

**3D-TEKNIIKOIDEN KÄYTTÖ KERAMIIKAN
MUOTTITYÖSKENTELYN APUNA**
Case: Keraaminen käyttöesinesarja



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Visamäki, Muotoilun koulutusohjelma, Artenomi (AMK)

Kevät 2020

Niina Rosell

Muotoilun koulutusohjelma
Visamäki

Tekijä	Niina Rosell	Vuosi 2020
Työn nimi	3D-tekniikoiden käyttö keramiikan muottityöskentelyn apuna - Case: Keraaminen käyttöesinesarja.	
Työn ohjaaja/t	Mirja Niemelä ja Pirjo Seddiki	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön keskeinen idea ja tavoite on esitellä muotoiluprosessi, jossa hyödynnetään 3D-tekniikoita (3D-mallinnus ja -tulostus). Konkreettisesti tämä tarkoittaa keraamisen käyttöesinesarjan suunnittelua ja toteuttamista 3D-tekniikoita apuna käyttäen. Prosessi lähtee inspiraation ja muodon hakemisesta luonnostelun, mittapiirrosten ja moodboardien kautta. Mittapiirrokset siirretään skannaamalla 3D-mallinnusohjelmaan ja tulostetaan 3D-tulostimella. 3D-tulostettuja mallineita käytetään kipsimuottien valmistukseen. Viimeiseen vaiheeseen kuuluu varsinainen tuotantoprosessi, eli esineiden valaminen, niiden viimeistely, koristelu ja lasitus.

Opinnäytetyöprosessiin yhdistetään myös kestävän kehityksen ja kestävän muotoilun ideologiaa. 3D-mallinnus säästää luonnonvaroja, sillä se auttaa näkemään tuotteen kolmiulotteisessa muodossa ennen sen varsinaista valmistamista. Opinnäytetyössä tutkitaan myös tulostuksessa käytettyä materiaalia, PLA-muovia, sekä sen ympäristöystävällisyyttä ja kierrätettävyyttä. Tutkimusmenetelminä käytetään prosessin havainnointia, taustatiedon hankintaa sekä 3D-avusteisen prosessin ja tavanomaisen keramiikan muottityöskentelyprosessin vertailua. Muotoiluprosessin kautta kerätään tietoa sekä 3D-tekniikoiden käytöstä keramiikan muottityöskentelyssä että 3D-mallinnuksen ja -tulostuksen mahdollisuuksista ja vaatimuksista keramiikan muottityöskentelyn apuna.

Opinnäytetyön tuloksena syntyy luonnostelun, 3D-mallinnuksen ja -tulostuksen kautta keraaminen käyttöesinesarja, PLA-muovisia mallineita, joita käytetään kipsimuottien valmistuksessa, kipsimuotteja, joita käytetään keraamisten esineiden valamiseen sekä 3D-mallinnukset ja renderöinnit esineistä. Käyttöesinesarja koostuu kupista, kulhosta ja kahdesta eri kokoisesta lautasesta, joita valmistetaan valutekniikalla kutakin 10 kappaletta.

Avainsanat Muotoilu, keramiikka, 3D-mallinnus, 3D-tulostus

Sivut 62 sivua, joista liitteitä 5 sivua

Degree Programme in Design
Visamäki

Author	Niina Rosell	Year 2020
Subject	Use of 3D-techniques to aid in the ceramic mold work Process – Case: Ceramic tableware set.	
Supervisors	Mirja Niemelä and Pirjo Seddiki	

ABSTRACT

The main idea and subject of this thesis is to present a design process that utilizes 3D techniques (3D modelling and printing). The concrete result of the process is the design and manufacturing processes of a ceramic tableware set. The process begins with seeking the inspiration and form through sketching, dimensional drawing and moodboarding. Drawings are then scanned and transferred into the 3D modelling program. The complete models are printed with a 3D printer. The 3D printed models are then used as templates to create plaster molds that are used for mold casting. The final phase of the process is the actual production of the tableware, consisting of casting, trimming, decorating and finishing the vessels with glazing.

The ideology of sustainable development and designing is also added into the design process. The 3D modelling process saves the natural resources because it helps to visualize the product before it is actually produced. The environmental effects and reusage of the material that were used in 3D printing process (PLA plastic) are also examined. The applied research methods are observation of the process, background research and comparison of 3D aided process and conventionally used techniques in ceramic mold work. Through the design process, information is gathered about the possibilities and requirements of the usage of the 3D techniques to aid in ceramic mold work process.

The outcome of the thesis is a ceramic tableware set that consists of a cup, bowl and two types of plates, which are all produced using plaster molds that are made with the 3D printed PLA-plastic stencils (10 pieces each).

Keywords Design, ceramics, 3D modelling, 3D printing

Pages 62 pages including appendices 5 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Keskeinen idea ja tavoitteet.....	1
1.2	Opinnäytetyökysymykset ja tiedonhankinta	2
1.3	Viitekehys	3
1.4	Prosessikaavio	4
1.5	Kestävän muotoilun ja kestävän kehityksen näkökulma	5
1.6	Käsitteet	7
2	SUUNNITTELUPROSESSI.....	9
2.1	Ideointi ja tarina suunnitteluprosessin takana	10
2.2	Luonnokset	12
2.3	Keramiikka ja sen muottitekniset vaatimukset suunnitteluprosessissa	14
2.4	3D-mallinnus	15
2.4.1	3D-mallinnusprosessi Autodeskin 3ds Max-ohjelmalla lyhyesti	16
2.4.2	3D-mallineen tarkistus ja vienti Ultimaker Cura-ohjelmaan.....	21
2.5	3D-kuvien renderöinti	22
3	VALMISTUSPROSESSI	24
3.1	Mallineen 3D-tulostus	24
3.1.1	3D-tulostus	25
3.1.2	3D-tulostuksessa käytetty materiaali	32
3.2	Kipsimuottien valmistaminen	33
3.3	Materiaalinvalinta: valusavi	38
3.4	Tuotteiden valaminen	39
3.5	Viimeistely ja raakapoltto	43
3.6	Koristelu	46
3.7	Lasittaminen.....	46
4	TULOS	49
5	POHDINTA.....	54
	LÄHTEET	55
	KUVALÄHTEET.....	57

Liitteet

Liite 1 Mittapiirros: Elämänlanka-kuppi

Liite 2 Mittapiirros: Elämänlanka-kulho

Liite 3 Mittapiirros: Elämänlanka-iso lautanen

Liite 4 Mittapiirros: Elämänlanka-pieni lautanen

Liite 5 Funktioanalyysi

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on esitellä suunnittelu- ja muotoiluosaamistani keraamisen käyttöesineen suunnittelu- ja tuotantoprosessin avulla. Yhdistän opinnäytetyöprosessissani tietotaidon keramiikan muotityöskentelystä kiinnostukseeni ja osaamiseeni 3D-tekniikoista (3D-mallinnuksesta ja -tulostuksesta).

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja vertailla 3D-mallinnuksen ja -tulostuksen toimivuutta, mahdollisuuksia ja vaatimuksia keramiikan muotityöskentelyssä. Tarkoitus on samalla verrata 3D-tekniikoita aiemman kokemuksen kautta syntyneeseen tietotaitoon tavanomaisista keramiikan muottitekniikoista. Opinnäytetyön käytännön prosessia tukemaan on käytetty sekä kirjallista että Internetin kautta haettua teoretietoa keramiikan materiaaleista, muotityöskentelystä, muotoilusta ja 3D-tekniikoista. Tutkimusmenetelminä käytetään prosessin havainnointia, taustatiedon hankintaa sekä 3D-avusteisen ja tavanomaisen keramiikan muotityöskentelyprosessin vertailua. Opinnäytetyö keskittyy muotoiluprosessin teknisen osan kuvaukseen. Tuloksena syntyvän esineen käyttäjän näkökulmaa käydään läpi funktioanalyysin kautta (liite 5).

1.1 Keskeinen idea ja tavoitteet

Opinnäytetyön idea alkoi hahmottua keväällä 2018 HAMKin Riihimäen yksikössä suorittamallani valinnaisella 3D-tekniikoita käsittelevällä opintojaksolla. Tein tuolloin kurssin lopputyönä projektin, jossa suunnittelin ja mallinsin korvallisena kupin Autodeskin 3ds Max -ohjelmalla. Tulostin mallineen 3D-tulostimella, tein sen avulla kipsisen valumuotin ja muotilla muutamia keraamisia kuppeja (kuva 1). Opinnäytetyössäni syvennän ammatillista osaamistani ja tutkin aiemmin käyttämäni tekniikoiden ominaisuuksia ja mahdollisuuksia lisää suunnittelemalla ja toteuttamalla keraamisen käyttöesineen kokonaisuuden.



Kuva 1. Kevään 2018 kuppiprojekti. Kuvassa vasemmalla 3D-tulostettu malline, keskellä raakapoltettu kuppi ja oikealla kuppi lasituspoltettuna.

Opinnäytetyön muotoilu-prosessin tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa toimiva, ergonominen ja käytännöllinen keraaminen astiasarja, joka kuvastaa valitsemaani teemaa. Prosessi jakautuu käyttöesinesarjan suunnittelu-työhön ja valmistusprosessiin. Kiinnitän prosessin kuluessa erityistä huomiota 3D-mallinnuksen ja -tulostamisen vaatimuksiin ja mahdollisuuksiin keramiikan muottityöskentelyssä ja vertailen niitä oman kokemukseni kautta syntyneeseen tietotaitoon tavanomaisesta keramiikan muottityöskentelyprosessista.

Esittelen opinnäytetyöprosessiani sitä havainnollistavien kuvien ja kuva-sarjojen kautta. Prosessia tukevat taustateoriat kulkevat läpi opinnäyte-työn osana käytännön prosessin kuvausta.

Kestävä kehitys ja kestävä muotoilu ovat mielestäni tärkeitä lähtökohtia kaikenlaiselle muotoilulle. Tästä syystä haluan tuoda myös opinnäytetyös-säni esille näitä näkökulmia. Esittelen aiheita sekä kirjallisuuden avulla, että oman pohdinnan kautta.

1.2 Opinnäytetyökysymykset ja tiedonhankinta

Opinnäytetyö käsittelee keraamisen käyttöesinesarjan suunnittelu- ja val-mistusprosessia. Prosessin apuna on käytetty 3D-tekniikoita (3D-mallinnus ja -tulostus). Opinnäytetyössä haetaan asetetuille tutkimuskysymyksille vastausta käyttäen hyväksi prosessin havainnointia, 3D-avusteisen ja ta-vanomaisen keramiikan muottityöskentelyprosessin vertailua sekä kirjalli-sista lähteistä haettua teoriatietoa. Perustietoa keramiikan materiaaleista sekä lasitteista on haettu Heikki Jylhä-Vuorion (2002) sekä Steve Mattiso-nin kirjoittamista teoksista, Airi Hortlingin verkkolähteestä (n.d.) sekä Mirja Niemelän luentoaineistoista (2015 ja 2017). Antti Puhakan 2008 jul-kaistu teos toimi päälähteenä 3D-mallinnusprosessin teoriatiedonhaussa. 3D-tulostuksen lähteet ovat pääasiassa verkkolähteitä. Lisäksi muotoilu-prosessiin haettiin taustatietoa Ilkka Kettusen (2001) sekä Susan Vihman toimittamista (2008) teoksista. Mirja Niemelän 2010 julkaistu väitöskirja toimi päälähteenä kestävä muotoilua käsittelevässä osuudessa.

Opinnäytetyön pääkysymykset ovat:

- Millainen on keraaminen käyttöesinesarja, jonka suunnittelu- ja val-mistusprosessissa on käytetty 3D-tekniikoita?
- Mitä hyötyä tai haasteita 3D-tekniikoiden käytöstä on verrattuna ta-vanomaiseen keramiikan muottityöskentelyyn?

Alakysymys:

- Voidaanko 3D-tekniikoiden käytöllä edistää kestävä kehitystä kera-miikan muottityöskentelyprosessissa?

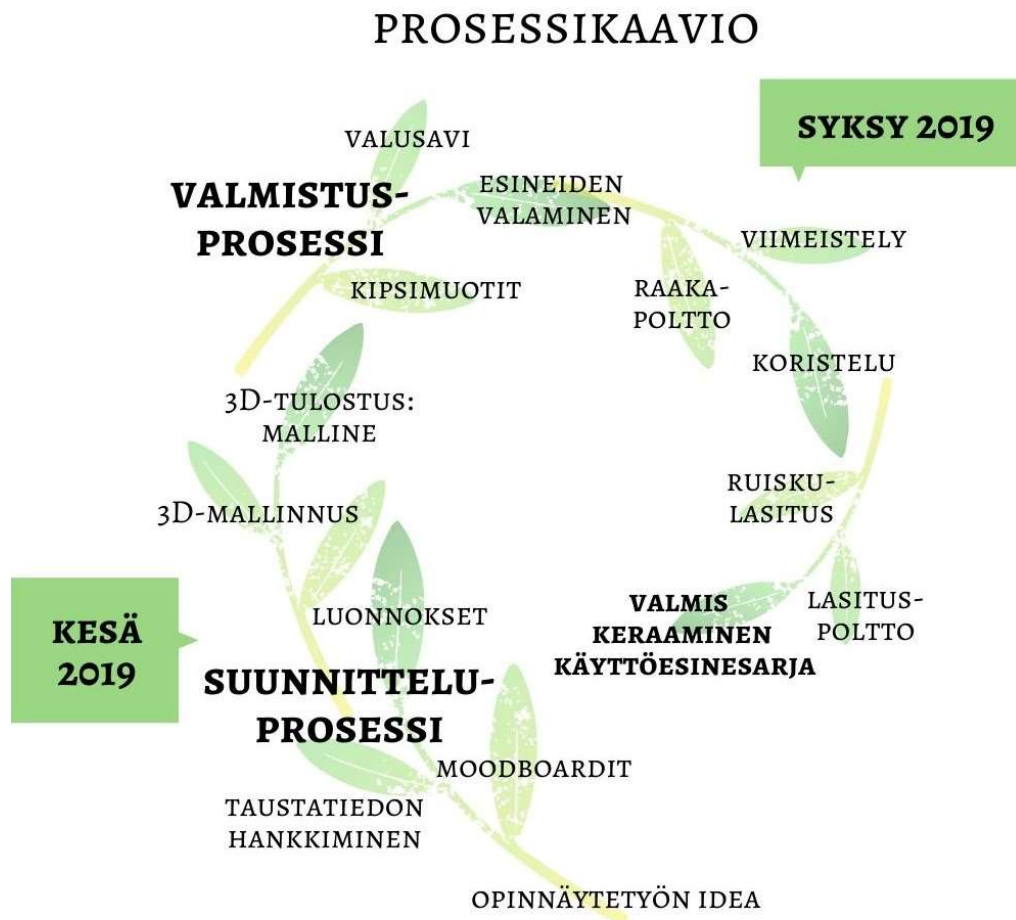
1.3 Viitekehys

Kuvassa 2 esitellään opinnäytetyöprosessini viitekehys, joka koostuu erillisistä osista, mutta kasvaa kokonaisuudeksi version lailla: se koostuu yhteisen keraamisen käyttöesinesarjan tuotesuunnittelusta, 3D-tekniikoiden, eli 3D-mallinnuksen ja -tulostuksen, hyödyntämisestä suunnittelu- ja valmistusprosessin apuna sekä keramiikan muottityöskentelystä. Prosessin tuloksena syntyy valmis keraaminen käyttöesinesarja. Kaiken tekemisen lähtökohtana on kestävän muotoilun ideologia. Avaan viitekehystä lisää prosessikaavion (kuva 3) avulla.



Kuva 2. Viitekehys

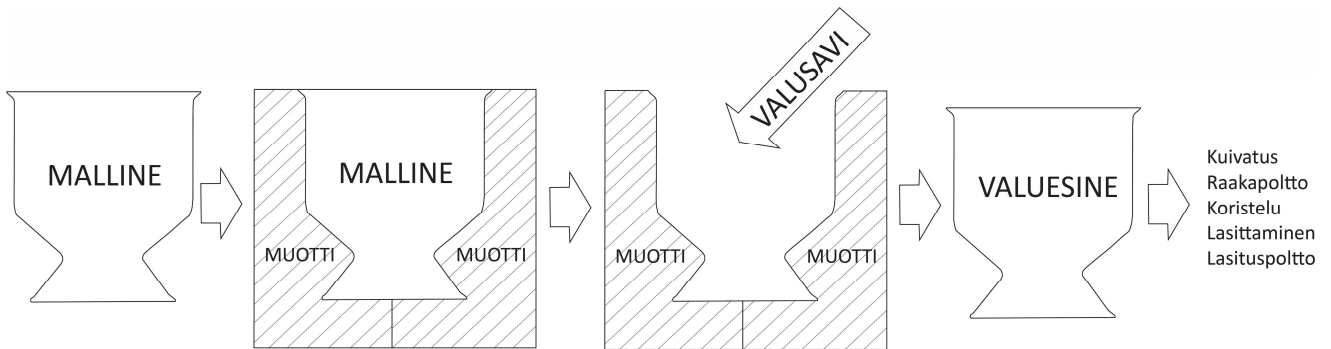
1.4 Prosessikaavio



Kuva 3. Prosessikaavio.

Opinnäytetyöni perustuu kuvassa 3 näkyvään prosessikaavioon. Se jakautuu suunnittelu- ja valmistusprosesseihin. Suunnittelu-prosessi koostuu käyttöesinesarjan suunnittelusta, luonnostelusta sekä 3D-mallinnuksesta. Prosessi alkaa moodboardien, eli idea- ja tunnelmataulujen kokoamisella. Päätin tässä vaiheessa, että käyttöesinesarjani tulee koostumaan kupista, kupin alle sopivasta pikkulautasesta, asetista, jota voi käyttää myös itsenäisesti, kulhosta sekä hieman isommasta ns. leipälautasesta.

Ideita jalostamalla siirryn varsinaisten tuotteiden muotojen luonnosteluun ja 3D-mallinnukseen. 3D-ohjelmassa esineistä mallinnettiin muodoiltaan keramiikan muottityöskentelyssä ja 3D-tulostuksessa toimivat ja ehdot mallinteet kupista, kulhosta sekä kahdesta erikokoisesta lautasesta. Renderöin käyttöesinesarjakokonaisuudesta myös esityskuvat (kuvat 26 ja 27). Piirsin jokaisesta osasta mittapiirroksen 3D-ohjelmaa ja Adobe Illustration käyttäen (liitteet 1-4). Mallinnusten valmistuttua vein tiedostot viipaiointiohjelmaan (Ultimaker Cura), joka muunsi mallinnukset 3D-tulostimissa toimiviksi tiedostoiksi. Tämän jälkeen tulostin PLA-muoviset mallit 3D-tulostimilla.



Kuva 4. Keramiikan muottityöskentelyprosessin kuvaus.

3D-tulostuksen jälkeen aloitin käyttöesinesarjan valmistusprosessin (kuva 4). Valmistin PLA-muovisten mallineiden avulla kipsiset valumuotit. Näillä muoteilla valoin kuppeja, kulhoja ja kahdenkokoisia lautasia. Käytin prosessissa aiemmin valmistamaani posliinin omaista TV-valusavea, joka on tehty Mirja Niemelän kevään 2015 ohjeen mukaan. Esittelen opinnäytetyössä valusaven valmistusprosessin. Esineiden kuivuttua viimeistelin niitä hiomalla ja silottamalla pintoja käsityökalujen avulla, jonka jälkeen ne raakapoltettiin keramiikkauunissa.

Raakapolttojen ja viimeisten siistimisten jälkeen tein alilasiteväreillä koristelua esineiden pintaan ja ruiskulasitin esineet värittömällä, kiiltävällä KXX5-lasitteella. Lasituspoltin esineet keramiikkauunissa. Tämän jälkeen myös opinnäytetyön tuotantoprosessi oli valmis. Lopuksi kokosin käyttämäni keramiikan muottityöskentelyprosessin ja siihen liittyvät taustateoriat kirjalliseksi raportiksi ja analysoin syntyneitä aineistoa muun muassa vertailemalla sitä tavanomaiseen keramiikan muottityöskentelyprosessiin.

1.5 Kestävän muotoilun ja kestävän kehityksen näkökulma

Kestävä muotoilu ja kestävän kehityksen ideologia ovat yhteiskunnan ja tulevaisuutemme kannalta ajankohtaisia ja tärkeitä näkökulmia. Kestävä kehitys tarkoittaa ihmisten tämän hetken toiminnan kauaskantoista pohtimista tähdäten sopusointuiseen elämään luonnon kanssa. (Niemelä, 2010, s. 10). Kestävän kehityksen määritelmää on pohdittu vuodesta 1972 lähtien ja sitä on viime vuosikymmeninä pyritty tuomaan entistä vahvemmin myös muotoilun kentälle, sillä muotoilun katsotaan olevan vahvasti yhteydessä kestävään kehitykseen (Niemelä, 2010, s. 48).

Kestävällä muotoilulla tarkoitetaan prosessia, jossa keskitytään suunnittelemaan ja valmistamaan tuotteita, jotka ovat kestäviä, ekologisia, energiatehokkaita, helposti kierrätettäviä ja joilla on mahdollisimman pieni vaikutus ympäristölle niiden koko elinkaaren ajan (Reis, 2010, s. 6). Ilmastossa viime vuosikymmenten aikana havaitut muutokset ja ympäristön saastuminen ovat saaneet ihmiset kiinnittämään huomiota omaan käyttäytymiseensä ja kulutustottumuksiinsa. Tämä on johtanut siihen, että on alettu

pohtimaan myös sitä, miten muotoilulla voitaisiin vaikuttaa tuotteiden kestävyteen, elinkaareen, ekologisuuteen ja eettisyyteen. Kestävän muotoilun kautta pyritään pohtimaan muotoilun lopputuotteiden käytettävyyttä ja elinkaarta ja ohjaamaan kuluttajia ympäristöä vähemmän kuluttavaan elämäntapaan. Lisäksi tavoitellaan globalisaation ja tuotteiden massatuotannon vähentämistä, sillä ne lisäävät luonnonvarojen tuhoutumista, energiankulutusta ja haittaavat kestävä kehitystä. (Niemelä, 2010, s. 38). Kestävään muotoiluun kuuluvat esineen suunnitelmallinen kestävyden ja laadun huomioiminen raaka-aineista lopputulokseen saakka, esteettisesti miellyttävää ja ergonomista muotoa unohtamatta. Esteettisyys ja ergonomisuus lisäävät myös tuotteen käyttöikä, sillä miellyttävää esinettä halutaan käyttää pidempään. Kestävään muotoiluun kuuluu myös muotoilijan henkilökohtainen vastuu materiaalintuntemuksesta, tuotantoprosessista ja tuotteen elinkaaresta sen kierrätettävyyteen tai hävittämiseen saakka (Niemelä, 2010, s. 116).

