
VAAHTOLASIELEMENTTIEN TUOTEKEHITYS



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Muotoilun koulutusohjelma

Visamäki, kevät 2014

Johanna Luostarinen

Johanna Luostarinen



VISAMÄKI

Muotoilun koulutusohjelma

Lasi ja keramiikka

Tekijä	Johanna Luostarinen	Vuosi 2014
Työn nimi	Vaahtolaselementtien tuotekehitys	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä tutkittiin vaahtolasin vaahdottumista keraamisessa muotissa. Kokeiden kautta pyrittiin hahmottamaan millaisia muotoja ja pintakuvioita vaahtolasilla voidaan saada aikaan. Myös vaahtolasin värjäystä pigmenteillä tutkittiin. Tavoitteena oli kehittää toimiva tapa valmistaa esteettisesti muotoiltuja ja värjättyjä vaahtolaselementtejä, jotka eivät vaadi jälkityöstöä. Mahdollisia käyttökohteita vaahtolaselementeille ovat julkisivut, kosteiden tilojen laatat ja akustiikkalevyt.

Opinnäytetyö on jatkoa aiheesta tehdyille kierrätyslasiutkimukselle, josta saatua tutkimustietoa käytettiin kokeiden perustana. Myös olemassa olevaa aiheeseen soveltuvaa kirjallisuutta ja internetlähteitä hyödynnettiin. Pääasiallisena tutkimusmenetelmänä toimivat opinnäytetyössä tehtävät vaahdotus- ja värjäyskokeet. Tuotteistamiseen liittyvistä asioista selvitettiin alustavasti rakennustuotteille asetettuja vaatimuksia sekä olemassa olevia patenteja.

Tulokseksi saatiin hyödyllistä tietoa vaahdottumisprosessin kulusta ja muotin vaikutuksesta vaahdottumiseen. Vaahtolasin värjäyksestä saatiin hyviä ja selkeitä tuloksia. Lisäksi työskentelymenetelmät muotoutuivat tehokkaammiksi ja turvallisemmiksi tutkimuksen aikana. Opinnäytetystä saatuja tuloksia hyödynnetään omassa yritystoiminnassa. Tuotekehitystä jatketaan.

Avainsanat vaahtolasi, seinäelementti, tuotekehitys, kierrätyslasi, arkkitehtuuri

Sivut 38 s.



VISAMÄKI
degree programme in Design
Glass and Ceramics

Author	Johanna Luostarinen	Year 2014
Subject of Bachelor's thesis	Product development of foam glass elements	

ABSTRACT

This thesis studied the manufacturing of foam glass when using ceramic molds. The purpose through the testing was to define what kind of forms and patterns could be achieved with foam glass. Also the possibilities of coloring foam glass with ceramic pigments were researched. The aim was to develop a functioning method for manufacturing esthetically designed and colored foam glass elements that would not need any post-processing. Possible uses for foam glass elements are facade tiles, acoustic panels, bathroom and other moist environment tiles.

The thesis continues a previous study that was made about recycled glass. Results from the previous study built the basis for the new testings in this thesis. Also existing literary and internet sources were studied and used. The main research method was the foaming and coloring testing done in the thesis. Matters related to productization, such as patents and building requirements, were examined tentatively.

As a result useful information was gained about the foaming process and the impact of the mold on foaming. Results about coloring foam glass were good and lucid. Also the working methods became more efficient and safe during the process. The results will be used in further development and utilized in the author's own company.

Keywords foam glass, wall element, product development, recycled glass, architecture

Pages 38 p.



SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TUTKIMUSKYSYMYS JA -MENETELMÄT	2
3 VAAHTOLASIN OMINAISUUDET	4
3.1 Vaahtolasin valmistus	4
3.2 Kierrätyslasin käyttö.....	6
3.3 Vaahtolasin käyttökohteet.....	7
4 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	10
4.1 Rifolasi-hanke	10
4.2 Jauhin-työpaja	11
4.3 Visuaalisuus	12
5 TUOTEKEHITYS.....	14
5.1 Muottiinvaahdotus.....	14
5.2 Koe vaahdotusprosessin vaiheista.....	18
5.3 Vaahtolasin värjäys.....	20
5.4 Muita pinnankuvion tikeinoja.....	25
6 TUOTTEISTUS.....	27
6.1 Patentit	27
6.2 Rakennustuotteessa huomioitavia asioita	27
6.3 CE-merkintä.....	28
7 TULOKSET.....	29
8 JATKOSUUNNITELMAT	34
9 LÄHTEET	36



1 JOHDANTO

Luonnonvarojen ylimitoitettu käyttö ohjaa etsimään uusia tuotantotapoja ja materiaaleja entisten tilalle. Kierrätettävistä materiaaleista lasi on yksi käyttökelpoisimmista ja uusiolasin saatavuus on hyvä. Vaahtolasin valmistus on tunnettu jo yli 80 vuoden ajan, mutta sen tuotanto keskittyy Suomessa tällä hetkellä eristysmurskeeseen ja maailmalla lisäksi erilaisiin eristyslementteihin. Näen materiaalilla kuitenkin olevan potentiaalia vieläkin monipuolisempaan käyttöön. Vaahtolasin lukuisten hyvien käyttöominaisuuksien lisäksi sen valmistuksessa käytettävä uusiolasimateriaali sekä kokonaisvaltaisesti kestävä tuotantotavan kehittäminen ovat tärkeä osa tämän opinnäytetyön vaikuttimia.

Opiskeluaikani olen ollut mukana kierrätyslasi-hankkeessa, jossa yhtenä tutkimuskohteena oli vaahtolasi. Rifolasi-hankkeessa tehdyt vaahtotuskokeet nostivat esille monia kysymyksiä ja ajatuksia, joihin opinnäytetyössäni pääsin syventymään. Opinnäytetyössä tutkitaan vaahtolasin ominaisuuksia, värjäystä ja vaahtottumista haluttuun muotoon.

Opinnäytetyön tulosten on tarkoitus toimia pohjana omalle vaahtolasia hyödyntävälle yritystoiminnalleni. Lisäksi toivon, että tehty tutkimus on omalta osaltaan avuksi vaahtolasin ja kierrätyslasi-jauheen käytöstä kiinnostuneille.

2 TUTKIMUSKYSYMYKSIÄ JA -MENETELMÄT

Opinnäytetyötä ohjaava pääkysymys on:

Millaisia muotoja vaahtolasilla voidaan saada aikaan muotteja käyttämällä?

Lisäksi pyritään vastaamaan seuraaviin sivukysymyksiin:

Miten vaahtolasi käyttäytyy valmistusprosessin aikana ja mitkä tekijät siihen vaikuttavat?

