



■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
KULTTUURIALA

JÄTELASIN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET LASIN UUNITEKNIKOISSA

Koulutusala Kulttuuriala			
Koulutusohjelma Muotoilun koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Paula Pääkkönen			
Työn nimi Jätelasin käyttömahdollisuudet lasin uunitekniiikoissa			
Päiväys	25.3.2014	Sivumäärä/Liitteet	66/2
Ohjaaja(t) Merja Vallius			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lasisirkus Jantunen & Rantasalo Ay			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli testata jätelasia, jota syntyy Nuutajärven lasinystävät ry:n eli Lasikompanian lasinpuhallushytissä lasinpuhaltamisen sivutuotteena. Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Lasisirkus Jantunen & Rantasalo Ay:n kanssa. Tärkeimpänä tavoitteena oli testata paikallista jätelasia tasosulatus ja vaha-/uunivalu tekniikoissa ja yrittää etsiä kyseiselle lasille ja käytössä oleville uuneille sopivat uuniohjelmat tekniikoiden käyttämiseen. Toisena tavoitteena oli tuoda selkeillä ohjeilla testeissä selvinneet tiedot yhteistyökumppanin tietoon ja käyttöön, jotta testien tuloksia voitaisiin hyödyntää tulevissa projekteissa.</p> <p>Tekijä testasi jätelasia sulattamalla sitä projektin aikana yhteensä seitsemään uunivalumuottiin ja sulattamalla sitä myös lukuisia kertoja tasoon eripaksuisiksi lasilevyiksi. Uunivalumuoteissa tekijä tutki erilaisia muotoja ja niiden toteuttamista erilaisten muottien avulla. Tasolasitesteissä tekijä tutki jätelasin ominaisuuksia sitä sulatettaessa erilaisissa koostumuksissa eli eri kokoisina palasina tai murskana.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena oli lukuisia mallikappaleita molemmilla tekniikoilla tuotettuna ja kirjalliset ohjeet tekniikoiden käyttämiseen.</p>			
Avainsanat Lasinkierrätys, Jätelasi, Uunivalu, Vahavalu, Lasin tasosulatus			

Field of Study Culture			
Degree Programme Degree Programme in Design			
Author(s) Paula Pääkkönen			
Title of Thesis Possibilities of using recycled glass cullet in kiln techniques.			
Date	25.3.2014	Pages/Appendices	66/2
Supervisor(s) Merja Vallius			
Client Organisation /Partners Lasisirkus Jantunen & Rantasalo			
<p>Abstract</p> <p>The objective of the thesis was to test how to utilize recycled glass in different kiln techniques. The thesis was made in co-operation with Lasisirkus Jantunen&Rantasalo and the recycled glass used in this project was this companys broken or damaged products, which could no longer be used in any other way. This glass, which would otherwise end up in landfill, was tested with two different kiln techniques; fusing and kiln casting.</p> <p>The goal of the project was to test the glass and find appropriate kiln programs for the kilns and techniques in question. Another important objective was to write good and clear instructions for the co-operative partner, so that they could utilize the information found in this project later.</p> <p>The author tested the glass in 7 different plaster molds and fused it to level several times. With the plaster molds the author studied different shapes and how to create them with different kind of molds. With the fusing technique the author tested the qualities of the recycled glass, when fused into a leveled sheet in different grits.</p> <p>The final results of this thesis were several test pieces made with these two techniques and instruction leaflet for the co-operative partner.</p>			
<p>Keywords Recycled glass, Kiln casting, lost wax-technique, fusing glass</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	OPINNÄYTETYÖN TAUSTA	7
2.1	Idea opinnäytetyöhön	7
2.2	Yhteistyökumppani	7
2.3	Työn tavoitteet ja niiden saavuttaminen.....	8
2.4	Termistö	10
3	MATERIAALINA KIERRÄTYSLASI	11
3.1	Lasin kierrättäminen	11
3.2	Uunit	13
3.3	Testit.....	15
3.4	Tasosulatus.....	16
3.5	Uunivalu	22
4	SUUREMMAT MALLIKAPPALEET.....	31
4.1	Ideointi ja tavoitteet	31
4.2	Tasosulatus.....	33
4.3	Uunivalu	38
4.3.1	Yksiosainen muotti.....	38
4.3.2	Kaksiosainen muotti	40
4.3.3	Poltto ja sen tulokset.....	43
4.4	Työohjeet	46
5	POHDINTA	47
5.1	Yhteistyökumppanin palaute	48
	KUVALUETTELO.....	50
6	LÄHTEET	52
	LIITTEET	53
	LIITE 1	53
	TYÖOHJEET	57

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheena oli tutkia erilaisia käyttötapoja jätelasille, jota syntyy lasia puhallettaessa. Projekti on tehty yhteistyössä Lasisirkus Jantunen & Rantasalon kanssa. Lasisirkuksen tuotteet puhalletaan Lasikompanian hytissä, joten perehdyin työssä Lasinystävät Ry:n eli Lasikompanian hytissä käytettävän lasin ominaisuuksiin ja käyttäytymiseen, sitä käytettäessä uunisulatustekniikoilla. Opinnäytetyön tavoitteena oli myös tuottaa selkeät kirjalliset ohjeet juuri kyseisen lasin käyttöön tutkimillani tekniikoilla.

Olen koko opiskeluaikani ollut kiinnostunut lasin uusiokäytöstä, sillä muotoiluuala on monesti ristiriidassa periaatteitani ekologisuutta ja massatuotantoa kohtaan. Muotoilijan tehtävä on luoda koko ajan jotakin uutta maailmaan, joka ei mielestäni välttämättä tarvitse tuota kaikkea uutta materiaa. Kuitenkin tunnen olevani oikealla alalla saadessani toteuttaa ideoitani konkreettisesti. Onneksi lempimateriaalini onkin lasi, joka on 100 % luonnontuote ja sen kierrätysmahdollisuudet ovat moninaiset.

2 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA

Työn taustalla oli Lasisirkuksen kiinnostus kierrättää jättemateriaalia uusiksi tuotteiksi ja vähentää näin kaatopaikalle menevän jätteen määrää. Taustalla oli myös minun mielenkiintoni lasin kierrättämiseen ja ammattini ekologiseen harjoittamiseen. Taustatietoina minulla on jonkin verran opiskeluaikana saatua kokemusta lasinuuniteknikoista ja tietoa näissä tekniikoissa käytettävistä uuniohjelmista.

2.1 Idea opinnäytetyöhön

Olin kiinnostunut tekemään opinnäytetyöprojektini yhteistyökumppanin tai asiakkaan kanssa, koska halusin, että työ olisi aidosti yhteydessä työelämään. Mielestäni paras vaihtoehto olisi, jos voisin saada työharjoittelupaikan, joka tahtois tehdä kanssani yhteistyössä jonkin projektin. Näin voisin viettää harjoittelupaikassani pidemmän ajan, oppia enemmän ja samalla minulla olisi lasinammattiosaaaja ympärilläni auttamassa mahdollisissa ongelmatilanteissa.

Sain opinnäytetyöni aiheen keskustelemalla mahdollisista opinnäytetyöprojekteista työharjoitteluni ohjaajan Alma Jantusen kanssa. Hän oli miettinyt jätepintin uudelleenkäyttämistä jo aikaisemmin ja tehnyt joitakin kokeiluita itsekin. Koska minäkin olin kiinnostunut aiheesta, se oli mielestäni hyvä ja molempia osapuolia hyödyttävä opinnäytetyöprojekti. Osana työharjoitteluani pystyin myös laittamaan Lasisirkuksen pajan sellaiseen kuntoon, jotta siellä on mahdollista tehdä näihin uunisulatustekniikoihin liittyviä asioita. Valmistin esimerkiksi pintin siivilöimiseen tarvittavia työkaluja sekä kunnostin uuneja.

2.2 Yhteistyökumppani

Yhteistyökumppaninani toimii Lasisirkus Jantunen&Rantasalo Ay. Lasisirkus on Nuutajärven lasikylässä sijaitseva, vuonna 1999 perustettu avoin yhtiö, jonka ovat perustaneet lasinpuhaltajat Johannes Rantasalo ja Alma Jantunen, joka toimii myös opinnäytetyöni yhteyshenkilönä. He ovat molemmat valmistuneet lasinpuhaltajiksi Wetterhoffin käsi- ja taideteollisuusoppilaitoksesta vuonna 1996. Molempien töitä on ollut esillä monissa näyttelyissä sekä Suomessa, että ulkomailla. Vuonna 2007 Ornamo valitsi Alma Jantusen ja Johannes Rantasalon vuoden taidekäsityöläisiksi.

Lasisirkuksessa valmistetaan omaa taiteellista tuotantoa, jota myydään enimmäkseen erilaisissa näyttelyissä. Tämän lisäksi Lasisirkus valmistaa omaa piensarjatuotantoa, jota myydään oman

Nuutajärvellä sijaitsevan myymälän lisäksi Helsingin Design Forumilla, Design Museossa ja Artemiassa. Oman tuotannon lisäksi Lasisirkuksessa tehdään tilaustöitä. Tilaustöihin kuuluvat erilaiset liikelahjat, palkinnot ja tuotannon tekeminen eri taiteilijoille. Muun muassa Ritva-Liisa Pohjalainen teettää lasiteoksensa Lasisirkuksessa. Kaikki tuotteet valmistetaan puhaltamalla kuumasta lasista Lasikomppanian hytissä. Lasisirkuksella on Nuutajärvellä myös oma pieni hiomo, jossa tuotteita pystyy viimeistelemään. (Lasisirkus; Jantunen 18.3.2014.)

2.3 Työn tavoitteet ja niiden saavuttaminen

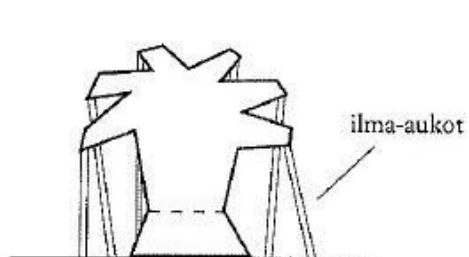
Opinnäytetyöni tavoitteena on auttaa Lasisirkusta löytämään keinoja kierrättää puhaltamisesta jätteeksi jäävää lasimurskaa, jota kutsutaan pintiksi, tekemällä erilaisia sulatuskokeita. Samalla kehitän omaa ammatillista osaamistani tällä osa-alueella. Tavoitteena on myös saada aikaan kullekin tekniikalle tyypillisiä esimerkkikappaleita ja kirjoittaa selkeät ohjeet uuniohjelmiseen niiden valmistamiseen. Näin voin jakaa tutkimustulokset yhteistyökumppanini kanssa, jotta he voivat tulevaisuudessa hyödyntää näitä tietoja. Esimerkkikappaleiden lukumäärää ei ole tarkkaan määritelty, mutta tavoitteenani on tehdä ensin muutama pienempi testikappale ja sitten ainakin kaksi hieman isompaa uunivaluesinettä. Käytössäni olevat uunit ovat melko tuntemattomia minulle ja yhteistyökumppanilleni, joten tavoitteena on myös oppia käyttämään niitä.

Valitsimme yhteistyökumppanini kanssa tutkittaviksi tekniikoiksi lasin tasosulatuksen ja uunivalutekniikan. Tasosulatuksessa keskityn saamaan aikaan n.3cm paksun tasaisen lasilevyn, jollaisen Alma oli aiemmin tehnyt (Kuva 1). Lasilevyn tekemisessä haasteena on saada aikaan uuniohjelma, joka sulattaa suuretkin kimpaleet lasia tasoksi, mutta jossa lasi ei kristalloiduu. Kristalloitumista tapahtuu kun lasia sulatetaan pitkään korkeissa lämpötiloissa ja sen jälkeen se jäähdytetään liian hitaasti jäähdytyslämpötilaan (Beveridge, Domenech ja Pascual 2005, 66). Tavoitteena on saada aikaiseksi pinnaltaan kirkas ja reunoiltaan siisti levy, niin ettei sitä tarvitsisi polton jälkeen viimeistellä.

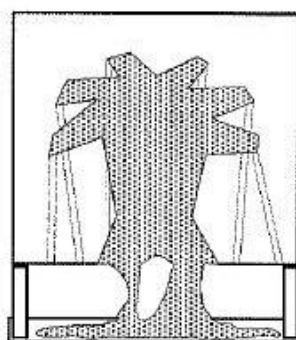
Uunivaluissa keskityn erityisesti vahavaluun ja kaksiosaisen muotin tekemiseen. Vahavalussa tehdään malline punavahasta, joka sitten valetaan kipsiin ja kipsin kovetuttua vaha sulatetaan ulos höyrystämällä. Näin saadaan täydellinen kopio mallineesta, kun muotin sisään sulatetaan lasia (Kuva 2 s.9). Kaksiosaisia muotteja käytetään, kun valmistetaan jotakin erityisen monimutkaista muotoa tai halutaan määritellä muoto täysin kappaleen joka puolelta.



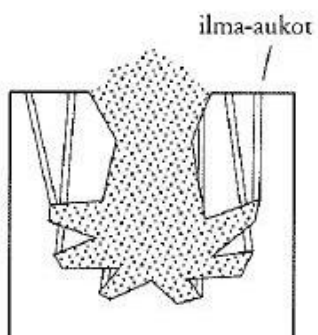
Kuva 1 Alma Jantusen tekemä testisulatus



Vahamalline, johon on kiinnitetty vahasta tai muovipilleistä valmistetut ilma-aukot.



Muotin valmistuksen jälkeen vaha sulatetaan tai poltetaan pois.



Muotti täytetään lasimurskalla.



Valmis lasiesine.

Kuva 2 Vahavaluprosessi (Kekäläinen, P 1992, 31)

2.4 Termistö

Pintti tarkoittaa lasimurskaa. Pinttiä voi olla monia eri värejä ja karkeuksia. Kaikkea kertaalleen sulatetusta lasista murskattua lasimurskaa kutsutaan pintiksi.

Soopa on mäntysuovasta ja vedestä tehtyä vaahtoa, jolla vähennetään kipsin vedenimukykyä.

Muottirasva on saippuasta ja rypsiöljystä valmistettua erotusainetta, jota käytetään kipsivaluissa estämään kipsin tarttumista pintoihin.

Valukanavat ovat mallineeseen tehtäviä lisäosia, joiden tarkoituksena on muotissa toimia kanavana lasille ja helpottaa lasin pääsyä ylöspäin nouseviin kohtiin (Kuva 32 s.40).

Mallineeksi kutsutaan jostakin muusta kuin lopullisesta materiaalista (usein savi tai kipsi) tehtyä kappaletta, joka on täysin samanlainen kuin tavoiteltu muoto.

Uunipesulla tarkoitetaan seosta, joka sisältää yleensä esimerkiksi kaoliinia ja alumiinioksidia, ja jonka tarkoitus on estää lasia sulamasta kiinni uunikalustoon. Seos sekoitetaan veteen ja käytetään maitomaisena levittämällä sitä esimerkiksi siveltimen avulla.

Uunipaperi on kaoliinista tehtyä paperia, jota käytetään samaan tarkoitukseen kuin uunipesua.

3 MATERIAALINA KIERRÄTYSLASI

Materiaali, jota testasin, oli Lasikompanian hytissä käytettävä, jo kerran käytetty lasi. Tätä materiaalia sain testeihini, joko lasiroskalavalta, tai uudelleen käyttämällä viallisia tuotteita, joita yhteistyökumppanini oli säästänyt. Puhaltaessa lasiin voi olla sekoitettu erilaisia värejä, jotka saattavat vaikuttaa lasin käyttäytymiseen. Käytin testauksissani myös liian paksuja ja ohuita filigraanipuikkoja, jotka eivät kelvanneet käytettäväksi lasia puhallettaessa. Filigraanipuikot ovat eripaksuisina saatavia värillistälasia sisältäviä puikkoja, joita voi käyttää lasinpuhalluksessa monin eri tavoin. Useimmiten puikkojen avulla tehdään esineitä, joissa on niin sanottu filigraanikuvio, eli monia vierekkäisiä väriraitoja kiertyneenä spiraalimaiseen kierteeseen (Kuva 6 s.13). Tämän projektin sulatustesteissä käytin enimmäkseen filigraanipuikkoja ja valkoisista ja mustista filigraanimaljakoista murskaamaani pinttiä, jonka myös pesin, murskasin ja siivilöin itse.

Kompanian pajassa käytetään Glasma AB-merkkistä lasia, joka tilataan Ruotsista. Sain Almalta lasista teknistä tietoa kaksi sivua, jotka olivat tulleet lasin mukana (Liite 1). Nämä tiedot olivat hyvin tarpeellista suunnitellessani poltto-ohjelmiin huippu- ja jäähdytyslämpötiloja.

3.1 Lasin kierrättäminen

Materiaalina lasi on 100 % kierrätettävää, mutta käytännössä tämä ei toteudu, sillä lasin joukkoon pääsee välttämättä roskia ja epäpuhtauksia, joita on vaikea saada pois. Suomessa kierrätetään vuosittain Uusioaines Oy:n nettisivuilta löytyvän vuoden 2007 tilaston mukaan 61.02 % kulutetusta lasista. Yleisimmin kierrätetty lasi on pakkauslasi, johon kuuluu pantilliset ja pantittomat pullot ja lasipurkit. Kierrätyslasista valmistetaan muun muassa uutta pakkauslasia sekä lasivillaa ja sitä käytetään asfaltin seassa tai murskeena maisemointi- ja koristelutarkoituksiin.

Tavallisiin lasinkierrätyspisteisiin ei saa laittaa mitään muuta lasia kuin pulloja ja purkkeja. Keraaminen eli lämmönkestävä lasi ei kuulu kierrätykseen. Se on valmistettu booripitoisesta lasista, minkä vuoksi sen sulamislämpötila on korkeampi ja se on mekaanisesti kestävämpää kuin pakkauslasi. Keraamista lasia ovat mm. uunien ovet, uunivuoat ja kahvipannut. Myöskään normaali kotitalouslasi, kuten lasit tai kannut, eivät ikkunalasit sovellu normaaliin lasinkierrätykseen, koska niiden kemiallinen koostumus on niin erilainen. Jos näitä laseja sekoittaa pakkauslasiin, ne eivät sula samoissa lämpötiloissa ja aiheuttavat teknisiä ongelmia tehtaiden tuotantolinjoilla. Ikkuna- ja muita tasolaseja, kuten lasiovet tai autonikkunat, pystytään kierrättämään, mutta ne on kerättävä ja käsiteltävä erikseen. (Uusioaines; Heikkinen, J 2014.) Ymmärtääkseni nämä lasit on vietävä suoraan lasinkierrätyslaitokseen, eikä niille ole vielä yleisiä keräyspisteitä. Nämä kaikki luokitellaan keraamisiksi epäpuhtauksiksi kierrätyslasissa.

Muita keraamisia epäpuhtauksia, joita lasiin kulkeutuu, ovat posliini, peililasi ja kristallilasi. Keraamisia epäpuhtauksia on hankala erotella kierrätyslasin joukosta, koska ne käyttäytyvät kuten lasikin. Yleensä ne poistetaan manuaalisesti tai sitten murska käytetään kohteeseen, joka ei ole niin tarkka keraamisten epäpuhtauksien suhteen, kuten asfalttiin sekoitettuna tai maantäyteaineena.

(Pääkkönen, P 2013, 2.)

Keraamisten epäpuhtauksien lisäksi lasiin kulkeutuu orgaanisia ja metallisia epäpuhtauksia. Orgaaniset epäpuhtaudet, kuten ruoan jäämät tai etiketit, poistuvat yleensä helpoiten lasia pesemällä ja viimeistään lasia sulatettaessa ne palavat pois. Palaessaan ne kuitenkin tuottavat lasiin ilmakuplia, jotka suurissa määrin heikentävät lasin laatua etenkin esteettisesti. Metalliset epäpuhtaudet, jotka tulevat yleensä kansista tai korkeista ja niiden sineteistä, sulavat yleensä lasin kanssa. Ne saattavat kuitenkin värjätä lasia, jättää siihen mustia pilkkuja, syövyttää lasiuunia sekä lasinmuovaus kalustoa ja heikentää lasin kestävyttä. Rautaa sisältävät metallit pystytään poistamaan magneetin avulla. Metalliset ja orgaaniset epäpuhtaudet on myös helpompi poistaa, koska ne eivät lasia murskatessa hajoa niin helposti ja siten ne saadaan yleensä siivilöityä pois lasin joukosta.

Lasi viedään kierrätyspisteistä yleensä lasinkierrätyslaitoksiin, jotka puhdistavat lasin kaikista epäpuhtauksista ja käsittelevät sen niin, että se on valmista uudelleen käytettäväksi. Joillakin suurilla tehtailla saattaa myös olla omat lasinpuhdistus- ja käsittelyjärjestelmänsä. Ehjä kierrätyslasi pestään ja käytetään sellaisenaan uudelleen. Ehjiä lasipulloja voidaan käyttää uudelleen jopa 40 kertaa niiden elinkaaren aikana. Vialliset lasit lajitellaan värien mukaan, murskataan, pestään ja siivilöidään eri karkeuksiin. Sitten murska kuivataan ja pakataan ja yleensä myydään eteenpäin. (Pääkkönen, P 2013, 1.)