Ekologiseen kestävyteen kuuluu luonnonvarojen kestävä käyttö, jossa olennaisena kysymyksenä pidetään teknologian kehittämistä (Niemelä, 2010, s. 53). Tämä on yksi ulottuvuus, johon otan kantaa opinnäytetyössäni: 3D-mallinnus säästää luonnonvaroja, sillä se auttaa näkemään tuotteen kolmiulotteisessa muodossa jo ennen sen varsinaista valmistamista. Mallinnuksesta voidaan saada aikaan hyvin todentuntuksia renderöintejä, joiden avulla esineeseen voidaan tarvittaessa tehdä muutoksia ennen varsinaisen valmistusprosessin aloittamista.

Kestävän muotoilun ideologiassa myös taloudellisuus on tärkeässä osassa. Tämä tarkoittaa esimerkiksi opinnäytetyöni mittakaavassa sitä, että kaikkia tarvittavia materiaaleja (esimerkiksi kipsi, valusavi, lasite) pyritään tekemään sen verran, kun projektissa tarvitaan, tai käyttämään ja kierrättämään jo olemassa olevia materiaaleja.

Luonnonvarojen kestävä käyttö edellyttää sitä, että uusiutumattomia luonnonvaroja käytetään säästeliäästi ja tehokkaasti pyrkien samalla korvaamaan ne uusiutuvien luonnonvarojen käytöllä (Niemelä, 2010, s. 53). Tutustuin opinnäytetyössä 3D-tulostuksessa käyttämäni muovimateriaaliin (PLA, polylaktidi) pohtien, olisiko muovimateriaalin käyttö keramiikan muottityöskentelyssä ekologisempaa kuin muottityöskentelyssä tavanomaisesti käytettävä kipsistä valmistettu malline, sillä kipsi ja savi ovat molemmat uusiutumattomia materiaaleja. Kipsimallinetta (kuva 5) ja -muottia voidaan käyttää kymmeniä kertoja uudestaan ja kipsimateriaalin voi lopulta kierrättää esimerkiksi rakennusmateriaaleiksi, kipsilevyiksi (Knauf, n.d.). PLA-filamenttia kerätään ja sulatetaan uudelleenkäytettäväksi filamentiksi Suomessa jo nyt.

Säästeliäisyys ja tehokkuus näkyvät vahvasti opinnäytetyöprosessissani. Esimerkiksi yhdistin polttoja valmistamalla kaikkien esineiden rungot valmiiksi, jotta voisin käyttää isompia uuneja vähentäen polttoihin käytettävää energiankulutusta. Raakapoltoissa tämä toimi paremmin, sillä esineitä

sai laitettua uuniin päällekkäin ja sisäkkäin, mutta lasituspolttoja jouduin tekemään useamman, sillä lasitettaessa liian lähekkäin olevat esineet saattavat tarttua kiinni toisiinsa lasitteen sulaessa. Myös lasittamisessa kiinnitin huomiota taloudellisuuteen, sillä käytin projektissa edellisistä projekteista ylijäänyttä KXX5-lasitetta.



Kuva 5. Keramiikan kipsityöskentelyssä käytetään perinteisesti kipsistä valmistettua mallinetta. Kuvissa vasemmalla aihio kipsimallineesta, oikealla käsityökaluja käyttäen muotoiltu kipsimalline.

1.6 Käsitteet

Opinnäytetyön keskeisiä käsitteitä ovat:

3D-mallinnus on tietokoneavusteista kolmiulotteista piirtämistä, joka perustuu geometriaan. (Puhakka, 2008, s.29).

Renderöinti on 3D-mallinnusohjelman tuottama kaksiulotteinen kuva mallinnuksesta.

Skannaamisella tarkoitetaan paperisen asiakirjan kopiointia/ siirtämistä digitaaliseen muotoon tietokoneelle skannerin avulla.

3D-tulostus tarkoittaa prosessia, jossa 3D-mallinnusohjelmalla tehty mallinnus siirretään 3D-tulostuslaitteeseen, joka sulattaa ja pursottaa PLA-muovifilamenttia mallinnuksen mukaisesti.

Kalibrointi tarkoittaa jonkin laitteen säätämistä tai nollaamista niin, että saadaan aikaan oikean-/ halutunlainen lopputulos.

Filamentti on 3D-tulostuksessa käytettävä materiaali, esimerkiksi PLA- tai ABS-muovi.

PLA-muovi, polylaktidi, on sekä biohajoavaa, bioperäistä muovimateriaalia, jota valmistetaan muuna muassa maissitärkkelyksestä ja meijeri- ja metsäteollisuuden sivutuotteista.

Malline on kappale, jota käytetään keramiikan muottityöskentelyssä sabluunan tai kaavan tavoin, ja jonka avulla halutun muodon voi siirtää kipsimuottiin.

Valusavi on nestemäistä savea, jossa savimassaan on lisätty vettä ja deflokkulanttia, joka pitää saven juoksevassa muodossa. (Jylhä-Vuorio, 2002, s. 68).

Valaminen on prosessi, jossa kipsistä valmistettu muotti imee savesta vettä, jonka jälkeen nestemäinen valusavi tiivistyy ja jähmettyy valuseinämäksi. (Jylhä-Vuorio, 2002, s. 68).

Viimeistelyllä tarkoitetaan esineen pinnan siistimistä esimerkiksi vesihiomapaperilla ja erilaisilla käsityökaluilla.

Raakapoltto on poltto, jossa saviesine poltetaan uunissa niin korkeaan lämpötilaan, että savi muuttuu keramiikaksi. Materiaali ei pysty raakapolton jälkeen palautumaan alkuperäiseen muotoonsa (Jylhä-Vuorio, 2002, s. 12).

Lasite on ohut pinnoite keraamisen esineen pinnalla. Lasitteen vahvuus on noin 0,1 – 0,5 mm (Jylhä-Vuorio, 2002, s. 89).

Lasituspoltto on poltto, jossa lasite sulatetaan raakapoltetun esineen pintaan muodostaen vettä läpäisemättömän, hygieenisen ja kestävänn pinnan. (Jylhä-Vuorio, 2002, s. 89).

2 SUUNNITTELUPROSESSI

Englannin kielessä sanalla muotoilu (design) tarkoitetaan usein sellaisia esineitä, joita pidetään vitriineissä ihailtavana. Suomalaisten suhdetta muotoiluun pidetään erilaisena, sillä suomalaiselle myös käyttöesine voi olla designtuote. Suomalaisen muotoilun perustana ovat perinteisesti olleet pelkistetyt muodot, luonnonmateriaalit ja käsityötaidon arvostus. (Vihma, 2008, s. 219). Yleisesti muotoilussa viehättävinä ominaisuuksina pidetään symmetrisyyttä sekä yksinkertaisia geometrisia muotoja, mutta visuaaliseen viehättävyyteen vaikuttavat myös ajankohta, kulttuuri, ympäristö ja trendit (Kettunen, 2001, s. 21).

Yksi muotoilijan tärkeimmistä tehtävistä on olemassa olevien ratkaisujen kyseenalaistaminen, niiden korvaaminen uusilla, innovatiivisimmilla ja paremmilla vaihtoehdoilla. (Vihma, 2008, s. 9). Pelkkää suunnittelua ei pidetä muotoiluna, vaan termillä tarkoitetaan koko suunnitteluprosessia ja sen lopputulosta. (Vihma, 2008, s. 11). Arkikielessä muotoilua ajatellaan olevan lähinnä designtuotteissa, kuten kuvan 6 Villeroy & Bochin kuppi ja lautanen. Tällaiset brändätyt, ehkä hieman erikoiset tuotteet ovat houkuttelevia, mutta samalla hämäävät kuluttajien mielikuvia siltä, mitä muotoilutyö todellisuudessa sisältää. Muotoilu on sekoitus materiaalituntemusta, empatiaa, asiantuntijuutta ja näkemystä. Muotoilijan tehtävä on tarjota käyttökelpoisia, ulkonäöltään miellyttäviä ja ihmisten odotukset täyttäviä ratkaisuja käytännön ongelmiin. (Vihma 2008, s. 13 ja 15). Tutkimustiedon mukaan ihmiset pyrkivät hankkimaan asioita, jotka kuvastavat henkilön visuaalista identiteettiä tai sitä millaisena he toivovat muiden näkevän heidän. (Kettunen, 2001, s. 17).



Kuva 6. Esimerkki design tuotteesta, Villeroy & Bochin New Wave Caffejarra.

Opinnäytetyöprosessin suunnittelussa päätin panostaa teemaan, ergonomiaan sekä mielenkiintoisiin muotoihin. Ideana oli pyrkiä innovatiivisuuteen ja samalla panostaa kestävään muotoiluun. Lähtökohtana oli myös tutkia tavanomaisessa keramiikan kipsityöskentelyssä käytetyn kipsimallineen korvaamismahdollisuutta ekologisemmalla 3D-tulostetulla PLA-muovisella mallineella.

Opinnäytetyön suunnitteluprosessia ohjasivat keramiikan muottitekniikan ja 3D-tekniikoiden taustateoriat, kuten muotojen päästävyys ja ehjät pintamallit. Suunnitteluprosessi koostui teeman ja käyttöesinesarjakokonaisuuden osien ideoinnista, moodboardien, eli ideakuvakollaasien kokoamisesta, käsin tehdyistä luonnoksista ja alustavista mittapiirroksista. Nämä piirrokset skannasin ja siirsin tietokoneelle kolmiulotteista mallinnusta varten. Suunnitteluprosessi jatkui 3D-ohjelmassa.

Aloitin käyttöesinesarjan suunnittelun kupista ja skaalasin sarjan muut osat sopimaan siihen muodoiltaan ja kokojensa puolesta. Ennen varsinaisen suunnitteluprosessin aloittamista tein havainnointia Arabian kahvikuppien vetoisuuksista ja suoritin suullista kyselyä (10 henkilöä) siitä, mikä olisi sopiva koko ja vetoisuus kahvikupille ja millainen on sopivan kokoinen ja muotoinen korva kupille. Suurin osa vastasi Arabian Muumi-mukien olevan täydellisen kokoisia sekä vetoisuudeltaan (0,3 l) että korvan koon puolesta (Kuva 7). Otin mielipiteet huomioon ja sovelsin niitä käyttöesinesarjaa suunnitellessani. Sarjan kuppi on vetoisuudeltaan 0,3 l. Korvan muotoilussa otin taiteellisia vapauksia.

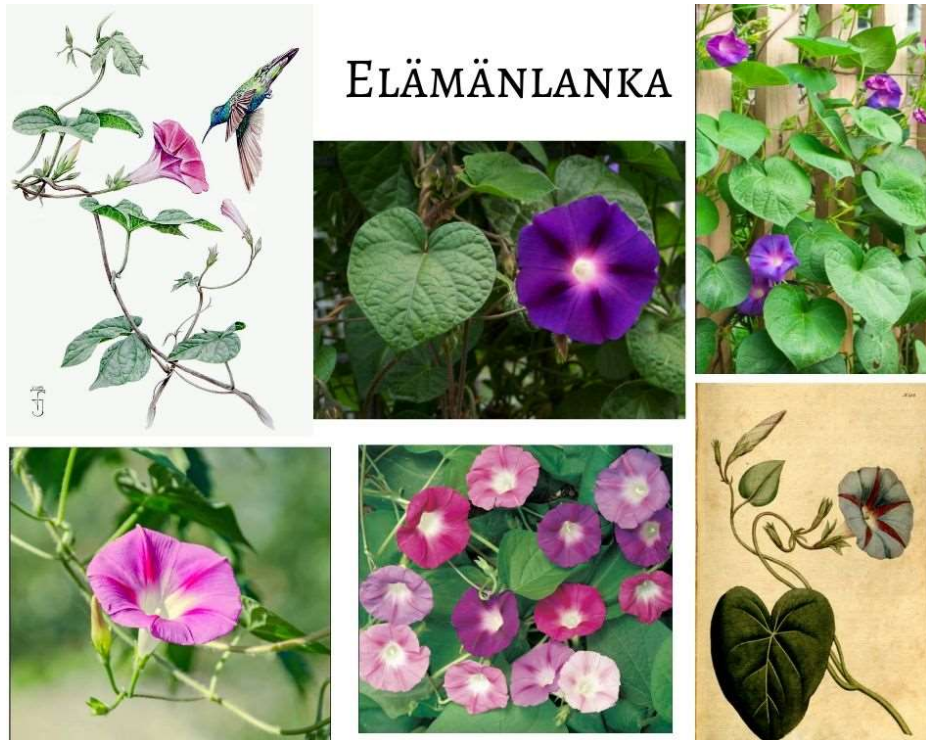


Kuva 7. Erikokoisia Arabian kuppeja, vasemmalta oikealle: Taika 0,4 l, Angry Birds "Kuningaspossu" 0,4 l, Muumi "Iltainti" 0,3 l, Taika cappuccino 0,2 l ja Taika espresso 0,1 l.

2.1 Ideointi ja tarina suunnitteluprosessin takana

Opinnäytetyön suunnitteluprosessin aihe maailman lähtökohdat ovat itselleni henkilökohtaisia. Alusta asti tiesin, että opinnäytetyöni käyttöesine-sarjan muotojen aihe ja idea tulee lähtemään itseäni lähellä olevista aiheista; luonnosta, mystiikasta ja mielikuvituksellisesta satujen maailmasta. Menetin äitini tammikuussa 2019 ja jostakin surutyön keskeltä kirkastui idea ja aihe, jota päätin opinnäytetyön keraamisen käyttöesinesarjan lähtökohdaksi käyttää: Elämänlanka. Vaikka Elämänlanka-kasvia pidetään yleisesti rikkaruohona ja puutarhassa haitallisena vieraslajina (Luontoturva n.d.), aiheessa minua viehättävät erityisesti sen symboliikka, kasvin sitkeys, sydämenmuotoisten lehtien muoto, kauniit ja herkätkukinnot sekä varsien köynnösmäisyys.

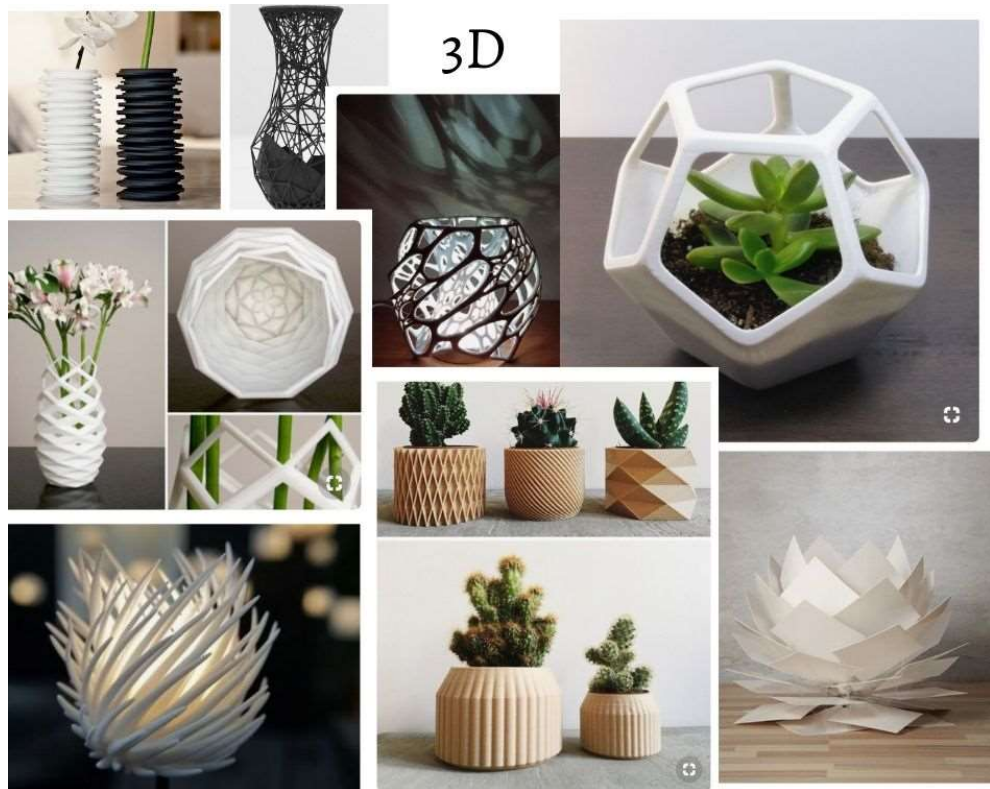
Kokosin moodboardoja Elämänlanka-kasvista ja sen kukinnoista (kuva 8), kasviaiheisista astiastoista (kuva 9) sekä inspiroivista 3D-tulostetuista muodoista (kuva 10). Moodboardien kautta ajatus selkeytyi ja sain idean kupin korvan sekä kulhojen ja lautasten sydämenmuotoisesta designista ja lopullisen käyttöesinesarjan koristelusta, ”elämänviivoista”.



Kuva 8. Moodboard: Elämänlanka-kasvi.



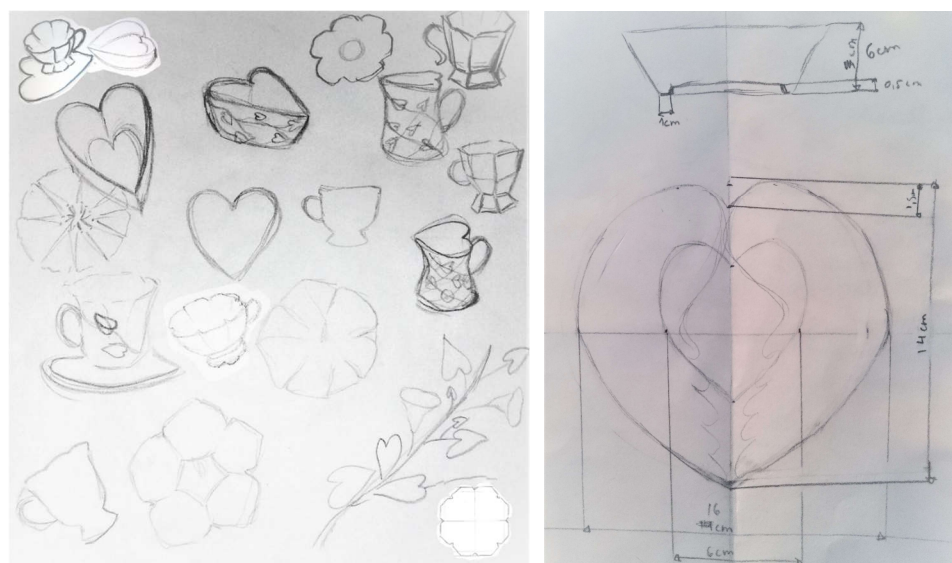
Kuva 9. Moodboard: kasviaiheisia astiastoja.



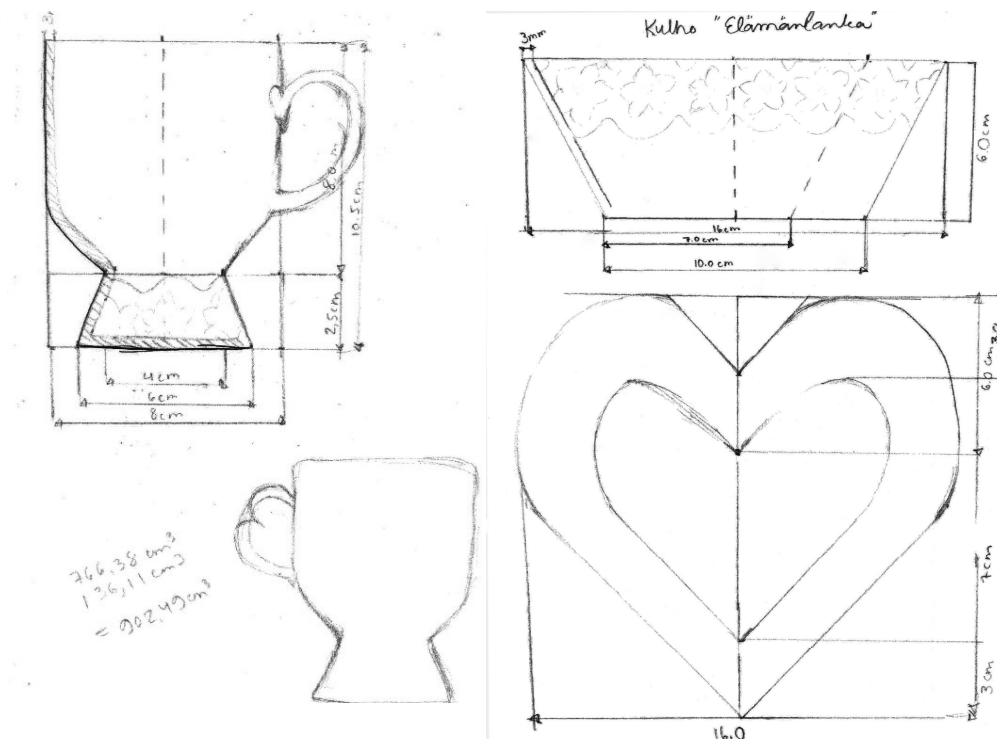
Kuva 10. Moodboard: 3D-tulostettuja muotoja.