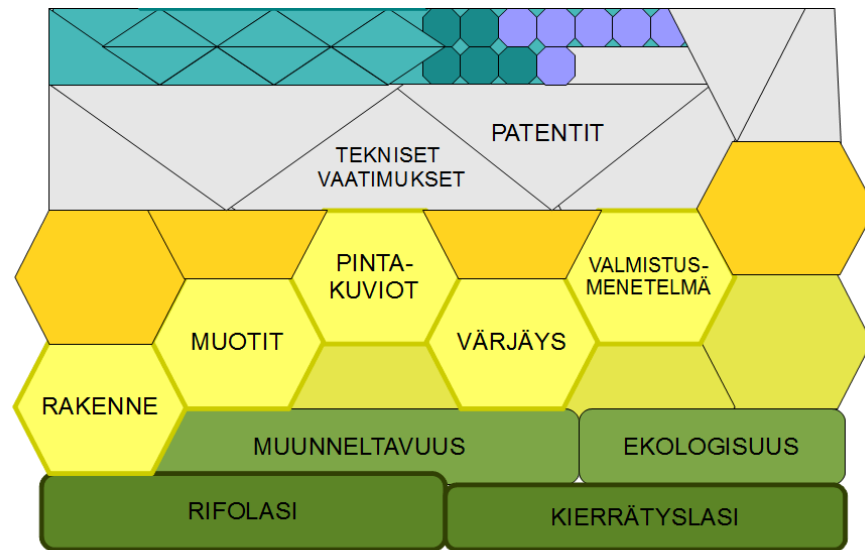
Millainen on toimiva vaahdotusmuotti?

Miten vaahtolasi on värjättävissä?

Tutkimuksen pohjana käytettiin kierrätyslasihankkeessa saatuja aiempia tuloksia vaahtolasin valmistusprosessista, raaka-aineista ja värjäysmahdollisuuksista sekä vaahtolasin valmistuksesta julkaistuja tutkimuksia. Pääasiallisena tiedonhankintamenetelmänä toimivat omat vaahdotuskokeet ja niiden analysointi. Tärkeää tietoa saatiin myös suomalaisen vaahtolasiyrityksen, Uusioaines Oy:n, laatupäällikön kanssa käydyissä keskusteluissa. Tuoteinnovointiin uusia ajatuksia toi HAMKissa järjestetty Jauhin-suunnittelutyöpaja. Suunnittelun apuna tutustuttiin lisäksi vapaasti kirjallisuuteen julkisivuteoksista ja -materiaaleista sekä arkkitehtuurista.

Tulosten pohjalta kehitettiin toimivaa valmistusmenetelmää, tässä tapauksessa muotissa vaahdotettavalle laatalle. Laattamuotoiseen tuotteeseen päädyttiin sen monipuolisten käyttömahdollisuuksien ja lisäeristyksen niille tuoman edun vuoksi. Tuotekehitys sisälsi vaahtolasielementtien alustavaa visuaalista suunnittelua.

Työn ulkopuolelle rajautuivat erilaiset kestävyystestit, tarkat kustannusarviot sekä asennussuunnitelmat. Myöskään yksityiskohtaiset reseptit ja uuniohjelmat eivät sisälly opinnäytetyöhön, sillä osa niistä on lähtöisin yhteistyöyritykseltä ja tarkoitettu sen omaan käyttöön, osa taas oman yrityksen tuotekehitykseen.



Kuvio 1. Viitekehyksessä esitellään opinnäytetyön lähtökohdat ja tutkimuskohteet.

3 VAAHTOLASIN OMINAISUUDET

Vaahtolasi, nimeltään myös solulasi, on kevyttä ja läpinäkymätöntä, eristävää lasimateriaalia, joka sisältää runsaasti pieniä, tasaisesti jakautuneita suljettuja kaasukuplia. Vaahtolasin valmistuksessa lasijauheeseen lisätään pieni määrä vaahdotusagenttia, joka kuumennettaessa vaahdottaa seoksen. Valmis materiaali koostuu yksinkertaisimmillaan pelkästä ilmasta ja lasista. (Steiner 2006, 20; Ritola & Vares 2008, 32.)

Vaahtolasin ominaisuudet riippuvat merkittävästi sen kuplarakenteesta, joka taas vaihtelee muun muassa käytetyn lasijauheen, vaahdotusagentin ja poltto-ohjelman mukaan. Yleisesti voidaan kuitenkin sanoa, että sen lämmön- ja ääneneneristävät ominaisuudet yhdistettynä lasin palamattomuuteen, veden- ja mittansapitävyyteen, tuohlaisturvallisuuteen sekä puristuslujuuteen tekevät siitä erinomaisen eristemateriaalin, jona sitä käytetäänkin. Ekologiset näkökulmat huomioiden sitä pidetään peräti yhtenä parhaista eristemateriaaleista. (Steiner 2006, 20.) Vaahtolasin ekologisuus piilee sen käytön päästöttömyydessä ja pitkäikäisyydessä sekä valmistuksessa käytettävässä kierrätysmateriaalissa. Vaahtolasi voidaan myös kierrättää aina uudestaan, jauhamalla se takaisin raaka-aineeksi, lasijauheeksi (Foamit Ympäristö n.d.).

Vaahtolasi on joustamatonta ja vaikka sen puristuslujuus onkin hyvä, iskunkestävyys on varsin heikko. Huokoisen rakenteensa vuoksi se saattaa murentua tai lohjeta melko helposti.

3.1 Vaahtolasin valmistus

Jotta lasijauhe saadaan vaahdottumaan, sekoitetaan siihen vaahdotusagenttia, esimerkiksi hiiltä. Seos kuumennetaan lämpötilaan, jossa lasi pehmenee ja sintraantuu muodostaen pieniä suljettuja kuplia. Lämpötilan noustessa vaahdottaja alkaa kaasuuntua. Paine kuplien sisällä kasvaa aiheuttaen niiden laajenemisen ja massa alkaa paisua (kuva 1). (Steiner 2006, 93.)

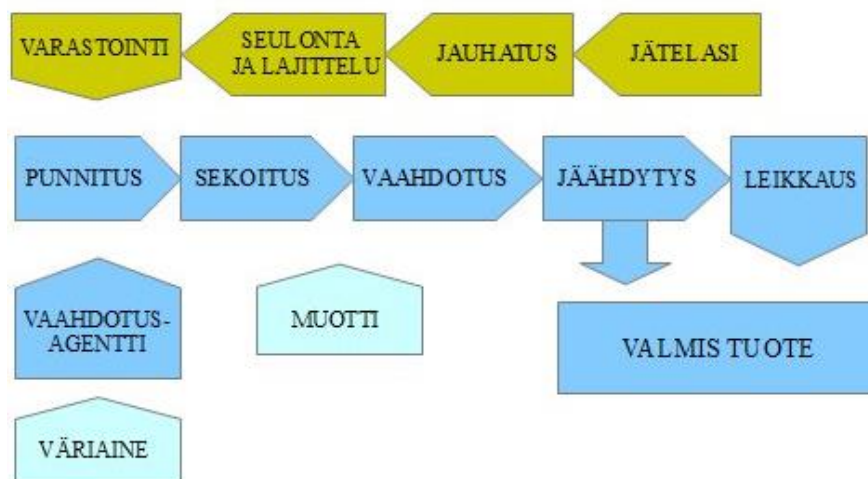


Kuva 1. Kuva havainnollistaa kuplan muodostumisen massassa. (Steiner 2006, 120.)

