallin suljettu sisäosa.

Ulkonäkömallin rakentaminen oli suhteellisen suoraviivaista tässä vaiheessa projektia. Edellisen mallinnuksen muokkaamisen jälkeen mallin osat 3D-tulostettiin, jonka jälkeen

kappaleet liimattiin, hiottiin ja maalattiin. Mallin viimeistelyssä panostettiin pinnanlaatuun ja liikkuvien osien toimivuuteen, sillä niiden merkitys korostui tekniikasta vapaassa ulkonäkömallissa. Valmis ulkonäkömalli (Kuva 41) luovutettiin VTT:n edustajille 27.2.2015.



Kuva 41. Valmis 1:1,5 ulkonäkömallin kääntyvällä kameramoduulilla ja sivuläpillä.

5.3. Kyselylomakkeet ja niiden tulokset

Kyselyihin osallistuneet henkilöt pysyivät samana koko projektin aikana: kaksi VTT Oy:n See Through -projektin vastuuhenkilöä sekä yksi projektissa mukana oleva tutkija. Iältään he olivat 33-45 vuotiaita ja heillä kaikilla oli useamman vuoden kokemus työskentelystä VTT:llä. Heillä kenelläkään ei ollut muotoilualan taustakoulutusta. Kyselylomakkeiden tarkoituksena oli selvittää asiakasyrityksen näkökulmia muotoiluprosessin eri vaiheissa tuotettuun materiaaliin, kuten pikavalmistuksella toteutettuihin mallikappaleisiin.

Ensimmäinen kyselylomake täytettiin projektin välikatselmuksen aikana. Tässä vaiheessa Light Capturer -laitteesta oli luonnosteltu erilaisia ideoita ja vaihtoehtoja oli rajattu muotoilijan päätöksellä itsenäisesti kolmeen erilaiseen konseptiin. Jokaisesta ehdotuksesta oli 3D-tulostettu mittasuhteeltaan 1:2 kokoinen ulkonäkömalli, jotka olivat viimeistelyn laadultaan samanlaisia.

Lomakkeiden tulosten mukaan mallien esittäminen konseptien rinnalla konkretisoi kappaleiden muotoja ja niiden mittasuhteita. Tätä pidettiin pääasiassa vain positiivisena asiana. Sen lisäksi kappaleiden kolmiulotteinen vertailu toisiinsa koettiin hyvänä arviointimahdol-

lisuutena. Se myös vahvisti käsitystä parhaan konseptin valinnasta. Liian viimeistellyt mallikappaleet ja mallien valmistamisesta koituvat mahdolliset lisäkustannukset nähtiin tässä vaiheessa muotoiluprosessia pienenä, mutta mahdollisena uhkana.

”Oli hyvin inspiroivaa. Jos ei ole niin visuaalinen itse, kuvasta 3D:n hahmottaminen voi olla vaikeaa, erityisesti käytettävyyttä. Esim. kuinka nappia painetaan vaikea arvioida pelkästä kuvasta. (Malli) helpottaa huomattavasti keskustelua ja ideointia.” (#3)

Vastaajien mielestä visuaalinen ja konkreettinen konseptin esitystapa tulisi kulkea tässä vaiheessa muotoiluprosessia mahdollisimman yhtäaikaaisesti. Konkreettista mallia ehdotettiin kuitenkin jopa visuaalista aineistoa tärkeämmäksi esitystavaksi, koska se tarjosi paremman mahdollisuuden havainnoida keskeneräistä ideaa.

Toinen kyselylomake täytettiin projektin loppuesityksen jälkeen. Tähän tapaamiseen muotoilija oli valmistanut valitun konseptin jatkokehitetyn ja viimeistellyn mittasuhteelltaan 1:1 mallin, joka oli toiminnallinen niiltä osin kuin se oli mahdollista. Tämä malli esitettiin yhdessä visuaalisen aineiston kanssa samoille kolmelle VTT:n edustajalle, jotka olivat olleet aikaisemmissakin tapaamisissa paikalla.

Myös tässä kyselylomakkeessa vastaajat kokivat, että 3D-tulostettu malli konkretisoi esitettyä visuaalista aineistoa. Erityismainintana malli avasi konseptin rakennetta ja toimintaa pelkkiä esityskuvia paremmin.

”(Malli) auttaa hahmottamaan tuotannollisuuteen liittyviä kehitystarpeita... Kolmiulotteisten tuotteiden konkretisointi auttaa hahmottamaan konseptia kokonaisuutena.” (#2)

Konseptimallin toimintojen hyödyiksi vastaajat listasivat muun muassa uskottavuuden lisääntyminen, kommunikaation mahdollistamisen ja kehitystarpeiden aikaisemman havaitsemisen. Haasteita tällaisessa mallissa vastaajien mielestä oli huomion kiinnittyminen epäolennaisiin yksityiskohtiin, mallin rakentamiseen kulutettu aika ja liian viimeistely lopputulos.

Visuaalisen ja konkreettisen konseptin esittämisestä vastaajat pysyivät samoilla linjoilla kuin aikaisemmassakin kyselyssä: molemmille esitystavoille on paikkansa. Konkreettista mallia ehdotettiin soveltuvammaksi esimerkiksi messuille tai kokonaisuuden hahmottamiseen, kun taas visuaalinen esitys soveltuisi paremmin jaettavaksi eri ihmisten kesken esimerkiksi sähköpostin välityksellä.

Vastaajat pitivät loppuesityksen mallia ammattimaisena, mutta tilanteeseen sopivan karkeana, joka paljasti mallikappaleen esittävän vielä konseptia.

5.4. Löydökset

Muotoiluprojektin aikana kerättyjen kyselylomakkeiden tuloksia on mahdollista peilata haastatteluaineistosta saatuihin tuloksiin. Tämän lisäksi haastatteluaineiston tyypejä ja teemoja on mahdollista evaluoida tarkastelemalla niitä Light Capturer -muotoiluprojektin aikana tehtyjä toimenpiteitä ja tapahtumia vasten.

5.4.1. Kyselylomakkeiden löydökset

Välikatselmuksen aikana kerätyissä kyselylomakkeissa nostettiin pikavalmistetuista malleista saatu hyöty muotojen ja mittasuhteiden konkretisoijana sekä arvioinnin apuvälineenä. Sen lisäksi mallikappaleiden viimeistelyn tasoa kommentoitiin. Kumpikaan näistä ei suoranaisesti ole muotoilijan käyttämän mallin valmistusmenetelmään liittyvä kommentti, vaan ne voidaan ymmärtää ylipäätään mallien käyttämiseen tässä vaiheessa prosessia liittyvänä kommenttina. Fyysinen malli on erinomainen työkalu havainnointiin ja kommunikointiin niin suunnittelijan kuin asiakkaankin osalta (ks. luku 2.4.1).