2.2 Luonnokset

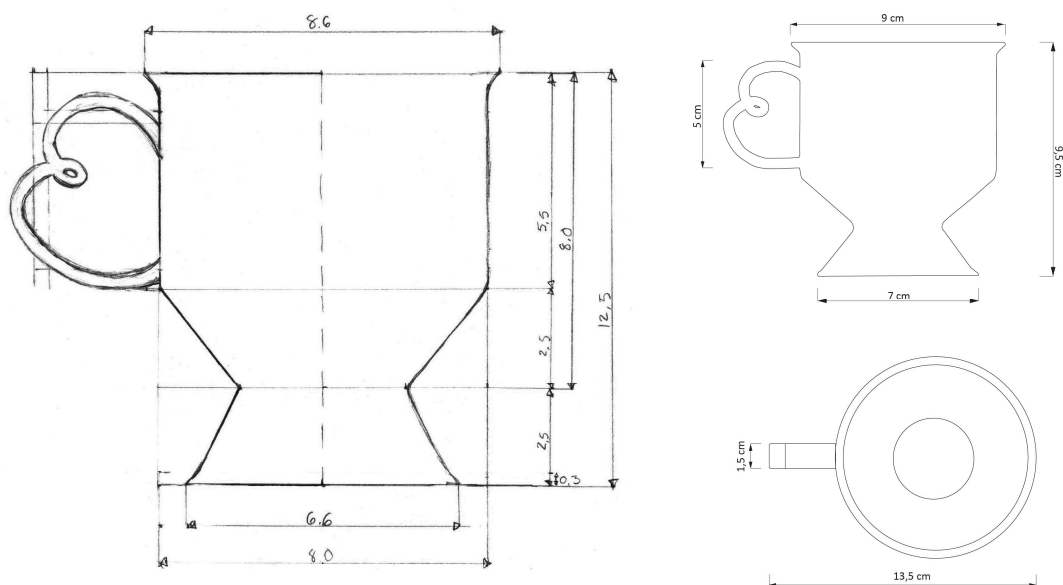
Lähdin hakemaan käyttöesinesarjaan aihe maailmaan sopivia muotoja paperille käsin luonnostelemalla. Lähtökohtana oli ajatus siitä, että sarjan osat puhuvat samaa muotokieltä, mutta toimivat myös yksittäisinä esineinä. Luonnostelu alkoi käyttöesinesarjan kupista ja jatkui siitä lautasiin ja kulhoon. Piirsin esineistä myös alustavia mittapiirroksia käsin (kuvat 11, 12 ja 13.)



Kuva 11. Alustavia luonnoksia käyttöesinesarjasta.



Kuva 12. Alustavia mittapiirroksia kupista ja kulhosta.

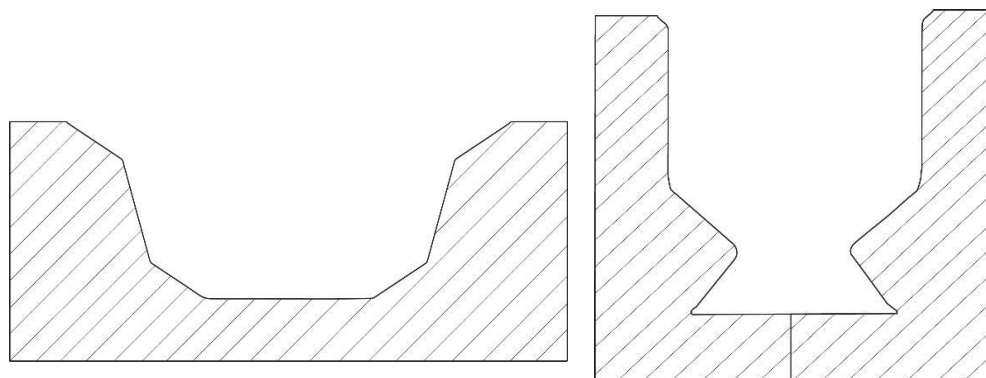


Kuva 13. Käsin tehty alustava mittapiirros Elämänlanka-kupista ja Adobe Illustratorilla piirretyt mittapiirrokset siitä (löytyvät myös liitteestä 1).

2.3 Keramiikka ja sen muottitekniset vaatimukset suunnitteluprosessissa

Savi materiaalina ja muottityöskentely saven kanssa tuovat sekä mahdollisuuksia, että asettavat tiettyjä reunaehtoja muotoilutyölle (Mattison, 2003, s. 35). Valumuottia valmistaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota muotojen päästävyYTEEN, sillä muuten savi ei irtoa vapaasti muotista. Myös saven kutistuma polttojen aikana tuo haastetta suunnitteluprosessiin.

Kun halutaan valmistaa sarja samanmuotoisia esineitä, on järkevää valmistaa haluttua muotoa toistava muotti. Muottia varten valmistetaan ulkopinnoiltaan halutun esineen muotoinen malline. Keramiikan muottityöskentelyssä yksinkertaisemman muodon valmistukseen riittää yksiosainen avomuotti, mutta monimutkaisempaa esinettä varten tarvitaan useampiosainen muotti. Käytän opinnäyteprosessissa sekä yksi- että kaksiosaisia avomuotteja (kuva 14).



Kuva 14. Piirroksat kuldin yksiosaisesta avomuotista ja kupin kaksiosaisesta valumuotista.

Keramiikassa työskentelytavat valitaan halutun lopputuloksen mukaan. Halusin käyttöesineisarjan runkojen olevan pohjaltaan puhtaan valkoisia ja valitsin opinnäytetyöprojektin käyttöesineisarjan materiaaliksi posliininomaisen TV-valusaven. Aiempien keramiikan muottityöskentelyprosessien kautta syntyneiden kokemusten mukaan työskentely valusaven kanssa on nopeaa ja minulle mielekästä. Prosessi perustuu kipsimuotin kykyyn imeä vettä nestemäisestä savesta: kun vesi imeytyy kipsimuottiin, savi muodostuu seinämäksi kipsimuotin pintaan (Mattison, 2003, s. 36). Muotti auttaa toistamaan samaa muotoa ja valusavi takaa saven seinämien vahvuuden pysyvän samana joka puolelta valuesinettä.

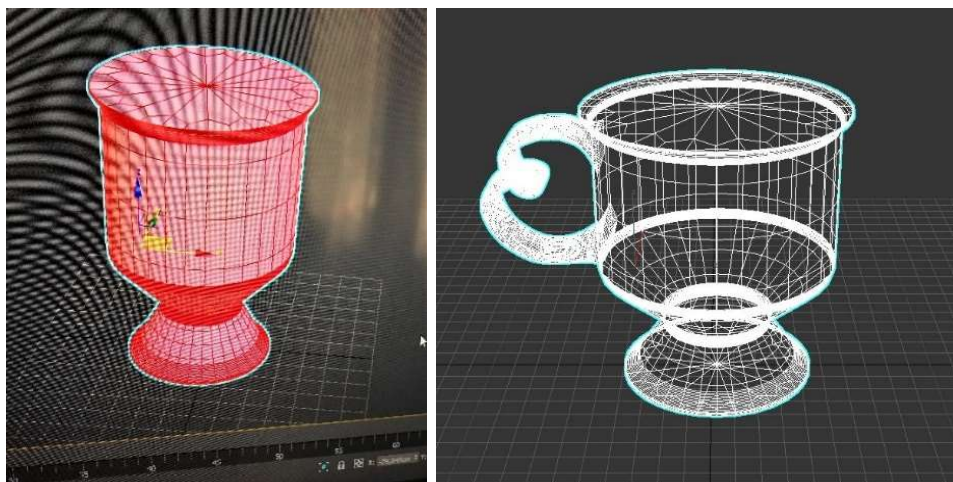
Savimateriaalia käytettäessä on muistettava myös, että se kutistuu sekä kuivuessaan että polttojen aikana. Käytin opinnäytetyössä TV-valusavea (ohje Niemelä 2017), jota olin käyttänyt aiemmin, joten olin tehnyt siitä kutistumatestin. Kutistumatesti tehdään valmistamalla käytettävästä savesta koepala, johon piirretään 10 senttimetrin pituinen viiva. Laatta poltetaan halutussa lämpötilassa (tässä projektissa 960 °C astetta) ja tarvittaessa lasitetaan ja poltetaan uudestaan lasitteen mukaisessa lämpötilassa.

Tämän jälkeen mitataan aiemmin piirretyn viivan pituus uudelleen ja sen mukaan lasketaan kutistumaprosentti esineen kuivakoosta (Jylhä-Vuorio, 2002, s. 222). Käyttämäni TV-valusavi kutistuu poltoissa 12 %.

2.4 3D-mallinnus

3D-mallinnuksella tarkoitetaan tietokoneavusteista kolmiulotteista piirtämistä (CAD - Computer Aided Design), joka perustuu geometriaan. Kolmiulotteinen piirtäminen tapahtuu toisilleen kohtisuorien x-, y-, ja z-koordinaattiakseleiden avulla. (Puhakka, 2008, s. 29). Mallinnusohjelmalla piirretään kolmiulotteisessa tila-avaruudessa pisteitä (vertex), jotka yhdistyvät toisiinsa reunaviivoilla (edge). Lopulta muodostuu kolmiulotteisia monikulmioverkkoja (polygon), jotka muodostavat 3D-mallin (Puhakka, 2008, s. 29).

3D-mallinnusohjelmia ja -tekniikoita voidaan käyttää yhä monipuolisemmin lähes kaikenlaiseen suunnitteluun. 3D-mallinnuksen parhaimpia puolia ovat suunnitelmien kolmiulotteinen visualisointi, toimivuuden tarkastus sekä nopea ja helppo muuttaminen ennen todellisen tuotteen valmistusta, kuten kuvassa 15.



Kuva 15. Wireframe-kuvat kupin muutoksista Autodeskin 3ds Max-mallinnusohjelmassa.

3D-mallinnustekniikoiden historia ei ole pitkä ja tämänhetkinen ohjelma-kehitys on tapahtunut nopeasti lyhyen ajan sisällä. Tekniikoita myös kehitetään eteenpäin jatkuvasti. Ensimmäinen 3D-mallinnukseksi luokiteltava ohjelma, vektorigrafiikkaan pohjautuva ilmatilan valvontajärjestelmä, syntyi jo 1940-50 lukujen taitteessa Yhdysvalloissa, mutta varsinainen 3D-mallinnus alkoi kuitenkin 1982 Autodeskin AutoCAD-ohjelmasta. Se oli ensimmäinen PC:llä toimiva CAD-ohjelmisto. (Puhakka, 2008, s. 25). Nykypäivänä 3D-mallinnusohjelmia on satoja erilaisia. Omasta 3D-mallintamisen parissa syntyneestä kokemuksesta voin todeta, että yhden 3D-ohjelman opettelu auttaa ymmärtämään, oppimaan ja käyttämään myös muita ohjelmia.

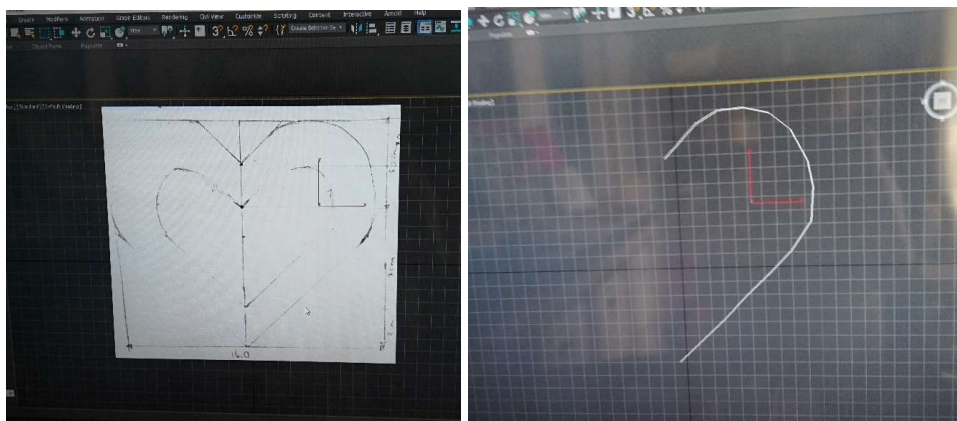
Kun 3D-mallinnusprosessin tavoitteena on tuottaa 3D-tulostettava mallinnus, on jo mallinnusvaiheessa huomioitava suunnittelun lopputulosta. Mallintaessa tulee miettiä esimerkiksi miten 3D-tulostettava muoto täytetään, miten tulostus sijoittuu tulostettaessa alustalle, tarvitseeko se tukirakenteita tai kannattaako tulostus tehdä useammassa osassa (Arolainen, 2018,s. 12).

Vaikka 3D-mallinnus näyttäisikin tietokoneruudulla täydelliseltä, on varmistettava, että se on kaikilta pinnoiltaan ehjä ja tulostettavaksi kelpaava. Lisäksi on muistettava varautua siihen, että varsinkin isommalla suuttimella tulostettaessa malliin voi herkästi tulla muutoksia pelkästään siksi, että tulostuksessa sulaa muovia pursottuu tulostuspäästä kerroksittain ja usein epätasaisesti. Tiesin kokemuksesta, että 3D-tulostimen kerroksittainen tulostusjälki tulisi näkymään lopullisessa mallineessa, ja päätin käyttää sitä hyväksi esineiden pintakuviointissa.

2.4.1 3D-mallinnusprosessi Autodeskin 3ds Max-ohjelmalla lyhyesti

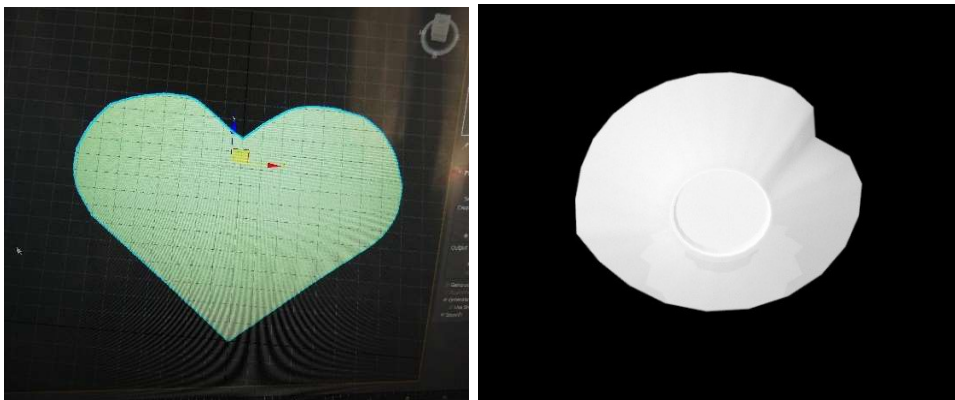
Olen opiskellut 3D-mallinnusta Rhinocerosella, Autodeskin 3D-mallinnusohjelma 3ds Maxilla ja opetellut muutaman ilmaisohjelman käyttöä. Kaikki 3D-mallinnusohjelmat sisältävät samanlaisen perusidean kolmiulotteisesta mallinnuksesta. 3ds Maxin mallinnusohjelma on minulle näistä mielekkäin, sillä se on mielestäni muita ohjelmia mukautuvaisempi ja sillä pääsee syvemmälle mallinnusprosessiin.

3D-mallinnusprosessi lähti kaikissa käyttöesineisarjan osissa liikkeelle siitä, että skannasin käsin paperille piirtämäni mittapiirroksen, eli referenssikuvat tietokoneelle ja avasin 3ds Max-mallinnusohjelmalla (kuva 13). Tämän jälkeen itse 3D-mallinnusosuus tapahtui jokaisessa esineessä samalla tavalla, mutta kulhon ja lautasten mallinnus oli kuppia huomattavasti yksinkertaisempaa, sillä muottiteknisistä syistä johtuen niiden kanssa riitti, että malline on päästävä yhteen suuntaan ja niitä varten täytyi valmistaa vain yksi avomuotti. Päästävyydellä tarkoitetaan sellaista muotoa, joka pääsee irtoamaan vapaasti muotista.



Kuva 16. Kulhon ja lautasten referenssikuva ja mallinnuksen aloitusta 3ds Maxissa.

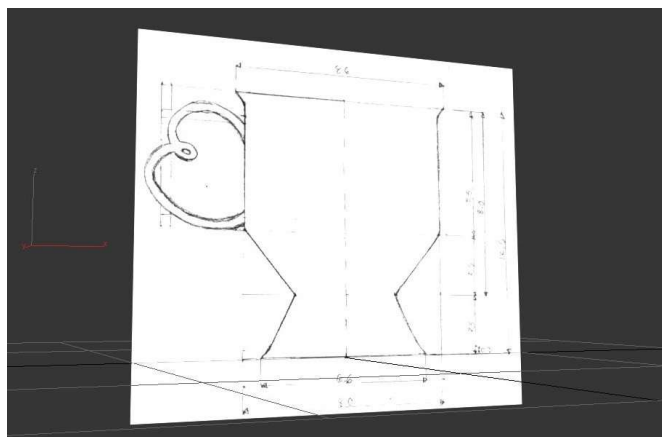
Lähdin astiasarjan kulhossa ja lautasissa hakemaan elämänlangan lehden muotoa. Kuten kuvista 16 ja 17 näkee, muokkasin muotoa alkuperäisestä selkeästä sydämen muodosta hieman pyöreämmäksi ja orgaanisemmaksi 3D-mallinnusohjelmassa. Käytin isomman lautasen yläreunan muotoa myös kulhon mallinnuksessa, eli ne ovat molemmat ulkoreunaltaan saman muotoisia ja kokoisia. Tämä mahdollistaa esimerkiksi lautasen käytön kulhon kantena.



Kuva 17. Kuva käsin piirretyn referenssikuvan muutoksesta lopulliseen muotoon.

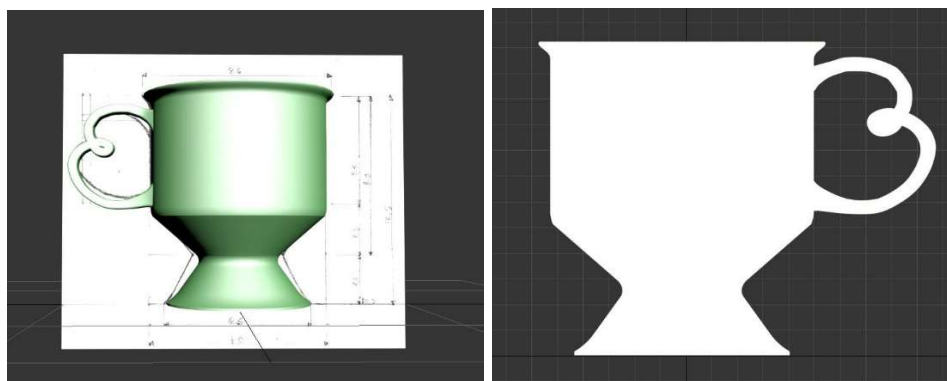
Tein mallinnusvaiheessa muutoksia käyttöesinesarjan kaikkien osien muotoihin. Esimerkiksi muokkasin kuppia niin, että siitä tulikin hieman leveämpi ja matalampi, kuin alkuperäisessä referenssikuvassa (kuva 14). Kupun vetoisuus pysyi kuitenkin koko ajan samana (0,3 l). Myös korva muotoutui erilaiseksi, sillä tarvitsin varsinkin sen kiinnityskohtaan lisää vahvuutta, jotta se toimisi "oikeassa" kupissa. 3D-mallinnuksen parhaita puolia ovatkin muodon helppo ja välitön muokattavuus.

Koska kupin mallinnusprosessi oli tekemistäni 3D-mallinteista monimutkaisin, esittelen lyhyesti sen teknisen toteutuksen Autodeskin 3ds Max-ohjelmalla. Mainitsen prosessinkuvauksessa 3ds Max-mallinnusohjelmassa käyttämäni toiminnot ja työkalut, mutta kolmiulotteisten mallinnusohjelmien syvempi tekninen osuus on rajattu pois opinnäytetyöstä.



Kuva 18. Käsin tehty mittapiirros (kuva 13) liitettynä Plane-objektiin 3ds Max-mallinnusohjelmassa.

Aloitin kupin 3D-mallinnuksen skannaamalla käsin paperille tekemäni mit-tapiirroksen, eli referenssikuvan. Loin 3D-mallinnusohjelmassa Plane-ob-jehtin, johon liitin piirtämäni kuvan (kuvassa 18). Referenssikuvaa hyväksi-käyttäen piirsin Line-työkalulla kupin rungon poikkileikkauksen muotoisen viivan. Valitsin tämän jälkeen viivasta vertex-tason ja pyörustin verteksejä Fillet-työkalulla. Tämän jälkeen laitoin viivaan Lathe-modifierin, joka teki viivasta pyörähdyskappaleen. Kupin korvan tein siten, että piirsin referens-sikuvan mukaisesti viivan, eli linan, ja erillisen suorakulmaisen 0,5 cm x 1 cm kokoisen objektin, jotka yhdistin Loft-työkalulla. Näin sain myös kor-vaista kolmiulotteisen. Laitoin sekä kuppiin, että korvaan edge-tasolla reu-noihin pyöröstystä Chamfer-työkalulla (kuva 19).



Kuva 19. Kupin 3D-mallinnusta.

Vaikein tehtävä oli tässä vaiheessa saada kuppi ja sen korva yhdeksi ja sa-maksi objektiksi. Tämä onnistui siten, että tein korvasta hieman isomman, kuin mitä lopputulokseen halusin, ja siirsin kuppia ylämäkymässä hieman kupin sisälle. Levensin samalla korvan ja kupin yhdistymiskohtaa (kuva 20).



Kuva 20. Kuva kupin ja korvan yhdistämisprosessista ja käyttöesinesarjan pikkulautasen, eli asetin, ja kupin keskinäisen koon testaamista.

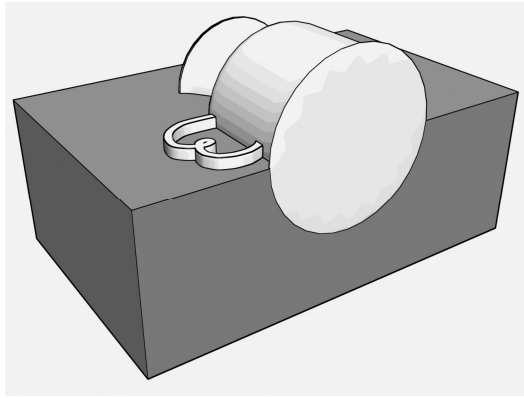
Tämän jälkeen käytin Qslice-työkalua ja leikkasin viillon korvan molempiin päihin kupin pinnan mukaisesti. Sitten valitsin polygonit, jotka jäivät leikkauksen sisäpuolelle ja näin sain kuppi -osan pintaan reiät kahvojen kohdalle. Tämän jälkeen tein connect työkalulla uudet reunat, eli edget, kupin pinnalle niihin polygoneihin, johon korva tulisi kiinni. Poistin näistä polygoneista pinnat. Valitsin seuraavaksi molemmista kappaleista reunat, jotka yhdistin käyttämällä Weld-työkalua. Tästä syntyneet polygonit eivät välttämättä olleet hyvänlaatuisia polygoneja, mutta ne eivät ainakaan 3D-tulostuksessa aiheuttaneet ongelmia.

Seuraavaksi tein kuppiin yläpinnan, sillä kappaleen tuli olla kokonaan umpinainen 3D-tulostettua mallinetta varten (kuva 21). Kipsiseos saattaisi muutoin mennä mallineen sisään kipsistä valumuottia valmistettaessa. Yläpinnan lisääminen tapahtui Cap poly-toiminnolla. Tämän jälkeen yhdistin kaikki osat kokonaisuudeksi Attach-toiminnolla.