Lämpötilan oikeanlainen säätely on ensisijaisen tärkeää vaahdottumisprosessissa. Lämpötilan nousunopeus voi olla verrattain nopea aina sintraantumisvaiheeseen saakka. Sen aikana lämpötilaa nostetaan rauhallisesti, jotta massa ehtii sintraantua tasaisesti. Jos lasi on jauhamaista, kun vaahdotusagentti aktivoituu, se karkaa massasta, eikä vaahdottumista tapahdu. Poltto-ohjelmaan vaikuttaa myös vaahdotettavan kappaleen koko. Suurempi massa vaatii enemmän aikaa tasaiseen lämpötilan vaihtumiseen, aivan kuten mikä tahansa lasiaines. Sintraantumisen jälkeen lämpötilan tulisi taas nousta nopeammin. Tässä vaiheessa tapahtuu varsinainen vaahdottuminen, mutta jos lasimassaa kuumennetaan liian kauan ja kuplakoko kasvaa kovin suureksi, voivat ohuet lasiseinämät niiden välissä sortua, mikä tekee valmiista massasta epätasaista ja haurasta. Lasin viskositeetin täytyy pysyä tarpeeksi suurena, eli lasin tulee olla riittävän jähmeää, jotta muodostuvat kuplat pysyvät lasimassan sisällä eivätkä pääse sen läpi. Kun sopiva vaahdottuminen on saavutettu, lämpötilaa lasketaan aluksi nopeasti, jotta vaahdotusprosessi loppuu. Kappale täytyy kuitenkin jäädyttää hallitusti, jotta lasiin ei jää jännitteitä. (Steiner 2006, 94.)

Vaahdottajina käytetään useita eri aineita. Vaikutustapansa kautta ne voidaan jakaa kahteen eri ryhmään; toinen sisältää neutraalit vaahdottajat, jotka synnyttävät kaasua hajotessaan lämpötilan vaikutuksesta, kuten kalsiumkarbonaatti. Toinen ryhmä ovat pelkistyneet vaahdottajat, jotka synnyttävät kaasua kemiallisen reaktion johdosta, kuten hiili. (Steiner 2006, 95.)

Vaahtolasin ympäristövaikutukset riippuvat sen valmistuksesta, johon voidaan lukea lasin kierrätysprosessi lasijauheeksi, vaahdotusagentti, mahdolliset väriaineet, kuljetukset, lasijauheen ja muiden lisättävien aineiden sekoitus, muottien materiaalit ja valmistus, massan sulatus ja jäädytys, sekä mahdollinen jälkityöstö, kuten mittansahaus. (Ritola & Vares 2008, 45.)



Kuvio 2. Vaahtolasin tuotantoprosessin päävaiheet Ritolan ja Vareksen (2008, 22) periaatekaaviota mukaillen. Oleelliset lisätekijät opinnäytetyön tuotekehityksessä ovat seokseen lisättävät väriaineet ja vaahtotuksessa käytettävät muotit.

3.2 Kierrätyslasin käyttö

Vaahtolasia voidaan valmistaa neitseellisistä lasin raaka-aineista sekä osittain tai kokonaan uusiolasista. Kierrätyslasin käyttö on järkevää ekologisesti ajateltuna. Se muun muassa vähentää lasin valmistuksen energiantarvetta ja uuniprosessin hiilidioksidipäästöjä, sillä kertaalleen sulatetusta lasista ei vapaudu enää lainkaan karbonaatteja. (Uusioaines Lasisirun käytön hyödyt n.d.)

Merkittävimmät kierrätyslasin hyödyntäjät ovat jo pitkään olleet pakkauslasi- ja lasivillateollisuus. Tehostunut lasinkeräys ja käsittely uusioraaka-aineeksi lisäävät kierrätyslasin saatavuutta ja uudenlaisia hyödyntämiskohteita tarvitaan. VTT:n julkaisemassa tiedotteessa Ritola ja Vares (2008, 8) kartoittavat kierrätyslasin saatavuutta ja käyttömahdollisuuksia vaahtolasituotannossa, jota tuolloin ei Suomessa ollut. Sittemmin Forssaan on perustettu vaahtolasimurskeen tuotantolaitos, mutta asetelma ei silti ole ratkaisevasti muuttunut: Uusiolasia on tarjolla enemmän kuin käyttökohteita ja keräyslasin käsittelykapasiteetti on huomattavasti suurempi kuin kiertoon saatavan lasin määrä (YLE Uutiset Häme 2012).

Palautuspullojen erinomaista kierrätysastetta lukuun ottamatta lasi palautuu Suomessa kiertoon melko huonosti. Vuonna 2007 lasin kierrätysprosentti kokonaisuudessaan oli Suomessa vain vain 61,02, kun esimerkiksi Ruotsissa ja Belgiassa päästiin selvästi yli 90 %:n. (Uusioaines Oy Tilastot; YLE Uutiset Häme 2012.) Tämä saattaa johtua

mielikuvasta, ettei sekalaisella kierrätyslasilla oikeasti ole käyttöä, tai ettei sitä kyetä hyödyntämään, mikä onkin osittain totta, mutta ei uusiolasin asettamien rajoitusten vuoksi. Lasi, keraamiset ainekset, muovit, metallit ja muu lasinpuhdistuslaitokselle päätyvä materiaali erotellaan ja kierrätetään uuden teknologian avulla erittäin tarkasti (kuva 2). Lisäksi vaahtolasituotannossa voidaan hyödyntää monipuolisesti erilaista lasia, eivätkä pienet määrät epäpuhtauksia aiheuta valmistuksessa ongelmia (Ritola & Vares 2008, 9).

Lasia voidaan kierrättää ikuisesti ilman sen ominaisuuksien heikkenemistä ja myös vaahtolasiksi valmistettu lasiaines on mahdollista jauhamalla palauttaa takaisin kiertoon. (Uusioaines n.d.)