Taidelasissa lasin laatu on hyvin tärkeää ja siksi jätepinttiä ei yleensä suurissa määrin kierrätetä lasistudion sisällä. Pakkauslasia ja ikkunalasia kierrätetään Suomessa, mutta pienten studioiden taidelasin kierrättäminen on hankalaa. Sen kemiallinen koostumus on niin erilainen muihin kierrätettäviin laseihin verrattuna, ettei sitä voi kierrättää muun lasin mukana. Taidelasi saattaa sisältää myös raskasmetalleja tai myrkyllisiä aineita, jotka aiheuttavat päästöjä, jos sitä käytetään maarakentamisessa. (Heikkinen, J 2014.) Taidelasiin pääsee myös studio-olosuhteissa paljon enemmän epäpuhtauksia, joiden puhdistaminen olisi liian vaikeaa, minkä takia sitä ei lähdetä kierrättämään, vaan se menee kaatopaikalle. Lasikompanian hytissä kierrätetään pieni määrä viallisista esineistä saatua kirkasta lasia, joka on tarpeeksi puhdasta kierrätettäväksi ilman käsittelyä. (Jantunen, A 18.3.2014.)

littalan lasitehtaalta kierrätetään valtaosa jätelasista, koska siellä jätettä tulee huomattavasti suurempia määriä kuin pienissä taidelasistudioissa. Suurin osa siitä menee Saint-Gobain Isoverin tehtaalle, jossa siitä valmistetaan lasivillaeristeitä ja muita lasivilla tuotteita. Lasia toimitetaan myös Suomen Lasinjalostus Oy:lle, jossa siitä tehdään kierrätyslasi tuotteita tai käsitellään lasi somistus- ja koristelukäyttöön sopivaksi. Suomen Lasinjalostus Oy myy värillisiä lasimurskeita, joita käytetään esimerkiksi puutarhassa istutusten somistamiseen. Koska näillä lasin jatkojalostajilla on hyvin korkeat puhtausvaatimukset lasille, osan littalan jätelasista käsittelee Kiertokapula Oy, josta lasia toimitetaan eteenpäin esimerkiksi maanrakennusaineksi. (Sihvo, S 2014.)

3.2 Uunit

Opinnäytetyötä varten minulla oli käytössäni kaksi Lasikompanian omistamaa uunia. Matalaa leveää uunia (Uuni 1) käytin tasosulatusten tekemiseen ja syvempää arkku-uunia (Uuni 4) käytin uunivalujen sulattamiseen. (Kuva 3) Osana työharjoitteluani olin kunnostanut näitä uuneja vaihtamalla vastuksia ja uusimalla kaoliinivilla osia.



Kuva 3 Vasemmalla Uuni 1 ja oikealla Uuni 4

Yhteistyökumppanillani Alma Jantusella ei ollut juurikaan kokemusta näitten uunien käytöstä ja toiminnasta, joten aloitin opinnäytetyöprojektin testaamalla uunit. Keramiikka- ja lasiuunien lämpötilaa voidaan testata polttokeiloilla. Polttokeilat alkavat sulaa ja taipua tietyssä lämpötilassa eli jos keila on taipunut, uuni on saavuttanut sen keilan sulamislämpötilan (Kuvat 4-5 s.11). Normaalisti uunit kannattaa testata samoilla lämpötiloilla, kuin aikoo siellä polttaa asioita, mutta en löytänyt

mistään täysin lasinsulamislämpötiloja vastaavia keiloja. Käytin Seger keiloja 16-18: Segerkeila 018 = 705 °C, Segerkeila 017 = 730 °C, Segerkeila 016 = 755 °C, joiden lämpötilat olivat lähinnä lasinpolttolämpötiloja. Keilat istutettiin savilaattaan, jotta ne pysyisivät poltossa pystyssä.

Ensimmäisen polton uuni 1:ssä ohjelmoin 755 °C:een. Asetin polttokeiloja uunien molempiin reunoihin testatakseni lämmön tasaista jakautumista polton aikana. Tässä poltossa keiloista oli kaatunut vain keila 018, mikä tarkoitti sitä, että uuni 1 polttaa jopa 50 °C liian matalalle (Kuva 4). Ohjelmoidessani testipolttoa uuni 4:ssa tajusin, että olisi paras ohjelmoida lämpötila nousemaan keskimmäisen keilan lämpötilaan. Näin saisin samalla selville, jos uuni polttaisi paljon ylemmäs, kuin on tarkoitus. Ohjelmoin siis uuni 4:n 730 °C:een ja tulokset olivat hyvät. Keiloista pystyi päättelemään, että uuni oli noussut juuri oikeaan lämpötilaan eikä ainakaan merkittävästi yli, koska viimeinen keila ei ollut taipunut (Kuva 5).



Kuva 4 Uuni 1:n polttokeilat

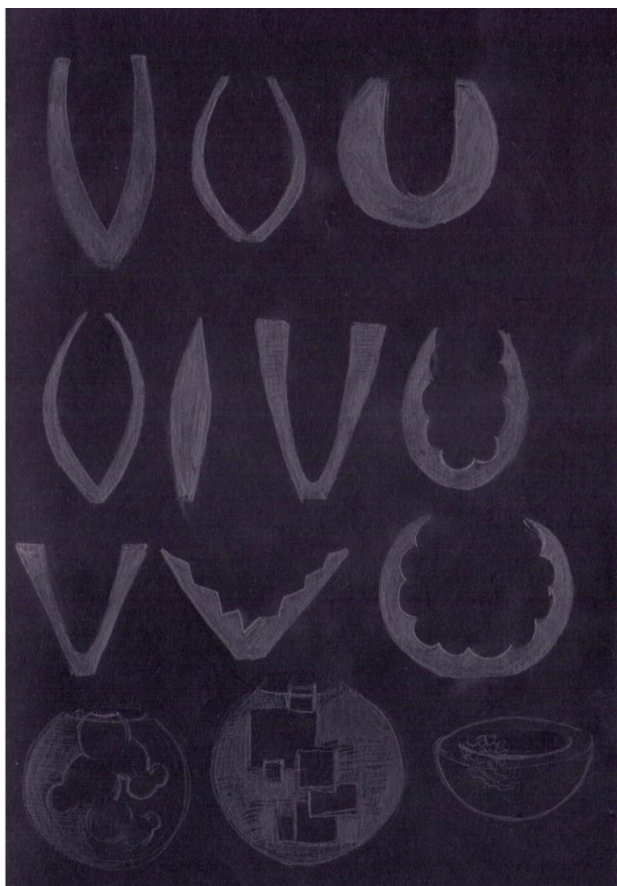


Kuva 5 Uuni 4:n polttokeilat

3.3 Testit

Tasosulatustesteissä halusin kokeilla sulattaa jätepinttiä erikokoisina lasimurskina tutkiakseni ilmakuplien käyttäytymistä ja sitä miten murskan koko muuten vaikuttaa kappaleen ulkonäköön. Suunnittelin testikappaleilleni visuaalista ilmettä, ottaen huomioon käytössä olevan lasin ominaisuudet asetellessani sitä uuniin. Tärkeimpänä tavoitteena oli kuitenkin löytää uuniohjelma, joka sulattaisi lasin tasaiseksi ja poistaisi suurimmat ilmakuplat.

Keskustelimme yhteistyökumppanini kanssa, siitä minkälaisista testeistä hänelle olisi eniten hyötyä tulevaisuudessa ja mitä minä henkilökohtaisesti haluaisin oppia uunivaluista. Päädyin siksi tekemään uunivalutesteissani erilaisia muotoja. Muodot saan toteutettua punavahan avulla ja sujuvinta ne on toteuttaa vahavalutekniikalla. Halusin koettaa kahta erilaista kaksiosaista muotoa, koska halusin oppia kaksiosaisen muotin toiminnasta. Tein myös kaksi erilaista monimutkaisempaa muotoa, koska yhteistyökumppaniani kiinnosti valut, jotka ovat vahavalutekniikalle tyyppisiä, eli eivät ole päästäviä, vaan niissä on erilaisia ulokkeita. Luonnostelin jonkin verran erilaisia muotoja (Kuva 6), mutta en halunnut miettiä mallikappaleiden ulkonäköä liikaa vaan keskittyä vielä testaamaan vain tekniikan erilaisia käyttötapoja ja lasin käyttäytymistä erilaisissa muoteissa.



Kuva 6 Luonnoksia

3.4 Tasosulatus

Ensimmäisessä testipoltossa testasin lasin sulamista erikokoisina murskina ja palasina tutkiakseni sen sulamista ja esimerkiksi sitä, kuinka paljon lasiin jää ilmaa sisälle riippuen murskan karkeudesta ja ovatko erot silminnähtäviä. Testasin myös pelkistä filigraanipuikoista sulatettua laattaa ja kokonaisesta suuresta maljasta sulatettua laattaa (Kuva 7). En pyrkinyt vielä näissä testeissä kolmen senttimetrin paksuuteen, vaan yritin tehdä laatoista 1-2.5cm paksuisia.

Kasasin uuniin tiilistä erikokoisia suorakulmioita, joiden tilavuuden laskin ja kerroin sen lasin tiheysluvulla 2,5 (lasin tiheys 2,5 g/cm³) (Väisänen, J. 2012, 55). Käytin suorakulmioiden tekemiseen valkoisia, rosoisia, tulenkestäviä tiiliä, jotka minulle oli annettu käyttöni. Näistä tiilistä irtoaa todella helposti pieniä tiilen murusia ja pölyä, minkä uskoin vaikuttavan sulatettaessa lasin pinnan kiiltävyyteen. Muuta vaihtoehtoa ei kuitenkaan tällä hetkellä ollut. Leikkasin kaoliinivillalevystä suorakulmioiden reunoille soivot, jotka estäisivät lasia tarttumasta tiiliin (Kuva 8 s.16). Osaan suorakulmioista laitoin uunilevyn ja lasin väliin uunipaperin palaset. Koska olin käsitellyt uunilevyt valmiilla uunipesulla, halusin kuitenkin testata, estäisikö se yksinään lasin tarttumisen uunilevyyn ja jätin yhden ilman uunipaperia. Ohjelmoin uunin alla olevalla ohjelmalla, joka on muunneltu Anna-Riitta Järvenpään opinnäytetyössään käyttämästä ohjelmasta, ottaen huomioon käytössäni olevan lasin jäähdetyslämpötilat ja se, että Uuni 1 polttaa 50 °C alemmas (Taulukko 1, s.17).



Kuva 7 Ensimmäinen sulatus. Filigraanipuikkoja ja suuri kokonainen esine.



Kuva 8 Ensimmäinen sulatus. Erikokoista lasimurskaa. Kaoliinivillalevyt reunoissa.

Tasosulatus uuniohjelma 1:

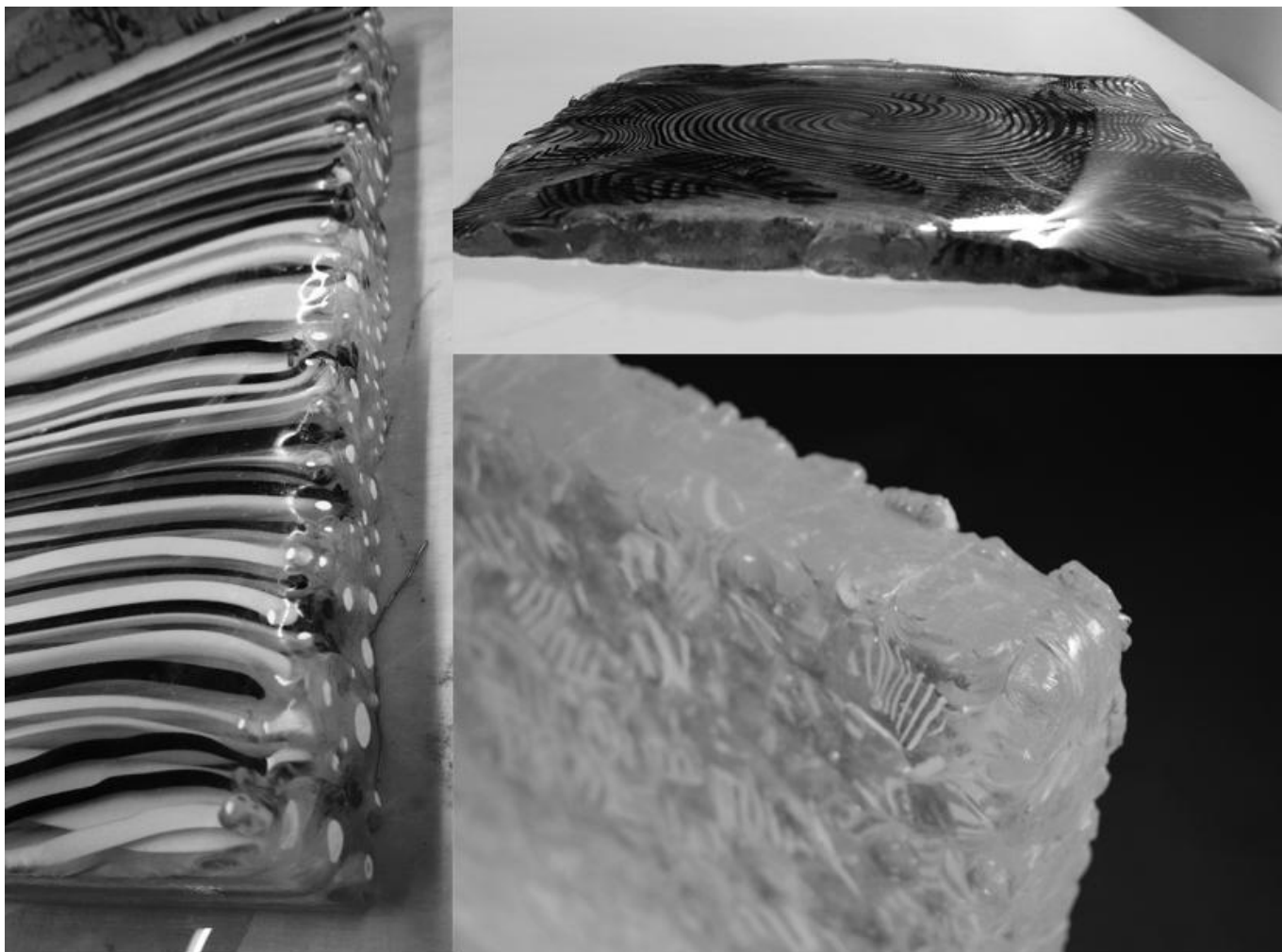
Uuni 1

Taulukko 1

3h 30min	540 °C	30min haudutus
1h 30min	890 °C	2h haudutus
1h	540 °C	2h haudutus
1h	430 °C	1h haudutus
1h	200 °C	1h haudutus
End		

Polton tulokset eivät olleet toivottuja. Lasit eivät olleet sulaneet tarpeeksi, vaan olivat pinnaltaan epätasaisia ja lasinpalaset oli vielä selvästi erotettavissa. Ohjelmoin uudelleen saman polton, mutta kohotin huippulämpötilaa vielä 20 °C ylemmäksi. Lasit eivät olleet vielääkään sulaneet tarpeeksi ja lasilevyjen reunat olivat todella epäsiistit ja piikkikkäät. Filigraanipuikoista sulatettu levy oli sulanut melkein tasaiseksi luultavasti siksi, koska puikoissa oli niin paljon värillistä lasia, joka sulaa yleensä matalammassa lämpötilassa. Myös filigraani sulatuksen reunat olivat röpelöiset. (Kuva 9 s.17) Tiilipöly ja -murska olivat myös aiheuttaneet lasin pintaan juuri sellaista sameutta ja roskaisuutta kuin olin olettanut. Kun selitin tämän yhteistyökumppanilleni, hän antoi minulle luvan tilata uusia rajoittimia, jotka on sahattu vanhoista uunilevyistä. Niistä ei irtoa mitään murusia, sillä ne ovat tiiviimpää tulenkestävää materiaalia. Otin nämä testit kuitenkin ulos uunista ja rupesin selvittämään, miksi ne eivät olleet onnistuneet. Kappaleissa ei huomannut minkäänlaista eroa siinä, oliko lasin alla ollut

uunipaperia vai ei. Päätelin tästä, ettei uunipaperia välttämättä tarvitse käyttää, kunhan uunikalusto on käsitelty huolellisesti uunipesulla.

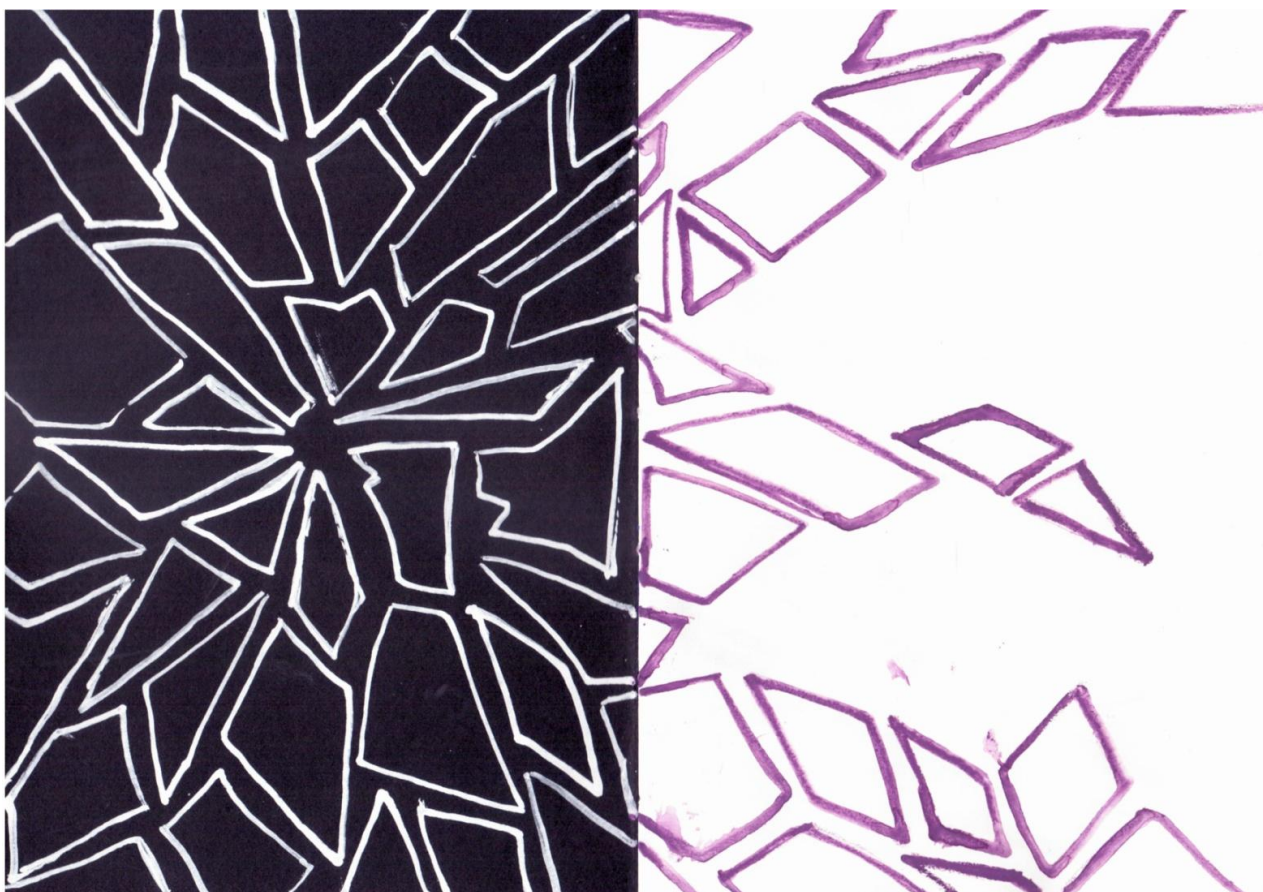


Kuva 9 Ensimmäisen polton tulokset. Piikkikäitä reunoja ja epätasaisesti sulaneet levyt.

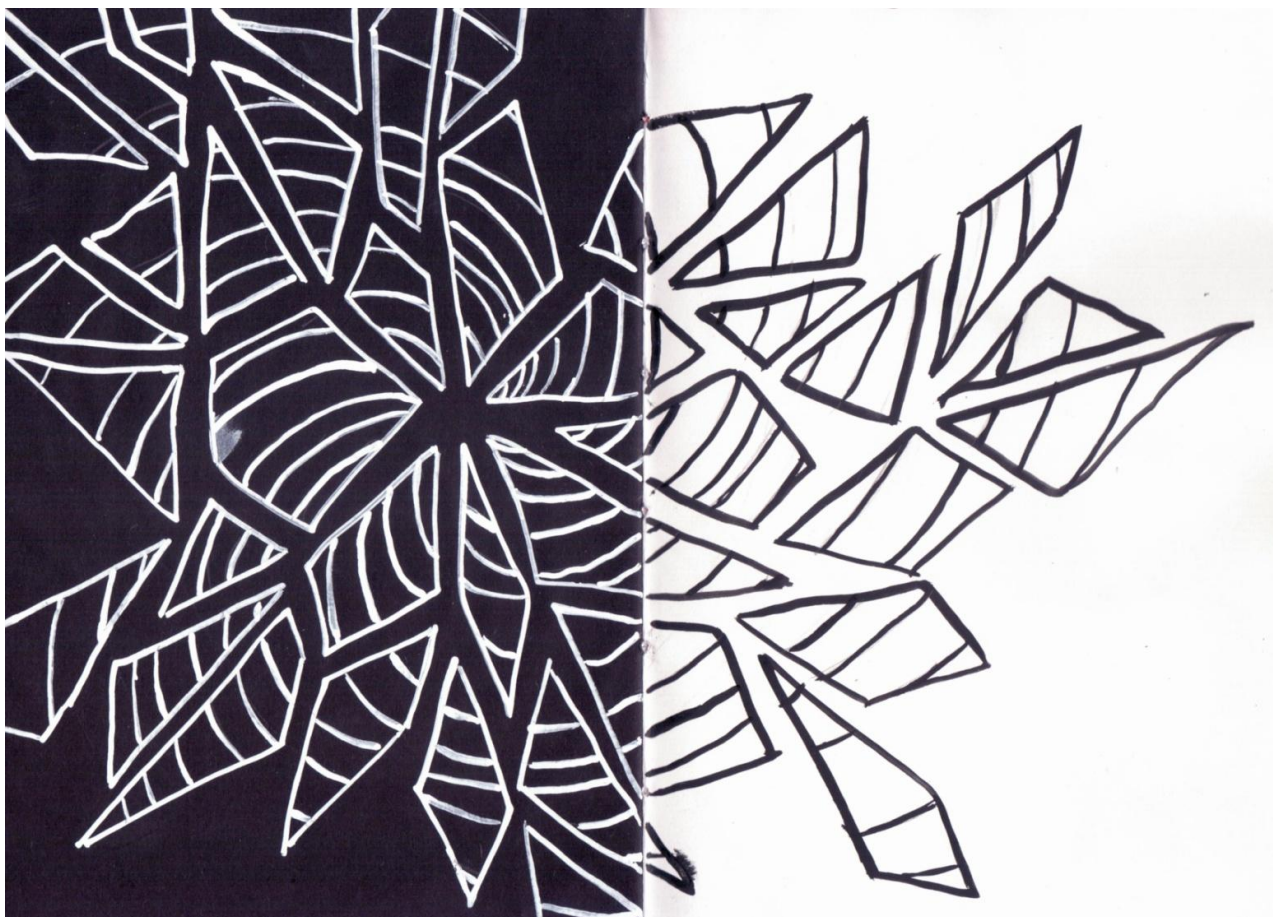
Keskustelimme uunin tilanteesta yhteistyökumppanini kanssa ja totesimme, että yksi syy uunin toimimattomuuteen voisi olla, että osa vastuksista ei toimi. Laitoin uunin siis lämpiämään ja tarkastin vastukset puolen tunnin kuluttua hämärässä uunihuoneessa. Kaikki vastukset hohtivat selkeästi punaisena, mistä voi päätellä niiden kaikkien toimivan. Päädyin siihen, että vika oli uuniohjelmassa. Päätelin, että jos uuni toimi muuten hyvin, se ei vain jostain syystä ehdi nousta haluttuun lämpötilaan. Kaikissa aikaisemmin käyttämissäni ohjelmointikeskuksissa lämpötilan nousu määritellään yleensä °C/h, mutta tässä uunissa nousu ohjelmoitiin vain tunneissa; montako tuntia tai minuuttia haluttiin uunin nousevaan tiettyyn lämpötilaan. Päätelin uuniohjelmani olevan liian nopea. Uuni ei kenties ehtinyt nousta huippulämpötilaan, jos se jatkaa ohjelmoidun ajan jälkeen ohjelman seuraavaan vaiheeseen, vaikka uuni ei olisi saavuttanut toivottua lämpötilaa.