Välikatselmukseen 3D-printtaamalla valmistetut 1:2 -kokoiset ulkonäkömallit eivät olleet etukäteen sovittu toimenpide, vaan ne tehtiin muotoilijan oman päätöksen perusteella. Kuten Toiminta-tyypissä kuvataan, prototyypin valmistaminen edellyttää aina todellista tarvetta. Pikavalmistus ei välttämättä ole paras tilanteeseen sopiva prototyypin valmistustekniikka, jos todellinen tarve ei sitä edellytä. Välikatselmuksen mallit oli pikavalmistettu

siitä syystä, että ne olisivat vertailukelpoisia keskenään ja toimisivat muun muassa muodonannon arvioinnin välineenä. Toiseksi, pikavalmistus valittiin menetelmäksi siitä syystä, että muotoiluprojektin lopputulos tähtäsi pikavalmistukseen. Toiminnan lopputulos määritteli ja nivoutui tarpeeseen, kuten myös haastatteluaineiston tulokset esittävät. Tuomalla pikavalmistusteknologian tuotokset näkyväksi osaksi muotoiluprosessia jo tässä vaiheessa, osoitti se asiakasyritykselle monella tapaa tavoiteltavaa suuntaa koko projektille. Kolmanneksi, muotoilijan päätös käyttää mallinnusohjelmaa myös ideointityökaluna mahdollisti pikavalmistettavien ulkonäkömallien rakentamisen jo tässä vaiheessa prosessia. Kuten haastatteluaineiston tulokset osoittivat, Työkalut-tyypin Ohjelmisto-teeman mukaisesti ohjelmien käytön osaaminen luo uusia mahdollisuuksia muotoilijan työskentelyssä.

Pikavalmistuksen käyttö prosessin aikaisen vaiheen ulkonäkömallien valmistusmenetelmänä näkyi kuitenkin kyselylomakkeiden tuloksissa: mallien rakentamisesta aiheutuvat mahdolliset lisäkustannukset nostettiin esille. Kyseinen kommentti voi tuoda esille myös asiakasyrityksen taloudellisen hyödyn motivaation. Kuten haastatteluaineiston tuloksissa nousi esille, Yritys-tyyppi edellyttää pikavalmistukselta korostuneesti riittävän selkeää ja konkreettista näyttöä siitä, että teknologian käyttö on taloudellisesti hyväksyttyä. Koska tässä tapauksessa huoli kustannuksista on nostettu esille, on syytä arvioida juuri tässä tapauksessa jääneen asiakasyritykselle osin epäselväksi pikavalmistuksella valmistettujen mallikappaleiden hyöty suhteessa sen aiheuttamiin kustannuksiin.

Muotoiluprosessin loppuesityksessä tarkasteltu malli avasi kyselyn mukaan tuotteen rakennetta ja toimintoja. Tässä on yhtymäkohta Toiminta-tyyppiin ja Päämäärä-teemaan. Tässä muotoiluprojektissa tavoitteena oli tuottaa konseptin 1:1 -kokoinen ulkonäkömalli mahdollisimman toimivin osin. Tällaiseen muotoiluprojektin päämäärään voi tietokoneavusteinen suunnittelu ja valmistus vastata tuottamalla mittatarkan ja yksityiskohtaisen lopputuotoksen suhteellisen lyhyessä ajassa.

Kyselylomakkeissa nousi esille hieman ristiriitaisestikin maininta konseptin uskottavuuden lisääntymisestä, tosin lopputulosta kommentoitiin samalla liian viimeisteltyinä. Myös mallin rakentamiseen käytetty aika nostettiin esille yhtenä huolenaiheena. Syitä tällaisiin

huomioihin voidaan hakea mahdollisesti toimijoiden osaltaan erilaisiksi jääneistä lopputuloksen tavoitteista, mutta valmistusmenetelmällä voi myös olla merkitystä. Kyselyihin osallistuneilta henkilöiltä ei kysytty heidän aikaisempaa kokemusta pikavalmistuksesta, joten on mahdollista vain esittää arvioita siitä, vaikuttiko pikavalmistusmenetelmän tarkkuus siihen, että malli sai aikaan mielikuvia liian viimeistellystä ja paljon aikaa kuluttavasta työskentelytavasta.

5.4.2. Muotoiluprojektin löydökset

Light Capturer -laitteen muotoiluprojektissa rakennettiin pikavalmistamalla useampia malleja prototypointitarkoituksessa. Projektissa muotoilija tuotti malleja, joita asiakasyritys sekä muotoilija hyödynsivät tuotekonseptin kehitystyössä. Sen lisäksi muotoiluprojektin aikana käytettiin digitaalista suunnittelua ja valmistusta osana muotoilijan työskentelyprosessia.

Projektin toimijoiksi voidaan jakaa muotoilija ja asiakasyrityksen edustajina toiminut kolmen hengen ryhmä. Toimija-tyyppin mukaisesti muotoilijalla on lähtökohtainen motivaatio kehittää itseään ja toimintatapojaan. Tutkimuksen muotoiluprojektin lähtötilanteeksi oli määritelty pikavalmistus, jota projektia toteuttava muotoilija myös käyttää. Muotoilijan motivaatio näyttäytyy tässä tilanteessa kuitenkin siinä, kuinka hän kerryttää aktiivisesti kokemusta hänelle itselleen suhteellisen uudesta valmistusteknologiasta ja sen kokeilemisesta muotoiluprosessin eri vaiheissa. Tätä tausta-ajatusta tukevat toimenpiteet itsenäisten mallien tuottamisessa jo hyvin aikaisessa vaiheessa muotoiluprosessia ennen välipresentaatiota (ks. luku 5.2.2.). Pikavalmistusteknologia mahdollisti muotoilijan oman muotoiluprosessin muokkaamisen sen eri vaiheissa toteutettaviin työskentelytapoihin.

Toinen projektissa mukana ollut toimija oli asiakkaana toiminut yritys. Koska varsinaista kokemusta pikavalmistuksesta ei osallistujilta erikseen tiedusteltu, voidaan haastatteluiden tuloksia peilata tässä suhteessa vain saadun palautteen ja havaintojen perusteella. Muotoiluprojektin aikana asiakasyrityksestä välittyi pikavalmistuksen avulla tuotetuista malleista positiivinen kuva, joskin esimerkiksi mallien pinnanlaatua kommentoitiin.

Pikavalmistus oli ulkoistettu kokonaan muotoilijan vastuulle, eikä asiakasyritys ottanut kantaa valmistusmenetelmään sen enempää. Huomionarvoista on myös se seikka, että yrityksen edustajat arvioivat pikavalmistuksen käyttöä selkeästi objektiivisemmin kuin muotoilija itse. Tässä on nähtävillä vastaavuuksia Käyttäjä-kuluttaja -tyypin Sitoutumisen-teen mukaisesti käyttäjän sitoutumisen tasosta siinä tilanteessa, jossa he ovat tai eivät ole olleet mukana valmistusprosessissa. Koska yritykselle ei kuitenkaan aiheutunut esimerkiksi materiaali- tai henkilökustannuksia ja projektin aikatauluun ei tullut viivästyksiä pikavalmistuksen takia, ei kyseisestä aiheesta aiheutunut sen suurempaa huolta.

Toiminta-tyypin mukaisesti myös tässä muotoiluprojektissa tarve, prosessi ja päämäärä nivoutuivat yhteen. Projektin aloituspalaverissa keskusteltu pikavalmistuksen käyttö konseptin mallin rakentamisessa asetti ensimmäisen päämäärän, joka vaikutti koko muotoilu-prosessiin. Pikavalmistuksen eduiksi laskettiin myös sellainen mittatarkkuus ja laatu, että toiminnallista mallia oli mahdollista tavoitella.