Kuva 21. 3ds Max-ohjelmalla renderöity kuva umpinaisesta kupista.

Tavanomaisessa keramiikan muottityöskentelyssä käytetään yksiosaista mallinetta, pyörähdyskappaletta. Tällöin kaksiosaista valumuottia valmistettaessa molemmat kipsimuotin puolikkaat täytyy tehdä yhtä ja samaa mallinetta hyväksi käyttäen. Malline täytyy puolittaa upottamalla malline puoliksi savipetiin (kuva 22). 3D-tekniikoiden ansiosta pystyin ohittamaan tämän vaiheen ja helpottamaan osaa muottityöskentelystä, sillä pystyin jakamaan pyörähdyskappaleen mallinusuohjelmassa puoliksi ja tekemään kaksi erillistä, oikeankokoista, mallinetta, jotka lopulta yhdistyvät yhdeksi kokonaiseksi kupin muodoksi.



Kuva 22. Esimerkki tavanomaisen muottityöskentelyn kipsimuotin valmistuksesta: kokonainen malline upotetaan puoliksi savipetiin. Savipedin ympärille rakennetaan valukehikko, jonka avulla saadaan tehtyä kipsivalu.



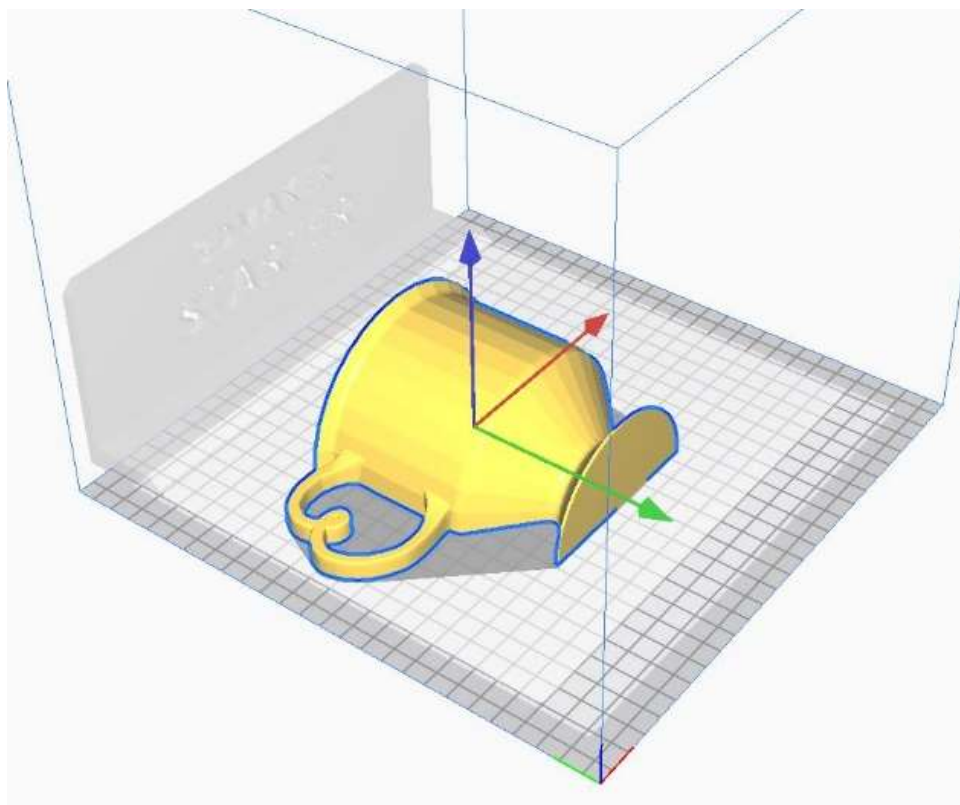
Kuva 23. Ylänäkökupista ja puolikas kuppi.

Halusin valmistaa omat mallineet molempiin valumuotinpuolikkaisiin, eli puolittaa kupin mallinnusohjelmassa 3D-tulostusta varten. Tämä tapahtui siten, että otin mallineesta ylänäkökuvan ja Qslice-työkalua sekä anglesnapia hyväksikäyttäen leikkasin objektin puoliksi (kuva 23). Puolikkaan kupin sisäpinnan tekeminen oli hieman haastavaa, sillä mm. Cap poly-toiminto teki myös korvan reiän kohdalle pinnan. Selvisin ongelmasta tekemällä sen sijaan erillisiä polygoneja vertex-pisteitä hyväksikäyttäen.

Keramiikan muottityöskentelyssä kipsimuottia valmistettaessa tulee muistaa, että savi tulee kutistumaan polttojen aikana. Koska olin testannut projektissa käyttämäni valusaven kutistuman, tiesin vielä lopussa skaalata valmiit 3D-mallinnukset 12% (saven kutistuma) suuremmaksi. Viimeiseksi tarkastin vielä 3ds Max -mallinnusohjelman stl-modifierilla, että mallinnukset ovat pinnoiltaan ehjiä ja tulevat toimimaan 3D-tulostimessa.

2.4.2 3D-mallineen tarkistus ja vienti Ultimaker Cura-ohjelmaan

3D-tulostusta varten tarvitaan 3D-mallinnusohjelmalla tehty pinnoiltaan ehjä mallinnus. 3D-mallinnus tallennetaan .stl-tiedostomuotoon ja siirretään erilliseen tietokoneohjelmaan (tässä projektissa Ultimaker Cura), jossa se viipaloidaan (engl. slice) (kuvat 24 ja 25). Viipaloinnilla tarkoitetaan prosessia, jossa ohjelma jakaa 3D-mallin tulostekerroksiksi. Samalla määrittellään tulosteen laatu, ulkokuoren paksuus ja sisäosan täyttö. Myös kappaleen mittoja voi vielä tässä vaiheessa muokata. Viipaloitu tiedosto tallentuu g-koodiksi, eli .gcode-tiedostomuotoon. Tiedosto siirretään muistikortille, joka syötetään 3D-tulostimeen. G-koodi sisältää tulostuksen ”ajo-ohjeet”, eli kertoo tulostimelle, kuinka tulostinpään tulee liikkua, kuumentua ja pursottaa muovia halutunlaisen kappaleen muodostumiseksi. (3D-printing 1, n.d.).

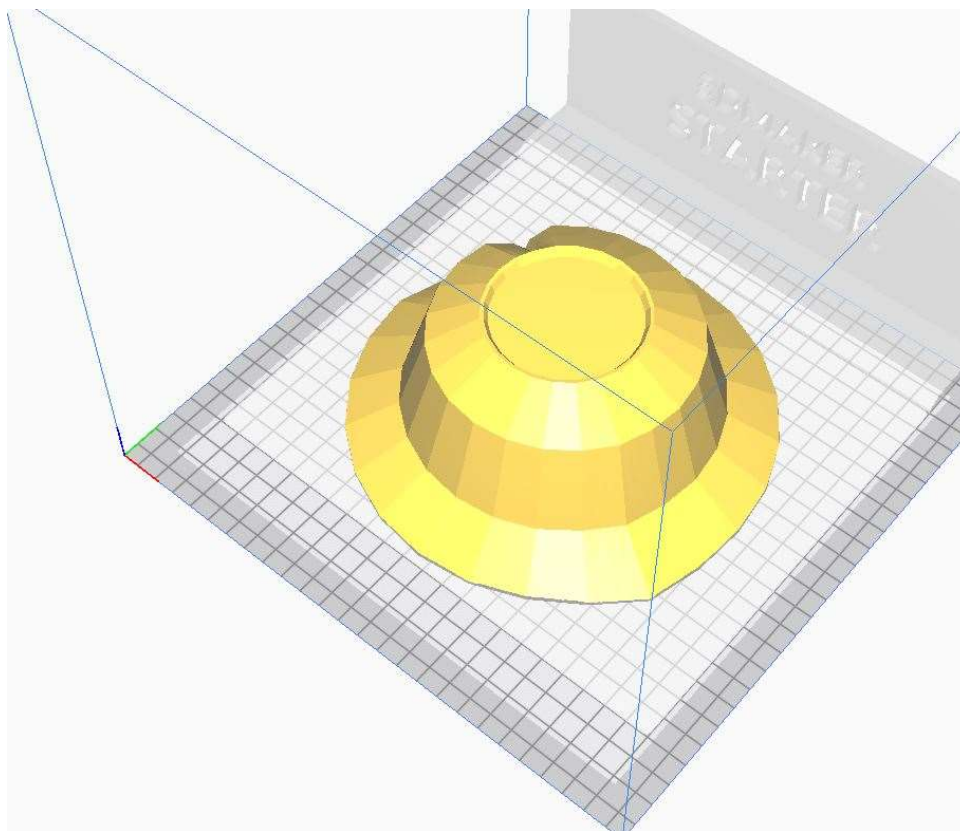


Kuva 24. Kupin puolikas Ultimaker Cura-ohjelmassa. Ohjelma näyttää 3D-mallinnuksen sellaisena, kun se tulee tulostumaan.

Tiesin ennestään, että koululla on käytössä 3D-tulostimien kanssa Ultimaker Cura -viipalointiohjelma, joten latsin ohjelman ilmaisversion myös omalle koneelleni. Näin sain valittua parhaat asetukset tulostusta varten ja esimerkiksi ennakoitua tulostukseen kuluvaan aikaan ja testattua mallin toimivuuden ennen varsinaista tulostusta.

Määrittelin jokaisen 3D-tulosteen ulkokuoren paksuudeksi Ultimaker Cura-ohjelmassa 1,2 mm ja sisärakenteen 10 % täytöllä. Ohjelma laski automaattisesti, kuinka paljon tuo 10 % on esineen sisätilan tilavuuden

mukaisesti ja teki esineiden sisälle vohvelia muistuttavan kennorakenneytön (kuvat 30 ja 31). Käytin projektissa koulun 3D-tulostimille valmiiksi säädettyjä ja PLA-muoville hyväksi havaittuja asetuksia.



Kuva 25. Kulho Ultimaker Cura-ohjelmassa.

2.5 3D-kuvien renderöinti

Renderöinnillä tarkoitetaan 3D-mallista muodostettua kaksiulotteista esityskuvan muodostusta. 3D-mallinnusohjelmassa objektien pintoihin voidaan liittää erilaisia materiaaleja (esimerkiksi keramiikka, puu, muovi, lasi) ja sille voidaan rakentaa skene, eli taustaympäristö. Lisäksi kuvan valaistusolosuhteita voidaan muuttaa. Näitä olosuhteita muokkaamalla ja säätämällä renderöinnistä voidaan saada ”uskottava”, valokuvanomainen todellisen maailman simulaatio. Esityskuvat ovat tärkeässä osassa erilaisia muotoiluprosesseja, sillä niitä käytetään esimerkiksi esittelemään ja visualisoimaan suunnitelmia. (Kettunen 2002, s. 96).

Kevään 2018 3D-kurssilla saimme 3ds Max- ohjelman mukana Arnold-lisäosan, joka auttaa pääsemään paremman näköisiin renderöinteihin, kuin ohjelmassa valmiina mukana olevat renderöintityökalut. (Vertailua kuvissa 26 ja 27). Renderöinnin tarkkuuteen voidaan vaikuttaa myös erilaisilla 3D-mallinnusohjelman asetuksilla. Renderöintitarkkuus vaikuttaa renderöintitapahtuman nopeuteen, eli mitä tarkempi kuva halutaan, sitä kauemmin renderöinti kestää.



Kuva 26. Renderöinti 3ds Max-ohjelman perusasetuksilla, objekteissa keramiikkamateriaali.



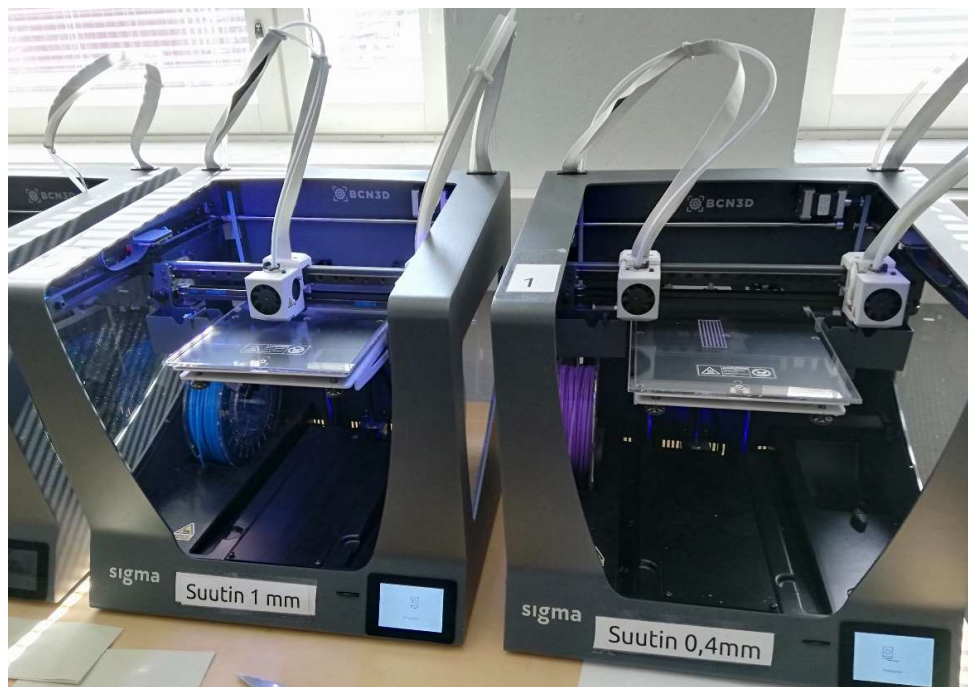
Kuva 27. Arnold-lisäosalla renderöity asetelma käyttöesinesarjasta.

3 VALMISTUSPROSESSI

Tavanomaisesti keramiikan muottityöskentelyssä käytetään käsityökaluilla kipsistä veistettyä mallinetta, kosteaa savea tai esimerkiksi vinyylipohjaisesta Vinamold-massasta valmistettua mallinetta. (Kerasil, n.d.). Tähän verrattuna opinnäytetyöprosessini on erilainen, sillä mallineena käytettiin PLA-muovisia 3D-tulostettuja mallineita. Tarkoituksena oli tutkia, miten biomuovinen malline toimii ja käyttäytyy keramiikan muottityöskentelyssä. Mallineen 3D-tulostuksen jälkeen keraamisen käyttöesinesarjan varsinainen valmistusprosessi jatkuu tavanomaisen keramiikan muottityöskentelyprosessin tapaan.

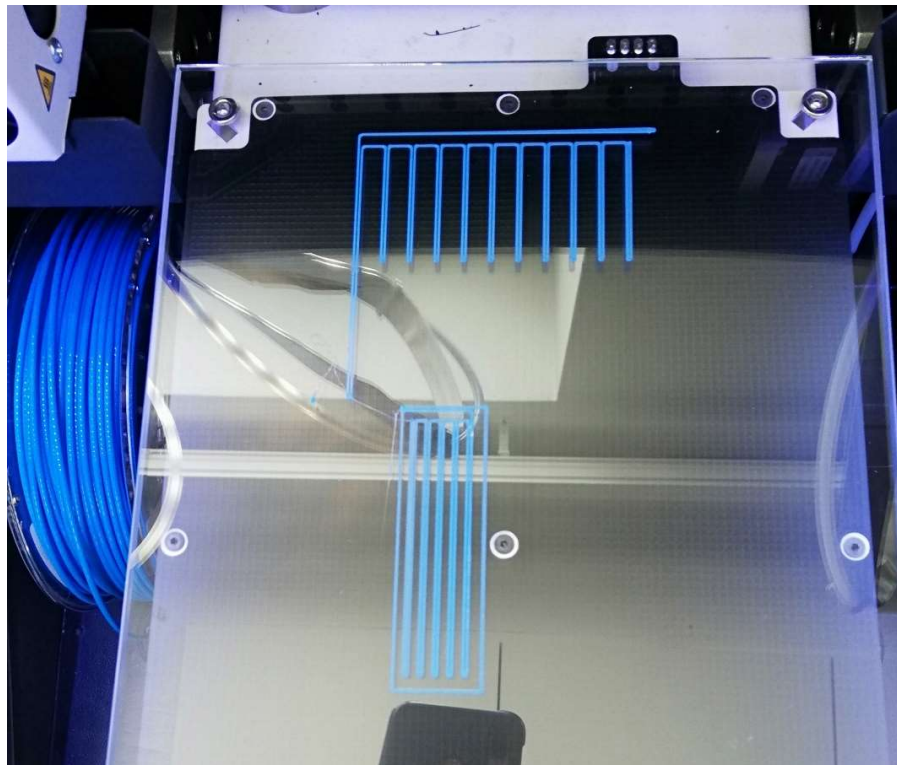
3.1 Mallineen 3D-tulostus

Ennen mallineiden tulostamista 3D-tulostimen täytyi suorittaa kalibrointi, eli määrittää tulostusasetukset ja tarkastaa, että tulostusalusta on suorassa, sekä syöttää tulostimeen filamentti, eli tulostusmateriaali (kuvat 29 ja 31). Tulostimen kalibrointi ei ole vaikeaa, sillä se on automatisoitu tulostimiin. Ihmisen tehtäväksi jää toteuttaa tulostimen pyynnöt alustan suorittamiseksi, parhaan tulostinjäljen valinta ja suuttimen ja tulostusalustan etäisyyden määrittely. Samalla voidaan suihkauttaa hieman lakkaa tulostusalustoihin, sillä se helpottaa esineiden paikoillaan pysymistä tulostuksen aikana.



Kuva 28. Projektissa käyttämäni HAMK:n Visamäen kampuksen 3D-tulostimet.

Tulostin mallineet HAMK:n Visamäen kampuksen BCN3D Sigma-merkkisillä tulostimilla (kuva 28). 3ds Max-mallinnusohjelmalla mallinnetut tiedostot muutettiin Ultimaker Cura-ohjelmassa (kuvissa 24 ja 25) tulostimessa toimivaan tiedostomuotoon (.gcode) ja siirrettiin sd-muistikortilla 3D-tulostimeen. Tein aikaa säästääkseni tulostukset sekä 1 mm että 0,4 mm suuttimilla (kuvasarjat 32 ja 33). Isompi suutin tekee suurpiirteisempää jälkeä ja tästä syystä käytin 1 mm suuttimellista tulostinta kulhon ja isomman lautasen tulostamiseen.



Kuva 29. 3D-tulostin kalibroidaan valitsemalla halutunlainen tulostusjälki tulostimen antamista vaihtoehdoista. Tulostin pursottaa vaihtoehdot tulostinalustalle. Muutokset ovat hyvin pieniä ja oikeastaan vain kokemus auttaa valitsemaan parhaan vaihtoehdon.

3.1.1 3D-tulostus

3D-tulostus on prosessi, jossa tulostetaan fyysisiä objekteja digitaalisista tiedostoista, jotka on tehty 3D-mallinnusohjelmien avulla. Sitä kutsutaan myös materiaalia lisääväksi valmistukseksi (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, n.d.). Opinnäytetyössä käyttämäni BCN3D Sigma-tulostimet (kuva 28) käyttävät FDM (Fused Deposition Modeling) -tekniikkaa. Tällaisten tulostimien toiminta perustuu tekniikkaan, jossa kone kuumentaa rullalla olevaa nauhamaista materiaalia, eli filamenttia (kuva 31) noin 200 asteiseksi ja pursottaa sulavaa muovia kerroksittain niin, että kun kerrokset jähmettyvät, ne kiinnittyvät toistensa päälle muodostaen 3D-mallinnusohjelmassa mallinnettuja muotoja. (3D printing 1, n.d.).

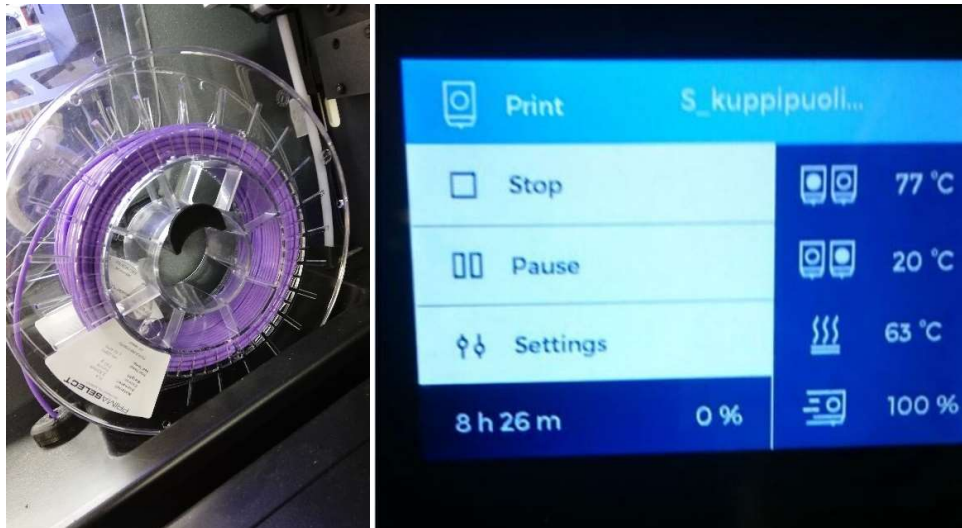
3D-tulostuksen ajatellaan olevan tämän vuosituhannen innovaatio, mutta todellisuudessa sen juuret ulottuvat jo 1980-luvulle (kuva 30). Tuolloin syntyi ensimmäistä kertaa idea kerros kerrokselta tapahtuvasta tulostuksesta, eli FDM (Fused Deposition Modeling) -tekniikasta. Muita samoihin aikoihin kehitettyjä, ja edelleenkin yleisesti käytössä olevia 3D-tulostustekniikoita ovat STL (Stereolithography), jossa tulostus tapahtuu yleensä UV-valon avulla kovetettavalla hartsilla, ja SLS (Selective Laser Sintering), jossa pölymäinen materiaali kiinnitetään 3D-malliksi laserin avulla. (Sculpteo, n.d.).



Kuva 30. Yksi ensimmäisistä 3D-tulostimista 1980 luvulta.

3D-tulostusta voidaan hyödyntää monella tavalla vaativienkin mallinnusten valmistamiseen. Sitä käytetään nykyään yleisesti mm. lääketieteessä, tuotesuunnittelussa, pienoismalleissa sekä tilojen ja autojen prototypoinnissa. Se on melko edullista ja ympäristöystävällistä, sillä 3D-tulostamisella voidaan valmistaa suoraan oikeanlainen muoto esimerkiksi kaivertamisen sijaan tai jättää materiaalista riippuen muottityöskentelyvaihe kokonaan välistä ja tulostaa samaa muotoa useampaan kertaan. Asioita voidaan myös tulostaa vain tarpeen mukaan, eikä tästä syystä ole tarvetta pitää varastoa tuotteista. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, n.d.).