Halusin testata tämän teorian polttamalla uudestaan keiloja tässä uunissa. Ohjelmoin hitaan ohjelman nousemaan 730 °C:een. Halutut keilat olivat kaatuneet, eli uuni oli noussut ohjelmoituun lämpötilaan. Päättelin tästä, että kun uunille antaa tarpeeksi aikaa, se polttaa polton oikeaan lämpötilaan eikä 50 °C alemmas, kuten olin aiemmin luullut.

Glasmalta saaduissa papereissa oli merkitty lasinsulamislämpötilaksi 858°C, joten riittävä lämpötila lasin tasoon sulattamiseen olisi 850°C pohjaten aiempiin kokemuksiini lasin sulattamisesta. Seuraavan koepolton ohjelmoin siis oikeaan haluttuun lämpötilaan 850 °C. Tein ohjelman paljon hitaammaksi kuin aiemman (Taulukko 2 s.19). Ennen polton latomista, minun piti käsitellä juuri postista saadut rajoittimet uunipesulla ja polttaa se niihin kiinni. Sain käyttööni myös lasitehtaan tiilivarastosta löydettyjä painavampia ja tiiviimpiä tiiliä, joista ei irronnut pölyä. Sitten kokosin rajoittimista kaksi suorakulmiota, laskin tarvittavan lasin määrän kuten aikaisemmin ja ladin lasin uuniin luonnoksiani (Kuvat 10 ja 11 s.20) mukaillen.



Kuva 10 Tasosulatusluonnos



Kuva 11 Tasosulatusluonnos

Tasosulatus uuniohjelma 2:

Uuni 1

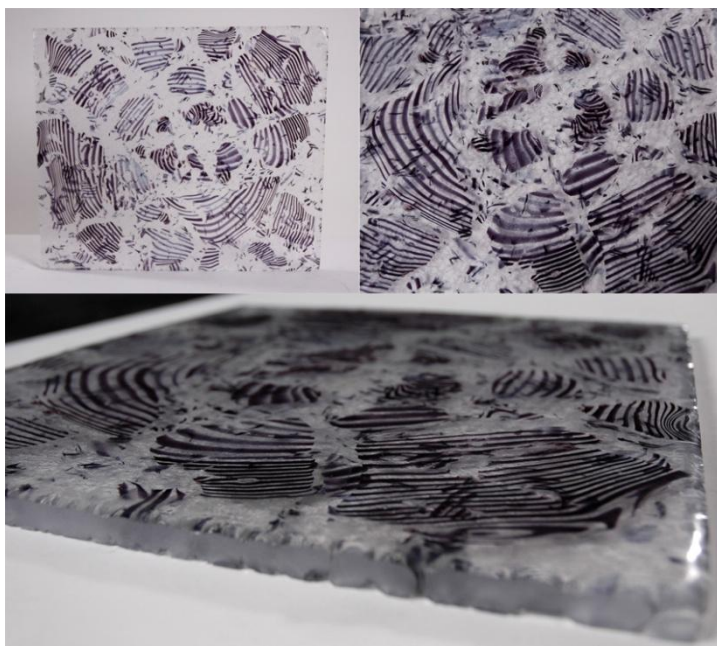
Taulukko 2

4h	490 °C	1h
1h	850 °C	6h
1h	490 °C	5h
1h	380 °C	3h
1h	200 °C	1h
end		

Tämä testipoltto oli sulanut juuri halutulla tavalla (Kuvat 12-13). Lasin pinta oli sileä ja tasainen koko levyn alueelta. Kristalloitumista oli kuitenkin tapahtunut hieman ja reunoihin oli valitettavasti syntynyt piikkejä, murskan palasten tarttuessa reunoihin. Reunojen piikkeihin uskoin pystyvän vaikuttamaan lasin asettamisella kauemmas reunoista, niin ettei se olisi kosketuksissa reunoihin sulaessaan, eikä siten tarttuisi niihin kiinni. Kristallisoitumista halusin yrittää vähentää laskemalla lämpötilaa vielä kymmenellä asteella ja koettamalla nopeuttaa lämmön laskeutumista huippulämpötilasta jäähdyslämpötilaan. Näillä tiedoilla lähdin suunnittelemaan viimeistä polttoa.



Kuva 12 Toiset testisulatukset viimeistellyillä reunoilla



Kuva 13 Toiset testisulatukset viimeistellyillä reunoilla.

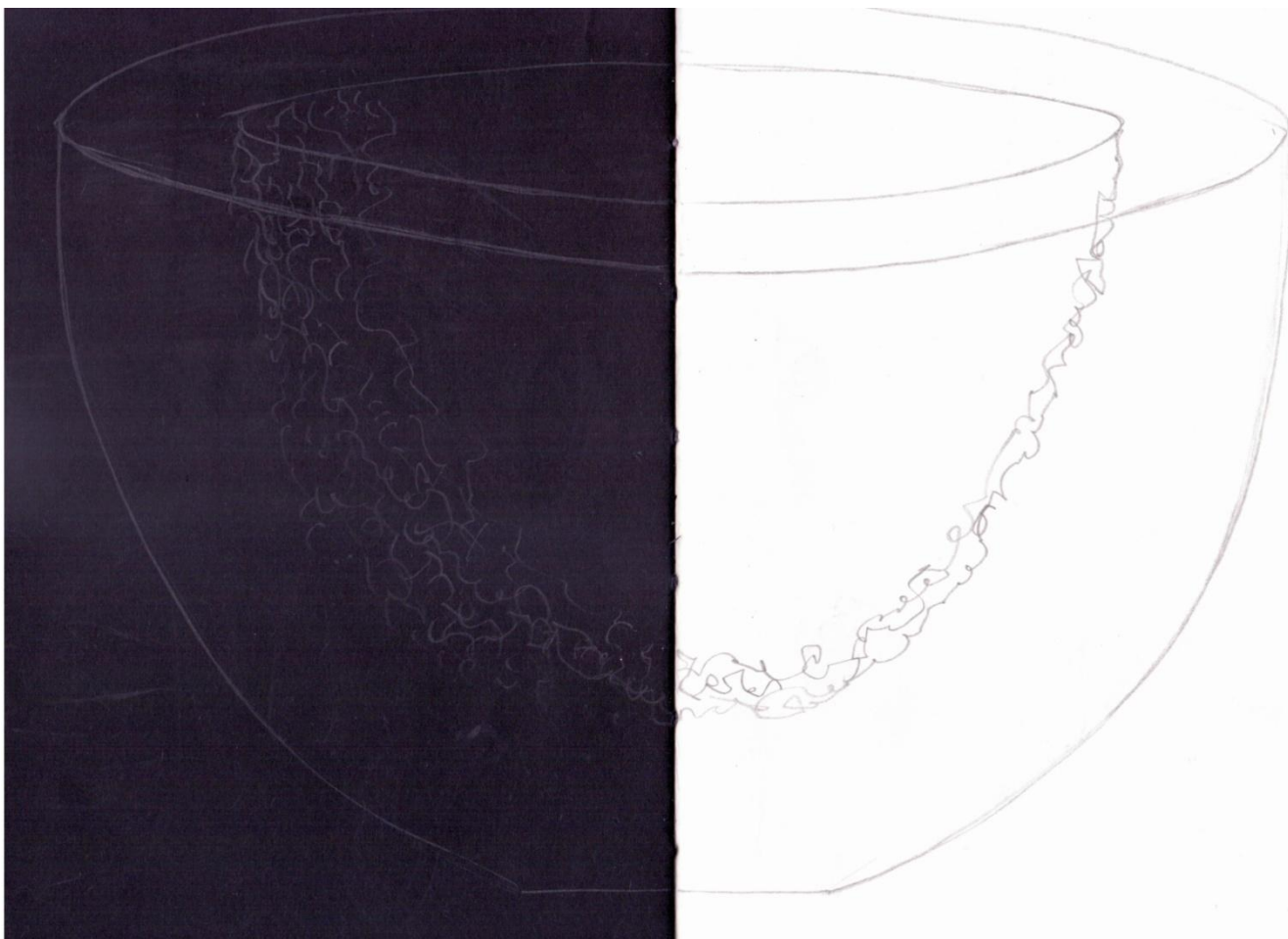
3.5 Uunivalu

Ensimmäiseksi muotoilin luonnosteluni (Kuvat 14 ja 15 s.23) pohjalta punavahasta erilaisia mallineita, jotka olin suunnitellut toteuttavani erilaisilla muoteilla (Kuva 16 s.23). Vie aikansa, ennen kuin vaha oppii käsittelemään ja esimerkiksi huoneen lämpötilalla on myös paljon merkitystä tässä prosessissa. Jos työskentelytila on liian kylmä, vaha on hyvin hankala työstää, koska se jähmettyy nopeasti lämmityksen jälkeen. Toisaalta liian lämpimässä työskentelytilassa on vaikea säilyttää vahan muoto koko ajan, kun lämmin vaha muotoutuu uudelleen pienestäkin kosketuksesta. Käytin vahan muotoilussa monenlaisia välineitä ja jouduin järjestämään itselleni kaksi työskentelypaikkaa, toisen lämpimässä pajassa ja toisen kylmässä uunihuoneessa.

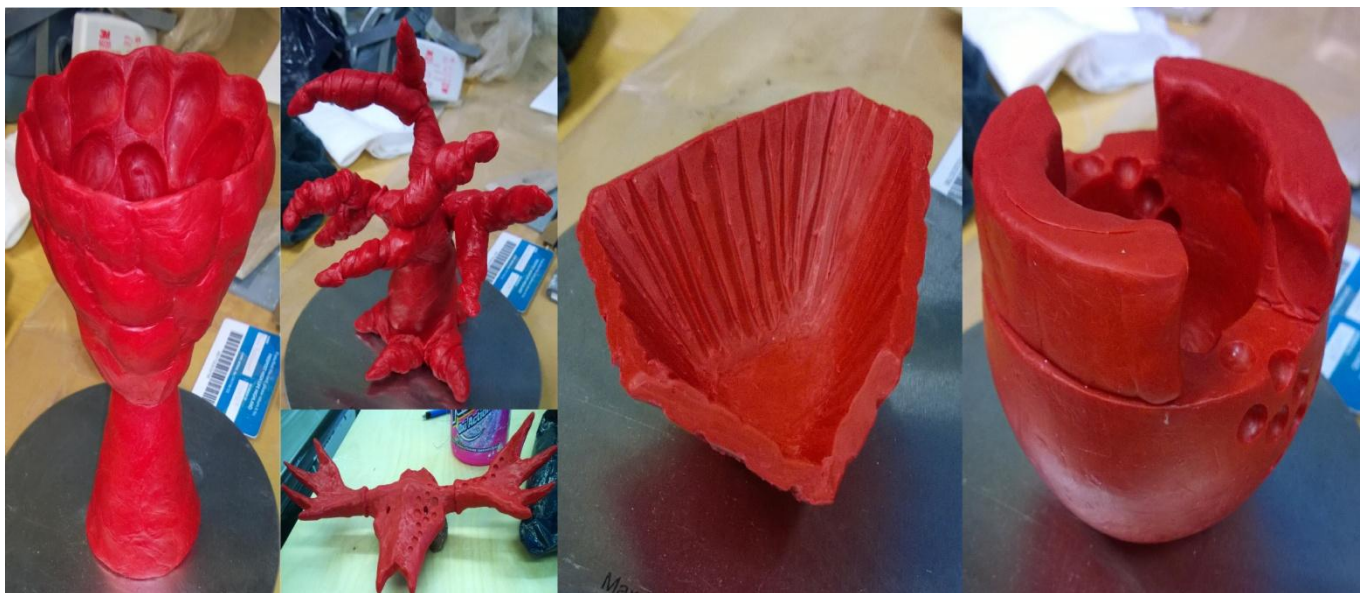
Kun mallineet olivat valmiit, ne kiinnitetään tukevasti kiinni alustaan, jonka päällä kipsimuotit valetaan. Osaan mallineista tein lisäosan savesta ja osaan punavahasta (Kuva 17 s.24). Lisäosaa tarvitaan, koska sulaessa lasin tilavuus pienenee n.30%. Muotissa täytyy olla siis ylimääräistä tilaa, jotta kaikki tarvittava lasimurska mahtuu siihen. Ennen kipsin valamista mallineisiin tulee kiinnittää myös ilma-aukot, jotta lasinpalasten välistä poistuva ilma pääsee ulos muotista ja lasi pääsee valumaan muotin joka kolkkaan. Mallineen ympärille asetellaan valutuet eli rajoittimet, jotka kiinnitetään paikalleen puristimien ja saven avulla. Mallineen ja rajoittimien väliin jätin tilaa 3-4cm, jotta seinämä olisi tarpeeksi paksu ja kestävä.



Kuva 14 Vahavaluluonnoksia



Kuva 15 Vahavaluluonnos



Kuva 16 Testi 1,

Testi 2,

Testi 3,

Testi 4

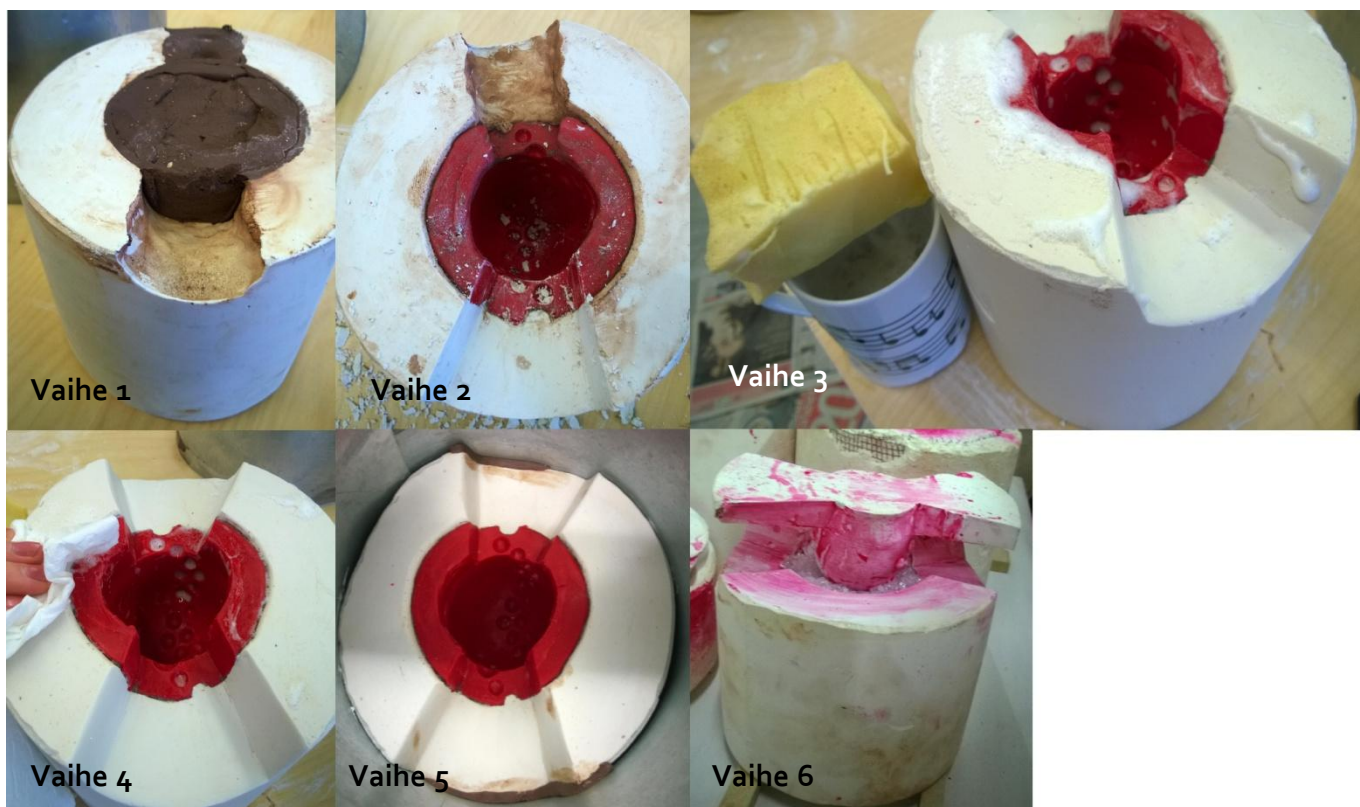


Kuva 17 Mallineet lisäosineen ja ilma-aukkoineen valmiina valuun.

Lasin kipsivalumuoteissa kipsiin lisätään muita aineita, kuten molokiittia tai kvartsia, parantamaan sen polton kestävyttä, sillä kipsillä on taipumus halkeilla poltossa paljon. Muut muottiaineet vähentävät halkeilua, mutta tekevät samalla muotista heikomman. Muottiin voi lisätä myös lasikuitua kipsin sekaan tai kanaverkon mallineen ympärille parantaakseen muotin kestävyttä poltossa.

Valoin kipsistä muotin mallineiden ympärille käyttäen Suproduro kipsiä ja FFO-kvartsia suhteessa 1 osa kipsiä:1 osa kvartsia. Laskin rajoittimien sisäisen tilavuuden ja laskin sen perusteella kipsin, kvartsin ja veden määrän. Esimerkkinä Testi 1:sen muotin tekeminen: Sain lieriön tilavuudeksi n. $5,4\text{dm}^3 \sim 5,4\text{kg}$. Vettä tulee olla 70% tilavuudesta, joten kertomalla saatu luku 0,7:llä saadaan tarvittavan veden määrä, tässä tapauksessa 3,78kg vettä. Kertomalla veden määrä kipsiluvulla 1,4, saadaan kuivien aineiden määrä; 5,3kg kuivia aineita. Jaoin tämän luvun vielä kahdella, jotta voisin laittaa puolet kuivista aineista kipsiä ja puolet kvartsia. Aineiden mittaamisen jälkeen kuivat aineet sekoitetaan ensin keskenään ja sen jälkeen ne kaadetaan veteen. (Kekäläinen, 1992, 39) Sekoitin kipsin käsin ja kaadoin sitten rajoittimien sisään.

Kaksiosaisiin muoteihin valoin vielä toisen osan ensimmäisen kipsin kovettuttua. Ensin poistin savisen lisäosan ja viimeistelin kaikki ensimmäisen muotin puolikkaan pinnat varmasti päästäviksi ja hioin ne sileäksi hienolla vesihiomapaperilla (Vaihe 1-2, Kuva 18. s. 25). Kaikki kipsimuotin pinnat, jotka koskettavat muotin toista puolikasta, tulee käsitellä soopalla ja muottirasvalla. Vedestä ja mäntysuovasta tehdään pesusienen avulla vaahtoa, jota sitten laitetaan kipsin pintaan (Vaihe 3, Kuva 18. s. 25). Odotetaan hetki ja kuivataan vaahto pois paperilla (Vaihe 5, Kuva 18. s.25). Tämä toistetaan kolmesti tai useammin. Viimeisen kuivauksen jälkeen levitetään soopaa pehmeällä siveltimellä kipsin pinnalle hyvin ohut kerros. Muotin puolikas laitetaan uudelleen rajoittimien sisään samaan tapaan kuin edellä ja valetaan sitten muotin toinen puoli kipsistä (Vaihe 5-6, Kuva 18 s.25).



Kuva 18 Kaksiosaisen muotin tekoprosessi

Kipsin kovettua täytyy vaha sulattaa muotin sisältä höyryttämällä. Tämä vei vaihtelevasti aikaa, riippuen muotista. Yllättäen pienempien muottien höyryttäminen oli yleensä hitaampaa kuin isojen. Luulen, että mitä paremmin höyryn saa ohjattua muotin sisään, sitä nopeammin vaha valuu ulos. Pienemmissä muoteissa höyry ei ohjaudu muottiin vaan karkaa kattilan sivuilta. Kaksiosaiset muotit aukesivat helposti höyrytyksen aikana, kunhan vaha oli sulanut tarpeeksi.