Pikavalmistuksen valinta prototypointityökaluksi ja lopullisen konseptin valmistusmenetelmäksi mahdollisti myös sen, että teknologiasta oli mahdollista ottaa täysi hyöty irti. Tässä konseptimuotoiluprojektissa ei ollut tarkoituksena toteuttaa lopullista mallia perinteisin valmistusmenetelmin, joten se mahdollisti muotoilijalle vapaamman lähestymiskulman muotoiluongelmaan. Projektin päämäärä ja asetetut tavoitteet perustelivat myös pikavalmistuksen valintaa oikeaksi lähestymistavaksi tähän muotoiluprojektiin.

Työkalut-tyyppi nousee esille Muotoilija-toimijan kautta. Projektin muotoilijan vastuulla oli tuottaa pikavalmistamalla tuotettu konseptin toiminnallinen malli. Toimijan käyttämät ohjelmistot olivat sellaisia, joiden käyttö oli jo aikaisemmin omaksuttu. Rhinoceros-mallin-nusohjelma tarjoaa hyvän pohjan pintamallinnukselle ja ohjelman kautta on mahdollista valmistaa kiinteitä, 3D-tulostukseen sopivia kolmiulotteisia kappaleita (ks. luku 5.2.3.).

Muotoiluprosessin lopputuloksessa on kuitenkin nähtävissä perinteisen valmistusmenetelmän tuntu, joka vastaa Työkalut-tyypin Ohjelmisto-teen. Teeman mukaisesti ohjelmistojen osaaminen voi määritellä muotoilua, jos se ei ole riittävän korkealla tasolla. Tällöin pikavalmistuksen tarjoamista hyödyistä ei saada kaikkea irti. Väitettä tukee myös

muotoiluprosessissa esitetyt muotoilijan luonnokset (ks. Kuva 25, Kuva 30, Kuva 33), joista myös välittyy perinteiseen valmistustapaan tähtäävä ideointipolku. Tutkimuksen haastatteluissa asiantuntijat nostivat esille, kuinka muotoilija on tietyllä tavalla koulutuksensa vanki ja tarvitsisi kokonaan uudenlaisen tavan ajatella ongelmaa kyetäkseen hyödyntämään pikavalmistusta parhaalla mahdollisella tavalla.

Laitteistosta johtuvien rajoitteiden merkityksestä nousee selkeästi esille esimerkki, missä valmistettavat mallit jouduttiin pilkkomaan osiin (ks. Kuva 27) onnistuneen tulostuksen aikaansaamiseksi. Tämä vaatii laitteiden käyttäjältä lisää työtä ja tietotaitoa, jotta projektissa osataan valmistautua vastaaviin hidastaviin tekijöihin. Projektissa käytettävissä ollut FDM-tulostin asetti omat rajoitteensa, jota jollain toisella pikavalmistustekniikalla ei olisi välttämättä muodostunut.

Vaikka pikavalmistus keskittyikin tässä projektissa paljolti prototypointiin, nosti se muotoilijan työskentelystä muutamia poikkeuksellisia seikkoja esille. Digitaalisen suunnittelun käyttö ideoinnin apuvälineenä, 3D-tulostimen käyttö ideoiden rajauksessa ja testaamisessa kesken muotoiluprosessia sekä mittatarkkojen toiminnallisten osien valmistaminen tarjosi uusia mahdollisuuksia muokata muotoiluprosessia tarpeiden mukaan.

6. Yhteenveto

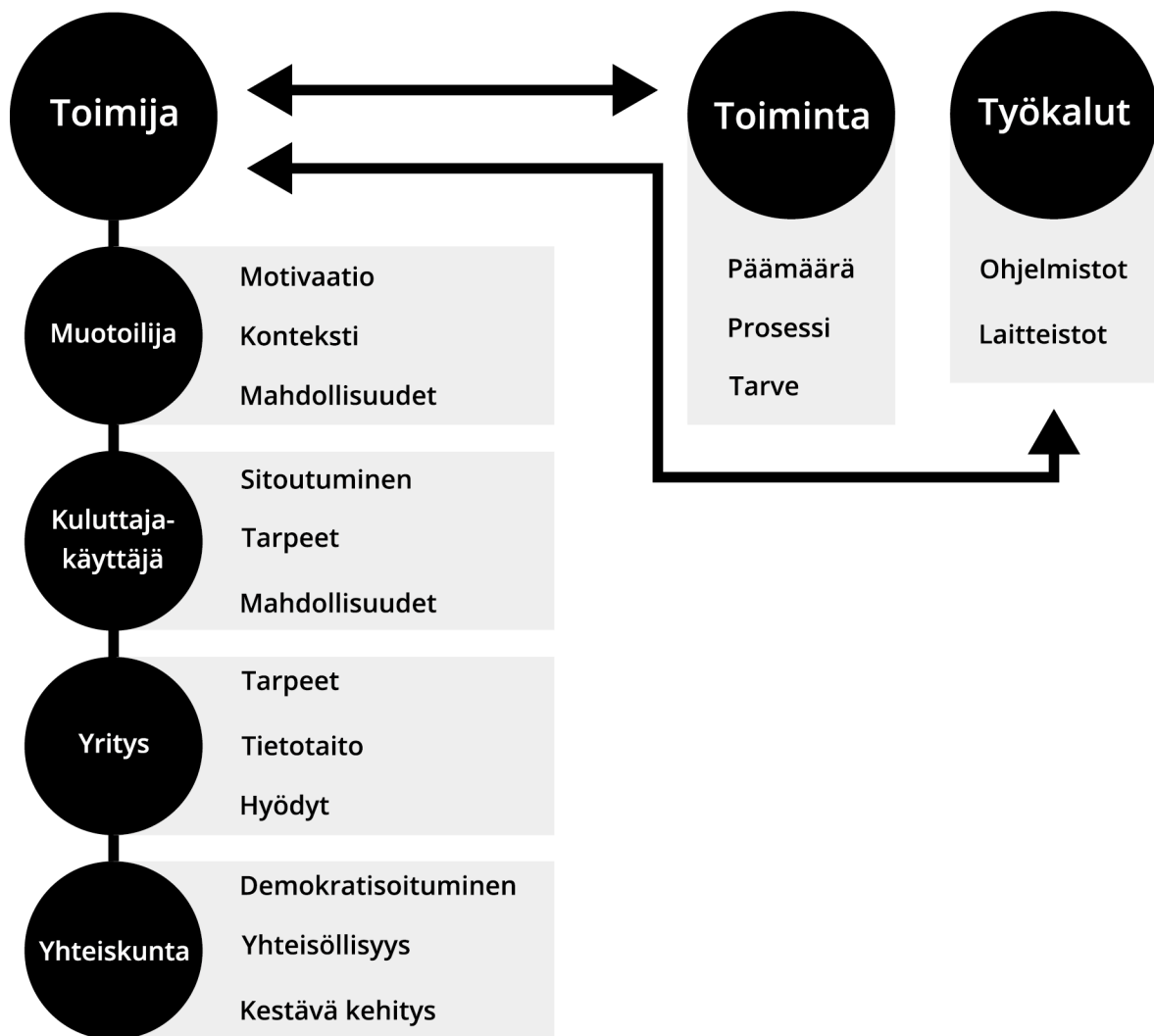
Tutkimuksen ensisijaiset tulokset ovat kerätty haastatteleamalla alan asiantuntijoita. Saatut haastattelutulokset evaluoitiin tutkimuksen produktiivisena osuutena toimivan muotoiluprojektin ja sen aikana asiakasyritykseltä kerättyjen kyselylomakkeiden kanssa. Evaluoinnin avulla tuloksista on mahdollista rakentaa vastauksia asetettuun tutkimusongelmaan ja nostaa esille niitä merkityksiä, jotka pikavalmistusteknologia luo osana tuotemuotoilijan konseptisuunnitteluprosessia.