Kuva 2. Lajiteltua lasimursketta Uusioaines Oy:n lasinpuhdistuslaitoksella Forssassa. (Kuva Jari Vesterinen)

3.3 Vaahtolasin käyttökohteet

Boris K. Demidovich kertoo kirjassaan *Manufacture and uses of foamglass*, että vaahtolasin esittelivät ensimmäisinä venäläiset Moskovassa vuonna 1932 pidetyssä konferenssissa. Saman vuosikymmenen aikana tehtiin ympäri maailmaa useita mielenkiintoisia tutkimuksia vaahtolasin valmistuksesta ja haettiin patentteja. Toinen maailmansota keskeytti tuotekehityksen Euroopassa, mutta Yhdysvalloissa sitä jatkettiin. Suuren mittakaavan tuotanto eristerakenteena käynnistyi

Yhdysvalloissa 30-luvun lopulla Pittsburgh Corningin toimesta. Vaahtolasieristeet menestyivät markkinoilla ja Pittsburgh Corning on vuosien kuluessa laajentanut toimintaansa ympäri maailmaa. (Belglas 2014; Foamglas® Eristysjärjestelmät koko rakennukseen n.d., 2.)

Tänä päivänä vaahtolasin valmistajia on useita. Edelleenkin vaahtolasituotanto keskittyy erilaisiin eristevalmisteisiin, kuten levytuotteisiin, joista merkittävimpinä voidaan mainita terassi- ja tasakattoeristeet. Lisäksi valmistetaan mursketta, blokkeja, muotoeristeitä ja pellettejä. Vaahtolasia voidaan käyttää myös eristävän kevytbetonin valmistukseen korvaamalla betonin runkoaines osittain vaahtolasipelleteillä tai -murskeella. Vaahtolasituotteet soveltuvat hyvin eristeiksi tunneli- ja väylärakenteisiin. Valmiiksi mittaansahattuja laattoja käytetään eristeenä myös perustuksissa, julkisivuissa ja sisätiloissa. Murskeen muodossa vaahtolasia voidaan käyttää muun muassa teiden, rakennusten ja kenttien alla routaeristeenä sekä täyte- ja kevennemateriaalina. (Ritola & Vares 2008, 24-25.)

Suomessa vaahtolasia valmistaa Forssassa toimiva Uusioaines Oy. Yritys aloitti toimintansa vuonna 1995 lasinpuhdistuslaitoksena keräten ja käsitellen kierrätyslasia, joka puhdistetaan, murskataan ja lajitellaan koon ja värin mukaan. Vaahtolasimursketta Uusioaines on valmistanut vuodesta 2011 Foamit-tavaramerkillä (kuva 3).



Kuva 3. Foamit®-vaahtolasimursketta. (Kuva Jari Vesterinen)

4 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Työn tavoite oli valmistaa vahtolasielementtejä muottien avulla, siten ettei jälkityöstöä tarvita. Vaahdotettujen kappaleiden haluttiin olevan polton jälkeen oikeassa mitassa ja visuaalisesti miellyttäviä.

Opinnäytetyössä keskitytään vahtolasin valmistusprosessin hallitsemiseen. Tuoteaihioiden käyttökelpoisuutta tarkastellaan silti myös laajemmin, sillä hyvä suunnittelu edellyttää eri tekijöiden kattavaa määrittelyä. Tuotteen suunnittelussa olleellisia asioita ovat valmistustekniikan ja ulkonäön lisäksi rakenteellinen kokonaisuus ja yksityiskohdat, kestävyys, varastointi- ja pakkausvaatimukset, asennustapa, huollettavuus, taloudellisuus ja ympäristövaikutukset. Erityisesti julkisivutuotteissa tärkeitä seikkoja ovat myös pinnan puhdistettavuus sekä rakentamisessa vaadittavat testaukset ja sertifiointit. (Anttila 1996, 207; Häti-Korkeila & Kähönen 1985, 80.) Vaikka monet edellä mainituista tekijöistä vaikuttavat tuotesuunnitteluun, vaatii niiden syvälinen tarkastelu materiaaliominaisuuksiltaan pitkälle kehitetyn mallikappaleen, jota tämän opinnäytetyön puitteissa ei vielä tehty.

Tuotesuunnittelu sisälsi erityyppisiä laattamalleja, joilla muotoonvaahdottumista testattiin. Mallikappaleiden kautta tarkoituksena oli saada selkeä ja havainnollistava käsitys siitä, miltä todellinen vahtolasituote tulisi näyttämään. Työn fokus ei kuitenkaan ole tuotemallien suunnittelussa, vaan nämä mallit toimivat pohjana tulevalle tuotesuunnittelulle.

4.1 Rifolasi-hanke

Rifolasi-hanke käynnistyi vuonna 2010 toimien yhteistyössä Hämeen ammattikorkeakoulun muotoilun koulutusohjelman sekä useiden Riihimäen ja Forssan seudun lasiryitysten kanssa. Yksi tiiviisti mukana ollut yhteistyöyrittäjä oli jo aiemmin mainittu Uusioaines Oy, joka kerää ja käsittelee kierrätyslasia valmistuen siitä lasijauhetta sekä myyntiin että materiaaliksi omaan vahtolasituotantonsa. Hankkeen tarkoituksena oli kehittää kierrätyslasille uusia käyttökohteita ja -tapoja. Tutkimus jakautui useaan osioon, joista kaikissa testattiin lasijauheen tai -murskeen käyttöä.

Vahtolasin tutkimukseen keskittyvässä osiossa syntyivät ensimmäiset muoteissa vaahdotetut kappaleet ja värjäykset, joiden kehitystä tämä opinnäytetyö jatkaa (kuva 4). Tuoteinnovoinnin lisäksi vahtolasiosiossa tehtiin materiaalitutkimusta, jossa tavoitteena oli löytää vahtolasituotannon energiantarvetta pienentäviä vaahdotusagentteja. Vahtolasitutkimuksesta vastasi muotoilun opettaja Jari Vesterinen.

Mukana toimi useita HAMKin opiskelijoita, muotoilun opettaja Erkki Kaija ja muotoilun assistentti Marjo Kilgast.

Hanke päättyy toukokuussa 2014 ja nelivuotisesta tutkimuksesta painetaan julkaisu.



Kuva 4. Rifolasi-kokeissa havaittiin, että massa muotoutuu muotin kuvioinnin mukaan ennen kuin vaahdottuminen alkaa. Näin syntyi kappaleita, joissa muotin raitakuvio oli tasaisesti kappaleen pohjapinnassa, vaikka pohja olikin kupruillut. Myöhemmin tämän tajuttiin johtuvan massa sintraantumisvaiheesta ennen vaahdottumista. (Kuva Marjo Kilgast)

4.2 Jauhin-työpaja

Uusia tuoteinnovaatioita ja ajatuksia päästiin peilaamaan ryhmässä 10.2.2014 järjestetyssä Jauhin-työpajassa. Tilaisuus oli tarkoitettu yhteiseksi HAMKin opiskelijoille ja lasi- ja keramiikka-alan yrittäjille. Suunnittelupajassa käytiin läpi Rifolasisa saatuja tuloksia ja ideoitii ohjatusti pienryhmissä työskennellen uusia käyttökohteita, valmistusmenetelmiä, materiaaliyhdistelmiä ja yhteistyökumppaneita. Ideoinnissa käytettiin NABC-mallia, jolla kartoitetaan tarvetta (need), ratkaisua (approach), hyötyjä (benefits) ja kilpailua (competition).