Vahan sulettua ja muotin ollessa vielä kostea mitataan muotin sisätilavuus kaatamalla sinne vettä ja mittaamalla sen kilopaino. Tämän painon avulla voidaan laskea tarvittavan lasin määrä. Jos muotin tilavuus mitataan vasta kuivana, kipsi imee itseensä vettä nopeammin ja on hankalampi mitata tarkasti ainoastaan sisäosan tilavuutta. Kun muotin tilavuus on mitattu, muotit laitetaan kuivumaan lämpimään paikkaan, jossa ilma kiertää hyvin. Muottien kuivuttua laskin muotteihin tarvittavan lasimurskan määrän kertomalla veden kilopainon luvulla 2,5 (lasin tiheys $2,5 \text{ g/cm}^3$) (Väisänen, J 2012, 55). Esimerkkinä Testi 1:n muottiin mahtui $0,164 \text{ kg}$ vettä, mistä laskemalla sain tarvittavan lasin määräksi $0,41 \text{ kg}$. Koska lasin tilavuus pienenee poltossa noin 30% mittasin lasia hieman ylimääräistä. Testi 1:n laitoin lasia lopulta $0,48 \text{ kg}$.

Täytettyäni kaikki muotit lasilla ladin ne kaikki samaan polttoon (Kuva 19). Kaikki muut muotit täytin valkoraidallisella kirkkaalla lasilla, paitsi Testi 2:n puumuottiin halusin sulattaa mustia ja valkoisia filigraanipuikkoja. Filigraanipuikot eivät kokonaisina olisi mitenkään mahtuneet muotin sisälle, joten asetin muotin päälle keraamisen kukkaruukun ja asetin puikot siihen. Lasin sulaessa se valuisi ruukun pohjan reiästä muottiin. Uunin pohjalle laitoin uunilevyn suikaleita, jotta lämmin ilma kiertäisi uunissa tasaisesti ja turvatakseni uunilevyn, jotka joskus vahingoittuvat poltossa muotista poistuvan kosteuden tai liian suurien lämpötilaerojen vuoksi. Tuin muotit kauttaaltaan tiilillä, jotta ne pysyisivät paikoillaan myös mahdollisesti polton aikana halkeillessaan ja jotta uuni jäähtyisi polton jälkeen tasaisemmin tiilien varatessa lämpöä. Kaksiosaisten muottien päälle asettelin painoksi tiiliä. Polton aikana lasin sulaessa muotin yläosa painuu paikalleen painon ansiosta (Testit 3 & 4, Kuva 19)

Uuniohjelmaksi valitsin ohjelman, jota Johanna Väisänen oli käyttänyt opinnäytetyössään (Taulukko 3, s. 27). Vaikka minun esineeni olivat paljon pienempiä kuin Väisäsen uunivalu, niissä oli enemmän pieniä muotoja, joihin lasin on hankala sulaa ja toivoin pitkän haudutuksen auttavan lasia sulamaan niihin. Koska mallineeni ja muottini olivat niin pieniä, jouduin myös käyttämään niihin pientä lasimurskaa. Halusin testata myös, että auttaisiko pitkä haudutus ja korkea huippulämpötila pieniäkin kuplia nousemaan lasista ja saisinko näin esineistä kirkkaampia, kuin pienestä murskasta sulatetut yleensä ovat. Muunsin siis Johanna Väisäsen opinnäytetyön uuniohjelman ottaen huomioon käytettävän lasin jäähdystylämpötilat ja käytössäni olevan uunin ohjauskeskuksen. Ohjauskeskuksessa ei ollut tarpeeksi ohjelmointi tilaa kaikille jäähdystysvaiheille, joten tein viimeisestä jäähdystysvaiheesta erittäin hitaan, jotta se korvaisi puuttuvan vaiheen.



Kuva 19 Lasilla täytetyt muotit uunissa

Uuniohjelma (sovellettu Johanna Väisäsen opinnäytetyöstä)

Uunivalut

Uuni 4

Taulukko 3

6h	250 °C
3h 30min	490 °C
1h 30min	490 °C haudutus
1h	845 °C
7h	845 °C haudutus
1h	490 °C
7h	490 °C haudutus
9h	380 °C
4h	380 °C haudutus
end	

Polton jälkeen tyhjensin uunin ja irrotin valut kipsimuoteistaan. Kipsi kannattaa irrottaa varovasti tarvittaessa vasaraa ja talttaa apuna käyttäen. Jos muotin kastelee, se pehmentää kipsiä huomattavasti ja se lähtee irti hellävaraisemmin. Melkein kaikissa testeissä oli ongelmana se, että olin arvioinut ylimääräisen lasin määrän liian alhaiseksi. Kaikissa muissa paitsi Testi 3:ssa oli liian vähän lasia. Useimmissa muoteissa lasia oli päässyt sulamaan ilma-aukkoihin, mutta olin laittanut ne paikkoihin, josta ne oli helppo hioa pois. Pitkästä haudutuksesta huolimatta lasiin oli jäänyt aika paljon ilmakuplia jokaisessa testissä. Viimeistelin uunivalut hiomalla ne timanttiplaamalla. Testi 4:n myös kiillotin.

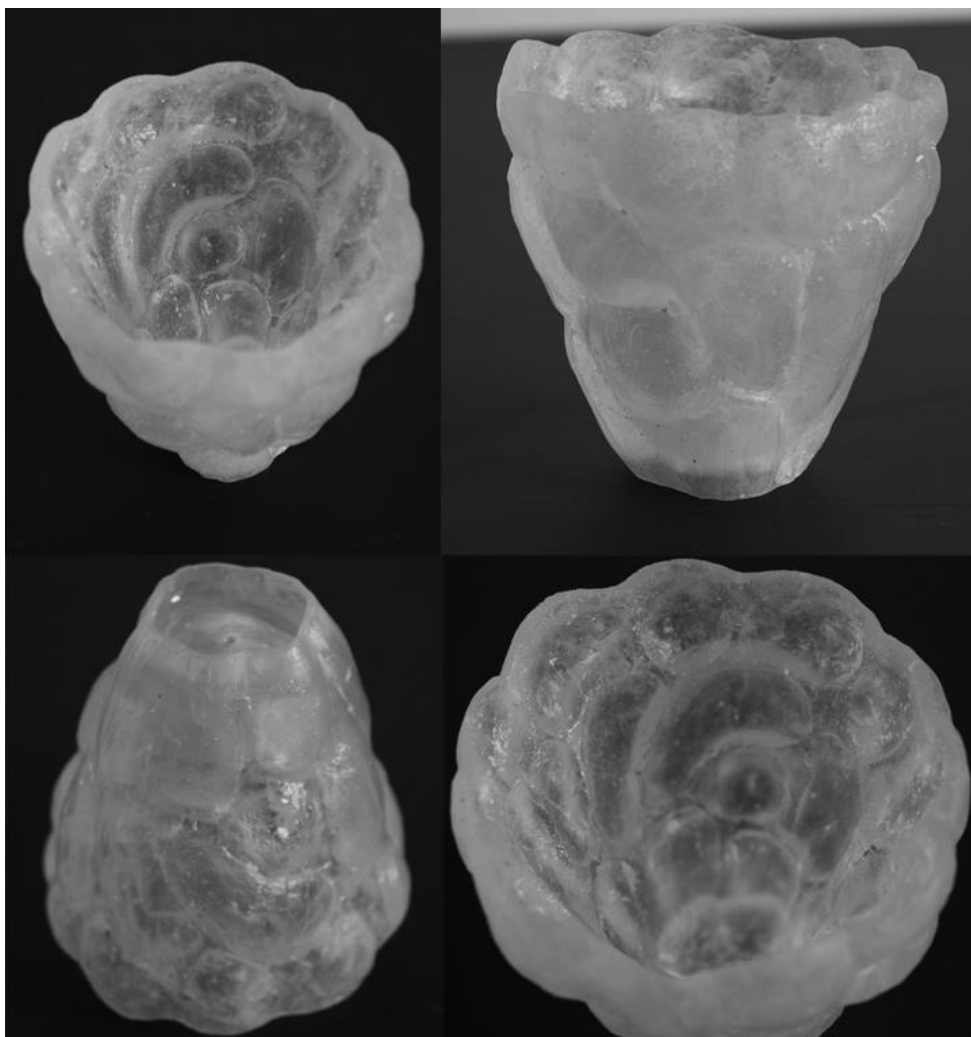
Testi 1: (Kuva 20 s.29) Tässä esineessä tavoitteena oli koettaa, kuinka hyvin lasi sulaa ohuisiin reunoihin asti, jos lasin valaa esineen pohjasta. Lopputuloksena oli melko röpelöiset reunat, eli lasi ei sula kovin hyvin näin ohuisiin kohtiin. Esineen pohja oli myös jäänyt ontoksi liian vähäisen lasin takia. Luulen, että tällainen kappale onnistuisi paremmin kaksiosaisella muotilla.

Testi 2: (Kuva 21 s.29) Tässä halusin testata, miten hyvin lasi sulaisi monimutkaisiin erisuuntaisiin onkaloihin eli puun oksiin. Kipsiä valaessa tuli kuitenkin ongelmia ja puu lähti liikkeelle ja osui tukiverkkoon. Epäilin muottiin jääneen niin paljon vahaa ilma-aukkoihin, jotka jäivät muotin uumeniin, ettei puusta tulisi kokonaista. Tein hirvenkallon puun tilalle, koska en uskonut sen onnistuvan lainkaan. Kallossakin siis halusin testata lasin sulamista pienempiin onkaloihin.

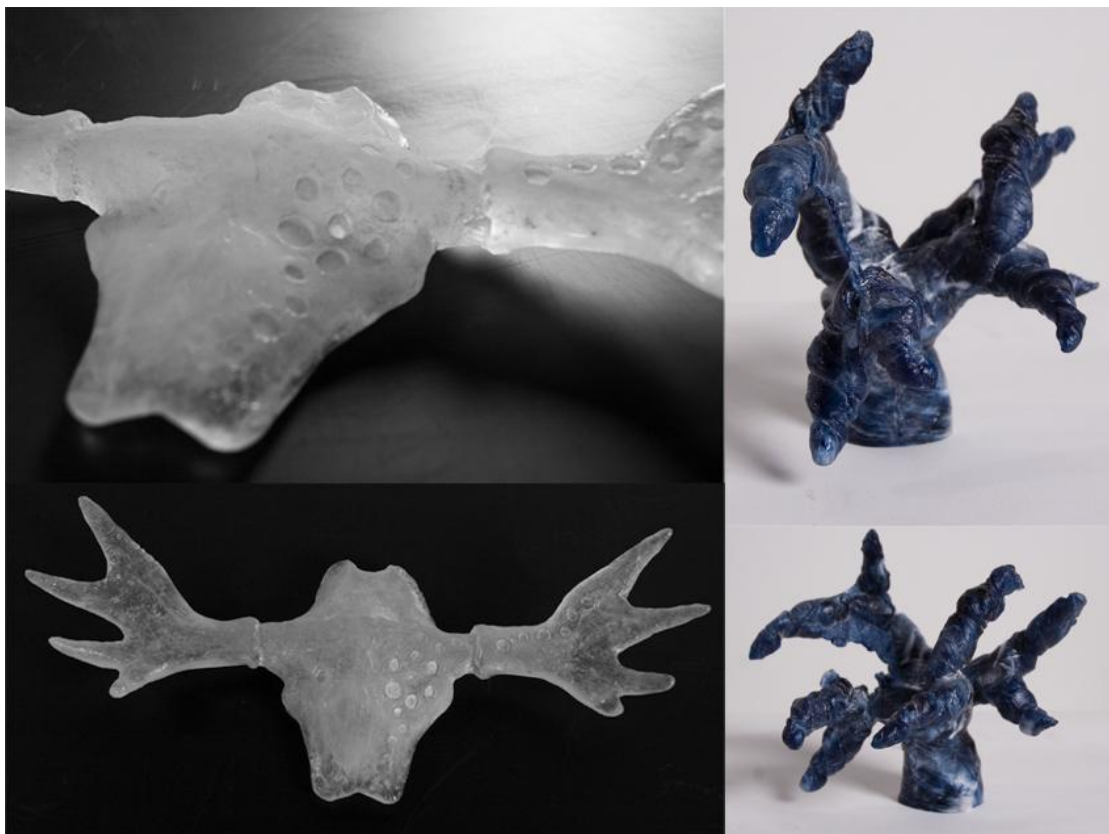
Lasi olikin sulanut hyvin kaikkiin onkaloihin paitsi hirven sarven kahteen piikkiin ja sen etuosaan. En ollut tajunnut laittaa tarpeeksi ilma-aukkoja hirven kallo-osaan ja sen takapuolella on selkeästi alueita, joihin ilma on jäänyt jumiin, eikä lasi ole siksi päässyt täyttämään muottia kokonaan. Jos olisin laittanut kaksi ilma-aukkoa hirven "leukaan" ja ainakin yhden sen yläosan taakse olisi muotti varmasti täyttynyt paremmin. Yllätyksekseni lasi oli sulanut myös puun muotin kaikkiin oksiin, vaikka vain kaksi oksien ilma-aukoista oli säilynyt näkyvissä. Musta lasi oli myös valkoiseen sekoittuessaan muuttunut siniseksi. Filigraanipuikot olivat sulaessaan luoneet esineeseen mielenkiintoisen marmorimaisen kuvioinnin. Lasia oli kuitenkin ainakin puolet liian vähän, joten luulen että vahaa oli vielä muotissa, kun mittasin sen tilavuutta, mutta se oli päässyt palamaan poltossa pois ja sallinut lasin sulaa kaikkiin oksiin. Muotin halkeillessa poltossa, puun oksien väliin oli tullut lasista valuvirheitä sen päästessä valumaan halkeamiin. Valuvirheet olivat aika paksuja, joten en saanut niitä poistettua, koska Lasisirkuksen käsikarivertimeen ei ollut tarpeeksi isoja timanttiteriä. Uunivaluissa kannattaa siis myös ottaa huomioon, kuinka saa mahdolliset valuvirheet poistettua hankalista paikoista.

Testi 3: (Kuva 22 s.30) Tein pienen lautasen testatakseni 2-osaista muottia, joka määrittäisi esineen joka puolelta. Tämä testi oli ainut, jossa oli tarpeeksi lasia kenties siksi, koska mittasin muotin tilavuuden vedellä, kun muotti oli päässyt jos hieman kuivahtamaan. Se luultavasti imi itseensä nopeammin vettä, kuin toiset muotit ja siksi lukemasta tuli suurempi. Kaksiosaisen muotin mittaaminen oli myös aika hankalaa, koska kun kannen asettaa paikalleen ei tietenkään voi nähdä, onko muotti täyttynyt hyvin vedellä. Laitoin vettä hieman ylimääräistä niin, että sitä tulvi pois osien välistä laittaessani yläosaa paikalleen. Näin tiesin muotissa olevan kenties hieman liikaakin vettä osien välissä. Ainut ongelma tämän kappaleen kanssa oli se, että poltossa sen päälle asettamani tiilet olivat liian kevyitä, eivätkä painaneet yläosaa kunnolla paikalleen. Siksi kappaleen reunat ovat jääneet epäsiisteiksi.

Testi 4: (Kuva 23 s.30) Halusin koettaa tehdä 2-osaisen muotin, jossa jäisi kuitenkin lasipinta-alaa paljaaksi. Kun täytin tätä muottia lasilla, tajusin kuitenkin, että olin suunnitellut muotin huonosti. Muotin seinämät olisivat saaneet olla korkeammat, niin että enemmän lasia olisi mahtunut sisään. Korkeammat seinämät olisivat myös tukeneet yläosaa ja auttaneet sitä laskeutumaan oikein. Yläosa oli myös huono, koska sen päälle oli vaikea asetella painoa, jotta se poltossa painuisi paikalleen. Se olisi mieluummin kannattanut tehdä samankaltaiseksi kuin Testi 3:n yläosa, jolloin painoa olisi voinut helpommin asetella sen päälle. Koska muotti oli huonosti suunniteltu ja painot liian kevyitä, se ei toiminut poltossa. Yläosaa tukevat kappaleet olivat luiskahtaneet vinoon, eikä se ollut päässyt laskeutumaan paikalleen.



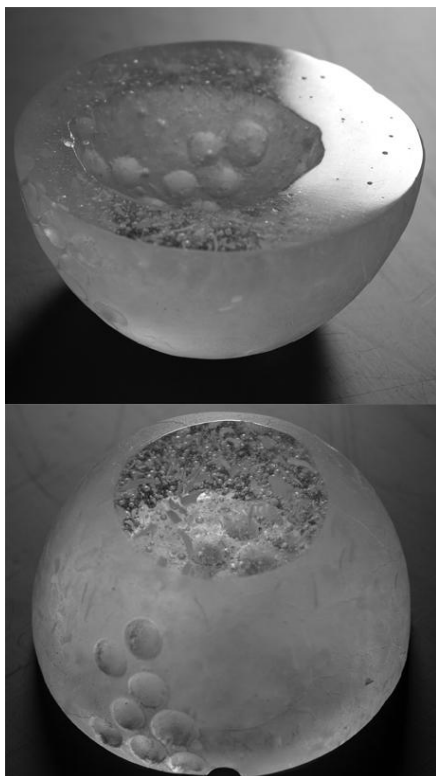
Kuva 20 Viimeistely Testi1



Kuva 21 Viimestellyt Testi 2:t



Kuva 22 Viimeistelty Testi 3.



Kuva 23 Viimeistelty Testi 4.

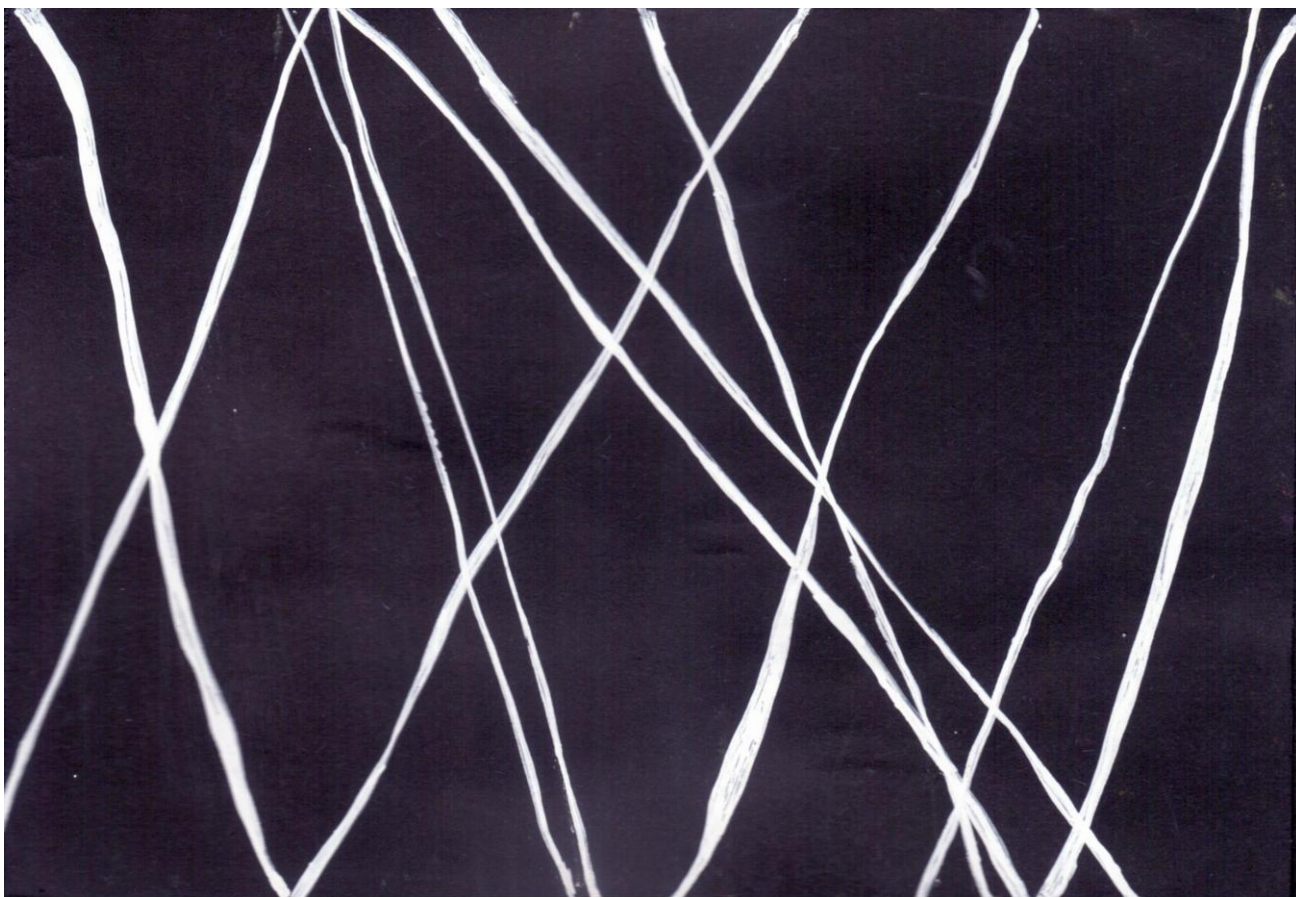
4 SUUREMMAT MALLIKAPPALEET

4.1 Ideointi ja tavoitteet

Lopulliseen tasosulatukseen hain inspiraatiota luonnostelemalla (Kuvat 24; 25-26 s.32) erilaisia ideoita, joita tuli mieleen miettiessä käytössäni olevia materiaaleja. Minua kiehtoi erityisesti filigraanipuikkojen käyttäminen sulatuksissa, koska muut tällä hetkellä käytössä olevat lasit olivat filigraani maljoja ja sekaväristä jätepinttiä, joista tulee melko levottomia ja hallitsemattomia sulatuksia. Taseon sulattaessa onkin ehkä parempi kerätä esimerkiksi viallisia tuotteita, jokin valmis idea mielessä. Roskalavalta otettua sekaväristä tai kirkasta jätepinttiä on mielestäni mukavampi käyttää pohjana jollekin visuaalisemmalle sulatusidealle, koska itsekseen sulatettuna ne eivät ole esteettisesti kovin miellyttäviä. Koska olin saanut sulatettua jo ohuita levyjä taseon sulattamalla, nyt oli tavoitteena suurempi, kolmen sentin paksuinen levy.