6.1. Johtopäätökset

Tämän pro gradu -työn ensimmäinen tutkimuskysymys oli: *Millaisia merkityksiä pikavalmistusteknologia luo tuotekonseptin muotoiluprosessissa?* Tutkimuksen asiantuntijahaastattelut antoivat tuloksiksi ensimmäiset kolme päätyyppiä alatyyppeineen ja teemoineen. Näitä tuloksia tarkennettiin aineiston yhteisen evaluoinnin avulla, joka samalla antoi vastauksia toiseen tutkimuskysymykseen pikavalmistusteknologian roolista tutkimuksen muotoiluprojektissa.

Pikavalmistusteknologian merkitykset tulevat tuotekonseptin muotoiluprosessiin pelkäämään sen toimijoiden kautta. Varsinaisesti itse prosessilla ei ole merkityksiä, sillä ilman toimijaa, subjektia, ei ole toimintaakaan, ei objektia, eikä näin ollen merkityksiäkään. Vain toimijan kautta prosessilla voi olla merkityksiä. Pikavalmistusteknologia aiheena ja tapahtumana luo merkityksiä toimijalle ja prosessi itsessään toimii vain merkitysten rakennusympäristönä. (ks. luku 1.2.)

Tutkimuksen haastatteluiden tulosten mukaan pikavalmistusteknologian merkitykset näkyvät Toimija-, Työkalu- ja Toiminta-tyypeissä (Kuva 42). Merkitysten kulku tapahtuu Toimija-tyyppin kautta molempiin suuntiin. Esimerkiksi muotoiluprojektissa tavoiteltu päämäärä ja pikavalmistustoiminnan tarve määrittelevät, missä laajuudessa pikavalmistusteknologialla on merkitystä muotoilijalle, hänen käyttämille työkaluille, osatoimijoille sekä projektin muulle toiminnalle.



Kuva 42. Pikavalmistusteknologian merkitysten tyytit ja teemat sekä niiden suhteet.

Tuotekonseptin muotoiluprosessin tärkein yksittäinen tekijä on muotoilija. Tutkimuksen tulokset ja niiden evaluointi nostivat esille muotoilijan lähtökohtaisen motivaation uuden kokeilemiseen ja oppimiseen. Pikavalmistusteknologian avulla muotoilija voi muokata muotoiluprosessiaan, opetella uusia työskentelymenetelmiä sekä käyttää uutta tietoa ja opittuja taitoja prosessin aikana. Luvun 2.1. mukaisesti muotoilun tulee olla luovaa, preskriptiivistä sekä tulevaisuuteen tähtäävää toimintaa. Jotta tämä olisi mahdollista, edellyttää se uuden oppimista, uuden luomista sekä epäonnistumisten sietämistä. Pika- valmistusteknologian käyttö sopii tähän muotoilun perusolettamukseen sen mahdollisuuksien ja tarpeiden mukaisesti.

Muotoilijan kykyä ja halua oppia vaaditaan erityisesti muotoilijan käyttämien työkalujen osalta. Niiden merkitys pikavalmistus-orientoituneessa tuotekonseptin muotoiluprosessissa on merkittävä. Pikavalmistusteknologian tarjoamat mahdollisuudet eivät toteudu ilman työkalujen osaamista. Laitteiden ja ohjelmistojen käyttämisen taso määräytyy toteuttavan toimijan, yksilön tai ryhmän, osaamisen mukaisesti. Mutta kuten Cross ja Lawson toteavat (ks. luku 2.1.), myös tämän taidon oppiminen oleellisena osana muotoilua on mahdollista, mutta se vaatii pitkäjänteistä työtä.

Pikavalmistusteknologia luo muotoilijalle mahdollisuuksia soveltamiseen. Taidokas muotoilija kykenee keräämään ja järjestämään oleellista tietoa yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, jonka avulla muotoiluhaaste on mahdollista ratkaista (Cross, 2011, 136). Pikavalmistuksen avulla tuotekonseptin fyysisiä prototyyppisiä voidaan testata aivan ideointivaiheesta lähtien tarpeen mukaisesti. Konseptien prototyyppien testaaminen on mahdollista toteuttaa nopeasti ja useita kertoja prosessin aikana. Prosessin vaiheiden samanaikaisuus kasvaa, sillä toimintoja on mahdollista suorittaa päällekkäin.

Eri työvaiheiden toteuttaminen muuttuu kehittyvien ohjelmistojen ja laitteistojen kautta. Grasshopper-lisäosien kaltaiset ohjelmistot muuttavat merkittävästi muotoilijan tapoja työskennellä. Generatiivinen suunnittelu tarjoaa entistä nopeamman tavan tuottaa suuria määriä erilaisia variaatioita, joita voidaan hyödyntää uusien liiketoimintamallien avulla. Internetin aikakausi tarjoaa niin muotoilijoille kuin muillekin täysin uusia tapoja saada töitensä markkinoille ilman valmistusyrityksen vakuuttamista (ks. luku 3.3 ja luku 3.4.). Osaltaan tämä helpottaa siirtymää tuotekonseptista kohti kokonaisvaltaista muotoilutuotetta. Muotoilun demokratisoitumisen kautta pikavalmistusta voidaan pitää varteenotettavana kilpailijana massatuotannolle tietyissä tuotekategorioissa, sillä yksilöllisyyden merkityksen korostuminen vähentää massatuotannon tarvetta ja siitä saatuja hyötyjä.

Keinosen ja Takalan (luku 2.3.) mukaan konseptisuunnitteluprojektin tavoite eroaa tuotekehityksen tavoitteesta. Massatuotanto ja tuotantovaatimukset eivät määrittele konseptisuunnittelua. Prosessin luonne mahdollistaa kokeellisemmat etenemistavat lopullista

päämäärää kohden. Konseptisuunnittelun prosessi mahdollistaa myös uusia liiketoimintamalleja: suunniteltu tuote voidaan jättää niin sanotusti keskeneräiseksi, jonka asiakas kustomoi lopulliseen, itselleen mieluisaan muotoonsa (ks. myös luku 3.3. ja 3.4.).

Muotoilijan lisäksi tuotekonseptin muotoiluprosessissa on mukana muita toimijoita. Tällöin voidaan puhua muotoilun ulkopuolisesta tahosta, yrityksestä, kuluttajasta tai kokonaisvaltaisesti yhteiskunnasta, jonka rooli vaihtelee, mutta on kuitenkin havaittavissa. Näiden toimijoiden osuutta muotoiluprosessissa ei voi missään nimessä sivuuttaa, joskin on ymmärrettävä kyseisen toimijan merkityksen ero muotoilijaan verrattuna. Tutkimuksen tulosten mukaan muotoilijan ja kuluttajan väliset suhteet hämärtyvät ja muuttuvat enemmän kontekstisidonnaiseksi. Asiakkaana toimiva toimija voi olla hyvinkin aktiivisessa roolissa eri muotoiluprosessin vaiheissa ja pikavalmistusteknologian työkalujen avulla yhteiseen kommunikaatioon, prototypointiin ja tuotetestaamiseen on tarjolla useita erilaisia uusia toimintatapoja.