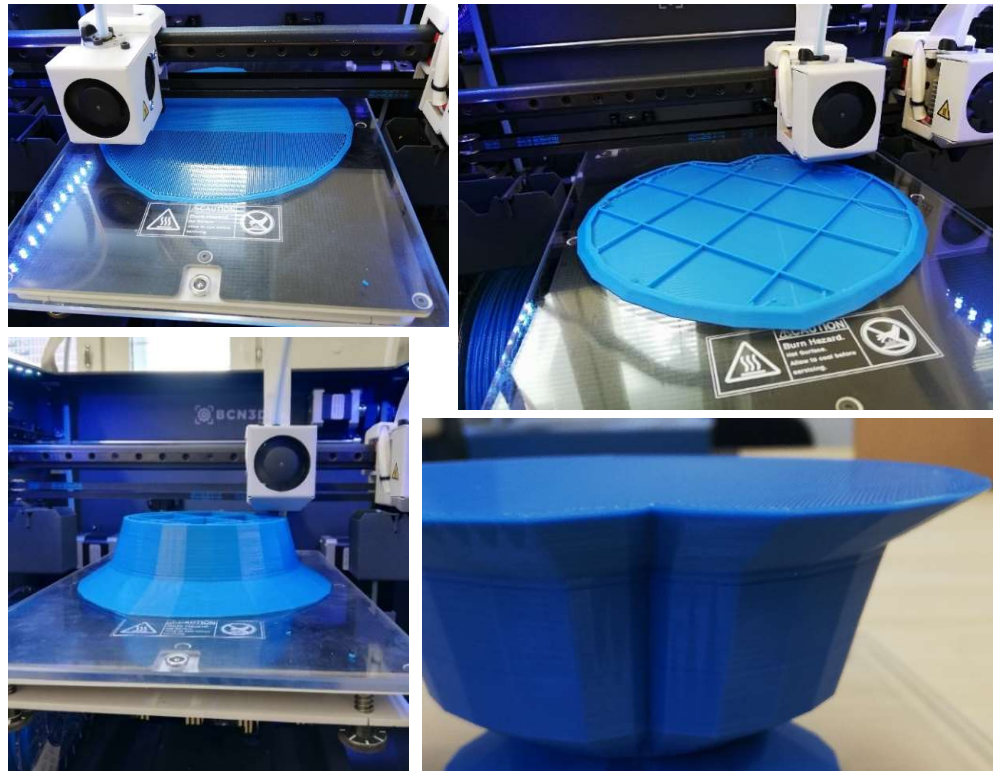
Markkinoilla on monenlaisia 3D-tulostukseen soveltuvia materiaaleja, eli filamentteja. Filamentit ovat nauhamaiseen muotoon puristettuja, usein erilaisten muovien sekoituksia (kuvassa 31). Väri vaihtoehtoja on satoja. Filamentteja voidaan valmistaa myös esimerkiksi puukuiduista tai niihin voidaan lisätä metallihiukkasia tai jopa nanopartikkeleita. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto n.d.). Muovin lisäksi 3D-tulostimilla voidaan tulostaa esimerkiksi savea, kumia, silikonaa, polyuretaania, suklaata ja jopa pölysokeeria (Hilavitkutin n.d.).



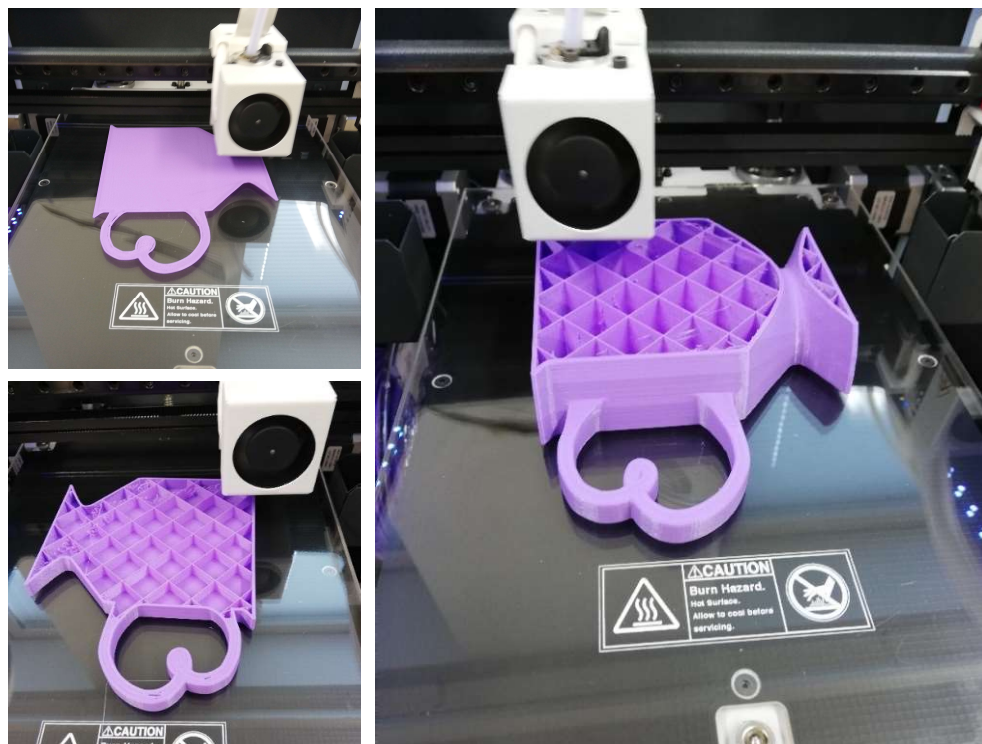
Kuva 31. PLA-filamenttirulla ja kuva 3D-tulostimen ohjauspaneelista tulostuksen alussa. Paneeli näyttää arvion tulostusajasta, tulostuspäiden lämpötilan, tulostusalustan lämpötilan sekä tulostusnopeuden. Kuvassa tulostus on vasta alkamassa ja tulostuspää vasta lämpiämässä huippulämpöön.

Varsinainen 3D-tulostus alkaa tulostuspään ja -alustan lämmityksellä. Tulostin aloittaa filamentin syöttämisen vasta kun viipalointiohjelmassa (Ultimaker Cura) asetetut tulostusmateriaalin mukaisesti määritellyt lämpötila-asetukset (suutin noin 200 °C astetta, tulostusalusta noin 60 °C astetta) on saavutettu. Kun lämpötila on noussut tarpeeksi, tulostin aloittaa tulostamisen viipalointiohjelman määrittämän g-koodin mukaisesti ja jatkaa tulostusta sen mukaisesti kerros kerrokselta. Opinnäytetyön jokaisen osan tulostus kesti keskimäärin 8 tuntia. Tulostuksen kesto määrittyy tulostuksen nopeuden ja halutun laadun mukaisesti. Kuvasarjat 31 ja 32 esittelevät käyttöesinesarjan kulhon ja kupin 3D-mallineiden kerroksittain tapahtuvaa tulostusprosessia. Valmiit tulosteet voidaan irrottaa tulostusalustasta vasta sen jälkeen, kun pursotettu muovi on jäähtynyt tarpeeksi, sillä kuuma muovi on pehmeää (kuva 34).

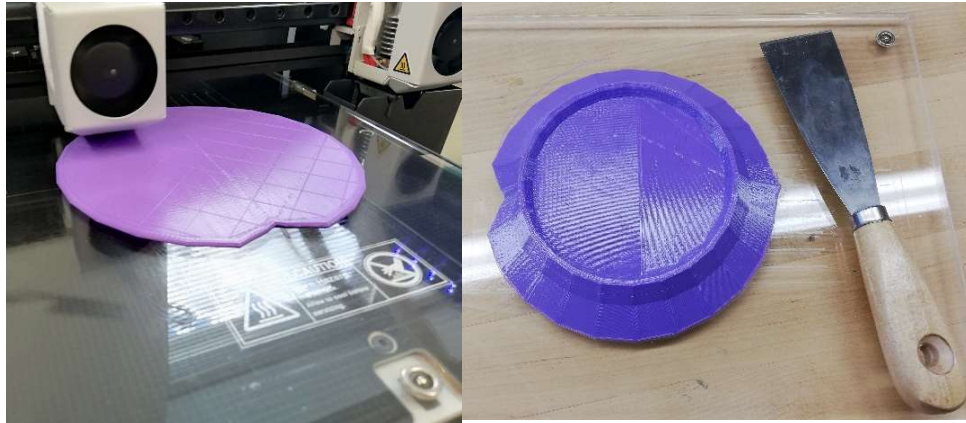
Olen aiemman kokemuksen kautta huomannut, että jokainen tulostin on ”yksilö” ja jokainen yksittäinen tulostus oma uniikki prosessinsa. Vaikka olin käyttänyt koulun tulostimia aiemmin, ja niiden käyttö ja toimintaperiaatteet olivat minulle jo tuttuja, jouduin kuluttamaan muutaman päivän pelkkien tulostinasetusten testailuun. Hyvin alkanut tulostus saattoi yhtäkkiä muuttaa tulostusjäljen epätasaiseksi tai tulostin alkoi pursottaa ylimääräistä filamenttia mallin sisäpuolelle aiheuttaen huomattavia ongelmia tulostukseen. Muutoksia saattaa joutua tekemään koko 3D-tulostuksen ajan ja tästä syystä pidän itse tärkeänä olla koko ajan paikalla silloin kun 3D-tulostus on käynnissä. Pienikin virhe voi pilata lopputuloksen tai jopa rikkoa tulostimen.



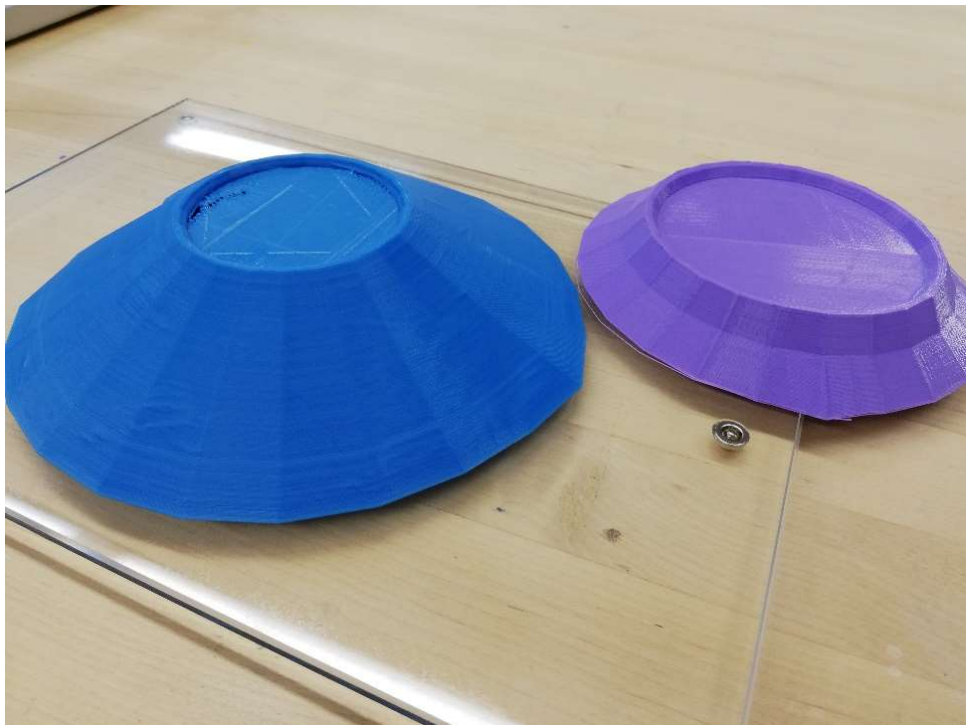
Kuva 32. Kuvasarja kulhon tulostuksesta 1 mm suuttimella



Kuva 33. Kupin puolikkaat tulostettiin yksi kerrallaan. Tulostin ne pienemmällä suuttimella (0,4 mm), sillä varsinkin korvan kohta vaati pikkutarkkaa tulostusjälkeä.



Kuva 34. Pikkulautasen 3D-tulostettu malline. Tulostusalustan pintaan suihkutetaan ennen tulostamista hieman lakkaa kiinnittämään tuloste lasialustan pintaan, ettei kuuma muovi lähde kuroutumaan irti jäähtyessään. Lakka todella kiinnittää tulosteet, sillä valmiit kappaleet joudutaan raaputtamaan metallilastalla irti.

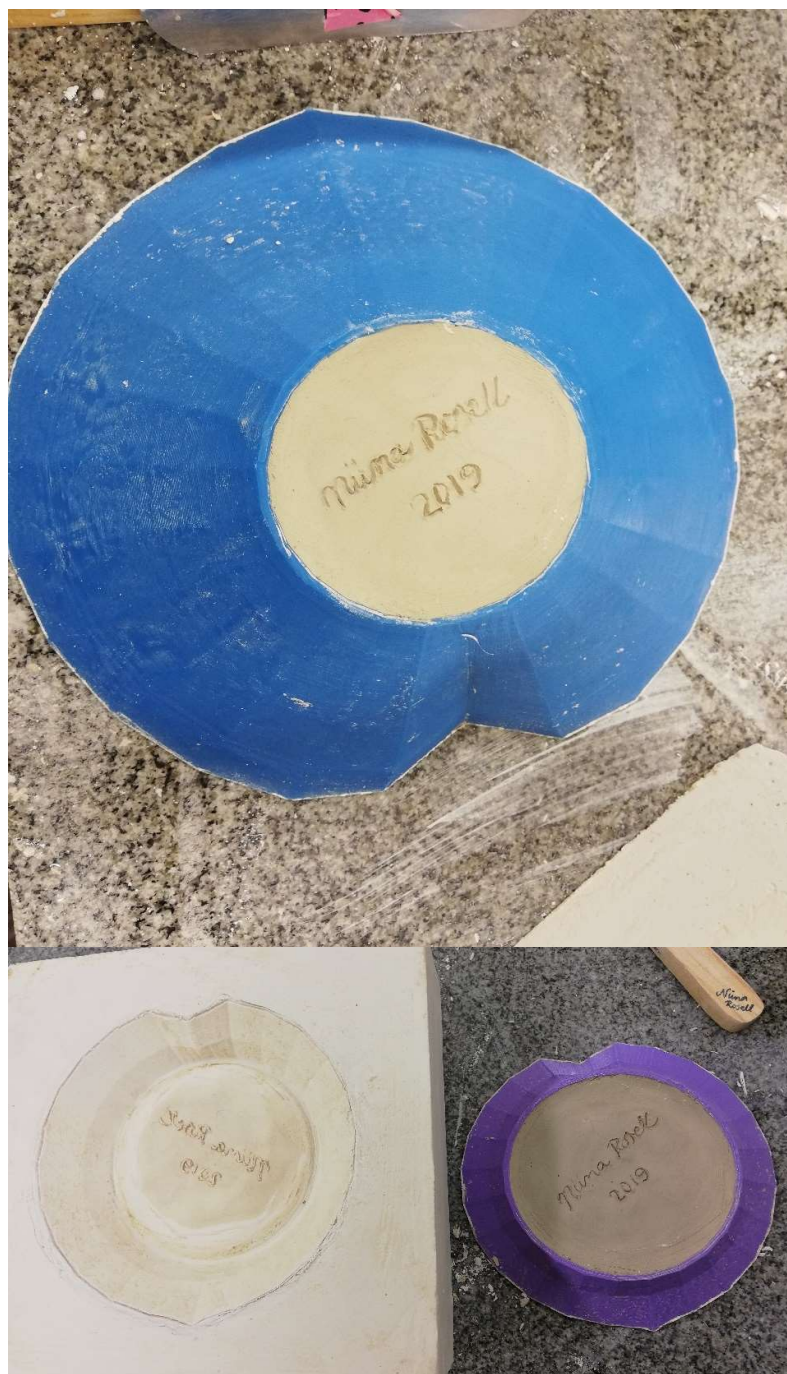


Kuva 35. Molempien lautasten mallineet. Tulostin pienemmän lautasen 0,4 mm suuttimella ja isomman 1 mm. Kuva osoittaa, kuinka paljon parempaa jälkeä pienemmällä suuttimella saa aikaan.

Hioin valmiiden 3D-tulosttujen mallineiden pinnoista pienet epätasaisuudet ja niiden reunat hieman pyöreämmiksi hiekkapaperilla ennen kipsimuottien valmistusta. Varsinkin tulostusalustaa vasten ollut reuna oli todella terävä. Tulostuksessa jotkut osat mallineista jäivät hieman epätasaisiksi (esineiden pohjat ja kupin korvien kohdat) ja pelkäsin, että näiden osien liiallinen hiominen saattaa rikkoa mallineen pinnan. Tästä syystä muotoilin muovin päälle haluamiini kohtiin sileästä samotittomasta savesta uutta pintaa. Lisäsin myös vielä hieman paksuutta niihin kohtiin,

joissa kuppi ja korva yhdistyvät, että korvan kohta olisi varmasti päästävä ja tarpeeksi vahva toimimaan käytössä.

Ison lautasen pohjaan jäi reikä muutoin onnistuneen tulostuksen päätteeksi (kuvat 35 ja 37). Tarkkaa syytä tälle ei selvinnyt, mutta päätin uuden 3D-tulostuksen sijaan korjata pohjaa ja tehdä savesta lautasten ja kulhon pohjarenkaiden sisälle hieman pyöristystä ja lisätä samalla sinne myös oman nimeni ja valmistusvuoden, ettei niitä tarvinnut erikseen kirjoittaa jokaiseen esineeseen (kuva 36).



Kuva 36. Samotittomalla savella täytetyt pohjarengat ja kuva mallineella tehdystä pikkulautasen kipsimuotista – saveen kaiverrettu teksti toistui muottiin.



Kuva 37. Kuvassa kaikki 3D-tulostetut mallineet: kulho, kaksi kupinpuolikasta ja kaksi erikokoista lautasta. Kulho ja isompi lautanen tulostettiin 1 mm suuttimella, kupinpuolikkaat ja pienen lautaseen malline 0,4 mm kokoisella suuttimella.

3.1.2 3D-tulostuksessa käytetty materiaali

3D-tulostuksessa voidaan käyttää käyttötarkoituksen ja tulostuslaitteen ominaisuuksien mukaisesti yhä monipuolisempia materiaaleja. Opinnäytetyön 3D-tuloksessa käytettiin kahta eri väristä, mutta muutoin täysin samanlaista, PLA-muovifilamenttia. PLA-muovi eli polylaktidi (engl. Polylactic Acid) on biohajoavaa muovia, jonka käytetään esimerkiksi kertakäyttöastioissa, take away-rasioissa ja karkkipapereissa. Materiaali on sekä biohajoavaa, että bioperäistä, sillä sitä valmistetaan muun muassa maissitärkkelyksestä ja meijeri- ja metsäteollisuuden sivutuotteista. Biohajoamisella tarkoitetaan materiaalissa olevien molekyyli-rakenteiden pilkkoutumista mikrobien ja entsyymien vaikutuksesta. (Teknologiainfo, n.d.).

Vaikka PLA on biohajoava ja biopohjainen muovi, se ei ole täysin ongelmattonta. PLA-muovimateriaali aiheuttaa tulostuksen aikana materiaalia kuumennettaessa päästöjä huoneilmaan. Ne ovat kuitenkin laadultaan vaarattomampia kuin monesta muusta 3D-tulostuksessa käytettävästä materiaalista (esimerkiksi ABS-muovi) syntyvät käryt. Lyhytaikaista altistusta PLA-muovin tulostuksessa syntyville päästöille ei pidetä haitallisena, mutta koska tulostus kestää yleensä useita tunteja, suositusten mukaan 3D-tulostus tulee aina tehdä hyvin ilmastoidussa tilassa (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, n.d.). PLA-materiaalista 3D-tulostettu esine ei kestä pitkäaikaista altistusta korkeille lämpötiloille, sillä se alkaa pehmetä noin 60 °C asteteen lämpötilassa. (Peda, n.d.), eli valmiin tulosteen käyttötapa ja sen säilytys kannattaa huomioida ennen materiaalin käyttöä. Lisäksi, vaikka mikrobit pystyvät hajottamaan PLA-muovimateriaalin korkeassa lämpötilassa, esimerkiksi Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) tutkimuksessa muovimateriaali pysyi vuoden ajan lähes hajoamattomana luonnossa (Yle n.d.). Tästä syystä myös 3D-tulostuksesta ylijäävän materiaalin kierrättäminen on ympäristön ja kestävä kehityksen kannalta tärkeää.

PLA on tulostusmateriaalina ominaisuuksiltaan kovaa ja sitkeähköä, ja sitä suositellaan hieman suuripiirteisempiin 3D-tulostuksiin. Opinnäytetyön 3D-tulostuksissa materiaali toimi hyvin. Polylaktidi on erittäin toimiva, suositettu ja esimerkiksi ABS-muoviin verrattuna turvallisempi, materiaali 3D-tulostukseen. PLA-muovin energiankäyttö 3D-tulostuksessa on monia muita materiaaleja vähäisempää, sillä tulostusalustaa ei tarvitse lämmittää erityisen kuumaksi (noin 60 °C astetta riittää), eli myös energiankulutuksen kannalta sitä voidaan pitää ekologisena materiaalina. Materiaali myös tutkitusti toimii hyvin erilaisten 3D-tulostinten kanssa eikä se irtoa herkästi tulostusalustasta tulostuksen aikana. (Viikinkikone n.d.).

3.2 Kipsimuottien valmistaminen

Keramiikan muottityöskentelyssä käytetään kipsistä valmistettuja muotteja. Kipsi on hyvä muottimateriaali sen vedenimemiskyvyn vuoksi. (Jylhä-Vuorio 2002, s. 68). Kipsimuotin paksuus tulee olla noin 3 senttimetriä mallineen jokaisesta reunasta. Liian ohutseinäinen kipsi ei ehdi imeä valusaven kosteutta ja yli 3 senttimetrin paksuudesta ei ole erityistä hyötyä valamisessa (Niemelä 2017). Pyrin kipsimuottien valmistuksessa tarkkuuteen ja taloudellisuuteen: tavoitteena oli valmistaa jokaisesta muodosta seinämiltään sopivan vahvuiset kipsimuotit, sillä en halunnut, että materiaalia menee hukkaan. Kipsimuotit eivät ole kertakäyttöisiä, vaan yhdellä muotilla voidaan valaa jopa 100 esinettä.