Kuva 24 Luonnos 1 filigraanisulatus



Kuva 25 Luonnos 2 filigraanisulatus



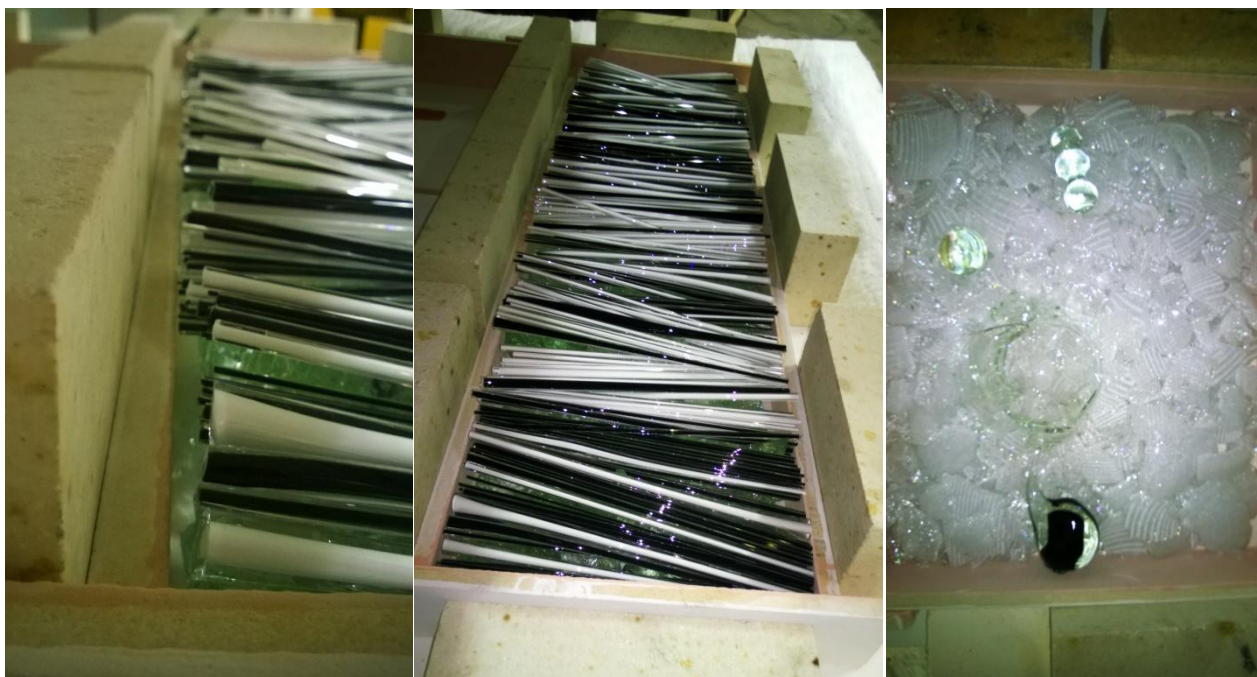
Kuva 26 Luonnos 3 filigraanisulatus

Uunivaluissa tavoitteenani oli tehdä vielä yksi kaksiosainen muotti ja yksi yksiosainen muotti. Lähdin luonnostelevaan erilaisia muotoja ja ideoita, joita päähäni tuli luultavasti hieman pohjaten aikaisempiin luonnoksiini opinnäytetyön aikana (Kuva 14 s.22). Ensimmäiseksi innostuin kovasti spiraalimaisesta muodosta, jollaista olisi vaikea saada aikaan lasista muilla keinoin. Tarkemmin mietittyäni, spiraalia voisi olla hankala saada aikaan myös tällä tekniikalla, mutta olin jo innostunut ajatuksesta niin paljon, että halusin edes yrittää. Toinen muoto, josta innostuin, oli paljon yksinkertaisempi, mutta sekin oli hyvä esimerkkimuoto tekniikkaa ajatellen. Mielestäni molemmat muodot olisi hyvin hankala luoda muilla keinoin lasista, kuin uunivaluilla, ja siksi ne sopivat tähän testiin hyvin. Tavoitteena uunivaluissa oli suunnitella toimiva muotti ja saada tällä kertaa lasin määrä oikein. Yksinkertaisempaan kappaleeseen tahtoisin myös saada sulatettua mahdollisimman kirkasta ja kuplatonta lasia.

4.2 Tasosulatus

Luonnoksieni pohjalta päädyin tekemään lopullisen tasosulatuksen mustista ja valkoisista filigraanipuikoista ja vihertävästä pintistä, jota oli paljon saatavilla, sillä Lasikompanian uunin kanssa oli ongelmia ja se tuotti seurauksena vaaleanvihreää lasia. Ensin halusin käyttää sulatuksessa melkein kokonaan filigraanipuikkoja, mutta niitä olisi tarvittu todella suuri määrä kolmen sentin paksuiseen ja yhden metrin pituisen sulatuksen tekemiseen. Sitten sain idean, että puikothan saattaisivat sulaa mielenkiintoisesti kiemuralle, jos ne sulattaisi lasimurskan päälle. Näin en tarvinnut yhtä suurta määrää puikkoja, mikä nopeutti työskentelyäni paljon.

Laskin suorakulmioiden tilavuuden ja tarvittavan lasin määrän, kuten aikaisemmissa sulatuksissa. Pestessäni vihertävää pinttiä, huomasin että sen sisällä on paljon suuria ilmakuplia. Ajattelin, että pitkä haudutus kuitenkin saisi ne nousemaan pintaan ja kuplat tekisivät puikkojen kanssa lisää mielenkiintoisia kuvioita. Toinen vaihtoehto olisi ollut käyttää pienempää murskaa, jonka sisällä ei ollut niin paljon ilmakuplia. Henkilökohtaisesta mieltymyksestä valitsin kuitenkin käyttäväni isompaa murskaa, koska mielestäni se näyttäisi paremmalta lopputuloksessa. Siltä varalta etteivät kuplat ehtisi nousta sulatuksesta pois, halusin tehdä myös pienemmän laatan, jossa käyttäisin pienempää murskaa ja näkisin, että se sulaa kunnolla. Filigraanipuikot alkoivat kuitenkin olla lopussa, joten tähän pienempään laattaan yritin keksiä jotain muuta kokeiltavaa. Juuri tällä hetkellä roskalavalla ei ollut paljon mitään muuta kuin kirkasta lasimurskaa, joten päätin testata, kuinka hyvin kirkaslasi ja vihertävä lasi erottuisivat toisistaan tällä tavalla sulatettuna. Laitoin pohjalle valkoraidallista kirkasta murskaa ja päälle muutaman vihertävän lasinpalasen. (Kuva 27 s.34)



Kuva 27 Viimeinen sulatus lastattuna uuniin

Ohjelmoin polton samalla ohjelmalla kuin viimeisimmänkin, mutta laskin huippulämpötilaa kymmenellä asteella estääkseni kristalloitumista. Lisäksi lisäsin hautumisaikaa ja hidastin jäähtytystä aika paljon, koska kyse oli niin paljon paksummista sulatuksista. (Taulukko 4)

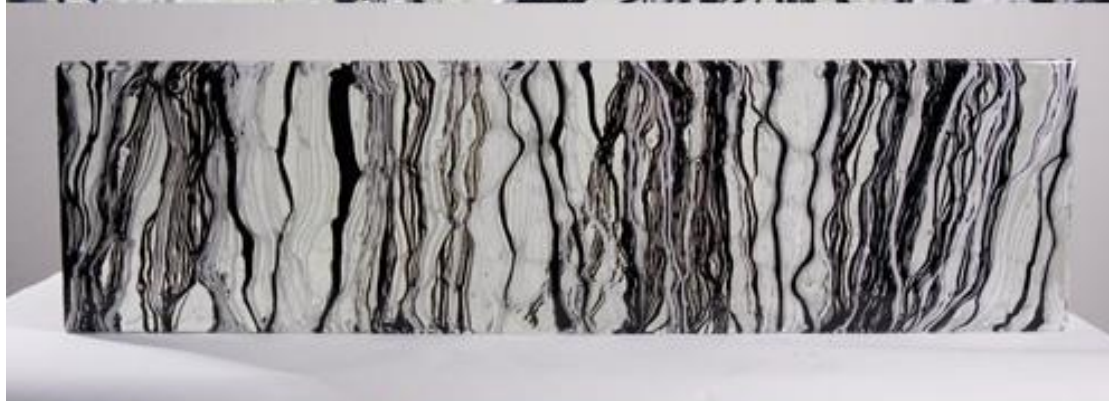
Tasosulatusohjelma 3

Uuni 1

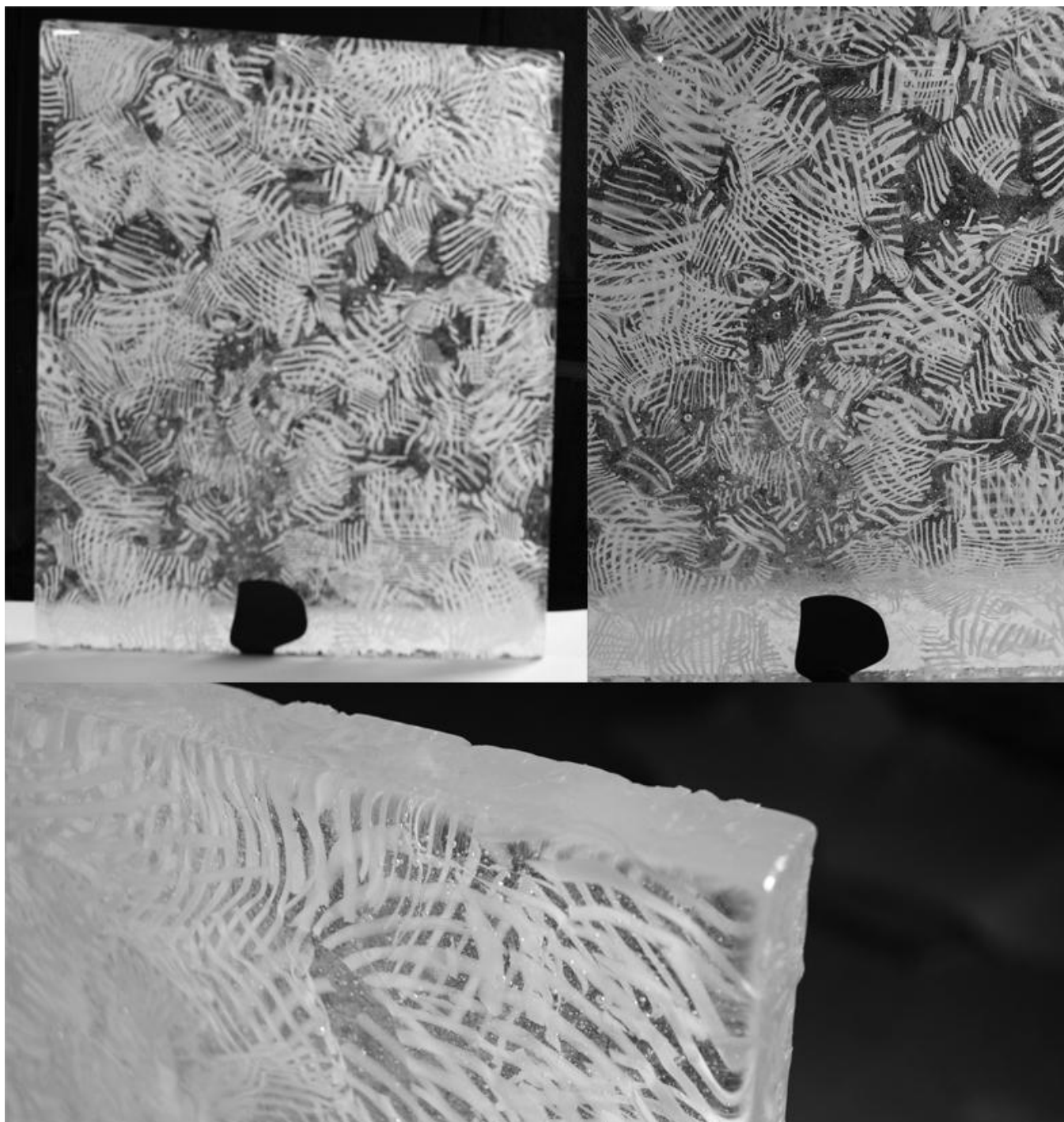
Taulukko 4

3h	490 °C
3h	490 °C haudutus
2h	840 °C
8h	840 °C haudutus
30min	490 °C
8h	490 °C haudutus
1h	380 °C
3h	380 °C haudutus
1h	200 °C
2h	200 °C haudutus

Polton tulokset olivat melko onnistuneet. Kuplat eivät olleet nousseet kokonaan pois filigraanisulatuksesta, mutta muuten puikot olivat sulaneet todella hienosti ja levyn reunat olivat todella siistit. Pintin palaset olivat olleet niin isoja, että tämän sulatuksen pinta aaltoili hieman, koska palaset eivät olleet ehtineet sulaa aivan tasoksi. Toisen sulatuksen pinta oli kuitenkin todella sileä ja tasainen. Olin asetellut toiseen sulatukseen yhden vihreää pinttiä olevan kappaleen huonosti, ja se oli aiheuttanut tähänkin sulatukseen kuplia, mutta vain yhteen kohtaan. Muuten sulatuksessa ei ollut kuin pieniä ilmakuplia, jotka kuuluvat asiaan pinttiä sulatettaessa. Lasin uuniin asettelulla on suuri vaikutus lopputulokseen. Reunat sain näissä sulatuksissa niin siisteiksi, koska asettelin lasin kauemmas reunoista niin, että se vasta sulaessaan valuu koskettamaan niitä. Vihreässä pintissä oli niin paljon suuria ilmakuplia, että niiden pintaan sulattaminen vaatisi varmasti todella pitkän haudutuksen. Tällaista pinttiä ei kannata siis tietoisesti käyttää jos haluaa pinnasta sileän. Toisessa sulatuksessa vihreää pinttiä ei oikeastaan erota kirkkaasta, valkoraidallisesta pintistä. Jos katsoo hyvässä valaistuksessa tarkasti, eron kyllä näkee, mutta se on hyvin pieni. (Kuvat 28 s.36; 29 s.37)



Kuva 28 Filigraanisulatus



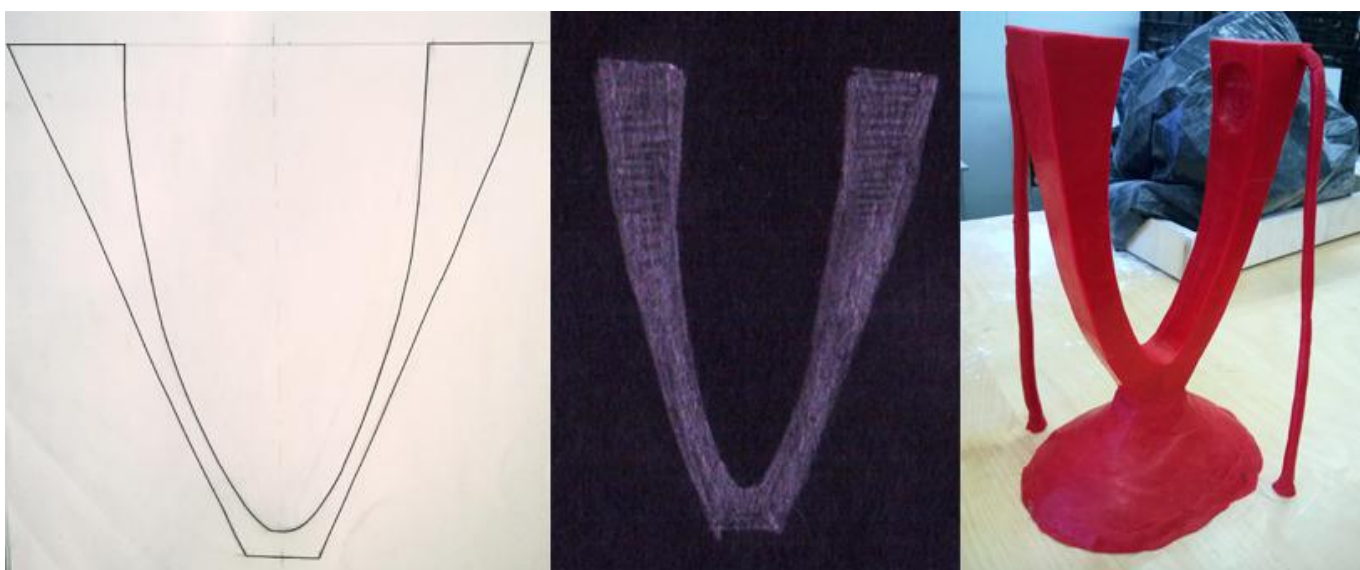
Kuva 29 Kirkas-vihreälasin testi

4.3 Uunivalu

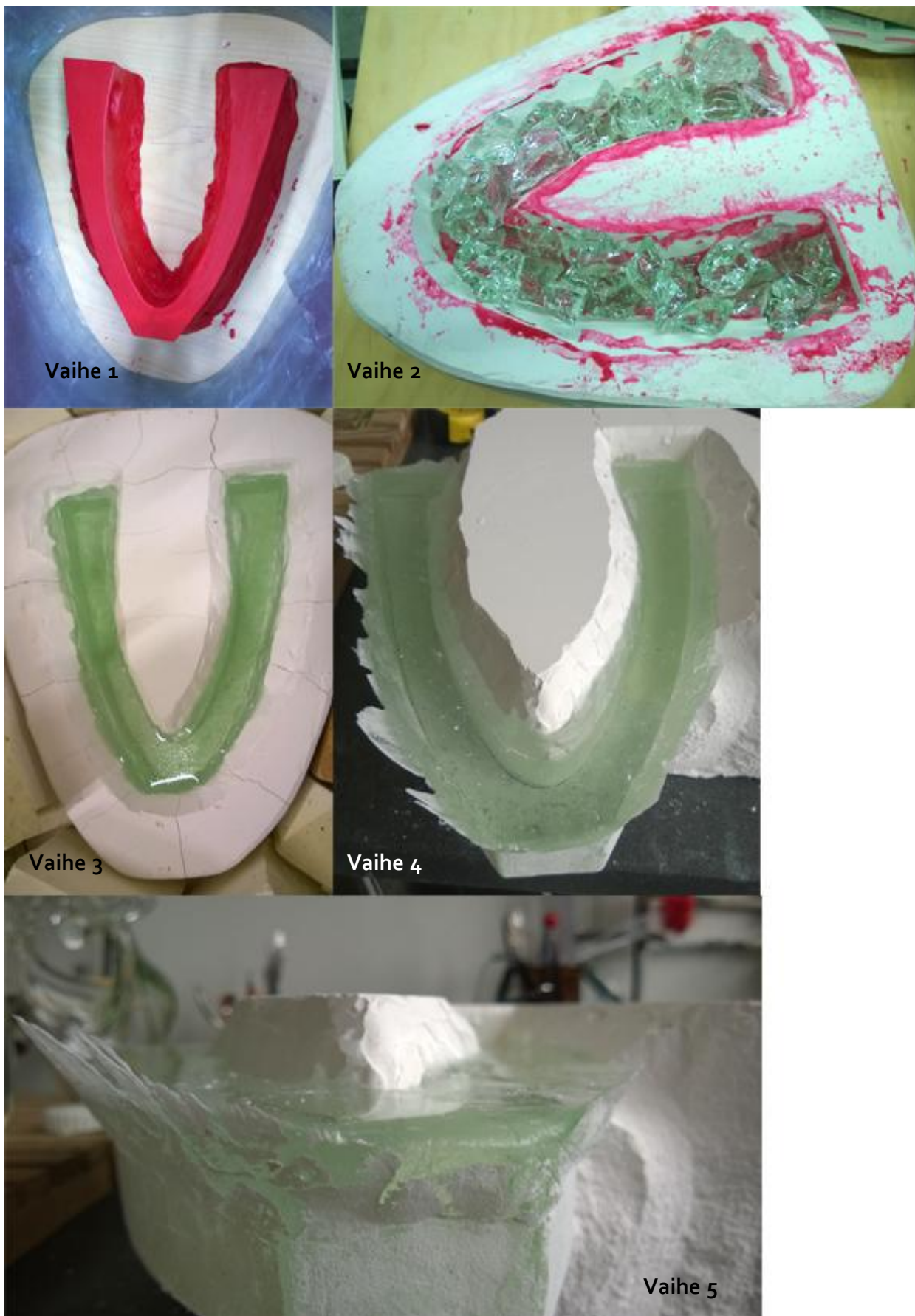
4.3.1 Yksiosainen muotti

Yksiosaisessa uunivalumuotissa halusin koettaa tällaista yksinkertaista muotoa, joka valettaisiin pohjasta (Kuva 30). Kaikki muut pinnat olisivat muotin määrittämät. Kuitenkin kipsiä valaessa ongelmaksi tuli muotin suuri koko ja se, että minulla ei ollut tarpeeksi isoja ja tukevia rajoittimia. Kipsin valaminen epäonnistui rajoittimien takia ja paljon kipsiä meni hukkaan. En uskaltanut ottaa riskiä, että toinen suuri lasti kipsiä menisi hukkaan, vaan päätin muuttaa mallinetta hieman ja muuttaa muotin vaakatasoon niin, että lopullisesta esineestä pitäisi hioa ja kiillottaa yksi taso.

Tein mallineen sivuista siis täysin tasaiset, niin että toisen sivun voisi hioa myöhemmin plaanalla. Sitten tein mallineelle punavahasta lisäosan, jotta muottiin saisi lastattua tarpeeksi lasimurskaa (Vaihe 1, Kuva 31 s.39). Asettelin ja tuin rajoittimet kuten aikaisemminkin ja valoin kipsin mallineen päälle. Kipsin ollessa vielä juoksevaa yritin käsitellä mallineen sisäkaareen kaiverretut naamakuviot siveltimeillä, niin ettei sinne jäisi ilmakuplia. Kipsin kovettuttua tämä malline oli helppo höyryttää ulos, koska se oli niin avonainen, että höyry pääsi helposti sulattamaan vaha. Muotin ollessa märkänä täytin sen vedellä lisäosan rajaan asti ja sain sen tilavuudeksi 572 grammaa vettä. Laskin tarvittavan lasin määräksi n. 1,5 kg lasia. Koska olin aikaisemmin laittanut ylimääräistä lasia liian vähän, laitoin sitä nyt varmuuden vuoksi 0,5 kg ylimääräistä eli yhteensä laitoin muottiin 2 kg lasia. Kun muotti oli kuivunut, täytin sen ensin keskikokoisella lasimurskalla, jotta lasi sulaisi varmasti kaiverrettujen kuvioiden ympärille hyvin. Loput lasista laitoin mahdollisimman suurta lasimurskaa, koska halusin esineeseen mahdollisimman vähän kuplia (Vaihe 2, Kuva 31 s.39). Seuraavaksi oli aika polttaa muotti.