Tutkimustulosten analysointi nosti esille myös sen, kuinka eri toimijoiden joukkoa tulisi tarkastella moniulotteisesti. Asiakkaana toimivan yrityksen edustajalle näyttäytyvät merkitykset rakentuvat usean eri tyyppin alaisuudessa: merkitykset voivat rakentua samanaikaisesti esimerkiksi Kuluttaja-käyttäjä -tyypin ja Yhteiskunta-tyypin kautta. Toimijan roolit ja taustat vaikuttavat kokonaisuuden hahmottamiseen. Vaikka toimija edustaa yrityksen tarpeita, edustaa hän samanaikaisesti myös itseään kuluttaja-käyttäjänä ja esimerkiksi sitoutuu tuotteeseen sitä paremmin, mitä enemmän on ollut osallisena tuotteen valmistuksessa.

Pikavalmistus mahdollistaa muotoiluprojektin muiden toimijoiden sitouttamisen valmistusprosessin avulla. Tulosten evaluoinnin mukaan yrityksen edustajat tarkastelevat valmistettuja malleja objektiivisemmin, jos he eivät ole mukana valmistusprosessissa. Tietokoneavusteisen suunnittelun sähköiset mallinnustiedostot, niiden jakamisen helppous internetin kautta sekä pikavalmistusteknologian yleistyminen entistä laajemmalle tarjoavat uusia mahdollisuuksia saada muotoilijan ulkopuolinen toimijayhteisö sitoutumaan valmistettaviin konseptimalleihin.

Pikavalmistusteknologia luo myös muita merkityksiä tuotekonseptin muotoiluprosessissa mukana olevalle yritykselle. Esimerkiksi vaikka tutkimuksen muotoiluprojektin asiakasyrityksenä toiminut taho on puhtaasti tutkimus- ja teknologiaorganisaatio, voidaan se rinnastaa tässä tapauksessa yritykseen toimijana. Yrityksillä on korostunut tarve löytää riittävä hyötynäkökulma uuden teknologian käyttöön ja kustannusten on oltava perusteltavissa. Tästä syystä pikavalmistusta käyttävän muotoilutyön tulee olla riittävän perusteltua. Yksinkertaisimmillaan se on pikavalmistuksen hyötyjen tuomista näkyviksi ja sitä kautta tietotaidon kerryttämistä asiakasyrityksessä.

Toisena tutkimuskysymyksenä työssä oli: *Millaisen roolin pikavalmistusteknologian käyttö sai See Through – Light Capturer -muotoiluprojektissa?* Jotta tutkimuksen tulokset voivat vastata riittävän kattavasti asetettuun tutkimusongelmaan ja toisena esitettyyn tutkimuskysymykseen, tulisi niitä tarkastella myös tutkimuksen teoriaosuudessa avattujen muotoiluprosessien mallien kautta. Nämä prosessimallit ovat esimerkkejä alan vakiintuneista käytänteistä, sillä niiden tarkoitus on kuvata optimaalista muotoilutoimintaa, mutta myös jäsentää muotoiluprosessia ennustettavan mallin mukaisiksi. Esimerkkinä voidaan käyttää Miltonin ja Rodgersin kuvaamaa kuuden vaiheen muotoiluprosessia, joka on esitetty luvussa 2.2. On syytä havaita, että kyseessä on kokonaisvaltaisen muotoiluprosessin malli, joten seuraavassa keskitytään vain prosessimallin konseptisuunnittelun vaiheisiin.

Prosessimallin Mahdollisuuksien ja identifikaation vaiheessa pikavalmistusteknologian merkitykset näyttäytyvät vahvasti Toiminta-tyyppin kautta. Prosessin ongelman, tarpeiden ja halujen määrittely vaikuttaa merkittävästi tavoiteltavaan päämäärään, esille nostettuihin tarpeisiin sekä prosessiin. Tämän prosessivaiheen vaikutus on suuri Toimija-tyyppin sekä Toiminta-tyyppin alaisiin merkityksiin kokonaisvaltaisesti.

Perehdytyksen ja tarkennusten vaiheessa pikavalmistusteknologian luomien merkitysten arvo voi vielä muuttua. Yritys-tyyppin tarpeet voivat vaihtua ja muotoilumääritelmän hahmotuksen aikana esimerkiksi Toiminta-tyyppin Prosessi tai Työkalut-tyyppin alainen Laitteisto-teeman alaiset merkitykset voivat vielä nousta tai laskea.

Konseptisuunnittelun vaiheessa pikavalmistusteknologian merkitysten arvo pysyy edellisiä vaiheita tasapainoisempana. On kuitenkin mahdollista, että merkitysten näkyvyyden aste voi muuttua eri Toimija-tyyppien teemojen mukaisesti tilanteen mukana. Esimerkiksi muotoilija voi ideoidessaan löytää täysin odottamattoman konseptiehdotuksen, joka on valmistettavissa vain pikavalmistamalla. Muotoilija voi myös oppia prosessin aikana jotain sellaista, joka muuttaa merkitysrakenteen tasapainoa suuntaan tai toiseen. Molemmat esimerkit ovat omiaan vaikuttamaan merkitysten arvoon.

Muotoilun kehittämisen vaiheessa pikavalmistuksen merkityksen muutos ei ole enää kovin todennäköistä. Kyseessä on kuitenkin vain merkitysten arvon muutoksesta kertova tila, eikä sitä tule sekoittaa siihen, etteikö pikavalmistusteknologialla olisi merkitystä tässä vaiheessa. Pikavalmistusteknologian merkitysten arvo ja näkyvyys rakentuvat tutkimusten tulosten mukaan vahvasti muotoiluprosessin alkupäässä, jos prosessille ylipäätään on määriteltävissä alku- ja loppupäätä (vrt. Lawson, luku 2.2.).

Tutkimuksen produktiivisena osuutena toiminut muotoiluprojekti pohjautui Kettusen kuvaamaan tuotekonseptoinnin muotoiluprosessin malliin (ks. luku 2.2.). Projektin alussa muotoilija aloitti jo ennen ensimmäistä tapaamista keräämään ympäristöstä saatavilla olevaa tietoa ja valmistautui muotoilun tavoitteiden asettamiseen (ks. luku 5.2.1). Kettusen kuvaama Idea-vaihe on nähtävissä muotoiluprosessissa vahvimmin luvuissa 5.2.2. Luonnosteluvaihe sekä 5.2.3. Konseptiesitys. Valinta-vaihe painottuu vahvasti muotoiluprosessin yhteisiin tapaamisiin, joskin myös muotoilijan omat konseptien rajaamisen vaiheet ovat nähtävillä. Testaus-vaihe näkyy See Through – Light Capturer -muotoiluprojektissa osin limittäisenä luonnosteluvaiheessa painottuen kuitenkin toiminnallisen mallin valmistuksen vaiheeseen luvussa 5.2.4.