Aloitin opinnäytetyön kipsimuottien tekemisen kuppien muoteista. Teipasin valupöytään maalarinteipillä ohjurit valukehikoille, jotta mallineet tulisivat oikeille kohdille (kuva 38). Ohjureiden käyttö auttoi saamaan seinämistä oikean paksuiset. Kiinnitin PLA-muoviset mallineet valupöydän pintaan savella (kuvassa 38 oikea yläkulma) ja tasoittelin samalla samotitomalla, sileällä savella osia mallineista, esimerkiksi kupin korvaa. Lisäsin jokaiseen mallineen pöytää vasten olevaan reunaan hieman savea varmistaakseni muodon päästävyuden, eli sen, että muovinen malline lähtee varmasti irti kipsistä. Rakensin mallineiden ympärille valukehikot, jotka kiinnitin puristimilla. Tiivistin notkealla savella pöydän ja kehikon välisen raon kipsin ohivuotojen estämiseksi (kuvassa 39).



Kuva 38. Kuvasarja valukehikoiden teippauksesta ja kupin reunojen pyöristyksestä savella.



Kuva 39. Valukehikko.



Kuva 40. Lautasen 3D-tulostettu malline, jossa erotusaine pinnassa.

Keramiikan muottityöskentelyssä mallineena käytettävän esineen pintaan sivellään erotusainetta, joka estää kipsin jämähtämisen mallineeseen (Jylhä-Vuorio 2002, s. 282). Valmistin erotusainetta mäntysuopalastujen, ruokaöljyn ja veden sekoituksesta (kaikkia noin 1/3). Sivelin ainetta mallineiden, pöydän ja valukehikoiden pintoihin varmistaakseni kipsin irtoamisen niistä. Saviosan päälle erotusainetta ei tarvinnut laittaa, sillä savi oli vielä kostea (kuva 40).

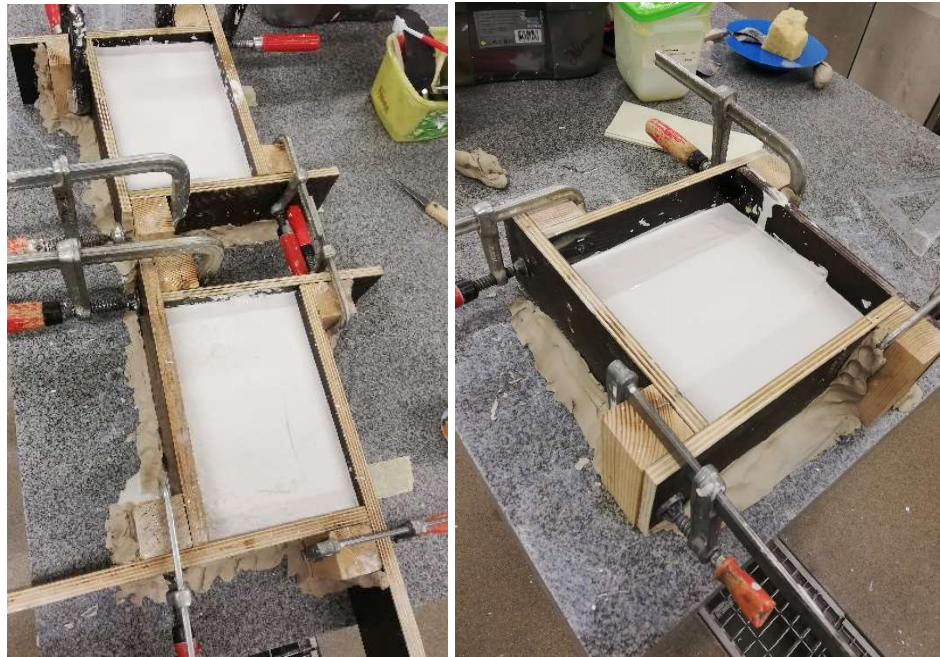
Casting volume (dm³)	61,54 % plaster (kg)	38,46 % water (dm³)
0,50	0,49	0,31
1,00	0,98	0,62
1,50	1,48	0,92
2,00	1,97	1,23
2,50	2,46	1,54
3,00	2,95	1,85
3,50	3,45	2,15
4,00	3,94	2,46
4,50	4,43	2,77
5,00	4,92	3,08
5,50	5,42	3,38
6,00	5,91	3,69
6,50	6,40	4,00
7,00	6,89	4,31
7,50	7,38	4,62
8,00	7,88	4,92
8,50	8,37	5,23

Kuva 41. Supraduro-kipsin ohjetaulukko HAMK:n kipsiluokan seinältä.

Kipsijauhe on kipsihemihydraattia, joka valmistetaan luonnosta löytyvästä kalsiumsulfaattista, josta on höyrystetty kidevesi pois teollisessa prosessissa. (Jylhä-Vuorio 2002, 278). Käytin opinnäytetyössäni pehmeää Supraduro -merkkistä kipsijauhetta. Valmistin kipsin HAMK:n kipsiluokan seinällä olevan valmiin suhdetaulukon mukaan (kuva 41). Jokaiseen muottiin tuli hieman eri määrä kipsiseosta johtuen mallineiden koosta, mutta kipsin ja veden suhde on kaikissa sama. Esimerkiksi yhden kupinpuolikkaan kipsiseoksen tarpeeksi laskin 2,5 dm³. Siihen käytin taulukon mukaisesti 2,46 kiloa kipsijauhetta ja 1,54 litraa vettä. Kipsiä punnittaessa ja kipsiseosta valmistettaessa tulee muistaa käyttää hengityssuojainta, sillä kipsi pölyää herkästi.

Kipsimuoteissa käytettävä seos valmistetaan lisäämällä kipsijauhetta vähän kerrallaan viileähkään veteen. Seoksen annetaan seistä hetki ja jauheen imeytymiseksi sekä ilmakuplien poistamiseksi sitä sekoitetaan, kunnes seos on tasaista. Seoksen muututtua hieman paksummaksi, se on valmista kaadettavaksi valukehikkoon. Kipsin sekoittamisnopeus ja siihen käytetty aika vaikuttavat siihen, millainen valmiista muotista tulee. (Niemi 2015).

Osasin aiemmasta, kevään 2018 projektista, viisastuneena ennakoida, että koska 3D-tulostetut mallineet ovat tavanomaisen kipsin sijaan kevyttä muovia, ne saattavat lähteä kellumaan muottia valmistettaessa. Kaadoin kipsin varovasti valukehikoihin kaatamatta sitä suoraan PLA-muovisten mallineiden päälle (kuvat 39 ja 42).



Kuva 42. Kipsimuotit kovettumassa valukehikoissa.

Nestemäisessä muodossa oleva kipsi lämpenee hieman kovettuessaan. Lämpenemisreaktion jälkeen kipsi alkaa kovettua ja jäähtyä. Tähän kuluva aika vaihtelee hieman kipsin määrän mukaan. Kipsi kovettuu lopullisesti vasta kuivuttuaan täysin. (Niemelä 2017).

Kun valmistamani kipsiseos oli jäähtynyt, irrotin muoteista valukehikot ja ne saivat kuivua vielä reilun tunnin ennen 3D-tulostettujen mallineiden irrotusta (kuvat 43 ja 44). Mallineiden irrotuksessa käytin apuna paineilmaruiskua. Kaiversin veitsellä ja piikillä mallineen ja muotin väliin pientä rakoja, johon puhalsin paineilmaa. PLA-muoviset mallineet irtosivat kipsimuoteista melko helposti – ehkä jopa hieman helpommin kuin kipsiset mallineet aiemmissä projekteissa.



Kuva 43. Lautasten kipsimuotit ennen irrotusta.



Kuva 44. Kupinpuolikkaan kipsimuotti.

Tavanomaisesti keramiikan muottityöskentelyssä käytettävä malline tehdään samanlaisesta kipsiseoksesta, kuin valumuottikin, jolloin se kaiveretaan joko käsityökaluja apuna käyttäen (kuva 5), tai muotoillaan kipsidreijan avulla halutun muotoiseksi (kuva 45). (Niemelä 2017).



Kuva 45. Mallineen valmistusta kipsidreijalla

Kipsimallineen sahaaminen, silottaminen ja muotoilu vievät aloittelevalta keraamikolta paljon aikaa ja 3D-mallineen käyttö nopeutti tässä suhteessa prosessia huomattavasti. Muovinen malline oli kuitenkin kipsistä kevyempi ja piti olla tarkkana, ettei se pääse liikkumaan siinä vaiheessa, kun kipsiä kaadettiin valukehikkoon.

Kuvassa 46 näkyy, kuinka ennakkoin jo tässä vaiheessa tulevaa muottityöskentelyä ja pyöristin raspilla kipsimuottien ulkoreunoja hieman ergonomisemman otteen saamiseksi. Tämän jälkeen jätin kipsimuotit kuivumaan useammaksi viikoksi.



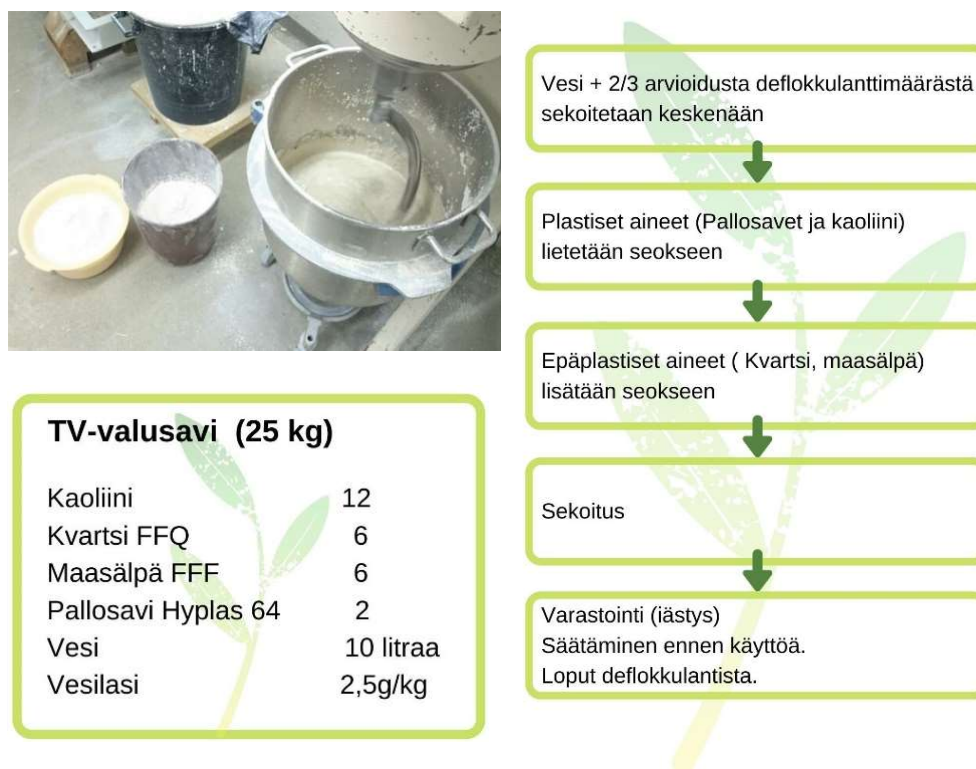
Kuva 46. Kaikki kipsimuotit kuivumassa.

3.3 Materiaalinvalinta: valusavi

Materiaalinvalinta luo sekä mahdollisuuksia, että rajoituksia keramiikan muottityöskentelyyn. (Mattison 2003, s.35). Valitsin opinnäytetyöni materiaaliksi valusaven, sillä sen avulla voidaan helposti toistaa muotoa ja siitä tehdyistä esineistä tulee tasalaatuisia ja valuesineiden seinämistä tulee saman vahvuisia.

Valusavi muodostetaan savilietteestä, johon lisätään deflokkulanttia - kemiallista ainetta, joka pitää materiaalin nestemäisenä (Mattison 2003, s. 28). Tekemässäni valusavessa (kuva 47) käytin deflokkulantina Vesilasaa (natriumsilikaatti). Valusavessa käytettävä kemiallinen aine pitää valusaven juoksevana, vähentää veden tarvetta muottityöskentelyssä ja lisää ekologisuutta muotoiluprosessiin. Olin valmistanut opinnäytetyössä käyttämäni TV-valusaven aiempaa projektia varten Mirja Niemelän (2015) opintomateriaalien ohjeella. Koska valusavea oli reilusti jäljellä, päätin käyttää sitä, enkä valmistaa uutta erää vain opinnäytetyötä varten.

Valusavi oli kuivunut säilytyksen aikana ja jouduin työstämään sitä ennen kuin se oli sopivaa valamiseen. Lisäsin kuivuneen valusaven joukkoon vettä ja hieman deflokkulanttia, ja annoin seoksen tekeytyä muutaman viikon. Tein valusavella muutaman testivalun aiemmin tekemilläni kipsimuoteilla ja koepaloja alilasitevärien kokeilua varten (ks. kuva 55). Raaka- ja lasituspoltin testivalut ja näin sain vielä tarkastettua valusaven toimivuuden sekä sen polttokutistuman, joka on noin 12 %.



Kuva 47. Kuva valusaven valmistuksesta. Valusaven ohje Niemelä 2015.

3.4 Tuotteiden valaminen

Valaminen on prosessi, jossa kipsistä valmistettu muotti imee nestemäisestä valusavesta vettä. Nesteen poistuessa savi tiivistyy ja jähmettyy valuseinämäksi. (Jylhä-Vuorio 2002, s. 68). Valuseinämän ollessa halutun vahvuista, ylimääräinen valusavi kaadetaan pois, jolloin muottiin jää valuseinän runko. Rungon annetaan kuivahtaa, jonka jälkeen se poistetaan muotista, viimeistellään, raakapoltetaan, koristellaan, lasitetaan ja poltetaan vielä kerran.

Aloitin opinnäytetyön valamisprosessin lautasista ja kulhoista (kuva 48). Kulhojen ja lautasten valu alkoi muotin puhdistuksella. Pyyhin muoteista pölyn kostealla sienellä. Sitten kaadoin muotteihin valusavea niin, että sitä oli aivan yläreunaan asti – ja hieman ylikin. Tämän jälkeen odotin, että kipsimuotti alkaa imeä kosteutta valusavesta ja muodostamaan seinämää. Kipsimuotilla joutuu tavallisesti tekemään ensin muutaman valun, ennen kuin kipsimuotti alkaa imemään vettä savesta. Ensimmäisissä valuissa tässä kesti melko kauan, noin 50 minuuttia. Pitkä valuaika johtui todennäköisesti siitä, että kipsimuotti ei ollut vielä tarpeeksi kuiva.

Aivan ensimmäiset valut olivat todella huonolaatuisia ja hieman jo pelottikin, että joudunko tekemään muotit tai valusaven uudestaan. Lopulta muotit ja valusavi alkoivat kuitenkin toimia hyvin yhdessä ja hyvä valuseinämä syntyi noin 25 minuutissa.



Kuva 48. Lautasten valamista.

Sopivan valuseinämän muodostuttua (noin 70 mm) kaadoin ylimääräisen valusaven pois (ämpäriin) ja jätin muotin ylösalaisin kuivumaan, jotta ylimääräinen valusavi valuisi pois muotista. Noin viiden minuutin kuivumisen jälkeen leikkasin varovasti saven poiskaatamisesta tulleen ylimääräisen saven muotin reunasta, sillä aiemmasta kokemuksesta olen oppinut, että jos näin ei tee, saviesine vääntyy usein poltoissa. Vääntymä syntyy yleensä juuri siihen suuntaan, johon valuvaiheessa on jäänyt muottiin kuivumaan ylimääräinen saviroiske.



Kuva 49. Lautasen valu kuivumassa kipsimuotissa.

Muotit saivat kuivua vielä parikymmentä minuuttia alassuin (kuva 49). Käänsin sitten muotin oikein päin, poistin reunoilta viimeisetkin valusaviroiskeet veitsellä ja annoin kuivua vielä muutaman tunnin ennen valun irtottamista muotista.

Kuppien valaminen oli hieman erilainen prosessi. Siinä valu aloitettiin kiinnittämällä kuppien molemmista puolikkaista tehdyt kipsimuotit kohdilleen paksuilla kuminauhoilla (kuva 50). Tämän jälkeen kaadoin muotin täyteen valusavea (kuva 51). Yläreunan leikkaamista helpottaakseni annoin valusaven tulla hieman yli muotin reunoista. Liikuttelin muottia varovasti valun aikana niin, että valusavi pääsee varmasti täyttämään myös korvan. Tämän olisi voinut varmistaa myös korvan kohdalle tehtävän valukanavan avulla.



Kuva 50. Kupin kaksiosainen muotti. Tässä ensimmäisiä testivaluja - sahasin molemmat kipsimuotinpuoliskot saman kokoisiksi myöhemmin.



Kuva 51. Kupin valamista.

Noin 25 minuutin kuluttua valusavi oli muodostanut tarpeeksi seinämää ja kaadoin ylimääräisen valusaven takaisin ämpäriin. Tämän jälkeen käänsin muotin kuivumaan alassuun, jotta kaikki ylimääräinen valusavi valuu muotista pois. Tällöin kupin sisäpuoli saadaan jäämään tasaisen sileäksi. Saven kuivumista odotellessa siistin myös valun yläreunaa veitsellä.

Annoin kupprien kuivua kipsimuotissa hieman kauemmin kuin muiden valujen, sillä halusin varmistaa valun irtoamisen muotista. Muutaman tunnin kuivumisen jälkeen uskalsin irrottaa muotinpuolikkaat toisistaan (kuva 50). Odotin, että valusavea olisi päässyt muotinpuolikkaiden väleihin enemmänkin, sillä en tehnyt muotteihin lukkoja, mutta onneksi sitä oli päässyt vain hieman korvan kohdalta sauman sisään.



Kuva 52. Kupin valumuotinpuolikkaiden irrotus.

On vaikea arvioida tarkalleen, kuinka paljon valusavea opinnäytetyöprosessissa yhteensä kului, sillä käytin aiemmin tehtyä valusavea ja siitä kuivatettuja jäämiä. Uusiokäytin myös pilalle menneet valut saman tien kuivattamalla ja murskaamalla valusaven joukkoon. Tästä johtuen jouduin seulomaan, eli valuttamaan valusaven metallisen pienisilmäisen, 80 meshin, seulan läpi, lähes jokaisen valun kohdalla. Halusin kierrättää ja uusiokäyttää valusaven, sillä en halunnut, että mitään projektissa käytettyä materiaalia kasaantuisi odottamaan mahdollista jatkoa. Pyrin käyttämään kaiken materiaalin pois mahdollisimman tehokkaasti.

3.5 Viimeistely ja raakapoltto



Kuva 53. Viimeistely ja viimeistelemätön lautanen.

Esineiden reunoja ja pintoja täytyi vielä viimeistellä, eli hioa ja tasoitella ennen raakapolttoon laittamista (kuva 51). Annoin esineiden kuivahtaa muutaman vuorokauden ja viimeistelin sitten varovasti kostealla sienellä, siklillä sekä muilla käsityökaluilla (kuvassa 54) esineiden pintaa siistimmäksi. En kuitenkaan halunnut silotella pintoja liikaa, sillä tämä olisi hävittänyt haluamani pintakuviointin. Halusin myös jättää hieman käsityömäisyyden jälkeä esineisiin.



Kuva 54. Viimeistelyssä käytettäviä käsityökaluja.

Tein myös ennen raakapolttoa pienen muutoksen kupin jalkaan sillä halusin käyttöesinesarjaan vielä lisää valitsemaani teemaa ja veistin kuppien jaloista käsin Elämänlanka-kasvin kukinnan muotoisia (kuva 55).



Kuva 55. Muotoilin kupin jalasta Elämänlanka-kasvin kukinnan muotoisen.

Kestävän kehityksen ajatuksen mukaisesti projektissa oli tavoitteena kiinnittää huomiota myös energiankulutukseen. Poltot ovat keramiikkatyökentelyn energiaa kuluttavin osuus. Tästä syystä valmistin kaikkien käyttöesinesarjan osien rungot ensin valmiiksi ja vein ne kaikki samaan aikaan raakapolttoon koululle (kuvat 56, 57 ja 58). Käytin polttoihin kahta erikoista sähköuunia.



Kuva 56. Valettuja, viimeisteltyjä esineitä menossa raakapolttoon.

Savimassat sisältävät paljon vettä ja valettujen esineiden on annettava kuivua kunnolla ennen niiden polttamista. Pahimmassa tapauksessa liian kosteat esineet saattavat halkeilla tai jopa räjähtää uunissa höyrystyvän veden ansiosta. Valuesineet täytyy kuivattaa hitaasti ja tasaisesti, sillä ne kutistuvat hieman kuivuessaan mikä voi aiheuttaa runkojen vääntymistä ja rikkoutumista. Kuivumisnopeuteen vaikuttavat monet tekijät, tärkeimpinä ympäröivän ilman kosteus, lämpötila sekä ympäröivän ilman virtausnopeus. (Jylhä-Vuorio 2002, s. 79-80).

En ollut täysin varma, olivatko viimeiseksi valetut esineet kuitenkaan tarpeeksi kuivia, joten ohjelmoi uuniin hitaan uuniohjelman, joka varmistaa esineiden olevan tarpeeksi kuivia huippulämmön aikaan. Ohjelma nosti uunin lämmön 45 °C astetta tunnissa 500 °C asteeseen, jonka jälkeen nousu nopeutui 150 °C astetta 960 °C asteeseen, joka on käyttämäni valusaven raakapolton huippulämpötila. Tämän jälkeen lämpötila sai laskea vapaasti takaisin huoneenlämpöön (noin 22°C). Koko prosessi kestää noin vuorokauden.



Kuva 57. Esineitä menossa raakapoltoon.



Kuva 58. Raakapollettujen esineiden hiomista.

Raakapolton jälkeen huomasin, että joihinkin esineisiin oli vielä jäänyt häiritsevän epätasaisia reunoja. Jouduin hiomaan niitä vielä hiekkapaperilla. Raakapoltetusta keramiikasta syntyy hiottaessa kvartsipölyä, joten hengityssuojaimen käyttö on pakollista.