Kuva 30 Luonnoksia ja alkuperäinen valusuunnitelma sekä mallineen lisäosa



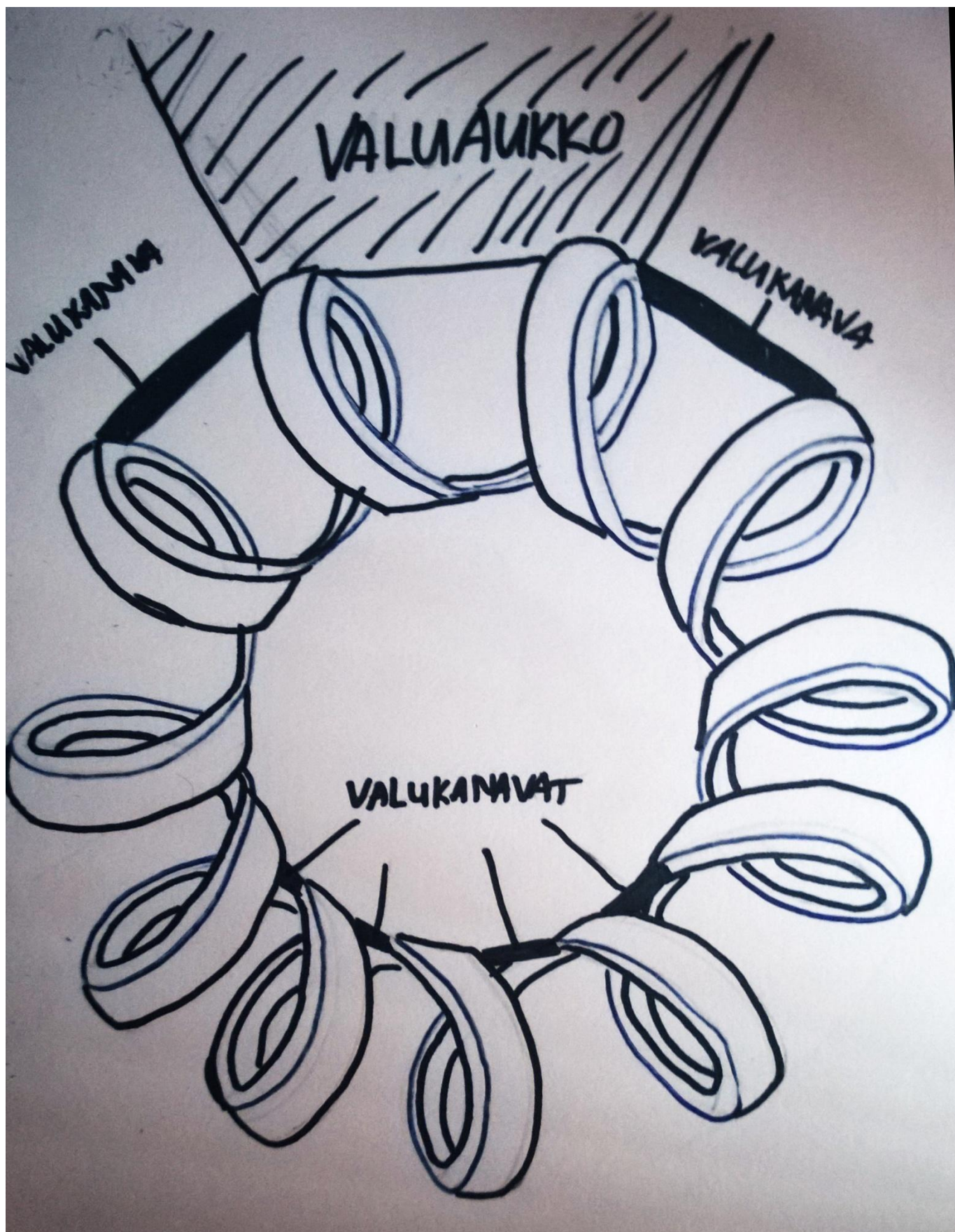
Kuva 31 Univaluprosessi. Yksiosainen muotti.

4.3.2 Kaksiosainen muotti

Kaksiosaisella muotilla yritin toteuttaa spiraali-ideaani (Vaihe 1, Kuva 33 s.42). Olin alusta asti epäileväinen tämän muodon suhteen, koska lasin pitäisi sulaessaan nousta ikään kuin ylämäkeen. Toivoin kuitenkin, että kun muottiin laittaa tarpeeksi ilmareikiä, ylhäältä valuvan lasin paino saisi lasin työntymään muotin hankalan kohdan ylitse. Valukanavien tekeminen olisi voinut ratkaista ongelman, mutta koska muoto oli niin monimutkainen valukanavien ja niiden jälkien poistaminen olisi mielestäni ollut liian vaikeaa käyttössäni olevilla välineillä, päätin koettaa ideaani ilman valukanavia (Kuva 32 s.41).

Saatuani mallineen valmiiksi asetin sen savilevyn päälle ja muotoilin saven niin, että spiraalin alaosa upposi siihen hieman. Muotoilin savesta myös lopullisen muotin yläosaan tulevan lisäosan ja valuaukon, jonka kautta lasi sitten valuu muottiin. Asetin rajoittimet, tiivistin ne savella ja valoin sitten muotin ensimmäisen puolikkaan samalla kaavalla kuin aiemminkin. Kun se oli kovettunut, irrotin saven muotista, viimeistelin ja hioin hienolla vesihiomapaperilla saveen kosketuksissa olleen alueen päästäväksi, jotta pystyin valamaan sen päälle muotin toisen osan. Suunnittelin, että tällaisessa kaksiosaisessa muotissa voisin täyttää sen ennen polttoa hienolla lasimurskalla, jolloin lasi toivottavasti ehtisi valua muotin joka kolikkaan. Ennen toisen puolen valamista, tein ja kiinnitin mallineeseen punavahaiset ilmareiät ja muotoilin uudelleen savesta valuaukon. Asetin uudelleen rajoittimet muotinpuolikkaan ympärille ja tiivistin ne savella. (Vaihe 2-3, Kuva 33 s.42)

Muotin kuivuttua täytin ensin isomman muotin puoliskon pienellä lasimurskalla (Vaihe 4, Kuva 33 s.42). Sain tarvittavan lasin määräksi 1,55kg ja laitoin siihen vielä 0,35kg ylimääräistä lasia eli yhteensä lastasin muottiin 1,9kg lasimurskaa. Muottia piti heiluttaa ja tärisyttää aika paljon, että murskan sai valumaan mahdollisimman tiiviisti muottiin sisälle. Kun muotinpuolikkaaseen ei mahtunut enää murskaa, asetin muotin toisen puolikkaan paikoilleen ja kiedoin sen pakkausmuovilla tukevasti paikalleen (Vaihe 5, Kuva 33. s.42). Keinuttelin ja tärisytin muottia lisäten samalla mursketta muotin yläosan valuaukosta niin kauan, että muottiin ei enää mahtunut lisää murskaa. Loput lasimurskasta lastasin valuaukon suulle ja keraamiseen ruukkuun, jonka asetin uunissa muotin päälle (Vaihe 6, Kuva 33 s.42).



Kuva 32 Valukanavat.



Kuva 33 Univaluprosessi. Kaksiosainen muotti.

4.3.3 Poltto ja sen tulokset

Lastasin molemmat muotit uuniin ja tuin ne joka puolelta painavilla tiilillä. Kaksiosaisen muotin molemmille kyljille yritin laittaa mahdollisimman paljon painavia tiiliä sillä asetin sen uuniin niin, että muotinpuolikkaiden saumakohta oli pystysuunnassa. Pakkausmuovin, jolla olin sitonut muotinpuolikkaat yhteen, poistin kun kaikki tiilet olivat paikoillaan. Leikkasin muovin ja liu'utin sen varovasti pois tiilien ja muotin välistä. Tarkistin vatupassilla, että yksiosainen muotti oli tasossa, jotta lasi ei sulaisi muottiin toispuoleisesti. Ohjelmoin uunin muuten samalla ohjelmalla kuin aikaisemmin, mutta pidensin haudutusaikaa huippulämpötilassa kahdella tunnilla, koska halusin varmistaa, että kaikki lasi ehtisi sulaa spiraaliin sisälle (Taulukko 5). Pidemmän haudutuksen toivoin myös auttavan kuplia nousemaan yksiosaisessa muotissa pinnalle.

Uuniohjelma

Uunivalut

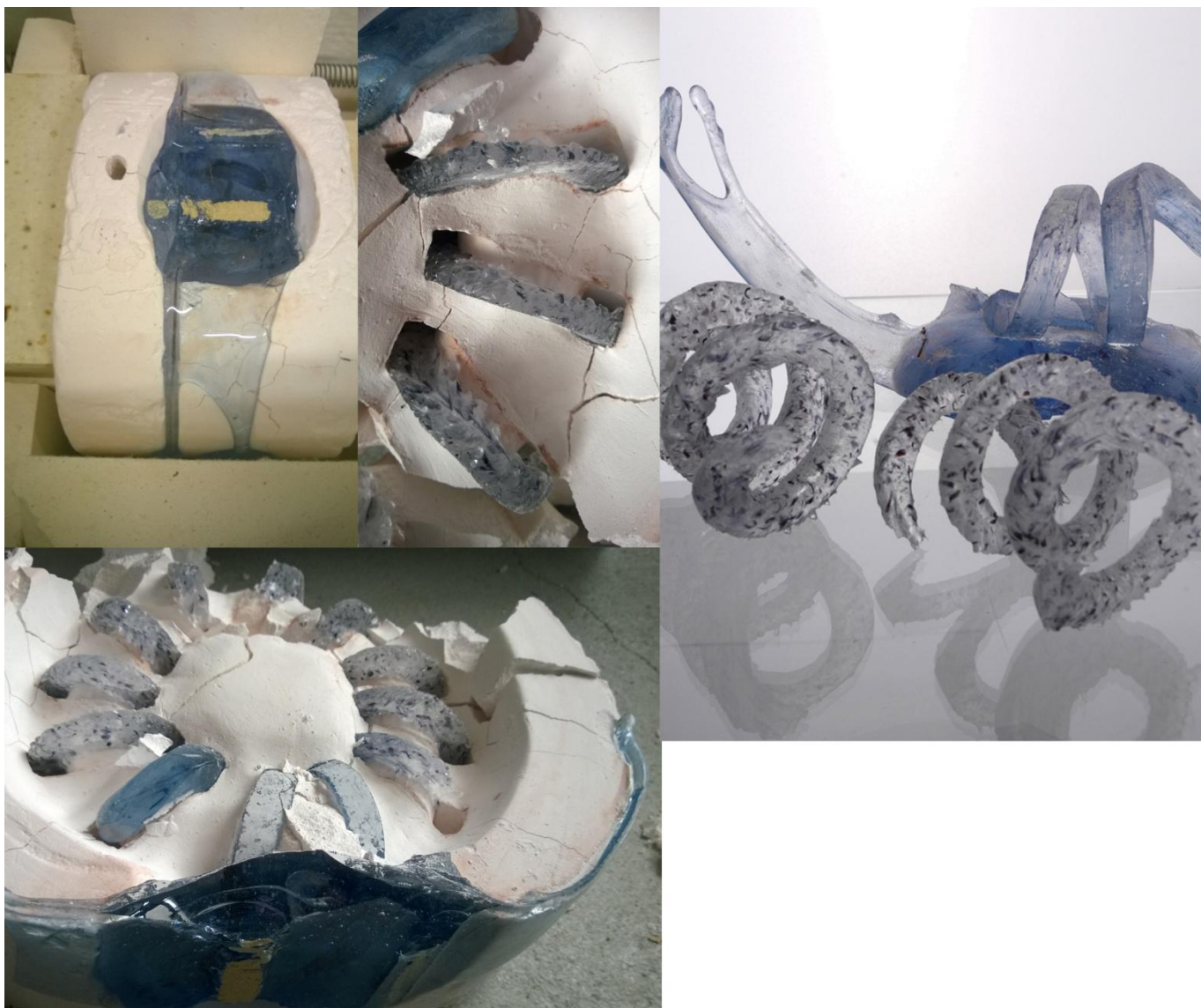
Uuni4

Taulukko 5

6h	250 °C
4h 30min	490 °C
1h 30min	490 °C haudutus
1h	845 °C
9h	845 °C haudutus
1h	490 °C
7h	490 °C haudutus
9h – 380 °C	
4h	380 °C haudutus
end	

Tulokset eivät olleet toivottuja varsinkaan kaksiosaisen muotin kohdalla (Kuva 34 s.45). Juuri niin kuin arvelinkin, lasi ei pystynyt nousemaan muotissa ylämäkeen, vaikka yritin tehdä muottiin paljon ilmareikiä. Tämä muoto olisi tarvinnut valukanavia, jotta lasi olisi pystynyt sulamaan koko muottiin. Nyt se ei ollut sulanut alkua pidemmälle ja lasi oli valunut yli muotista ja tarttunut rajoittimiin, joiden varaan asetin kukkaruukun. Onneksi tukitiilet olivat kuitenkin estäneet lasia leviämästä uuniin. Muotin sisällä oleva lasimurska ei myöskään ollut sulanut kovin paljoa, mikä sai minut miettimään, että muotti saattoi myös olla liian paksu tai poltto liian nopea näin monimutkaiselle esineelle.

Yksiosainen muotti oli toiminut muuten hyvin, mutta olin taas arvioinut ylimääräisen lasin tarpeen väärin tällä kertaa liian suureksi (Vaiheet 3-5, Kuva 31 s.42). Lasi oli myös kuplaisempaa kuin olin toivonut sen olevan isoa lasimurskaa käytettäessä. (Kuva 35 s.45) Kuplat ovat esteettinen haitta varsinkin kun jouduin muuttamaan tätä esinettä sellaiseksi josta hion ja kiillotan yhden sivun. Hiomis- ja kiillotusprosessissa pintaan jäävät kuplat näyttävät rumilta ja vaikeuttavat pinnan kiillottamista, koska niihin jää pois hioutuvaa lasia sisälle, minkä vaikutuksesta kuplien ympärille syntyy usein naarmuja. Kuplat kuuluvat kuitenkin uunivalutekniikkaan; aina kun sulattaa murskaa, tuntuu lasiin jäävän välttämättä jonkin verran kuplia.



Kuva 34 Spiraali polton jälkeen.



Kuva 35 Yksiosaisen muotin viimeistelty testikappale.

4.4 Työohjeet

Kirjoitin yhteistyökumppanilleni Lasisirkukselle opinnäytetyöprojektistani työohjeet (Liite 4), joiden avulla he voivat toistaa projektissani tutkimiani tekniikoita. Yhteistyökumppanin kanssa sovittiin työohjeissa tärkeimmiksi asioiksi olevan uuniohjelmat, sellaisessa muodossa kuin ne paikan päällä oleviin ohjauskeskuksiin tulee syöttää, ja yleisohjeet käyttämieni tekniikoiden käyttöön. Laitoin mukaan myös sellaista ylimääräistä tietoa, jonka olin oppinut projektissa tekemistäni virheistä, jotta he voisivat välttää tekemästä samoja virheitä.

Tähän mennessä yhteistyökumppanini on lukenut ohjeet läpi ja todennut ymmärtävänsä ne ja sanonut pystyvänsä toteuttamaan tekniikoilla esineitä ilman minun apuani. Työohjeet tulevat testatuksi käytännössä kevään 2014 aikana Alma Jantusen käyttäessä vahavalutekniikkaa hänen valmistaessaan taideteoksia kesän 2014 näyttelyyn. Tässä vaiheessa minulla on vielä mahdollisuus olla mukana ja parantaa ohjeita mikäli tarpeellista, koska työharjoitteluni Lasisirkuksessa jatkuu vielä.

5 POHDINTA

Tutkimusprojektissani oli paljon vastoinkäymisiä, eikä suurin osa suunnitelluista testeistä onnistunut täydellisesti. Tein kuitenkin paljon erilaisia virheitä, joiden kautta itse opin koko ajan lisää, erityisesti vahavalujen kohdalla. Esimerkiksi vahan työstäminen mallineiksi oli paljon hitaampaa kuin olin projektin alussa arvioinut ja se hidastutti valumuottien tekemistä paljon. Oli myös hankala arvioida vahavalumuotteihin tarvittavien ilma-aukkojen määrää, kun ei ollut koskaan ennen tehnyt tällaisia valuja. Olin aina ollut luottavainen omiin kykyihini onnistua asioissa, joita en ole ennen tehnyt, kunhan minulla on käytössäni hyvät ohjeet ja tarpeeksi tietoa. Nämä vastoinkäymiset yllättivät siis minut hieman, koska olin lukenut vahavalutekniikasta paljon ja luulin ymmärtäväni sen hyvin. Minulle on opiskeluaikana kehittynyt myös mielestäni vahva osaaminen kipsimuottien tekemisessä, joten lähdin toteuttamaan niitä luottavaisin mielin. Kuitenkin uusien välineiden kanssa ja uusissa tiloissa työskennellessä ongelmia ilmeni yllättävän paljon.

Jouduin siis oppimaan, että vaikka olisin valmistautunut mielestäni hyvin ja minulla olisi taitoa toteuttaa asiat, jotkut asiat täytyy silti oppia erehdysten kautta, eikä kaikkea osaa aina ottaa huomioon. Olen kuitenkin tyytyväinen ongelmienratkaisukykyyni ja siihen, että sitkeästi jatkoin projektin tekemistä vaikka itsetuntoni horjuikin hieman niin monien odottamattomien ongelmien edessä. Vaikeudet kuitenkin hidastuttivat työskentelyäni niin, etten pysynyt aivan suunnitellussa aikataulussa. Varsinkin raportin kirjoittamisen aloittaminen viivästyi paljon suunnitellusta keskittymiseni suuntautuessa vahamallineiden toteuttamiseen ja kipsimuottien tekemiseen.

Opinnäytetyöaiheeni oli mielestäni hyvin rajattu. Vahavalutestikappaleiden määrä olisi voinut olla pienempi, jolloin jokaiselle testille olisi ollut enemmän aikaa ja ne olisivat saattaneet onnistua paremmin. Nyt opin virheiden kautta mielestäni enemmän tekniikasta ja mallineista, kuin jos olisin keskittynyt vain yhteen tai kahteen erilaiseen muotoon. Yhteistyökumppanillani oli myös mahdollisuus nähdä monia erilaisia valumuottivaihtoehtoja ja niiden aiheuttamia ongelmia. Koska opinnäytetyössäni pyrittiin tutkimaan jätemateriaalia ja uunien toimintaa, eikä täydellisiin tuotteisiin tai teoksiin, testikappaleiden virheet eivät mielestäni haittaa.

Jos tekisin jotain toisin, toivoisin lisää aikaa projektin toteuttamiseen. Projektissa oli tiukka aikataulu pääasiassa sen takia, etten ollut osannut ottaa huomioon punavahan työstämiseen kuluvaan aikaan. Se, että mallineiden muovaamiseen kului niin paljon aikaa, aiheutti projektiin pientä hätäisyyttä, joka vei keskittymistä esimerkiksi muottien suunnittelemisesta. Kun tajusin punavahan työstämisen vaikeuden, olisin tietysti voinut vähentää testikappaleiden määrää tai jättää suuremmat testikappaleet

pois projektista. Halusin kuitenkin kokeilla kaikkia näitä erilaisia muotoja ja muotteja, joten yritin pysyä suunnitelmassa ja aikataulussa.

5.1 Yhteistyökumppanin palaute

Hyvä puoli tässä projektissa oli, että pystyin keskustelemaan eteen tulevista ongelmista yhteistyökumppanini kanssa usein jopa reaaliajassa ja joitakin ongelmia ratkoimme yhdessä. Näin yhteistyökumppanikin näki koko prosessin ja ymmärsi sitä vielä syvemmin, kuin mitä heille tekemissäni ohjeissa olisin pystynyt ilmaisemaan. Vaikka minulla oli ongelmia uunivalujen onnistumisen kanssa, luulen, että siitä oli tässä projektissa enemmän hyötyä, kuin jos olisin osannut ottaa kaiken huomioon ja onnistunut täydellisesti. Tällä tavalla minä itse opin todella paljon vahavalutekniikasta ja myös yhteistyökumppanini näki paljon esimerkkejä ongelmista, joita tekniikan kanssa ilmenee. Sainkin häneltä hyvää palautetta ja hän oli tyytyväinen projektini tuloksiin.

”Paula Pääkkösen työskentely Lasisirkuksessa on johtanut hyviin tuloksiin.

Suunnitteluvaiheessa kävimme läpi ideoita jätelasin käyttöön sulatuksissa. Töiden kohteiksi valikoituivat uniikkitoiden erilaiset muodot, kuten tasaisen paksun levyn valmistaminen jätepaloista ja muottiin sulattaminen käsittelystä murusta.

Kokeilujen ja opinnäytetyön tuloksena ovat selkeät, juuri Lasisirkuksen tarpeisiin suunnitellut ohjeet kahden erityyppisen sulatustyön tekemiseen. Ohjeet on yhdessä käyty läpi ja todettu kaikkien vaiheiden tulevan niiden avulla niin selkeiksi, että ilman Paulan opastustakin asiat syntyvät tämän tutkimustyön tuloksena.

Selkeiden ohjeiden lisäksi Paula on tutkinut uunien lämpötilat, korjannut vanhat uunit parempaan kuntoon ja tuonut käyttöömme paljon meille tuntemattomia materiaaleja ja työtapoja, jotka auttavat sulatustöiden onnistumisessa.