Projektissa pikavalmistusteknologia loi ensimmäiset merkitykset jo Alustavassa vaiheessa (ks. luku 5.2.1.), jota voidaan pitää Kettusen (2001, 60) Tieto-vaiheen tai Miltonin ja Rodgersin (2013, 14) Mahdollisuudet ja identifikaatio -vaiheen mukaisena tasona. Pikavalmistuksen valinta mallin rakennustekniikaksi sekä konseptisuunnittelulta edellytetty nopeus ja mittatarkkuus rakensivat pikavalmistusteknologian merkitystä muotoilijalle ja projektin osatekijöille Toiminta-tyypin mukaisesti. Vaiheen toiminta vaikutti samalla myös tulosten

muihin tyypeihin niiden teemojen kautta: esimerkiksi muotoilijan mahdollisuudet prosessin toteuttamiseksi ja muotoilijan oma motivaatio omaksua uusia toimintatapoja kasvoivat. Tämän lisäksi sekä ohjelmistojen että laitteiden osaaminen ja saatavuus sai merkityksellisen roolin tutkimuksen muotoiluprosessissa.

Projektin Luonnosteluvaiheessa ja Konseptiesityksen vaiheessa pikavalmistusteknologian merkitys näyttäytyy edellä mainittujen teemojen lisäksi muotoilijan käyttämässä työskentelyprosessissa ja siinä kontekstissa, missä muotoilija työtänsä toteuttaa. Yritys-tyyppin merkitykset näkyvät projektin yhteisissä tapaamisissa, Kettusen (2001, 60) Valinta-vaiheessa, kuten kyselylomakkeiden löydökset myös nostavat esille (ks. luku 5.4.1.).

Tutkimuksen muotoiluprojekti toimii hyvänä esimerkkinä siitä väittämästä, että suurin osa pikavalmistusteknologian merkitysten arvosta ja näkyvyydestä luodaan projektin alkupäässä. Merkitykset näyttäytyivät selvimmin projektin muotoilijassa, toteutetussa toiminnassa sekä sen aikana käytetyissä työkaluissa. Tarkempi merkitysten avaaminen on toteutettu tämän tutkimuksen muotoiluprosessin evaluoinnin vaiheessa (ks. luku 5.4.2). Teknologian roolia See Through – Light Capturer -muotoiluprojektissa voidaan havainnoida kokonaisvaltaisesti haastattelututkimuksen tulosten merkitysten näkyvyyden ja arvon suhteessa toteutettuun muotoiluprojektiin (Kuva 43).

TYYPPI	TEEMA	MERKITYKSET	ARVO
Muotoilija	Motivaatio	Itsensä kehittäminen, tee-se-itse	★★★
	Konteksti	Teknologia muotoilijan käytössä	★★★
	Mahdollisuudet	Soveltaminen työvaiheiden aikana	★★
Kuluttaja-käyttäjä	Sitoutuminen	Ei sitoutumista, objektiivisuus	★★
	Tarpeet	Ei havaittuja merkityksiä	
	Mahdollisuudet	Ei havaittuja merkityksiä	
Yritys	Tarpeet	Nopeus, laatu, toiminnallisuus	★★★
	Tietotaito	Konkretisoi valmistusmenetelmää	★
	Hyödyt	Kustannukset vrt. konkreettinen hyöty	★
Yhteiskunta	Demokratisoituminen	Ei havaittuja merkityksiä	
	Yhteisöllisyys	Ei havaittuja merkityksiä	
	Kestävä kehitys	Ei havaittuja merkityksiä	
Toiminta	Päämäärä	Päätetty valmistusmenetelmä	★★★
	Prosessi	Muotoilijakoulutuksen taakka	★★
	Tarve	Nopeus, prototypointi, tarkkuus	★★★
Työkalut	Ohjelmistot	Tekijän osaaminen taso vrt. lopputulos	★★★
	Laitteistot	Laitteiden mahdollisuudet ja rajoitteet	★★★

Kuva 43. Pikavalmistusteknologian merkitysten näkyvyys ja niiden vaikuttavuus See Through – Light Capturer -muotoiluprojektissa.

6.2. Loppupohdinta

Tutkimuksen muotoiluprojektin osalta nousee esille kysymys siitä, mitä muotoilija olisi voinut tehdä toisin. Muotoilijan osaaminen tietokoneavusteisen suunnittelun ohjelmistoista oli rajattu etukäteen tiettyihin ohjelmistoihin. On syytä pohtia, miksi muotoilija ei Muotoilija-tyypin Motivaatio-teeman mukaisesti (ks. luku 4.5.1.) lähtenyt opettelemaan esimerkiksi pikavalmistusteknologian tarjoamia todellisia hyötyjä mahdollistavan Grasshopper-ohjelman käyttöä ideoinnin tukena. On syytä olettaa projektin alustavalla aikataululla olleen jokin vaikutus, jonka takia kokonaan uuden ohjelman käyttöönotto on muotoilijan osalta koettu liian riskialttiiksi projektin sisällä tapahtuvaksi toiminnaksi.

Muotoiluprojektin toiseksi pohdintaa herättäväksi kysymykseksi nousee muotoilijan pitäytyminen hänellä itsellään käytössä olevan FDM-tekniikassa, vaikka sen asettamat rajoitteet olivat nähtävissä. Myös tässä kohdin alustava tiukka aikataulu on mahdollisesti vaikuttanut päätökseen olla alihankkimatta tulostusta, jonka lisäksi tietämättömyys esimerkiksi mahdollisista hankintakanavista on voinut vaikuttaa päätökseen. Projektin pitkityessä muotoilijalla olisi ollut mahdollista hyödyntää myös muita pikavalmistustekniikoita, mutta nopeasyklisessä, iteratiivisessä konseptikehityksessä 3D-tulostuksen välitön saataavuus on vaikuttanut muotoilijan päätökseen pysyä tässä osin rajoittuneessa tulostustekniikassa.

Kolmas muotoiluprojektin kysymys koskee sitä, kuinka laajasti muotoilija olisi voinut hyödyntää pikavalmistuksen mahdollisuuksia muotoiluprosessia. On nähtävissä, että lopullisessa konseptissa on näkyvissä perinteisen valmistusmenetelmän elementtejä, kuten ulkopinnan profiilimainen muoto, joka on valmistettavissa esimerkiksi suulakepuristamalla. Tuotekonseptin muita osia on mahdollista ruiskupuristaa. Päätös pikavalmistusteknologian käytöstä muotoiluprosessissa olisi mahdollistanut perinteisistä valmistusmenetelmistä vapaan konseptoinnin, jota ei kuitenkaan juurikaan näkynyt. Tutkimuksen tulosten mukaan teknologia toimii edelleen pääasiassa vain perinteisiin valmistusmenetelmiin tähtäävien tuotteiden prototypoinnin työkaluna. Sen takia on siis hyvä syy olettaa, että kyseinen toiminta olisi vaikuttanut projektin muotoilijan ja esitettyyn lopulliseen konseptiehdotukseen (ks. luku 4.5.2).

Luvussa 3.3. esitettiin Lipsonin ja Kurmanin (2013, 20-24) määrittelemät 3D-tulostuksen kymmenen pääperiaatetta. Tutkimuksen muotoiluprojektissa käytettiin pikavalmistusta useamman erilaisen mallin rakentamisessa, eikä se edellyttänyt muuta kuin yhden työkalun, 3D-tulostimen. Projektissa toteutetut mallit toimivat hyvänä esimerkkinä siitä, kuinka yhdellä työkalulla on mahdollista valmistaa monia erilaisia muotoja välittämättä liaksi kappaleen muotojen monimutkaisuudesta. Sen lisäksi kappaleet pystyttiin valmistamaan vain tarpeeseen, joka osaltaan helpotti myös projektin toimijoiden muuta työskentelyä.