3.6 Koristelu

Pohdin pitkään, haluanko piensarjan esineisiin minkäänlaista kuviota tai kaipaavatko ne ylipäättään mielenkiintoisen muotoilun lisäksi koristelua. Päätin kuitenkin kokeilla aiemmin hankkimiani vesiväripalettimaisessa kotelossa myytävistä alilasitevärejä (kuvassa 60 vasemmalla). Tein koepaloja väreistä, joita ajattelin käyttää projektissa (kuva 59). Päädyin tekemään käyttöesinesarjaani alilasiteväreillä esineisiin erivärisiä köynnöksiä kuvaavia eläviä viivoja ”elämänlankoja” (kuva 60).



Kuva 59. Lasittamattomia koepaloja alilasiteväreistä.



Kuva 60. Lopullista esineiden koristelua.

3.7 Lasittaminen

Keramiikkatyöskentelyssä käytetty lasite valitaan käytetyn massan polttolämpötilan ja halutun koristelun mukaisesti. Projektissa käyttämäni valusavi lasitetaan korkeanpolton lasitteilla (1180-1350°C). Lasitteen ulkonäköön vaikuttavat polttolämpötilan lisäksi lasitteen koostumus, poltto-ohjelma sekä poltossa käytetty uuni. (Hortling). Keramiikkaesineitä on tapana lasittaa sekä ulkonäön vuoksi, että kestävyuden sekä hygieenisyyden lisäämiseksi. Lisäksi lasitteella voidaan tasoitella runkojen pintavirheitä. (Jylhä-Vuorio 2002, s. 80).

Kuvioin kaikki raakapoltetut käyttöesinesarjan osat ensin alilasiteväreillä ja lasitin sitten ne lasitusruiskulla lasituskaapissa (kuva 62). Ruiskulasitus tehdään paineilmaruiskulla, jonka säiliöön laitetaan lasitetta. Lasitettava esine asetetaan kavaletille lasituskaappiin, jossa lasitetta ruiskutetaan

kauttaaltaan esineen pintaan muutamia kerroksia. Kavaletti on erittäin hyvä ja toimiva apuväline ruiskulasittamisessa sillä sitä pyörittämällä lasitus saadaan tasaisesti joka puolelle esinettä.

Valitsin käyttöesinesarjaani läpinäkyvän, kiiltävän lasitteen korostaakseni esineiden muotoja (kuva 63). Lasitin kupit kirkkaalla KXX5-lasitteella. (Kuva 61). Lasitereseptin olemme saaneet Mirja Niemelän, keväällä 2017 kokoaamasta tietopaketista. Se on peräisin Airi Hortlingin Keramiikkataiteen materiaalioppi I-II -teoksesta. Ohjeessa 100 grammaan lasitetta tulee liitua 18 g, kalimaasälpä FFF:ää 45 g, kvartsi FFQ:ta 25 g, sinkkioksidia 6 g ja kaoliini Standard porcelainea 6g. Lasite valmistetaan punnitsemalla siihen tarvittavat raaka-aineet vetokaapissa. Veden annetaan imeytyä raaka-aineisiin, jonka jälkeen seos sekoitetaan ja seulotaan tiheään, 80-100 meshin, seulan läpi. Lasitteen tulee olla tasaista ja viskositeetiltaan kermamaista.



KXX5-lasite seossuhteet p-%/g	
Liitu	18
Maasälpä FFF	45
Kvartsi FFQ	25
Sinkkioksidi	6
Kaoliini Standard Porcelain	6
+ vettä	

Kuva 61. Lasitteen kuiva-aineet punnittuna ämpäriin, lasitteen ohje. (Niemelä 2017).



Kuva 62. Lasitin esineet paineilmaruiskulla lasituskaapissa.

Lasituspolton ohjelmoin koulun hyväksi havaittujen, yleisten lasituspolton ohjeiden mukaisesti. Poltossa sähköuunin lämpötila nousee 100 °C astetta tunnissa 300 °C asteeseen ja sen jälkeen 150 °C astetta tunnissa 1230 °C asteeseen. Jouduin käyttämään polttoihin kolmea eri uunia. Ajallisesti yh-teen lasituspoltoon kuluu pari vuorokautta.



Kuva 63. Valmis lasituspoltettu kuppi ja pieni lautanen.

4 TULOS

Opinnäytetyöni koostui käyttöesinesarjan suunnittelu- ja valmistusprosesseista. 3D-tekniikoiden rooli oli olla prosessissa tuomassa uutta näkökulmaa muotoiluprosessiin ja keramiikan muottityöskentelyyn. Opinnäytetyön tuloksena syntyivät 3D-mallinnukset käyttöesinepiensarjan osista, PLA-muoviset 3D-tulostetut mallineet, mallineiden avulla valmistetut kipsimuotit sekä varsinaiset käyttöesinesarjan osat: kuppi, kulho ja kaksi erikokoista lautasta, kutakin 10+ kappaletta (kuvat 63, 64 ja 65).



Kuva 64. Valmis Elämänlanka-käyttöesinesarja muutamaa kuppia lukuun ottamatta.

3D-tekniikoiden käyttö keramiikan muottityöskentelyn apuna ei mielestäni vienyt tai vähentänyt keraamisen käyttöesinesarjan muotoiluprosessista ja keramiikan muottityöskentelystä niiden käsityömaista olemusta. 3D-mallinnustekniikat toimivat erinomaisesti esityskuvia ja mittapiirroksia tehdessä ja 3D-tulostettu malline toimi muottimateriaalina yhtä hyvin kuin perinteinen kipsi. Vaikka mallineen muoto tuotettiin kolmiulotteista mallinohjelmaa hyväksikäyttäen, se tuotti keramiikan muottityöskentelyssä halutunlaisen lopputuloksen. Jos olisin valmistanut mallineet kipsistä, niiden valmistusaika olisi ollut tämänhetkiselällä kipsityöskentelykokemuksellani useita viikkoja. Käsityönä toteutettava kipsityöskentely kipsidreijalla tai käsin on taito, joka kehittyy sitä tehdessä, eli nopeus tuottaa mallineita kipsityöskentelyn kautta kasvaa kokemuksen myötä.

Käyttöesinesarjan osat ovat muodoiltaan suunnitteluprosessin mukaisia, käytännöllisiä ja ergonomisia. Esimerkiksi isompi lautanen sopii täydellisesti kulhon kanteeksi. Oma tavoitteeni oli jättää esineet muodoiltaan hieman kulmikkaiksi ja käyttää hyödyksi 3D-tulostuksessa syntyvä tulostusjälki mielenkiintoa tuovana pintakuviointina (kuvat 63 ja 65). 3D-tulosteen kulmikkuutta olisi ollut mahdollista vähentää lisäämällä mallinnusvaiheessa mallineeseen polygoneja tai pinnan olisi voinut silottaa hiomalla sitä hiekkapaperilla tai sulattamalla muovia erimerkiksi asetonilla.



Kuva 65. Kupin ja kulhon 3D-tulostettu malline ja valmis lasitettu esine. Kulhosta myös raakapoltettu runko.

3D-mallinnusohjelma toi suunnitteluprosessiin lisää vaihtoehtoja ja auttoi näkemään paperille käsin piirretyt mittapiirroksset ja niiden viat, eli auttoi muuttamaan esineiden muotoja omaan silmään paremmiksi ennen niiden todellista tuottamista (ks. kuva 15). 3D-mallinnuksen parhaimpina puolina voidaankin pitää sitä, että mallineeseen on helppoa ja nopeaa tehdä muutoksia jo mallinnuksen aikana. Tämä edistää myös kestävästä kehitystä, sillä hukkaa ei pääse syntymään, kun huonoa tai toimimatonta suunnitelmaa ei päädytä tuottamaan.

3D-mallinnuksen antaessa lähes äärettömästi mahdollisuuksia muotoiluun, 3D-tulostusta määrittävät kuitenkin tietyt reunaehdot. Tulostettavan mallinnuksen on oltava pinnoiltaan ehjä ja muodoiltaan sellainen, että se on mahdollista tulostaa. Jo mallinnusvaiheessa on mietittävä missä asennossa esine tulostettaisiin alustalle ja tarvitaanko sen tulostuksessa erillisiä tukirakenteita. 3D-tulostuksessa valmistusprosessina on myös se hyöty, että siitä ei synny hukkaa, sillä 3D-mallinnuksen ansiosta haluttu malline tai muoto voidaan valmistaa hukkaamatta materiaalia, kuten käy esimerkiksi kipsiä veistettäessä.

Negatiivisia puolia 3D-teknikoissa on se, että niiden toteuttamista varten täytyy olla osaamista, sekä toimivat laitteet ja ohjelmat niiden toteuttamiseen. Lisäksi 3D-tulostimet vaativat myös erillisen, tuulettuvan tilan ja vaikka ne ovat itsessään isokokoisia, itse tulostusala on usein pieni. Tämä tarkoittaa sitä, että jos haluaisi tehdä isompia esineitä, ne joudutaan tulostamaan osissa. (3D printing 2, n.d.).

3D-tulosteiden ongelma on myös (materiaalista riippuen) sen kestävyys. Projektissa käyttämäni PLA-muovi toimi hyvin yhden kipsimuotin valmistuksessa (per muoto), kun osasi ennakoida mallinemateriaalin keveyden. Vielä ei kuitenkaan ole olemassa tietoa siitä, kuinka monta muottia mallineilla voidaan tehdä. PLA-materiaali on biohajoavaa ja alkaa pehmenemään yli 60 °C asteen lämpötilassa, mikä tulee ottaa huomioon myös esimerkiksi silloin, jos 3D-tulostettuja mallineita haluaa säilyttää myöhempää käyttöä varten.

Kokosin opinnäytetyöprosessin lopuksi kaavion (kuva 66) tavanomaisen muottitekniikan ja 3D-teknikoita hyödyntävän muottityöskentelyn eroavaisuuksista omiin kokemuksiini perustuen. Olen käyttänyt kipsimallinetta keramiikan muottityöskentelyssä muutamassa projektissa ja näistä projekteista syntyneellä tietotaidolla ja kokemuksella voin sanoa, että ainakin omalla kohdallani 3D-tulosteiden käyttäminen keramiikan muottityöskentelyssä helpotti ja nopeutti projektia.

	Mallineen materiaali	Mallineen valmistustekniikka	Ajankäyttö mallineen valmistuksessa	Erityisesti huomioitavat asiat muotinvalmistuksessa	Muita muotinvalmistuksessa huomioitavia asioita
Tavanomainen Keramiikan Muottitekniikka	Kipsi voi olla myös esimerkiksi savi tai Vinamold	Käsin tehdyt mittapiirroksat mallineen jokaisesta sivusta käsin paperille. Malline valmistetaan piirrosten mukaisesti käsityökaluilla (mm. saha, raspi, sikli, seena) TAI sabluunalla kipsidreijalla	Riippuu paljon halutusta muodosta! Aloittelijalla kipsin sahaamiseen ja mallineen pinnan ja silottaminen voi kestää useamman päivän, kokenut tekijä tekee tunneissa.	Muodon päästävyys ja mittatarkkuus käsityökaluja käytettäessä - käden jälki näkyy herkästi.	Kipsimallineen valmistusnopeus ja tarkkuus kipsityöskentelyssä kasvaa kokemuksen myötä.
Toistuva tai pitkäaikainen altistuminen kipsipölyhiukkasille voi vaikuttaa keuhkoihin (Työterveyslaitos). Työskentelyssä tarvitaan hengityssuojain ja ilmastoitu tila. Käsityökalut ovat teräviä ja työvälineiden turvalliseen käyttöön tarvitaan ohjausta. Kipsiä ei saa päästää viemäriin, sillä se tukkii viemärit kovettuessaan! Kipsi on luonnossa esiintyvä uusiutumaton materiaali.					
3D-teknikat Keramiikan Muottityöskentelyssä	PLA-muovi (polylaktidi)	Käsin tehdyn mittapiirroksen perusteella tehdään 3D-mallinnus TAI mallinnus tehdään suoraan 3D-ohjelmalla. Mallinnus tulostetaan 3D-tulostimella	3D-mallinnukseen ja -tulostukseen kulunut aika riippuu halutusta lopputuloksesta. Tässä projektissa 3D-tulostus kesti keskimäärin 8 tuntia/malline.	Malline täytyy kiinnittää pöydän pintaan esim. savella ettei lähde irti ja liiku kun kipsiä kaadetaan valukehikkoon. Tasaista pintaa haluttaessa pinta täytyy joko hioa käsin tai sulattaa esimerkiksi asetonilla.	3D-tulostuksessa huomioitava pyöritykset ja täytön määrä - malline on kevyt ja voi lähteä liikkumaan ja nousemaan kipsin ollessa nestemäistä
3D-tulostuksessa vaarana ovat kuuma, sula muovi, kuumat pinnat ja liikkuvat osat. Tulostuksen aikana sulasta muovista tulee kemikaalipäästöjä. (Tukes)Tulostukseen tarvitaan ilmastoitu tila. Tulostetun mallineen tulostusalausta vasten olevat reunat ovat teräviä. Mallineen materiaali on biohajoavaa ja kierrätettävää.					

Kuva 66. Koonti tavanomaisen muottityöskentelyn ja 3D-avusteisen muottityöskentelyn eroavaisuuksista.

Jos olisin halunnut saada samanlaisen kulmikkaan ja pintakuviollisen lopputuloksen, kun 3D-tulostimella saatiin aikaiseksi, olisin joutunut hiomaan ja kaivertamaan kipsimallineita useita viikkoja. Samoin korvan veistäminen kipsistä ja sen liittäminen kipsimuottiin on oma, monimutkainen prosessinsa.

Pohdin opinnäytetyön valmistuttua myös suunnittelemani käyttöesinesarjan elinkaarta kestävän muotoilun opintojen (Niemelä, 2018) mukaisesti. Tein elinkaarinmallinnuskaavion käyttöesinesarjan muotoiluprosessista ja sen kuvittelusta tulevaisuuden elinkaaresta (kuva 67).



Kuva 67. Elinkaarimallinnus 3D-ohjelmalla mallinnetun ja 3D-tulostetulla mallineella valmistetusta käyttöesinesarjasta.

3D-ohjelmalla mallinnetun ja 3D-tulostetulla mallineella valmistetun käyttöesinesarjan hyviä elinkaaren vaiheita ovat tietokoneavusteiset vaihteet, kuten 3D-mallinnus ja moodboardien teko, eli muodon, tekstuurin ja värien hakeminen esineeseen. 3D-mallinnus tuo lisämahdollisuuksia mallineiden valmistamiseen, sillä ohjelmien avulla voidaan suunnitella ja

muotoilla lähes mitä tahansa. Myös VR-todellisuuden käytön voisi ottaa vielä mukaan muotoiluprosessiin. Sen avulla mallintamisesta voisi saada vielä enemmän "käsin kosketeltavaa".

3D-tulostamisessa käyttämäni PLA-muovi on biopohjaista ja biohajoavaa, eli se on ympäristöystävällistä. Suomessa on mahdollista kierrättää 3D-tulostamisesta ylijäänyttä filamenttia. Esimerkiksi Etelä-Savossa sijaitseva 3D-tekniikan asiantuntija Viikinkikone (<https://www.viikinkikone.fi>) ottaa vastaan ja uudelleen käyttää 3D-tulostuksessa syntyneitä ylijäämämateriaaleja.

Mallineen tulostaminen 3D-tulostimella säästää aloittelevan keraamikon aikaa, vettä ja materiaaleja. Kipsimallinetta tehdessä osa kipsistä menee aina hukkaan, sillä muoto "kaiverretaan" kipsistä. Tulostettuna muoto on jo haettu, joten hukkaa ei tule ja samalla uusiutumattoman luonnonvaran, kipsin, käyttö jää välistä yhdessä työvaiheessa.

Huono asia ympäristöä ajatellen ovat 3D-tulostamisessa ainakin vielä tois-
taiseksi muovimateriaalia sulatettaessa syntyvät höyryt. Ne eivät ole myrkyllisiä, mutta kuitenkin hengitettäessä haitallisia, joten tulostustilan tulee olla hyvin ilmastoitu. Materiaalivaihtoehtoja tutkitaan jatkuvasti, ja uskon, että muutamien vuosien päästä muovin käry ei ole niin huomattava haitta. Lisäksi materiaalien ekologisuutta, toimivuutta ja kestävyyttä tullaan varmasti vielä kehittämään paremmiksi.

Koko elinkaarta ajatellen paljon energiaa kuluttavat poltot ovat yleisestikin keramiikkatyöskentelyssä ympäristöä ja energiaa kuluttavin osuus. Niitä yhdistelemällä voidaan vähentää energiankulutusta sekä päästöjen ja hukkalämmön määrää. Teknologian kehittyminen tulee varmasti tulevaisuudessa säästämään myös keramiikkauunien energiankulutusta.

Tuloksena koko prosessista totean, että 3D-tekniikat toimivat erinomaisesti keramiikan muottityöskentelyssä, jos muotoiluprosessin aikana osataan ennakoita tulevia ongelmia ja kiinnitetään tarpeeksi huomiota tuotteen muotoiluun ja keramiikan erityisvaatimukseen suunnittelu- ja mallinuvaiheessa. 3D-tekniikat siirtyivät ainakin omalta osaltani projektin myötä yhdeksi vaihtoehdoksi toteuttaa keramiikan muottityöskentelyä.

5 POHDINTA

Opinnäytetyöprosessini ajoittui kesälle 2019 ja sen kirjallinen osuus syksyn 2019 loppuun ja vuoden 2020 alkuun. Prosessi oli raskas, mutta sujui olosuhteisiin nähden hyvin. Mielestäni lopputulos vastaa suunnitteluprosessia ja on toimiva kokonaisuus. Vaikka opinnäytetyö on näyttö ja koonti muotoiluosaamisestani, opin myös sen aikana paljon. Sain varsinkin 3D-tulostimen kanssa lisää käyttökokemusta ja sen kautta syntynyttä osaamista. Jokainen prosessin vaihe sisälsi aiemman kokemuksen kautta opittua tietotaitoa, jonka soveltaminen auttoi ennakoimaan ja välttämään odotettavissa olevia ongelmia. Kirjallisista lähteistä hankittu teoriatieto tuki prosessia.

3D-mallinnusohjelmassa mallineiden pinnat näyttivät sileiltä ja tasaisilta, mutta tulostettaessa kiinnitin huomiota siihen, että sivuihin olisi voinut laittaa ehkä vielä lisää polygoneja tai edgejä, sillä ne tulostuivat melko kulmikkaaksi ja esineiden ulkopinnoista ei tullut täysin sileitä. Tämä oli asia, jonka osasin kuitenkin aiemmasta 3D-tulostuskokemuksesta johtuen ottaa huomioon. Tulostusjäljen voisi hioa pois hiekkapaperilla tai muovipinnan sulattaa esimerkiksi asetonilla, mutta itse jätin tulostimen jäljet näkyviin, sillä halusin, että muotoiluprosessin lopputuloksessa näkyy mallineen valmistustavan erityisyys. Varsinainen keraaminen käyttöesinesarja onnistui muodoiltaan haluamallani tavalla, mutta olisin toivonut alilasiteväreillä tehdyn koristelun näkyvän vielä paremmin lasitteen alta.

Vaikka pidän kovasti saven kanssa työskentelystä, opinnäytetyöprosessia toteuttaessani pohdin omien vahvuuksieni muotoilijana olevan ennemminkin ideoinnissa, suunnittelussa, konseptoinnissa, visualisoinnissa ja kehitystyössä, en niinkään käsityömaisessä keraamikon roolissa.

Opinnäytetyöaihetta voisi vielä jatkokehittää eteenpäin. Tulostaessani 3D-mallineita tuli idea siitä, että kipsimuoteissa käytettävät mallineet voisivat olla myös modulaarisia kappaleita, joita voisi yhdistellä legopalikoiden tavoin. Näillä voisi tuottaa mallineista erilaisia kokonaisuuksia ilman uuden mallineen tulostamista. Moduuleja voisi myydä vaikkapa nettikaupassa, jossa asiakas voisi netissä itse koota valitsemistaan osista haluamansa muotoisen muotin, jonka voisi ostaa omaan muottityöskentelyynsä tai ostaa juuri haluamanselaisellaan muotilla tehtyjä yksilöllisiä tuotteita.

Toivon, että opinnäytetyöni osoittaa, että 3D-tekniikoiden käyttö tuo lisää mahdollisuuksia perinteisiin keramiikan työskentelymalleihin ja rohkaisee myös muita kokeilemaan niiden käyttöä.

LÄHTEET

3D printing 1 (n.d.). What is 3D Printing. Haettu 16.12.2019 osoitteesta <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/>

3D Printing 2 (n.d.). The Positive and negative effects of 3D-printing. Haettu 3.1.2020 osoitteesta <http://scw3dprints.weebly.com/the-positive-and-negative-effects-of-3d-printing.html>

AIPworks.(n.d.). 3D-tulostuksen toimintaperiaate. Haettu 1.12.2019 osoitteesta <https://aipworks.fi/3d-tulostus/tietoa/3d-tulostuksen-toimintaperiaate/>

Arolainen, M. (2018). *3D-visualisoinnin tulostaminen*. Opinnäytetyö. Mediatekniikka. Hämeen ammattikorkeakoulu. Haettu 18.12.2019 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018122222809>

Hilavitkutin.com – Uutisia tekniikasta, tieteestä ja hämmästyttävistä ilmiöistä. Puuronen, O., (2014) Discov3ry mahdollistaa erilaisten materiaalien käyttämisen 3D-tulostimissa. Haettu 3.2.2020 osoitteesta <https://www.hilavitkutin.com/2014/06/13/discov3ry-mahdollistaa-erilaisten-materiaalien-kayttamisen-3d-tulostimissa/>

Hortling, A. (n.d.). Lasite ja lasittaminen -verkkoaineisto. Haettu 2.1.2020 osoitteesta http://www.airihortling.fi/Lasite_ja_lasittaminen.pdf

Jylhä-Vuorio, H. (2002). *Keramiikan materiaalit*. Saarijärvi: Gummerus.

Kerasil. Verkkokauppa – keramiikkatarvikkeet, savet, lasitteet, uunit. Haettu 20.1.2020 osoitteesta <https://www.kerasil.fi/Vinamold-punainen>

Kettunen, I. (2001). *Muodon palapeli*. Porvoo: WS Bookwell.

Knauf. (n.d.). Kipsi. Haettu 25.1.2020 osoitteesta <https://knauf.fi/knauf-oy/ymparisto-laatu-ja-turvallisuus/kipsi>

Luontoturva Ky. (n.d.). Haettu 20.1.2020 osoitteesta <https://www.luontoturva.fi/karhunkoynnos>

Mattison, S. (2003). *Keramiikka – materiaalit, tekniikat, työvälineet*. Jyväskylä: Atena kustannus.