On ollut hyödyllistä nähdä työnkulku ja ajan käyttö alusta loppuun eri tyyppisissä töissä. Yllättäviä asioita ovat olleet jätemateriaalin käytön tuomat ongelmat materiaalin puhtaudessa ja sen käsittelyyn kuluva aika.

Lopputuloksiin olen ollut tyytyväinen ja tästä on hyvä jatkaa.”

25.3.2014

Alma Jantunen

Yhteistyökumppanin kanssa tehty opinnäyteprojekti oli mielestäni erittäin hyvä kokemus. Se, että olin tekemässä testejä jollekin itseni ja koulun ulkopuoliselle taholle, toi projektille enemmän tarkoitusta ja minulle enemmän motivaatiota työhön. Se asetti myös hieman enemmän paineita projektin onnistumiselle, mikä oli kyllä myös hyvä asia, koska työelämässäkin joutuu kohtaamaan tällaisia paineita.

Opin mielestäni projektin aikana todella paljon ja tulen tulevaisuudessakin varmasti hyödyntämään oppimiani tietoja, vaikka mielenkiintoni suuntautuu enemmän lasinpuhaltamiseen, kuin uuniteknikoihin. Uskon projektistani olevan tulevaisuudessa hyötyä myös yhteistyökumppanilleni. Projektin tuloksina syntyneitä kappaleita en ole suunnitellut myyvänä, enkä laittavani minnekään esille, osaksi sen takia, että tulokset eivät olleet täysin onnistuneita. Innostuimme kuitenkin yhteistyökumppanini kanssa uunivalutekniikasta sen verran paljon, että osallistumme tänä keväänä Fiskarsin Ruukissa järjestettävään Rajapinnat-näyttelyyn, jonne teemme työparina teoksia uunivalutekniikalla. Työelämä lähtöisestä opinnäytetyöstä on siis ollut uralleni jo nyt paljon hyötyä ja sen aikana syntyneet verkostot ovat erittäin positiivinen asia.

KUVALUETTELO

Kuva 1 . Alma Jantusen tekemä sulatus. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	9
Kuva 2 Vahavaluprosessi (Kekäläinen, Päivi. 1992. Esineitä lasimurskasta, Pate de verre-lasinvalmistustekniikka. Helsinki. VAPK-Kustannus. Taideteollinen korkeakoulu. 5.31)	9
Kuva 3 Vasemmalla Uuni 1 ja oikealla Uuni 4. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	13
Kuva 4 Uuni1:n polttokeilat. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	14
Kuva 5 Uuni4:n polttokeilat. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	14
Kuva 6 Ensimmäinen sulatus. Filigraanipuikkoja ja suuri kokonainen esine. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	16
Kuva 7 Ensimmäinen sulatus. Erikokoista lasimurskaa. Kaoliinivillalevyt reunoissa. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	17
Kuva 8 Ensimmäisen polton tulokset. Piikkikäitä reunoja ja epätasaisesti sulaneet levyt. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	18
Kuva 9 Toiset testisulatukset viimeistellyillä reunoilla. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	21
Kuva 10 Testi 1, Testi 2, Testi 3, Testi 4. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	23
Kuva 11 Mallineet lisäosineen ja ilma-aukkoineen valmiina valuuun. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	24
Kuva 12 Kaksiosaisen muotin tekoprosessi. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	25
Kuva 13 Muotit uunissa, lasilla täytettynä. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	26
Kuva 14 Viimeistely Testi1. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	29
Kuva 15 Viimeistelyt Testi 2:t. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	29
Kuva 16 Viimeistely Testi3. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	30
Kuva 17 Viimeistely Testi4. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	30
Kuva 18 Viimeinen sulatus lastattuna uuniin. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	34
Kuva 19 Filigraanisulatus 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	36
Kuva 20 Kirkas-vihreälasi testi. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	37
Kuva 21 Luonnoksia ja alkuperäinen valusuunnitelma. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	38
Kuva 22 Uunivaluprosessi. Yksiosainen muotti. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	39
Kuva 23 Valukanavat. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	41
Kuva 24 Uunivaluprosessi. Kaksiosainen muotti. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto; 2014. Toivonen tytti. Tekijän arkisto.	42
Kuva 25 Spiraali polton jälkeen. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	45
Kuva 26 Yksiosaisen muotin viimeistely testikappale. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	45
Kuva 27 Pintin siivilöiminen. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	57
Kuva 28 Lasilla täytetty suorakulmio. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	58
Kuva 29 Piikkikäitä reunoja. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	59
Kuva 30 Valmis tasosulatus. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	60
Kuva 31 Vahavalu. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	61
Kuva 32 Malline ja lisäosa, Vahamalline+ilma-aukot, Rajoittimet paikallaan, Höyrytetty muotti. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.	63

Kuva 33 Uunivaluprosessi. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.

65

Kuva 34 Viimeistelty uunivalu. 2014. Pääkkönen Paula. Tekijän arkisto.

66

6 LÄHTEET

Beveridge, Philippa; Domenech, Ignasi; Pascual, Eva; 2005. WARM GLASS, A Complete Guide to Kiln-Forming Techniques. New York. Lark Books, A Division of Sterling Publishing Co., Inc.

Heikkinen, Jenni; 2014. Uusioaines Oy. [Sähköpostiviesti] Vastaanottaja Paula Pääkkönen [viitattu 18.3.2014]

Jantunen, Alma; 18.3.2014. Suullinen tiedonanto. [Keskustelu] Nuutajärvi.
22.3.2014. Suullinen tiedonanto. [Keskustelu] Nuutajärvi.

Järvenpää, Anna-Riitta; 2012. Tähdät - Lasilaattojen suunnitteleminen ja valmistaminen Fazerin Myllyn pääkonttorin ulko-oveen. [Opinnäytetyö] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201205015656>

Kekäläinen, Päivi; 1992. Esineitä lasimurskasta, Pate de verre-lasinvalmistustekniikka. Helsinki. VAPK-Kustannus: Taideteollinen korkeakoulu.

Lasisirkus [verkkosivut] [Viitattu 18.2.2014] www.lasisirkus.fi

Pääkkönen, Paula. 2013. Recycling glass. Essee. Sijainti: Kuopio. Tekijän sähköiset kokoelmat.

Sihvo, Suvij; Environmental & Safety Manager, Fiskars Home. [Sähköpostiviesti] Vastaanottaja Paula Pääkkönen [viitattu 18.3.2014]

Uusioaines [verkkosivut] [Viitattu 18.3.2014] www.uusioaines.com.

Väisänen, Johanna 2012. Huba - Pâte de verre -tekniikalla valmistettu uniikki lasiveistos. [Opinnäytetyö] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201205035956>

LIITTEET

LIITE 1

Glasmaspec

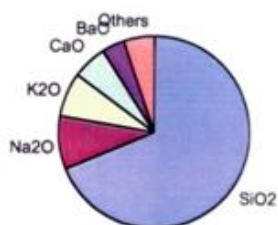
GLASMA AB

Specification of glass properties

BATCH TYPE No: 48 C
Definition by EU-directive : Crystalline/Kristall

The raw material is supplied as pelletized batch.

Major Components:



Calculated Physical Properties : Viscosity as $\log \eta$ (dPas). (Glafo)

$\log \eta = 2$ at 1394 ± 10 °C
 $\log \eta = 5$ at 858 ± 6

Transformation Temperature $T_g = 490 \pm 5$ °C ($\log \eta \approx 13$) (Glafo)

Thermal Expansion α_{20-300 °C = $9,95 \cdot 10^{-6} \pm 0,2$ K⁻¹

Density = $2,58 \pm 0,01$ kg/dm³ (Appen)

Refractive Index $n_{D20} = 1,522 \pm 0,005$ (Appen)

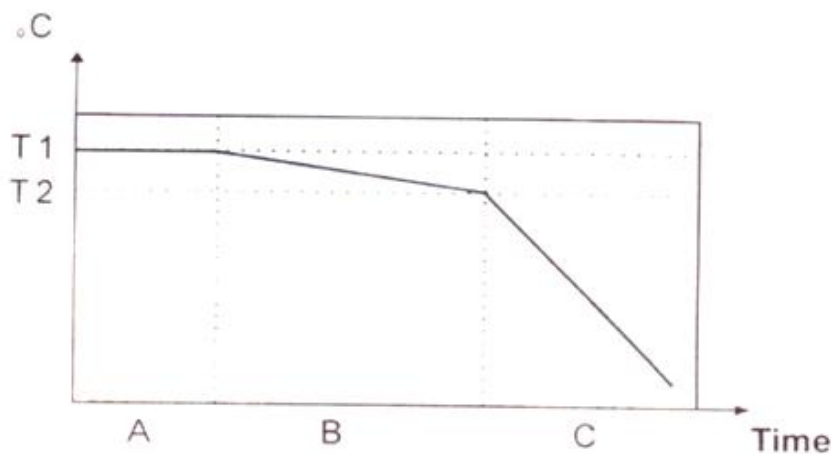
Recommended Melting Range 1300-1400 °C

Recommended Annealing Temperature 500 ± 5 °C

Chemical Properties : Hydrolytic Resistance ISO719 = 0,7 ml 0,1N HCl /g glass (Glafo)

Glasma is officially certificated to ISO 9001:2000 and ISO 14001

Annealing curve for GLASMA No 48



Calculation of annealing data made by Glafo Sweden

$T 1 = 490^{\circ}\text{C}$ and $T 2 = 380^{\circ}\text{C}$

Rates and times for different glass thicknesses

Thickness cm	Stage A	Stage B		Stage C	Approx. total time
	h:min	$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	$^{\circ}\text{C}/\text{h}$	$^{\circ}\text{C}/\text{min}$	
2	00:53	1,55		15,0	2,5 h
3	01:20	0,69		6,7	5 h
4	01:49	0,39	23,3	3,75	8 h
5	02:17	0,25	14,9	2,40	12 h
6	02:45	0,173	10,4	1,67	17 h
8	03:41	0,097	5,8	0,94	29 h
10	04:37	0,062	3,7	0,60	43 h
12,5	05:47	0,040	2,4	0,38	66 h
15	06:57	0,028	1,7	0,27	4 days
20	09:17	0,016	0,9	0,15	7 days

Työohjeet

Jätelasin käyttömahdollisuudet lasin uunitekniikoissa

7.4.2014

Näissä työohjeissa kerrotaan lyhyesti kuinka Paula Pääkkönen käytti jätelasia opinnäytetyöprojektissään Lasisirkuksessa keväällä 2014. Ohjeet ovat tarkoitettu yhteistyökumppanin käyttöön, jotta he voivat tulevaisuudessa hyödyntää opinnäytetyöprojektissa opittuja asioita.

SISÄLTÖ

1	TYÖOHJEET.....	57
1.1	Pintin käsittely.....	57
1.2	Tasosulatus.....	58
1.3	Uunivalu	61
1.4	Työohjeiden teossa käytetyt lähteet:	67

Kuvaluettelo

Kuva 27	Pintin siivilöiminen	57
Kuva 28	Lasilla täytetty suorakulmio.	58
Kuva 29	Piikikkäitä reunoja.	59
Kuva 30	Valmis tasosulatus.....	60
Kuva 31	Vahavalu.	61
Kuva 32	Malline ja lisäosa, Vahamalline+ilma-aukot, Rajoittimet paikallaan, Höyrytetty muotti	63
Kuva 33	Uunivaluprosessi.	65
Kuva 34	Viimeistelty uunivalu.	66

TYÖOHJEET

Työohjeissa on tiivistettynä kaikki tärkeimmät asiat, joita opin käyttämistäni tekniikoista opinnäytetyöprojektini aikana.

Pintin käsittely

Ensimmäiseksi kannattaa kerätä materiaalit sulatukseen ja käsitellä se käyttötarkoituksen mukaiseksi. Jos on tarvetta murskata lasia pienemmäksi, se kannattaa tehdä ennen lasin pesemistä.

Lasiin päässeet epäpuhtaudet huonontavat valmiin lasiesineen laatua ja ulkonäköä, joten sitä käsitellessä kannattaa yrittää estää vieraita aineita pääsemästä lasin joukkoon. Siksi lasi kannattaa murskata vasaralla sitkeän paperin välissä, sillä näin terästä ei pääse lasin joukkoon. Paperin palaset poistuvat helpommin pesun aikana ja paperi myös palaa poltossa jos sitä jää lasiin. Murskaamisen jälkeen lasi siivilöidään haluttuihin karkeuksiin.

HUOM! Lasia murskatessa ja siivilöitäessä käytä hengitys- ja silmäsuojaimia!



Kuva 36 Pintin siivilöiminen

Kun lasi on siivilöity, se pestään huuhtelemalla vedellä. Astia täytetään vedellä, sekoitetaan lasia ja odotetaan hieman, että epäpuhtaudet nousevat pintaan ja sitten vesi kaadetaan pois. Tämä toistetaan kunnes vesi on kirkasta ja puhdasta. Sellaiset epäpuhtaudet, jotka eivät lähde pesemällä poistetaan käsin. Rautaa sisältäviä epäpuhtauksia voi yrittää poistaa magneetin avulla. Pesty lasi asetetaan kuivamaan sanomalehtien päälle.

Tasosulatus

Ensimmäiseksi kannattaa huoltaa uunikalusto. Jos uunilevyjen tai rajoittimien suoja-aine on halkeillut tai muuten huonossa kunnossa, se kannattaa uusia ja polttaa kiinni 250 °C:n n.15min. Vanhan uunisuojan saa poistettua pesemällä ja/tai hiomalla hienolla hiomapaperilla. Jos tahtoo, voi uunilevyn ja lasin väliin laittaa myös kaoliinivillalevyä tai uunipaperia.

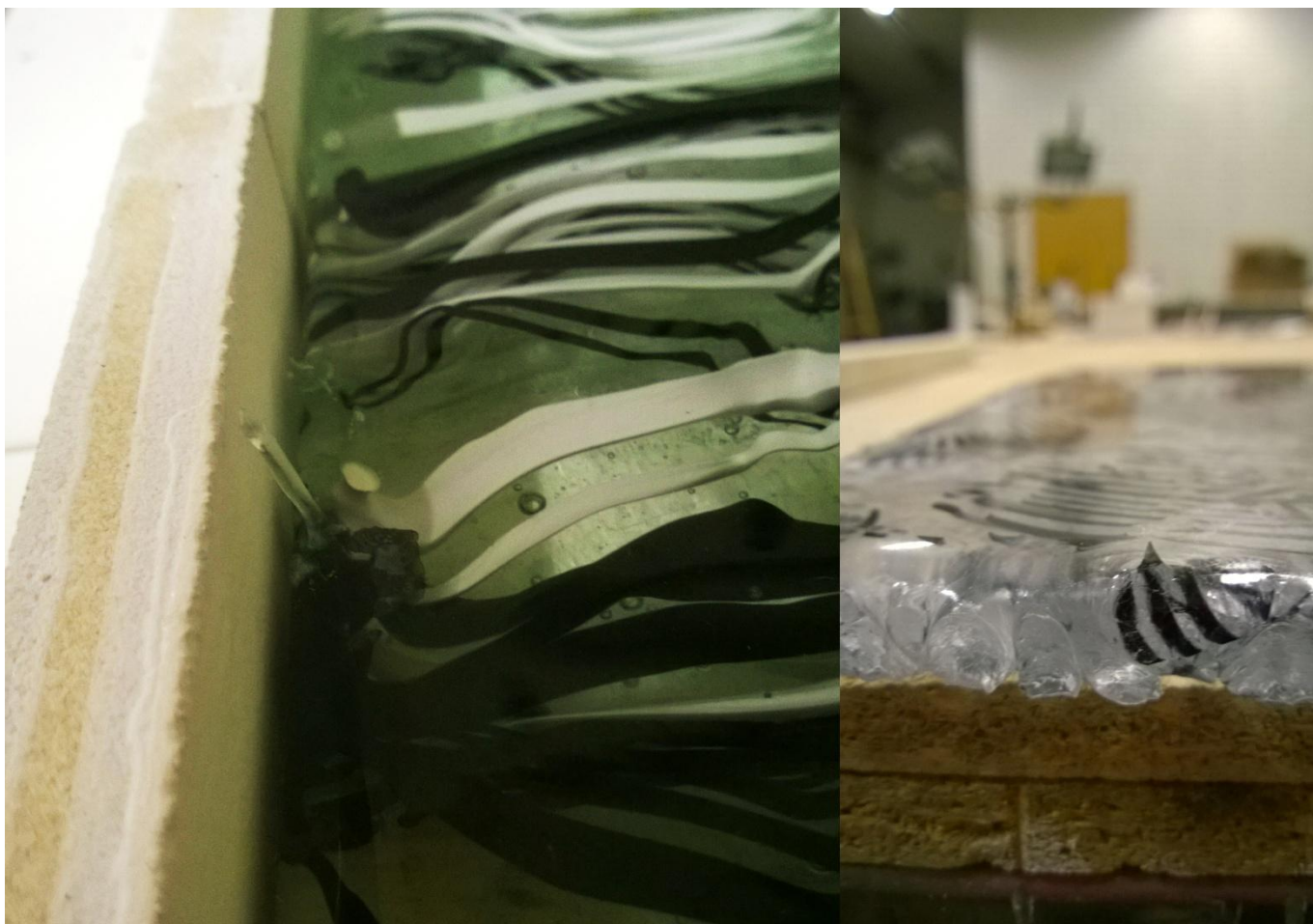
Tee seuraavaksi rajoittimista halutun kokoinen suorakulmio. Tue rajoittimet painavilla tiilillä hyvin, niin etteivät ne pääse liikkumaan sulan lasin painosta. Laske tarvittavan lasin määrä eli rajoittimien sisään jäävän tilan tilavuus: korkeus x leveys x syvyys = tilavuus. Kerro tilavuus luvulla 2,58, joka on Glasma AB lasin tiheys. Muunna tilavuus $\text{cm}^3 \rightarrow \text{dm}^3$, jonka voi tässä tapauksessa ajatella vastaavan kiloja; $\text{dm}^3 = \text{kg}$.

Esimerkki: $104\text{cm} \times 28\text{cm} \times 3\text{cm} = 8736\text{cm}^3$. Kerrotaan tilavuus tiheysluvulla; $8736\text{cm}^3 \times 2,58 = 22538,88\text{cm}^3$. Muunnetaan kuutiodesimetreiksi; $22,538\text{dm}^3$. Esimerkki suorakulmion tekemiseen lasista tarvitset siis pyöristettynä 22,6kg lasia.



Kuva 37 Lasilla täytetty suorakulmio.

Mittaa tarvittava määrä puhdasta, kuivaa lasia ja kaada se suorakulmion sisälle. Asettele lasi niin että, se koskettaa rajoittimia mahdollisimman vähän. Vaikka lasi ei sula kiinni rajoittimiin, se tarttuu niihin sen verran, ettei lasi sula tasaiseksi vaan valmiin lasilevyn reunat jäävät piikikkäiksi ja röpelöisiksi. Jos sulatat kokonaisia esineitä tai onttoja/kuperia lasin palasia, ota huomioon asettelussa, että ilma pääsisi ulos, eikä jäisi lasin sulaessa sen sisään.



Kuva 38 Piikkäitä reunoja.

Seuraavaksi ohjelmoi poltto.

Uuniohjelma:

(104cm x 28cm x 3cm levy)

Uuni 1

3h - 490 °C

3h - 490 °C haudutus

2h - 840 °C

8h - 840 °C haudutus

1h - 380 °C

3h - 380 °C haudutus

1h - 200 °C

2h - 200 °C haudutus

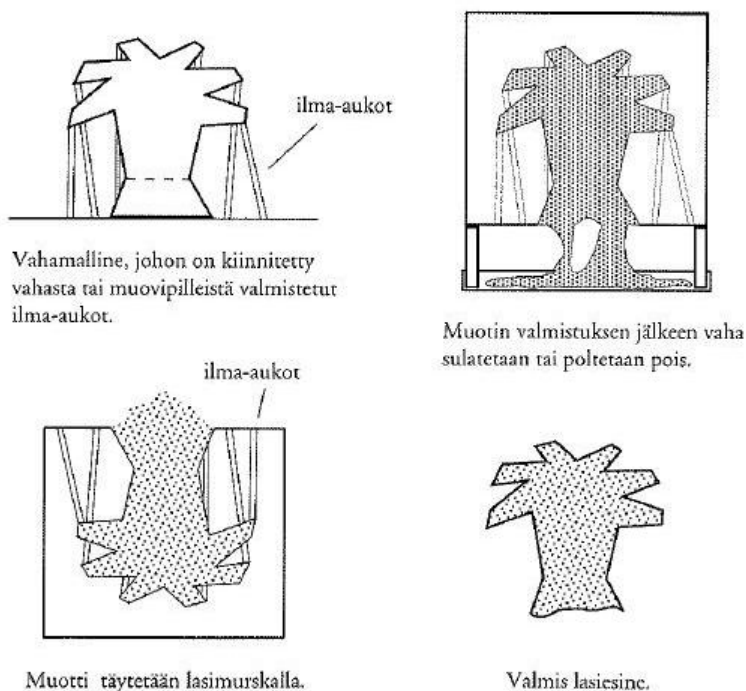
End



Kuva 39 Valmis tasosulatus.

Jos tekee vielä paksumpaa levyä tai tietää lasin sisään jäävän kuplia, voi haudutusta huippulämpötilassa pidentää. Näin varmistetaan lasin sulaminen tasaiseksi ja se että kuplat ehtivät nousta pintaan ja puhjeta. Huomattavasti paksumpia levyjä tehdessä kannattaa myös jäähtytysvaiheen haudutuksia pidentää.