Pikavalmistus ei kuitenkaan tutkimuksen muotoiluprojektin mukaan ole aina aivan niin yksinkertaista kuin edellä mainitut periaatteet antavat ymmärtää. Toimijan osaamisen merkitys ja laitteiston sekä ohjelmistojen rajoitteet vaikuttavat esimerkiksi siihen, kuinka monimutkaisia muotoja on todella mahdollista toteuttaa. Edullisen FDM-tulostimen tarkkuus ei välttämättä riitä useasta pienestä kappaleesta tulostuksen aikana koottavan kappaleen valmistukseen. Laitteen laadusta riippuen, pikavalmistusteknologiaa käyttävältä toimijalta edellytetään riittävää tietotaitoa ratkaista valmistukseen liittyviä ongelmia ja osaamista valmistella tulostettava kappale tietokoneavusteisen suunnittelun osalta sellaiseksi, että valmistus onnistuu.

Tutkimuksessa käsitelty pikavalmistusteknologia itsessään ei ole uusi asia, sillä se on kehitetty jo reilusti yli 30 vuotta sitten (ks. luku 1.1.) ja on toiminut osana muotoiluprosessia jo pitkään. Teknologia on nopeuttanut muotoiluprosessia niin tietokoneavusteisen suunnittelun kuin valmistuksenkin osalta. Pikavalmistus prototypoinnissa on tänä päivänä nopeaa, helppoa ja edullista esimerkiksi muotoiluprojektissakin käytetyn FDM-tekniikkaan pohjautuvien työpöydälle asetettavien 3D-tulostimien avulla (ks. luku 3.2.). On kuitenkin syytä korostaa termin 'pikavalmistus' oikeaa määritelmää, sillä termi on määritelty suhteessa perinteiseen valmistukseen (Bryden, 2014, 67). Pikavalmistettavan kappaleen tai niiden kokonaisuuden valmistamiseen voi kulua pitempikin aika, mutta kulunutta aikaa tulisi verrata aina vastaavan objektin valmistukseen perinteisin menetelmin. Tänä päivänä pikavalmistusta pidetään paikoin jo niin arkipäiväisenä toimintana tai sitä verrataan väärässä suhteessa, jonka takia pikavalmistus-termi voi aiheuttaa hämmennystä aihetta vähemmän tuntevalle.

Tutkimuksen keskeisenä aiheena olevaa pikavalmistus on käsitelty laajasti kansainvälisessä kirjallisuudessa, mutta suomeksi saatavaa lähdekirjallisuutta ei ole kovin paljoa. Kielen merkitys nousi esille myös esimerkiksi aiheen termistön kanssa, sillä osalle pikavalmistusteknologian termistöä ei ole tunnettua suomennosta. Tässä tutkimuksessa termistö on kuitenkin pyritty kuvaamaan mahdollisimman loogisesti ja ymmärrettävästi, joko englanninkielistä termiä tai saatavilla olevaa suomennosta käyttäen. Myös osa tutkimushaastatteluiden on käyty englanniksi, joka on mahdollisesti kasvattanut tutkimuksen aineiston keräämisen ja analysoinnin aikaisen väärinymmärryksen vaaraa.

Aineiston kattavuus on laadullisessa tutkimuksessa universaali ongelma. Tutkimuksessa kerättiin yhteensä kuusi haastattelua, jota täydennettiin muotoiluprojektin ja kyselylomakkeiden avulla. Kerätyt tapaukset ovat määrällisesti laskettuna suhteellisen pieni otos, mutta se on mahdollistanut tässä laadullisessa tutkimuksessa tarvittavan käsitteellisen ymmärryksen luomisen tutkittavasta ilmiöstä. Tutkimuksen tavoitteena ei ole ollut pelkästään kertoa aineistosta, vaan löytää ja rakentaa siitä teoreettisesti kestäviä näkökulmia. (Eskola & Suoranta, 1998, 61-62)

Kokonaisuutena tämä tutkimus on ollut yksittäinen muotoilijan toteuttama tutkimusmatka kohti laajemmin koko yhteiskuntaa koskettavaa ajankohtaista aihetta. Sen monipolkuinen tie on kuljettanut tutkijaa yhä uudestaan ja uudestaan mielenkiintoisten näkymien pariin, jotka ovat tarjonneet aina uuden suunnan etsinnän jatkamiseen. Omalta osaltaan se on vaikuttanut tutkimuksen venähtämiseen, tarjoten vastineeksi entistä syvällisemmän ymmärryksen aiheesta. Teknologisen kehityksen nopeus on kuitenkin armostonta, esimerkiksi tutkimuksen ensimmäisten haastatteluiden aikana pikavalmistusteknologian eräänlaisena supertähdenä tänä päivänä pidetty CLIP-tekniikka (Charlesworth, 2016; ks. myös luku 4.5.3.) oli vasta kehitysasteella, nyt tutkimuksen lopussa tekniikka on ollut markkinoilla jo reilun vuoden. Toisaalta, myös tämä on tarjonnut mahdollisuuden tarkastella tätäkin tapausta syvällisemmin tarjoten lukijalle kokonaisvaltaisemman näkemyksen pelkkien huhupuheiden sijaan.

7. Lähteet

7.1. Painetut lähteet

Alastalo, M. & Åkerman, M. 2010. Asiantuntijahaastattelun analyysi: Faktojen jäljillä. Teoksessa J. Ruusuvoori & P. Nikander & M. Hyvärinen (toim.) Haastattelun analyysi. Tampere: Vastapaino. 372-392.

Anderson, C. 2012. The New Industrial Revolution. New York: Crown Business.

Aspelund, K. 2015. The Design Process – 3rd edition. Lontoo: Bloomsbury.

Bryden, D. 2014. CAD and Rapid Prototyping for Product Design. Lontoo: Laurence King.

Chua, C. K., Leong K. E. & Lim C. S. 2003. Rapid Prototyping: Principles and Applications, 2nd Edition. Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Creswell, J. W. 2013. Qualitative Inquiry & Research Design: Choosing Among Five Approaches. Los Angeles: SAGE.

Cross, N. 2011. Design Thinking. Oxford: Berg.

Crouch, C. & Pearce, J. 2012. Doing Research in Design. Lontoo: Berg.

Eskola, J. & Suoranta J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Hallgrimsson, B. 2012. Prototyping and Modelmaking for Product Design. Lontoo: Laurence King Publishing.

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

Kettunen, I. 2013. Mielekkyyden muotoilu. Kuusamo: Aatepaja.

Keinonen, T. & Takala, R. (Eds.). 2006. Product Concept Design: A Review of the Conceptual Design of Products in Industry. Saksa: Springer.

Lawson, B. 2001. How designers think: the design process demystified – Completely rev. 3rd ed. Oxford: Architectural Press.

Lipson, H. & Kurman, M. 2013. Fabricated: The New World of 3D Printing. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.

Milton, A. & Rodgers, P. 2013. Research Methods for Product Design. Lontoo: Laurence King Publishing.

Ruusuvuori, J. & Tiittula, L. 2009. Tutkimushaastattelu ja vuorovaikutus. Teoksessa Ruusuvuori, J. & Tiittula, L. (toim.) Haastattelu: Tutkimus, tilanteet ja vuorovaikutus. Tampere: Vastapaino. 22-56.