Mahdollisia käyttökohteita vahtolasille ovat eristämisen lisäksi esimerkiksi julkisivulaatat, mikäli niihin tehdään parannuksia

iskunkestävyyden suhteen, kosteiden sisätilojen laatat ja akustiikkalevyt. Samansuuntaisia ideoita keksittiin myös Jauhimessa. Vaahtolasin ympärille syntyneitä tai siihen liitettävissä olevia ideoita olivat edellä mainittujen lisäksi muun muassa melusteet, julkisten tilojen rakenteet, kuten alueiden ja tilojenjakajat sekä leikkipaikkojen kalustot, väliseinät ja akustiikkalevyt.

4.3 Visuaalisuus

Kokeissa haluttiin selvittää miten erityyppiset pintakuviot toistuvat vaahtolasissa. Kokeiltavaksi valittiin pieniä, suuria, pehmeitä sekä teräviä kuvioita. Seinälaattoja ajatellen valittiin malleja, joissa yksittäiset kuviot toistuvat muodostaen jatkuvia kokonaisuuksia (kuva 5). Vaahtolasin pinnan muunneltavuus ja toisaalta omanlaiset piirteensä inspiroivat suunnittelua.



Kuva 5. Muottien reliefipintoja. Joidenkin kuvioiden luomat miellelyhtymät muuttuvat värityksen mukaan. Esimerkikiksi kuvassa päällimäinen kuviointi löytyy sekä merenalaisesta maailmasta että toukkien työnä puunkuoren alta.

Kun näemme jotakin tunnistettavaa, havaintoon liittyy mielikuva sen koskettamisesta; emme aisti pelkästään silmien kautta. Esimerkiksi

materiaalin sileys, karheus, kovuus, pehmeys ja kylmyys ovat asioita, jotka ymmärretään koskemalla. (von Bonsdorff 1998, 100.) Tämän haluttiin olevan mukana suunnitelluissa mallikappaleissa, siten että pintakuvioihin pyrittiin saamaan selkeä kokemus materiaalin tunnusta. Mallien tekstuuriin haluttiin olevan viimeisteltyä ja huolellista, välttämällä konemaisen tarkkaa ja säännöllistä, klinistä jälkeä. Taustalla oli ajatus tuoda tehdasvalmisteisten elementtien ja teknisen ympäristön pariin personoitua ja inhimillistä tuntua.

Vaahtolaselementit suunniteltiin asennettaviksi kiinni toisiinsa, ilman saumausta. Saumat laattojen välissä ovat vahva osa visuaalista kokonaisuutta. Niiden muodostamat viivat ovat kuvioita siinä missä laattojen pintakuvioinnitkin ja olisivat rikkoneet jatkuvuutta, joka suunnittelussa oli yksi perusajatus. Puskusauman käyttömahdollisuus todellisessa tuotteessa ja asennuksessa vaatii kuitenkin selvittämistä jatkossa.

5 TUOTEKEHITYS

Kokeissa keskityttiin käyttämään ainoastaan yhtä vaahdotusagenttia, jota Rifolasin puitteissa oli jo kokeiltu lupaavin tuloksin. Kyseisen vaahdottajan aikaansaama kuplarakenne on suljettu. Tämä tarkoittaa, että kuplat eivät ole yhteydessä toisiinsa, mikä tekee vaahtolasikappaleesta kestävä. Lisäksi vaahdottajan vaikutus vaahtolasin väriin on vähäinen, kun taas eräät vaahdottajat muuttavat väritystä hyvinkin radikaalisti. Esimerkiksi tumman pohjaväriin antava vaahdottaja ei ole vaahtolasin värjäämisen kannalta hyvä vaihtoehto. Käytetty vaahdotusagentti on myös hinnaltaan edullista. Kyseessä on eri aineita sisältävä sekoitus, jonka koostumusta valmistaja ei ole julkistanut.

Lasijauhe saatiin Uusioaines Oy:ltä. Kokeissa käytettiin jauhetta, jonka raekoko oli 0-100 mikrometriä (μm). Raekoon hienoudesta saa käsityksen, kun vertaa sitä esimerkiksi ihmisen hiukseen, jonka paksuus on keskimäärin 40-100 μm .

5.1 Muottiinvaahdotus

Keskeisenä ajatuksena vaahtolasituotteiden kehityksessä oli muottien käyttö siten, että jälkityöstöä, kuten kappaleiden sahaamista tai hiomista, tarvittaisiin mahdollisimman vähän. Tämä olisi selkeä säästö työajassa ja laitteistossa. Mikäli yhtäkään pintaa ei tarvitsisi rikkoa esimerkiksi sahaamalla, olisi sillä myös vaahtolasituotteen käyttöominaisuuksiin positiivinen merkitys. Kappaleen pintaan muodostuu oikeanlaisessa vaahdotusprosessissa sisäosaa tiiviimpi kuori, josta kuplat eivät ole tulleet läpi. Tämä tiivis pinta taas ei päästä vettä läpi samalla tavalla kuin huokoinen kuplarakenne.