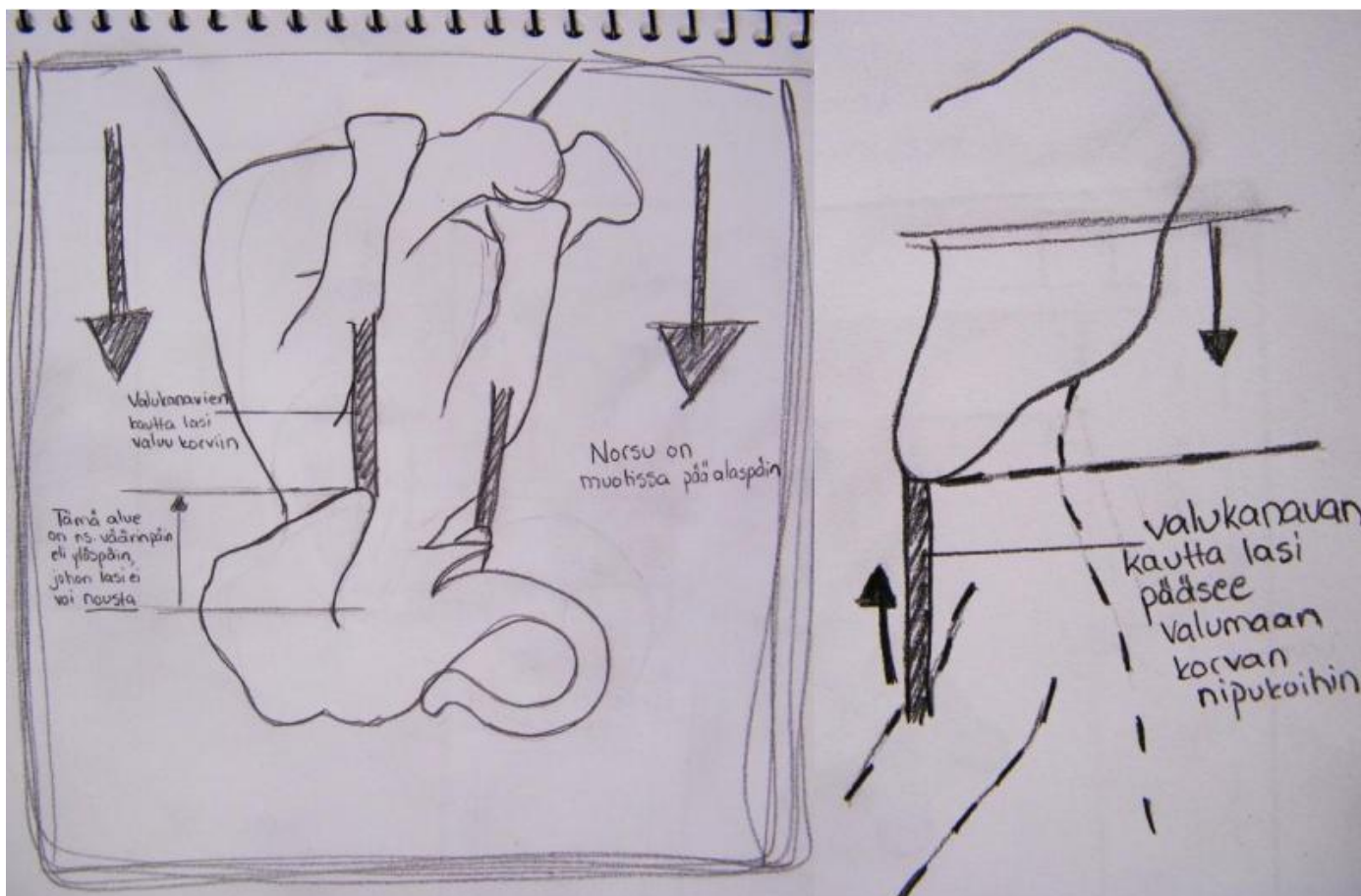
Uunivalu



Kuva 40 Vahavalu (Kekäläinen, P 1992, 31)

Ensimmäisenä tulee valmistaa malline. Mallineen voi valmistaa savesta tai kipsistä, jos muoto on päästävä. Päästämättömät muodot on helpoin toteuttaa tekemällä malline punavahasta, jonka voi sulattaa ulos muotista. Jo mallinetta tehdessä täytyy miettiä, millaisella kipsimuotilla muodon voi toteuttaa. Monimutkaiset muodot saattavat vaatia moniosaisen muotin. Kipsimuotti toistaa hyvin tarkasti kaikki mallineen muodot ja pinnan rakenteen, tämä kannattaa ottaa huomioon mallinetta tehdessä.

Mallineeseen tulee aina tehdä lisäosa ennen muotin valamista. Lasin tilavuus pienenee n. 30 % sen sulaessa, minkä vuoksi lisäosaa tarvitaan, jotta muottiin saadaan lastattua tarpeeksi lasimurskaa. Ennen muotin valamista mallineen **kärkiin tulee myös kiinnittää ilma-aukot**, joista ilma pääsee lasin sulaessa ulos. Jos muotin sisälle jää ilmataskuja, ne estävät lasia täyttämästä koko muottia. Jos muodossa on kohtia, joissa lasin tulisi mennä ylöspäin, täytyy muottiin tehdä myös valukanavat.



Kuva 41 Valukanavat. Lasi ei pääse nousemaan muotissa ylöspäin. Tämän takia mallineeseen tulee tehdä valukanavat, joita pitkin lasi pääsee valumaan kaikialle muottiin. (Väisänen, J. s.50)

Mallineen materiaalista riippuen, se täytyy käsitellä erotusaineella ennen kipsin valamista. Kipsi täytyy käsitellä sekä mäntysuopavaahdolla (mäntysuopaa+tilkkavettä -> vaahdotetaan sienellä), että erotusaineella (öljy+saippua "rasvalla"). Vahan voi halutessaan käsitellä mäntysuopavaahdolla, joka estää hieman vaha imeytymistä kipsiin.

Malline kiinnitetään tukevasti paikalleen samoin kuin ilma-aukot, jotta ne eivät lähde liikkeelle kipsiä kaadettaessa. Sen jälkeen asetetaan paikalleen valutuet eli rajoittimet. Yleensä rajoittimina käytetään vettä imemättömiä puulevyjä ja muovi tai metallilevyjä. Rajoittimien on tärkeää olla suorat, niin että ne ovat pöydän pintaa vasten mahdollisimman tiiviisti. Rajoittimet kiinnitetään tukevasti paikalleen puristimilla ja alustan ja rajoittimen välit tiivistetään savella.

Kun rajoittimet ovat tukevasti paikallaan, **lasketaan tarvittavan kipsiseoksen määrä.** Lasin uunivalumuoteissa käytetään materiaalina useimmiten kipsiä ja jotain muuta ainetta. Kipsi yksinään halkeilee liikaa poltettaessa, joten siihen lisätään jotakin muuta ainetta, kuten molokiittia tai kvartsia, parantamaan muotin poltonkestoa. Uunivalumuoteille hyvä sekoitussuhde on 1 osa kipsiä, 1 osa muuta ainetta. Muotteihin voi lisätä myös esim. rautaverkkoa, lasikuitua, kalsinoitua muottimurskaa tai vermikuliittia lisäämään kestävyyttä tai huokoisuutta.



Kuva 42 Malline ja lisäosa Vahamalline+ilma-aukot Rajoittimet paikallaan Höyrytetty muotti

Esimerkki: Tässä esimerkissä muotti on ympyrälieriön muotoinen, joten aloitetaan laskemalla rajoittimien sisäinen tilavuus; $\pi \times \text{pohjaympyrän säde}^2 \times \text{korkeus}$. Esimerkiksi tässä yllä olevan kuvan tapauksessa; $\pi \times 9^2 \times 21\text{cm} = 5343,8\text{cm}^3$. $5345,8\text{cm}^3 \sim 5,4\text{dm}^3$ ja tässä tapauksessa voimme ajatella että $5,4\text{dm}^3=5,4\text{kg}$.

Kun tilavuus on laskettu, siitä lasketaan tarvittavien veden ja kuivien aineiden määrät. Veden määrä on kokonaistilavuudesta 70% eli se saadaan laskemalla $5,4\text{kg} \times 0,7 = 3,78$ kg vettä. Kipsin ja kvartsin määrä saadaan kertomalla veden määrä kipsiluvulla 1,4. $3,78\text{kg} \times 1,4 = 5,3$ kg kuivia aineita. Kuivista aineista laitetaan puolet kipsiä ja puolet kvartsia; 2,65 kipsiä ja 2,65 kvartsia.

Kaikki aineet mitataan valmiiksi, kuivat aineet sekoitetaan ensin keskenään ja ne ripotellaan sitten veteen. Vesi ei saa olla kuumaa eikä lämmintä tai se jähmettyy liian nopeasti. Liian kylmä vesi taas voi pysyä juoksevana pitkään ja sitten jähmettyä hetkessä. Paras lämpötila vedelle olisi hieman viileä, huoneenlämpöinen vesi. Kipsiä sekoitetaan n.1-3 minuuttia puukepillä, käsin tai vaikka porakoneen sekoituspäällä. Varsinkin isommat kipsimäärät on helpompi sekoittaa poran avulla. Mitä vauhdikkaammin ja enemmän kipsiä sekoittaa, sitä äkimmin se jähmettyy. Sekoittaessa on varottava, ettei sekoitaisi kipsiin lisää ilmaa. Jos ilmakuplia jää kipsin ja mallineen väliin, ne tulevat näkyviin myös lopullisessa esineessä.

HUOM! Käytä hengityssuojainta KVARTSIA käsitellessä!

Kipsi kaadetaan rajoittimien sisään vielä juoksevana piimämäisenä seoksena niin, että se täyttäisi kaikki pienetkin yksityiskohdat. Myös kaatamisvaiheessa kannattaa yrittää kaataa niin, ettei ilmaa menisi kipsin sisään. Ilmakuplien pintaan nousemista voi avittaa heiluttamalla tai tärisyttämällä pöytä hieman. Sitten kipsi jätetään jähmettymään.

Kun kipsi on jähmettynyt, voidaan rajoittimet poistaa ja pyöristää siklillä muotin terävät reunat. Seuraavaksi muotti asetetaan kiehuvan vesikattilan päälle tukien varaan ja **malline höyrytetään pois**.

Muotin ollessa vielä märkä **höyryttämisen jälkeen mitataan sen sisätilavuus** kaatamalla sinne vettä. Jos on tarkka vaaka, voi muotin laittaa vaa'alle ja kaataa vettä sisään mallineen rajaan asti ja laskea siitä paljonko vettä sisälle mahtui. Jos ei ole sopivaa vaakaa, voi veden kaataa muotista erilliseen astiaan. Koska kipsimuotti imee vettä itseensä, tulee mittaaminen tehdä nopeasti. Tämän tilavuuden perusteella lasketaan tarvittavan lasin määrä.

Seuraavaksi muotti asetetaan kuivamaan lämpimään paikkaan, jossa ilma kiertää hyvin. Muotin kuivuminen voi kestää sen paksuudesta riippuen useita päiviä. Muotin voi kuivattaa myös polton yhteydessä ohjelmoimalla polton alkuun pitkän ja hitaan nousun, jonka aikana uunia tuuletetaan ovea avaamalla. Uunissa kuivattaminen rasittaa kuitenkin vastuksia, koska vesihöyryä muodostuu niin paljon.

Sitten lasketaan tarvittavan lasin määrä ja täytetään muotti. Mitattu veden kilopaino kerrotaan lasin tiheysluvulla, joka Glasma AB lasilla on 2,58. Esimerkkikappaleessa; $0,164 \times 2,58 = 0,43\text{kg}$ lasia. (Useimmissa uunivaluohjeissa kehoitetaan lisäämään vielä jonkun verran ylimääräistä lasia, minkä unohdin tehdä tämän esimerkin kohdalla, ja muotti jäi hieman vajaaksi.) Mitataan tarpeeksi lasia +hieman ylimääräistä ja täytetään muotti. Tässä esimerkkikappaleessa, käytin osaksi todella pientä lasimurskaa, joka mahtui sisälle ohuisiin seinämiin ja loput muotista täytin keskikokoisella murskeella. Murskan karheus vaikuttaa lasin kirkkauteen; Suurempaan murskaan jää vähemmän kuplia, mutta ne ovat isompia. Hienompaan murskaan jää pienempiä kuplia, mutta niitä on paljon.

Kun muotit on täytetty, ne asetetaan uuniin ja tuetaan ne kunnolla. On hyvä tarkistaa vatupassilla muottien olevan tasossa, jossa lasi ei sula muottiin toispuoleisesti. Uunin pohjalle muottien ja uunilevyn väliin on hyvä laittaa uunilevyn palasia, niin että muotti on koholla ja ilma pääsee kulkemaan myös muotin alta. Näin muotista poistuva vesihöyry ei vahingoita uunilevyä. Muotit ympäröidään tiilillä joka puolelta, mikä auttaa niitä jäähtymään tasaisemmin ja suojelee uunin vastuksia siinä tilanteessa, että muotti hajoaa ja lasi pääsee valumaan ulos.

Seuraavaksi ohjelmoi poltto.

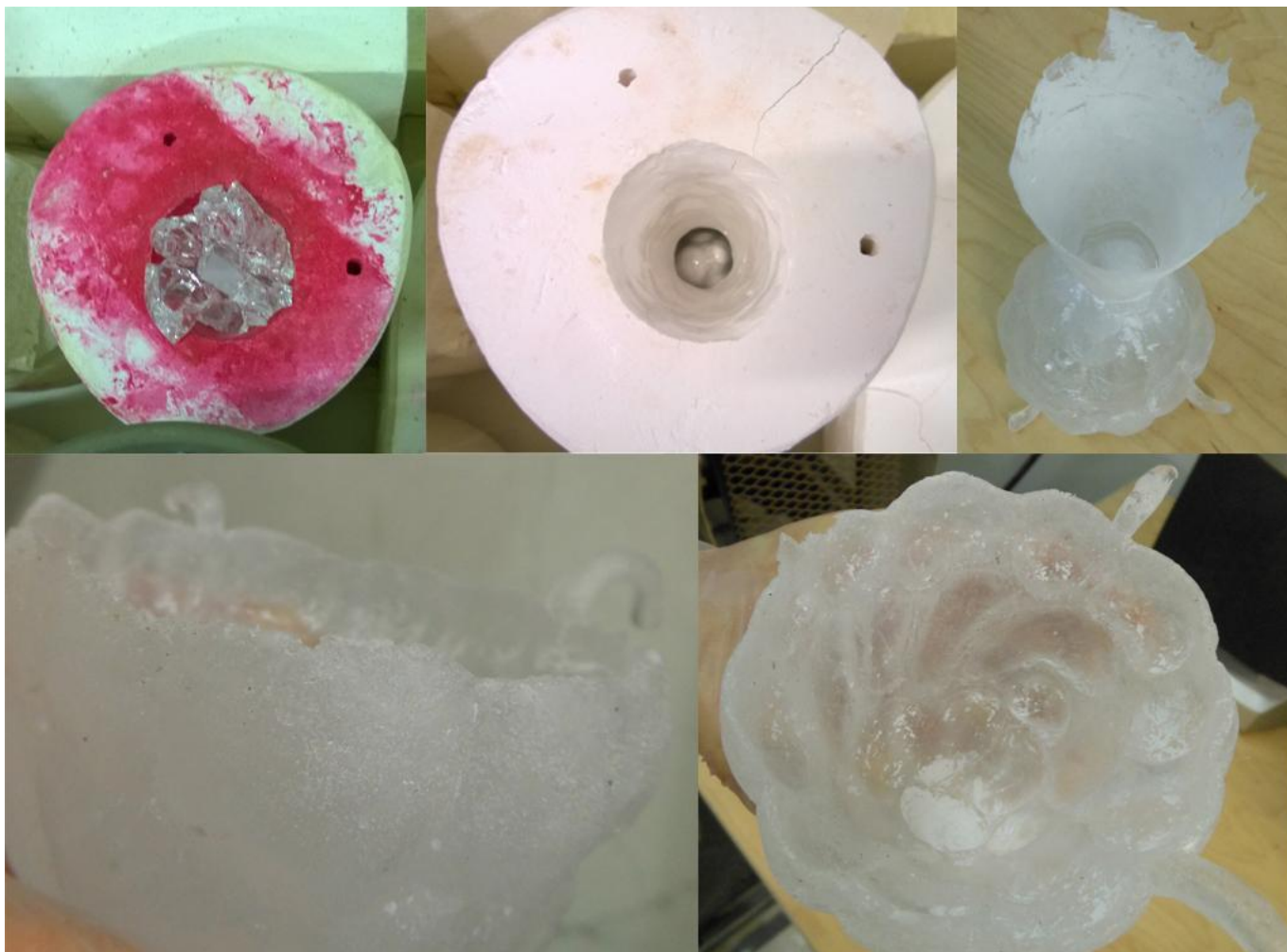
Uuniohjelma:

Uuni 4

Keskikokoiset & yksinkertaiset uunivalut/ pienet monimutkaisemmat uunivalut.

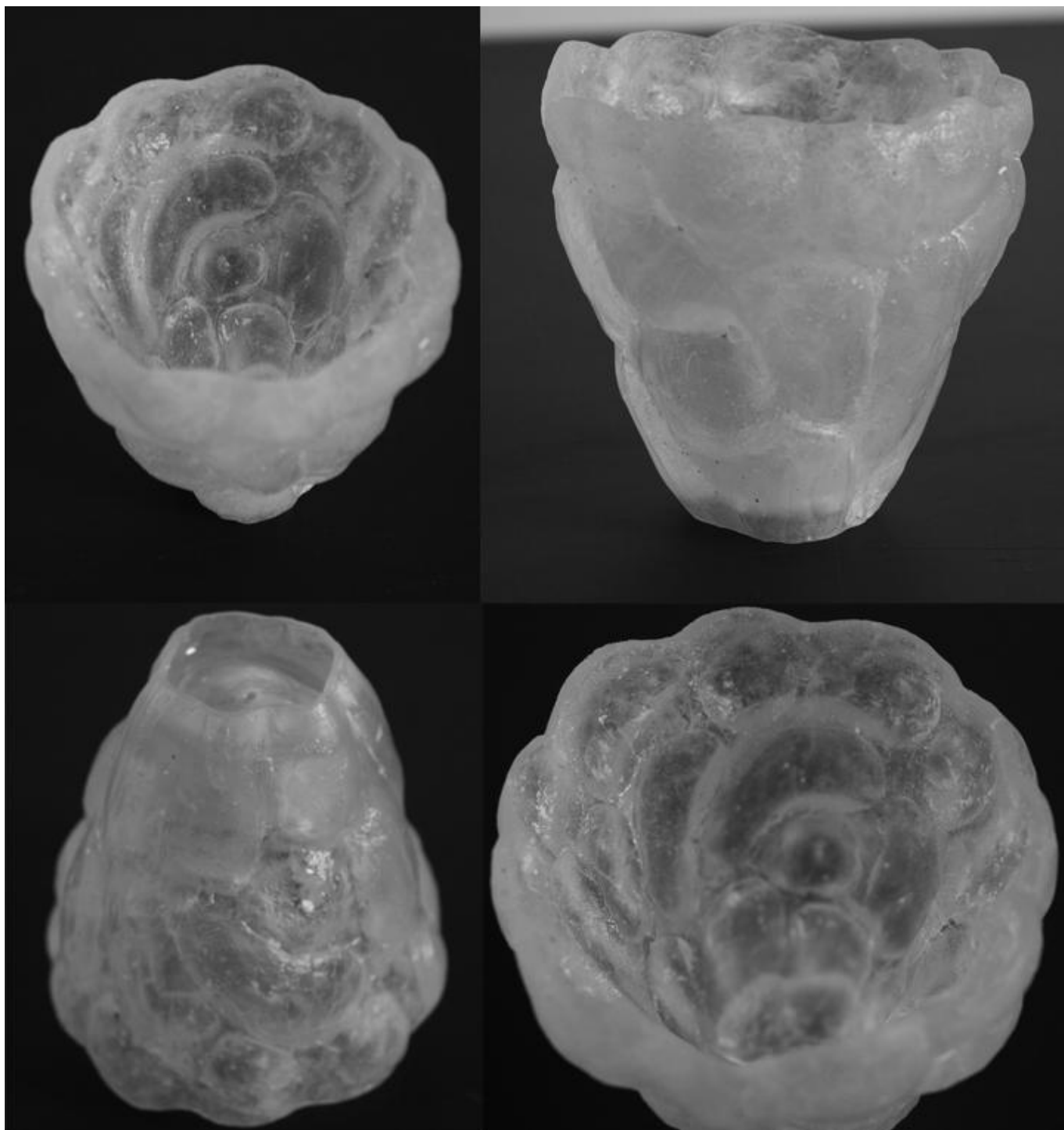
6h	-	250 °C
10.30h	-	490 °C
12h	-	490 °C
13h	-	845 °C
22h	-	845 °C
23h	-	490 °C
30h	-	490 °C
39h	-	380 °C
43h	-	380 °C
End		

Kun uuni on jäähtynyt, muotit puretaan. Kipsi irrotetaan esineestä varovasti. Apuna voi käyttää vasaraa ja talttaa tai muita apuvälineitä. Kipsin kastelemalla sen saa irrotettua hellävaraisemmin eikä se märkänä pölise. Pestessä apuna voi käyttää hammasharjaa. Esine viimeistellään tarvittaessa hiomalla tai käsiporalla kaivertamalla.



Kuva 43 Uunivaluprosessi.

Esimerkki kappaleessa en laskenut mukaan ylimääräistä lasia, joten se jäi hieman vajaaksi. Tutkin tässä kappaleessa kuinka ohuisiin reunoihin lasi pääsee sulamaan ja siksi reunat olivat jääneet aika röpelöisiksi. Viimeistelin reunat ja pohjan hiomalla.



Kuva 44 Viimeistelty uunivalu.

Työohjeiden teossa käytetyt lähteet:

Beveridge, Philippa. Domenech, Ignasi. Pascual, Eva. 2005. WARM GLASS, A Complete Guide to Kiln-Forming Techniques. New York. Lark Books, A Division of Sterling Publishing Co., Inc.

Kekäläinen, Päivi. 1992. Esineitä lasimurskasta, Pate de verre-lasinvalmistustekniikka. Helsinki. VAPK-Kustannus. Taideteollinen korkeakoulu.

Väisänen, Johanna. 2012. Huba - Pâte de verre -tekniikalla valmistettu uniikki lasiveistos. [Opinnäytetyö] Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201205035956>