Sanders, E. B.-N. 2013. Prototyping for the Design Spaces of the Future. Teoksessa L. Valentine (toim.) Prototype: Design and Craft in the 21st Century. Lontoo: Bloomsbury Academic, 59-73.

Syrjälä, S. & Tuomi, J. 1997. Rapid Prototyping: mallien, prototyyppien ja työkalujen pika-valmistus. Helsinki: Tekes.

Tiittula, L. & Ruusuvuori, J. 2009. Johdanto. Teoksessa Ruusuvuori, J. & Tiittula, L. (toim.) Haastattelu: Tutkimus, tilanteet ja vuorovaikutus. Tampere: Vastapaino. 9-21.

Valentine, L. 2013. Introduction. Teoksessa L. Valentine (toim.) Prototype: Design and Craft in the 21st Century. Lontoo: Bloomsbury Academic, 1-17.

7.2. Verkkolähteet

3D Printing Industry. 2017a. The Free Beginner's Guide – 02 – History of 3D Printing. Lontoo: 3D Printing Industry Limited. Luettu 8.1.2017. <http://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/history/>

3D Printing Industry. 2017b. The Free Beginner's Guide – 04 – 3D Printing Processes. Lontoo: 3D Printing Industry Limited. Luettu 5.2.2017. <https://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/processes/>

3D Systems. 2016. 3D Printers – Production. Luettu 5.2.2017. <https://www.3dsystems.com/3d-printers/production/overview>

Autodesk. CAD/CAM. Luettu 24.11.2016. <http://www.autodesk.com/solutions/cad-cam>

AxonVR. Haptics that feel real. Luettu 29.1.2017. <http://axonvr.com>

Carbon 3D. 2016. Carbon unveils the M1 – first commercial CLIP-based additive manufacturing machine. Luettu 22.2.2017. <http://www.carbon3d.com/news/carbon-unveils-the-m1-first-commercial-clip-based-additive-manufacturing-machine>

Charlesworth, S. 2016. Bits to Atoms: How Carbon's CLIP 3D Printing Technology Works. Luettu 9.3.2017. <http://www.tested.com/tech/3d-printing/570369-bits-atoms-how-carbons-clip-3d-printing-technology-works/>

Converse. 2017. Customize / Shop by / All custom. Luettu 26.2.2017. <http://www.converse.com/uk/en/products/converse/customize/shop-by/all-custom>

Deloitte Center for the Edge and Maker Media. 2013. Impact of the Maker Movement. Luettu 17.1.2016. <http://makermedia.com/wp-content/uploads/2014/10/impact-of-the-maker-movement.pdf>

FIRPA. Suomen Pikavalmistusyhdistys – Finnish Rapid Prototyping Association FIRPA ry. Luettu 24.11.2016. <http://www.firpa.fi/index.html>

Google Patents. Apparatus for producing parts by selective sintering. Luettu 22.2.2017. <https://www.google.com/patents/US5597589>

HTC, 2016. Vive. Luettu 29.1.2017. <https://www.vive.com/eu/>

Khabazi, Z. 2012. Generative Algorithms (using Grasshopper). Luettu 26.2.2017. <http://www.grasshopper3d.com/page/tutorials-1>

MakerBot. 2017. MakerBot 3D Printing Solutions. Luettu 5.2.2017. <https://www.makerbot.com/products/3d-printers/>

Mastercam. Integrated CAD Solutions. Luettu 24.11.2016. <http://www.mastercam.com/en-us/Solutions/Integrated-CAD-Solutions>

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Luettu 1.3.2016. http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_2.html

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Luettu 1.3.2016. http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L7_3_4.html

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Luettu 26.11.2016. http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L7_3_5.html

Schoffer, Filemon. 2016. How expiring patents are ushering in the next generation of 3D printing. TechCrunch. Luettu 8.1.2017. <https://techcrunch.com/2016/05/15/how-expiring-patents-are-ushering-in-the-next-generation-of-3d-printing/>

Shapeways. 2016. 3D Printed Pendant Creator. Luettu 26.2.2017. <https://www.shapeways.com/creator/pendant?li=customizable>

Smeeke, I. 2015. Ultimaker is proud to reveal the Ultimaker 2 Go and Ultimaker 2 Extended at CES Las Vegas. Luettu 5.2.2017. <https://ultimaker.com/en/blog/57-ultimaker-is-proud-to-reveal-the-ultimaker-2-go-and-ultimaker-2-extended-at-ces-las-vegas>

Tekniikan Etiikan Tietopankki. 2001. Tekniikka ja teknologia. Luettu 22.2.2017. <https://www.tek.fi/tekniikanetiikka/tutki/tutki1.htm>

The Huffington Post. 2014. Ideo CEO Tim Brown: 'Everyone Is A Designer'. Luettu 21.2.2017. http://www.huffingtonpost.com/2014/01/24/tim-brown-davos_n_4635681.html

Pikkarainen, E. 2004. Merkitysten ongelma kasvatustieteessä: lähtökohtia pedagogisen toiminnan perusrakenteen semioottiseen analyysiin. Oulu: Oulun yliopisto. Luettu 5.3.2017. <http://urn.fi/urn:isbn:9514273214>

Yusuf, Bulent. 2017. 10 Best 3D Printers in Spring 2017 – Buyer's Guide & Reviews. Luettu 26.2.2017. <https://all3dp.com/best-3d-printer/>

8. Liitteet

LIITE 1: Tuotekehityksen muotoiluprosessi: Alkuvaiheen ulkonäkömallit –kysely

LIITE 2: Tuotekehityksen muotoiluprosessi: Loppuvaiheen toiminnallinen malli –kysely

LIITE 1: Tuotekehityksen muotoiluprosessi: Alkuvaiheen ulkonäkömallit –kysely

TUOTEKEHITYKSEN MUOTOILUPROSESSI: ALKUVAIHEEN ULKONÄKÖMALLIT

Kyselylomake

Ikä:

Sukupuoli:

Mitä asioita tulostetut mallit toivat esitykseen lisää? _____

Kuinka hyödyllisenä näette konkreettisten mallien käyttämisen kesken tuotekehitystä? _____

Näettekö haittoja tällaisessa toiminnassa? _____

Mitä ajatuksia mallit herättivät? _____

Onko mielestänne tärkeämpää esittää tuotetta konkreettisesti vai visuaalisesti? Miksi?

Helpottavatko mallit lopullisen konseptin valintaa? Miten?

LIITE 2: Tuotekehityksen muotoiluprosessi: Loppuvaiheen toiminnallinen malli –kysely

TUOTEKEHITYKSEN MUOTOILUPROSESSI: LOPPUVAIHEEN TOIMINNALLINEN MALLI

Kyselylomake

Ikä:

Sukupuoli:

Miten tässä presentaatiossa esitelty toiminnallisuuksia avaava 3D-printattu malli auttoi ymmärtämään konseptia paremmin? _____

Mitä asioita näette hyödyllisenä, että konseptimuotoiluprojektin lopputulos pyritään viemään lähemmäs tuotantomallin tasoa? _____

Näettekö haittoja tällaisessa toiminnassa? _____

Mitä mahdollisuuksia näette prototyypin käytölle projektin jälkeiselle ajalle? _____

Onko mielestänne tärkeämpää esittää tuotetta konkreettisesti vai visuaalisesti? Miksi? _____

Mitkä asiat jäivät erityisesti mieleen tulostetusta prototyypistä? Positiivisessa ja negatiivisessa mielessä. _____