Niemelä, M. (2018). Kestävällä elinkaariajattelulla kohti kiertotaloutta – luentoaineisto. Haettu 4.2.2020 osoitteesta https://moodle.hamk.fi/pluginfile.php/1027837/mod_resource/content/1/elinkaariluento2018.pdf

- Niemelä, M. (2017). Keramiikka, väriaineet ja lasittaminen – luentoaineisto. Haettu 18.1.2020 osoitteesta https://moodle.hamk.fi/pluginfile.php/759906/mod_resource/content/6/Koko%20luentokuvat2017.pdf
- Niemelä, M. (2015). Kipsi, muotti ja valaminen – luentoaineisto. Haettu 18.1.2020 osoitteesta https://moodle.hamk.fi/pluginfile.php/881058/mod_resource/content/1/kipsi%20valaminen2017.pdf
- Niemelä, M. (2010). *Kestävää muotoilua mallintamassa – Tulkitseva käsitetutkimus taideteollisen muotoilun näkökulmasta*. Jyväskylä: Bookwell Oy.
- Peda – Pedagogiikkaa netissä. (n.d.). 3D-tulostusmateriaalit. Haettu 20.1.2020 osoitteesta <https://peda.net/savitaipale/lukio/oppiaineet/vallinnaisaineet/3d-tulostus/tulostusmateriaalit>
- Puhakka, A. (2008). *3D-grafiikka*. Helsinki: Talentum.
- Reis, D. (2010). *Product Design in The Sustainable Era*. Köln: Tachen.
- Sculpteo. (n.d.) The History of 3D Printing: 3D Printing Technologies from the 80s to Today Haettu 16.12.2019 osoitteesta <https://www.sculpteo.com/blog/2019/10/01/the-history-of-3d-printing-3d-printing-technologies-from-the-80s-to-today/>
- Teknologiainfo. Mäntyranta K. (2016). Biopohjainen ja biohajoava PLA-muovi lisää suosiotaan. Haettu 16.12.2019 osoitteesta <https://www.teknologiainfo.com/logistiikka/biopohjainen-ja-biohajoava-pla-muovi-lisaa-suosiotaan/#>
- Tukes, turvallisuus ja kemikaalivirasto (n.d.). 3D-tulostus. Haettu 17.12.2019 osoitteesta <https://tukes.fi/documents/5470659/8579343/Kysymyksi%C3%A4+ja+vastauksia+3D-tulostamisesta/abf321b9-bbd0-41ab-adba-4a640cbac159/Kysymyksi%C3%A4+ja+vastauksia+3D-tulostamisesta.pdf>
- Työterveyslaitos. (2009). Kipsi. Haettu 20.1.2020 osoitteesta https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=fi&p_card_id=1215&p_version=2
- Vihma, S. (Toimittaja), Ilonen, J., Kähönen, H. (Toimittaja), Peltonen, M., Salmi, H. (Toimittaja), Kotilainen, M. (Toimittaja), & Kuosmanen, R-L. (Toimittaja) (2008). *Suomalainen muotoilu. Osa 1, Käsityöstä muotoiluun*. Helsinki: Weilin+Göös.

Viikinkikone. (n.d.) Haettu 17.12.2019 osoitteesta

<https://www.viikinkikone.fi/kayttamamme-filamenttilaadut/>

Yle.fi. Nygren. J. (2018) Onko tässä vuoden turhake? Tutkijat tyrmäävät 3D-kotitulostimen - hyödytön ja vaarallinen laite.

Haettu 11.11.2019 osoitteesta

<https://yle.fi/aihe/artikkeli/2018/05/25/onko-tassa-vuoden-turhake-tutkijat-tyrmaavat-3d-kotitulostimen-hyodyton-ja>

Yle.fi. Toivanen. P. (2019) SYKE selvitti: Yleinen biopohjainen muovi PLA ei hajonnut vuoden aikana meressä lainkaan Haettu 11.11. 2019 osoitteesta

<https://yle.fi/uutiset/3-11068310>

KUVALÄHTEET

Kuva 6: <https://www.xn--keittikauppa24-0pb.fi/tuote/villeroy-boch-new-wave-caffe-espressokuppi-ja-lautanen/>

Kuva 8: https://commons.wikimedia.org/wiki/Ipomoea_purpurea

<https://de.wikipedia.org/wiki/Purpur-Prunkwinde>

<https://fi.pinterest.com/>

https://fi.wikipedia.org/wiki/Aitoel%C3%A4m%C3%A4n_lanka

<https://theoriginalgarden.com/fr/p/semences/fleurs/annuelles/ipomoea-purpurea-ipomee-pourpre>

<https://www.thompson-morgan.com/p/morning-glory-lazy-luxe/8390TM>

Kuva 9: Kerätty <https://fi.pinterest.com/>

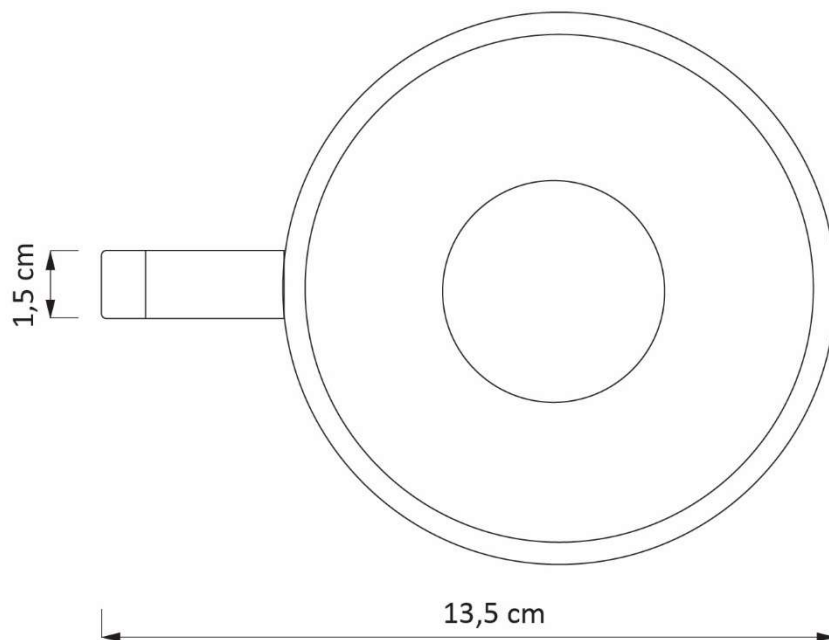
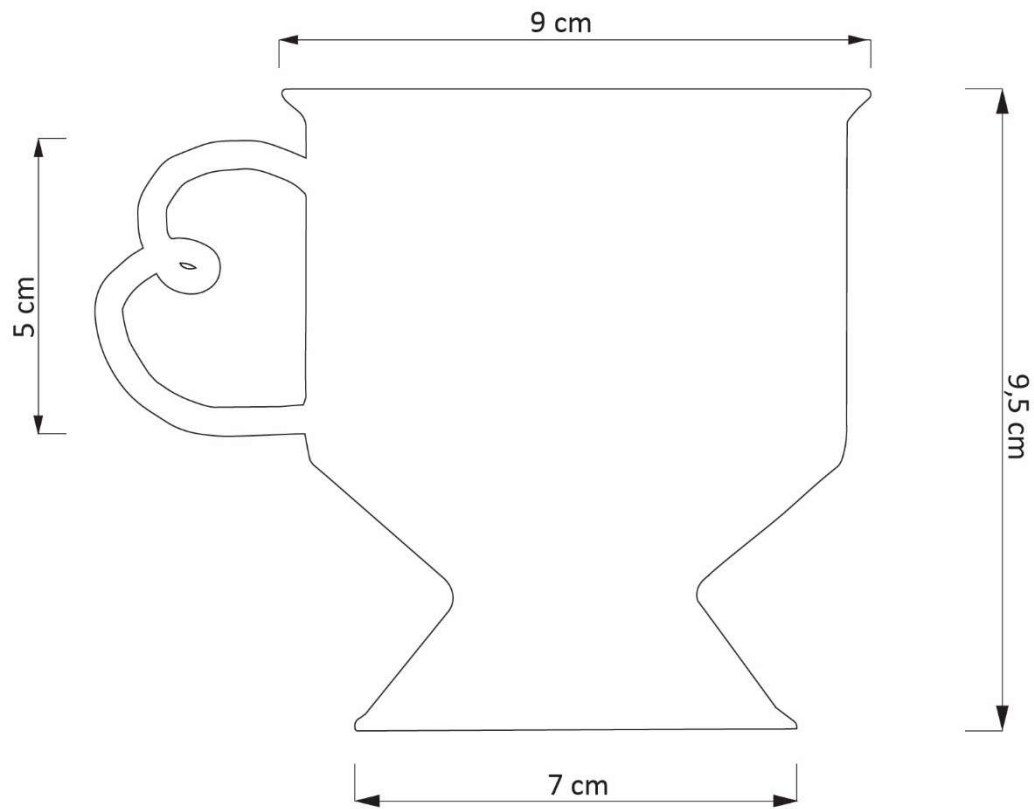
Kuva 10: Kerätty <https://fi.pinterest.com/>

Kuva 30: <https://www.sculpteo.com/blog/2019/10/01/the-history-of-3d-printing-3d-printing-technologies-from-the-80s-to-today/>

Kaikki muut opinnäytetyön valokuvat, piirrokset, kuviot, mallinnukset ja taulukot ovat opinnäytetyön tekijän piirtämiä, mallintamia ja kuvaamia.

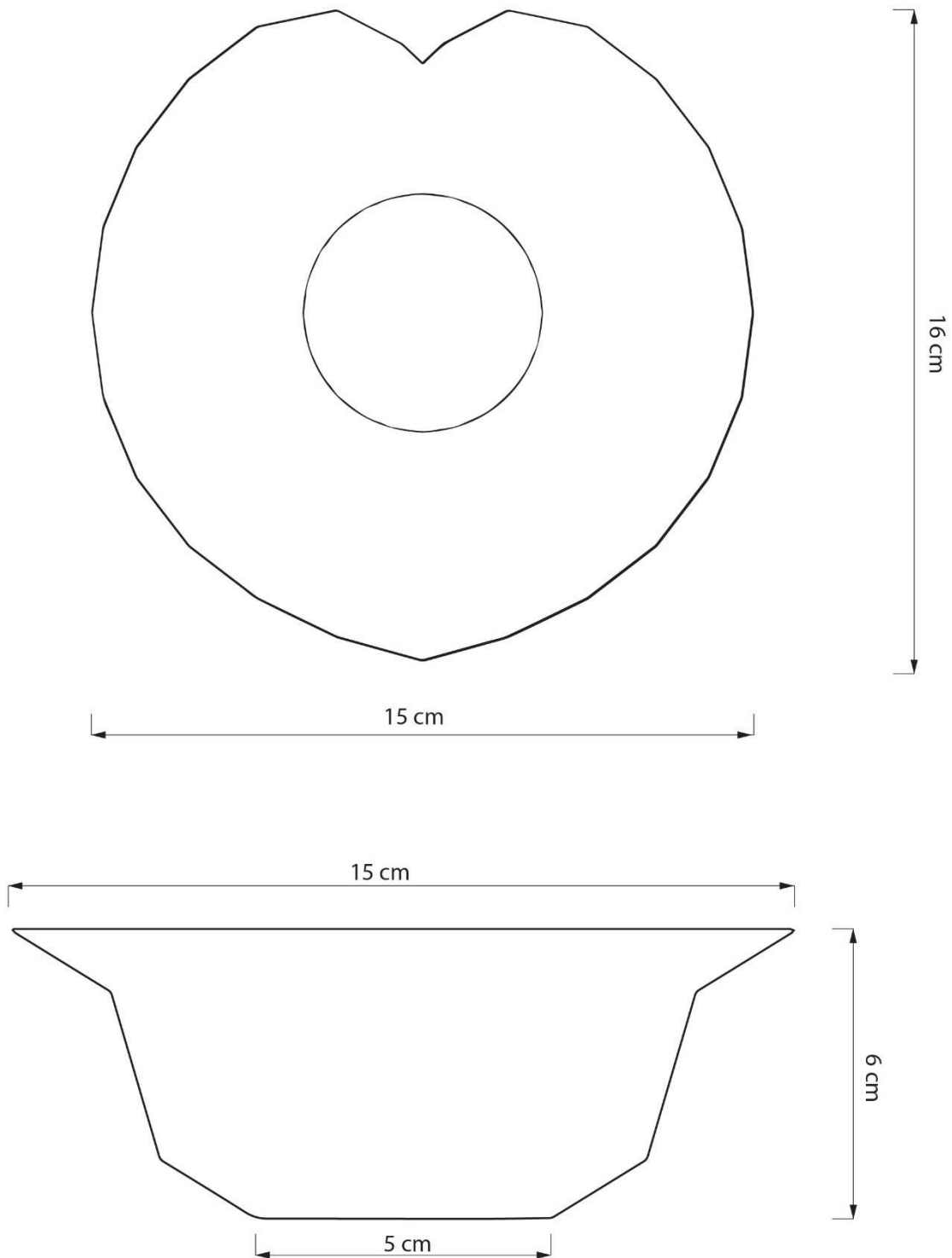
MITTAPIIRROS: ELÄMÄNLANKA-KUPPI

Liite 1



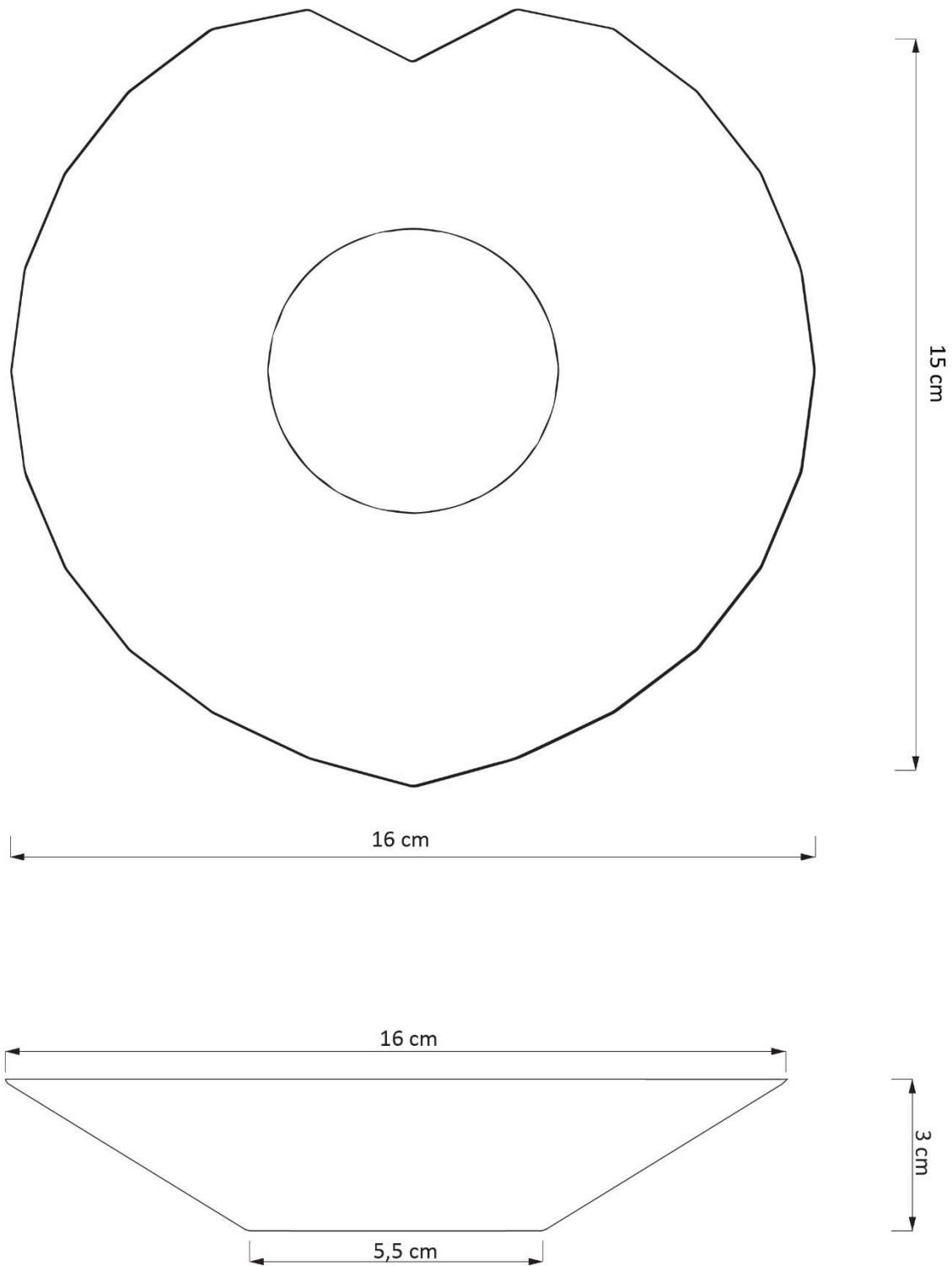
MITTAPIIRROS: ELÄMÄNLANKA-KULHO

Liite 2



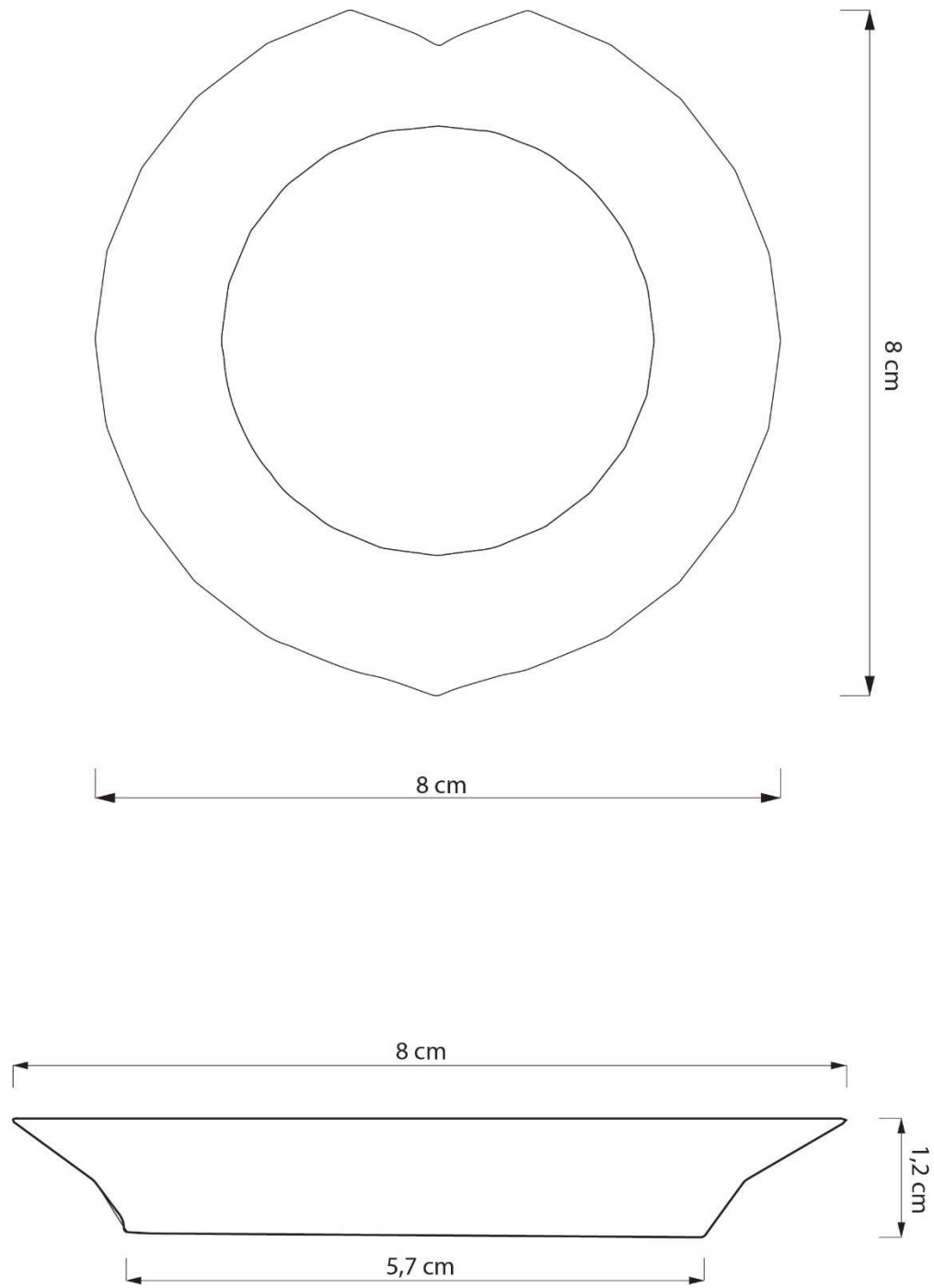
MITTAPIIRROS: ELÄMÄNLANKA-ISO LAUTANEN

Liite 3



MITTAPIIRROS: ELÄMÄNLANKA-PIENI LAUTANEN

Liite 4



Viktor Papanekin teorian mukaan tehty funktioanalyysi Elämänlanka- käyttöesinesarjasta.

Tarve (Need)

- Sarjan osat toimivat ruokailu- ja tarjoilu- tai säilytysastioina
- Kaunis ja käytännöllinen kattaus tai säilytys
- Arvostus ja mieltymys käsityönä valmistettuihin tuotteisiin

Tekniikka (Method)

- Keramiikan muottityöskentely: materiaalina valusavi
- Tuotteet valmistettu käsityönä, muottityöskentelyn apuna käytetty 3D-tekniikoita
- Huolto: mieluiten käsinpesu pehmeällä harjalla

Käyttö (Use)

- Kohderyhmällä ei ikä- tai sukupuolirajausta
- Helppokäyttöisiä ja huolellisesti toteutetun suunnittelun ansiosta muodoiltaan ergonomisia
- Lasituksen ansiosta helposti puhdistettava



Estetiikka (Aestics)

- Persoonalliset luonnosta inspiraatiota saaneet muodot
- Kuviointi pelkistettyä
- Istuvat hyvin käteen - mukavia käyttää

Assisiaatiot (Association)

- Halu/ tarve/ arvostus
- Käden ja valmistustavan (3D-tulostus) jälki näkyy tuotteessa
- Tunnelma, raikkaus
- Sileä pinta

Seuraukset/ Telesis

- Ajaton muoto
- Käsityön arvostus vaihtelee yksilöiden keksen - vaikuttaa arvoon
- Lasituksen ansiosta kulutusta kestäviä