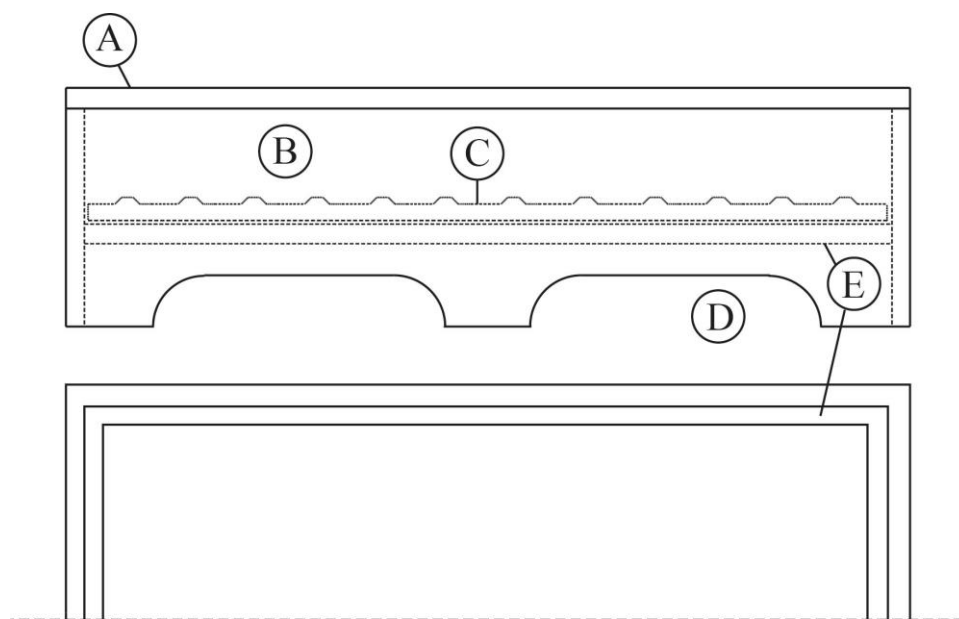
Aiemmin tehdyissä vaahtolasikokeissa havaittiin suuria eroja sahattujen ja sahaamattomien kappaleiden vedenimukyvyssä. Kolme samalla reseptillä valmistettua vaahtolasikappaleita käytettiin Wienerberger Oy:n Lappilan tiilitehtaalla 24 tunnin pakkastestissä, johon kuului 30 jäädytys-sulatus - sykliä. Kappaleet olivat ominaisuuksiltaan samankaltaisia, hyvin vaahdottuneita, tasaisella ja voimakkaasti sintraantuneella pintarakenteella. (Vesterinen 2014.) Merkittävin ero oli siinä, että osaa kappaleista oli sahattu tai hiottu. Jälkityöstämättömän koekappaleen vedenimukyky oli hyvin pieni, vain 0,4 %, kun yhdestä sivusta sahatulla kappaleella se oli 6,8 %. Heikoimman tuloksen, 14,5 %, sai kaikilta sivuilta sahattu ja hiottu. (Rainio, sähköpostiviesti 15.1.2013.) Pieni vedenimuprosentti on suoraan suhteessa hyvään pakkasenkestävyyteen, sillä materiaalin sisään pääsevä ja sinne jäävä vesi voi aiheuttaa jäätyessään pakkasvaurioita.

Vaahtolasin valmistuksessa käytetään teollisuudessa metallimuotteja. Esimerkiksi Foamglas®-elementit vaahdotetaan teräsmuotteissa, minkä jälkeen kookkaat kappaleet työstetään haluttuihin mittoihin kaikilta sivuiltaan (kuva 6) (Foamglas® Eristysjärjestelmät koko rakennukseen n.d., 7). Opinnäytetyössä käytettävät muotit ovat keraamisia, sillä ne kestävät ja pysyvät muuttumattomana vaahdotuksen vaatimissa korkeissa lämpötiloissa. Lisäksi erilaiset kokeiltavat muottirakenteet ja monimutkaisetkin pintakuviot ovat helposti muokattavissa savesta.



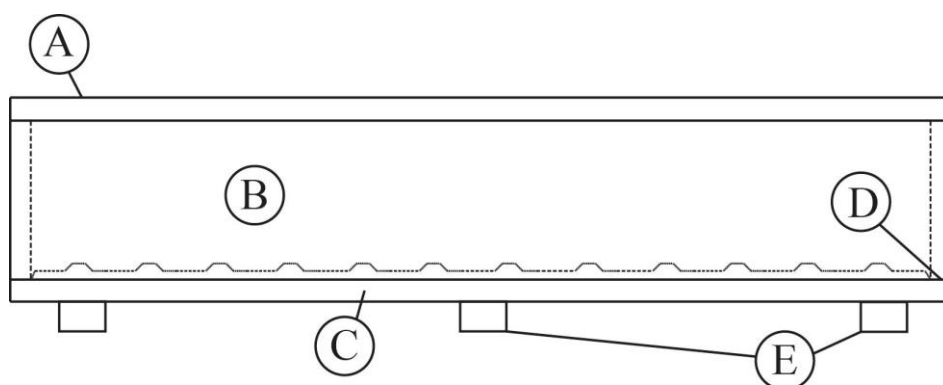
Kuva 6. Teräsmuotissa vaahdotettu vaahtolasikappale tulossa uunista Pittsburgh Corningin tehtaalla. (Foamglas Eristysjärjestelmät koko rakennukseen n.d.)

Ensimmäiset keraamiset muotit olivat mitoiltaan noin 300 mm x 300 mm x 100 mm (pituus x leveys x korkeus). Kappaleen vaahdottumiselle varattiin noin 50 mm tila ja muotin alapuoli jätettiin avoimeksi, jotta lämpö siirtyisi tasaisesti. Muotissa olevien tukien ja siihen asetettavan irtopohjan tarkoituksena oli pystyä vaihtamaan yhteen perusmuottiin erilaisia pintakuvioituja pohjia (kuva 7.). Pohjaosan ja perusosan yhteensovittaminen oli kuitenkin hyvin haasteellista, sillä seinien ja pohjan väliin ei saisi jäädä lainkaan rakoa, johon hieno lasijauhe voi päästä annosteluvaiheessa. Jos näin käy, saa massa suurempaan tilaan vaahdottuessaan pohjaosan juuttumaan kiinni. Muotin rakenne oli myös tarpeettoman suuri kuluttaen turhaan materiaalia ja valmistusaikaa.



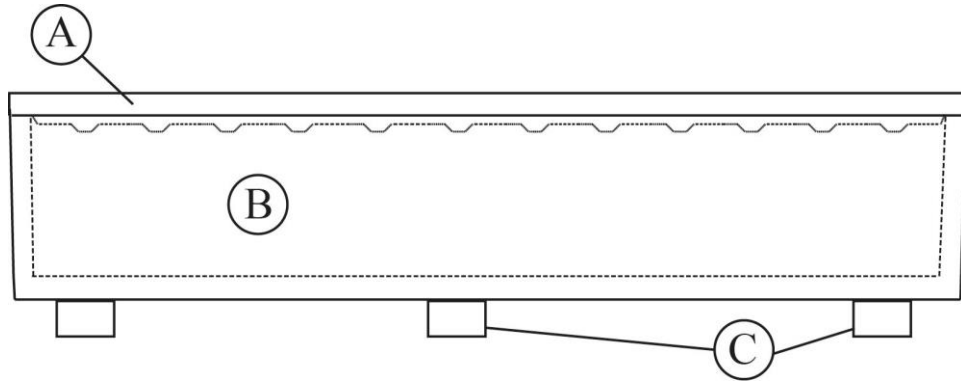
Kuva 7. Ensimmäisen muotin rakenne sivulta ja ylhäältä kuvattuna. A: Kansilevy B: Vaahdottumiselle varattu tila C: Pintakuvioitu irtopohja D: Aukot muotin alaosassa E: Muotin seinämissä olevat tuet irtopohjaa varten

Parannuksena muotin rakenteeseen suunniteltiin muutos, jossa niin sanottu perusosa tuli irtonaisen pohjaosan päälle, johon oli tehty uritus seinämiä varten (kuva 8).



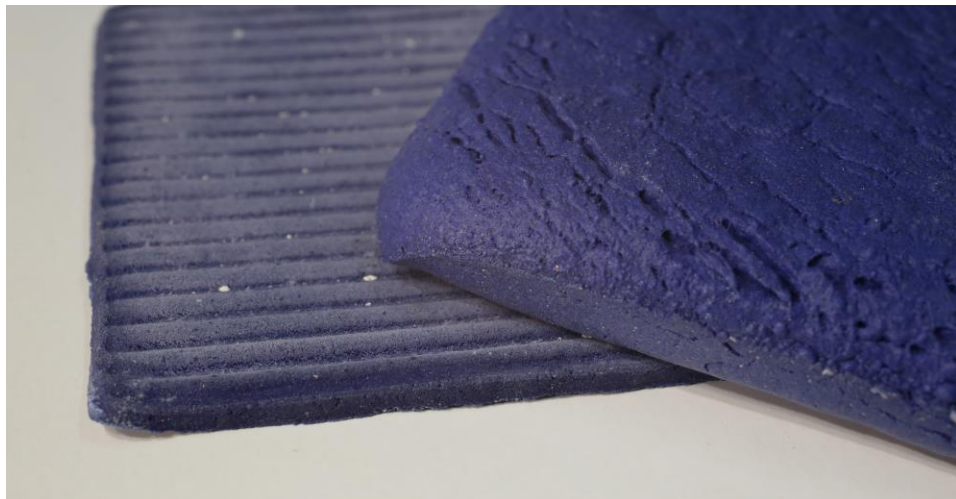
Kuva 8. Muotin rakenne sivulta kuvattuna. A: Kansilevy B: Vaahdottumiselle varattu tila C: Pintakuvioitu irtopohja D: Pohjan reunoilla kulkeva ura muotin seinämiä varten E: Erilliset palkit, joiden päälle muotti lasketaan

Tästä kuitenkin päästiin nopeasti ajatukseen kääntää koko asetelma toisin päin. Näin ollen muottiin ei tarvittu erillistä kantta ja perusosa oli yksinkertainen valmistaa ja käsitellä (kuva 9).



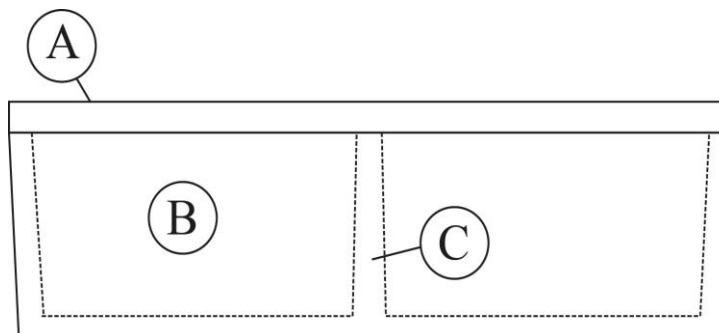
Kuva 9. Muotin rakenne sivulta kuvattuna. A: Pintakuvioidu kansilevy B: Vaahdotukselle varattu tila C: Erilliset palkit, joiden päälle muotti lasketaan

Yksi muottiinvaahdotuksessa ilmennyt ongelma oli myös muotin pinnassa erotusaineena käytetyn uunipesun jättämä vaalea väri vaahdotuneeseen kappaleeseen (kuva 10). Kuviopinnan siirtäminen muotin yläosaan vaikutti tähänkin positiivisesti, sillä massan härmääntyminen tapahtuu sen aluksi sintraantuessa. Vaahdotuessaan massa ei enää pureudu muotin pintaan samalla tavalla, joten seinämiin ja yläosaan ylimääräistä väriä ei tartu ollenkaan.



Kuva 10. Alemmassa kappaleessa näkyy muotista tarttunut vaalea värjäytymä. Vieressä normaali väritys.

Lisäksi tehtiin pienempikokoinen muotti, jonka avulla nähtiin kokoerojen vaikutus vahtolasin valmistuksessa ja voitiin tehdä värikokeita tehokkaasti. Muotti oli yhtenäinen ja siinä oli neljä samankokoista neliön mallista paikkaa vaahdottamiselle (kuva 11). Muotin päälle asetettiin irtokansi.



Kuva 11. Pienemmän muotin rakenne sivulta kuvattuna. A: Kansilevy B: Vaahdottumiselle varattu tila C: Väliseinä

5.2 Koe vaahdotusprosessin vaiheista

Valmiista koekappaleista saattoi nähdä, kuinka hyvin ne toistivat muotin kuviointia. Vaahdottumisen laatua oli mahdollista päätellä muun muassa kappaleiden ja kuplien koosta sekä pinnan sulaneisuudesta. Toimivan uuniohjelman kannalta erittäin oleellista vaahdottumislämpötilaa oli kuitenkin vaikeampi arvioida. Paras tapa selvittää prosessin vaiheet oli toteuttaa koepolttto, jonka aikana uunin kantta raotettiin tasaisin väliajoin ja lämpötilat ja muutokset dokumentoitiin. Kokeessa käytetty uuni oli pienikokoinen tasolasiuuni, jonka kantta nostamalla oli helppo nähdä uunin sisään sen pohjan tasalta. Kannen raottamisella oli toki vaikutusta uunin lämpötilaan, joka laski muutamia asteita jokaisella raotuskerralla, mutta tämän vaikutuksen vaahdottumisen oleellisiin vaiheisiin oletettiin olevan minimaalinen.

Kokeessa havaittiin, että pehmetessään massa sintraantuu ja alkaa kutistua voimakkaasti. Hyvin nopeasti sen jälkeen alkaa vaahdottuminen. Kappale vaahdottui kokeessa maksimikokoonsa paljon odotettua nopeammin ja matalammassa lämpötilassa. (kuva 12). Tuloksena syntynyt kappale ei ollut alapinnaltaan tasaisesti vaahdottunut, mutta tasaisuuteen vaikuttavat enemmän muut tekijät poltto-ohjelmassa, kuin huippulämpötila, joten käytettyä lämpötilaa laskettiin seuraavissa vaahdotuskokeissa.



Kuva 12. Vaahdottumisprosessista otetut kuvat osoittavat, kuinka massa lähtee aluksi sintraantumaan ja kutistuu, minkä jälkeen vaahdottuminen alkaa ja kappale muotoutuu hyvin nopeasti maksimikokoonsa.

Muotin alapinnalla oleva kuvio jäljentyy massaan sen pehmetessä ja sintraantuessa. Ikävä kyllä massa myös kutistuu juuri tässä vaiheessa ja peräkkäiset koonvaihtelut saattavat vaikuttaa tietynlaisiin kuvioihin siten, että kappaleeseen muodostuu epäsäännöllisiä kaksoiskuvia (kuva 13.). Reliefipinnan siirtäminen muotin yläosaan on tässäkin ongelmassa eduksi.



Kuva 13. Massa (oik.) on liikkunut vaahdotuessaan aiheuttaen sen, että muotin kuvio (vas.) on siirtynyt kappaleeseen epätasaisesti. Joissakin kuvioissa tämä voi olla hyväksyttävää ja visuaalisesti kiinnostavaa, mutta esimerkin kaltaisissa säännöllisissä aiheissa lopputulos näyttää ainoastaan epäonnistuneelta.

5.3 Vaahtolasin värjäys

Lasijauhe on väriltään vaalean vihertävää ja pysyy vaahdotumisen jälkeen samanlaisena. Oman lisänsä tuo vaahdotusagentti, joka aineesta riippuen voi muuttaa vaahtolasikappaleen väriä voimakkaastikin. Vaahtolasin käyttöä visuaalisena elementtinä ajatellen sen värjäys on perusteltu tutkimusaihe.

Elina Kallioinen teki värikokeita karbonaateilla sekä keraamisilla pigmenteillä Rifolasi-hankkeessa vuonna 2012. Osa hiiltä sisältävistä karbonaateista toimi samalla myös vaahdotusaineena. Pigmenttikokeissa käytettiin erikseen vaahdottajaa, joka oli eri kuin tässä opinnäytetyössä käytetty. Tulokset osoittivat, että vaahtolasi värjäytyy hyvin, joskin jotkin pigmenttien sisältämät väriaineet, kuten kromi, vaikuttavat häiritsevästi itse vaahdotumiseen. (Kallioinen 2012.)

Opinnäytetyössä käytettiin ainoastaan keramiikan yleispigmenttejä. Pigmentti on keraaminen väri, joka on valmistettu keramiikan raaka-aineista ja oksideista. Väriaineiden lisäksi käytetään muita raaka-aineita, jotka muokkaavat esimerkiksi pigmenttien lämmönkestokykyä. Pigmenttien valmistuksessa pyritään luomaan mahdollisimman stabiili rakenne, jotta värisävy pysyy muuttumattomana eri olosuhteissa. (Hortling n.d.; Jylhä-Vuorio 1992, 153.)

Värjäytymiseen tarvittavissa pigmenttimäärissä oli eri värien välillä suuria eroja. Pääsääntöisesti siniset pigmentit antoivat voimakkaan värin jo muutaman prosentin lisäyksellä, kun taas keltaiset ja punaiset vaativat moninkertaisen määrän, kuten jo Kallioinen (2012) oli omissa värikokeissaan todennut.

Väripigmenttien sekoittaminen ei aina toimi yhtä johdonmukaisella logiikalla kuin väriympyrän värien vaihtuminen. Jylhä-Vuorio (1992, 155) mainitsee kirjassaan esimerkkinä sinisen ja keltaisen pigmentin, joiden sekoittamisesta saadaankin vihreän sijaan usein harmaata. Tehdyissä vaahtolasikokeissa värien sekoitus kuitenkin antoi ennustettavia tuloksia. (kuvat 14-17). Valmiit kappaleet olivat lähestulkoon samanvärisiä kuin ne olivat jauheseoksina ennen vaahdotuspolttoa. Vaahdotuslämpötila on suhteellisen matala, jos ajatellaan keramiikan raaka- ja erityisesti lasituspolttolämpötilaa, joten ehkä tällä oli vaikutusta asiaan. Ero korkean ja matalan polton pigmenttien välillä ei käytetyissä lämpötiloissa havaittu.



Kuva 14. Värikokeessa käytetyt pigmentit ja määrät. A: K4628 4 % B: K4628 1 % + FK243 2 % C: FK243 3 % D: FK243 3 % + K2297 1 %. Huonolaatuinen vaahdottuminen johtuu vääränlaisesta poltto-ohjelmasta. Edellä luetellut pigmentit eivät vaikuttaneet vaahdottumiseen.



Kuva 15. Värikokeessa käytetyt pigmentit ja määrät. A: K2297 3 % B: R522 2 %
C: R522 1 % + R407 3 % D: R407 4 % . Kromipitoinen vihreä pigmentti esti
vaahdottumisen täysin, ainakin käytetyssä lämpötilassa



Kuva 16. Värikokeessa käytetyt pigmentit ja määrät. A: R407 2 % + FK5001 2 %
B: FK5001 4 % C: FK5001 2 % + FK6904 2 % D: FK6904 5 %.



Kuva 17. Värikokeessa käytetyt pigmentit ja määrät. A: FK6904 5 % + K4272 2 %
B: K4272 5 % + 4704 3 % C: FK5001 5 % + 4175 1 % D: 4175 6 %

Pigmentit ovat arvokkaita, vaihdellen väriaineiden mukaan tavallisesti noin 30-200 euron kilohinnoissa (Varnia 2014). Vaahtolasimassan läpivärjääminen ei siis ole kustannustehokasta, eikä myöskään tarpeellista. Joidenkin pigmenttien väriaineet vaikuttivat vaahdotumiseen ja kuplakokoon. Oletuksena oli että huomattavasti erilainen kuplakoko saattaisi luoda heikompia rakenteita vaihtumakohtiin. Suurimmaksi osaksi vaahdotunut massa vaikutti kuitenkin tasaiselta väristä riippumatta (kuva 18).



Kuva 18. Ylintä kappaletta lukuunottamatta eri väriaineet eivät ole vaikuttaneet kuplarakenteeseen.

Värjätyn jauheseoksen osuuden kappaleessa ei tarvinnut olla suuri, sillä vaahtolasi on täysin peittävä (kuva 19). Värjätyn ja värjäämättömän jauheen sekoittuminen sen sijaan osoittautui ongelmalliseksi, sillä kevyt aine on herkkä siirtymään lisätessä ja levitettäessä uutta jauhekerrosta.



Kuva 19. Värjäämättömän massan seassa on aivan ohut kerros pigmentillä K2297 värjättyä seosta.

Myös tarkoituksellista usealla eri pigmentillä värjäämistä kokeiltiin. Tähän tarkoitukseen eriväriset jauheseokset levitettiin muottiin kuviointitarkoituksessa tehtyihin uriin sekä tasaisesti niiden päälle. Tällainen levitystapa on mahdollinen vain jos muotin kuviopinta on alapuolella ja jauhekerrokset voidaan levittää sen päälle. Vaahdottuneessa kappaleessa havaittiin, että eri värien rajat sekoittuivat helposti ja näyttivät sotkuisilta (kuva 20). Aivan hienovaraisesti vaihtuvat värit voisivat silti toimia luomalla liukuvan vaikutelman ja antaen lisäsyvyyttä pintakuvioon.



Kuva 20. Kokeilu värjätyillä seoksilla ja reliefipinnalla kuvioinnista. Tasainen vaahdotuminen epäonnistui, minkä vuoksi värialueet siirtyivät pois kohdiltaan.

5.4 Muita pinnankuvionkeinoja

Muutamia kokeiluja tehtiin myös tasolasin ja vahtolasin yhdistämisestä. Värillisiä Desag Artista koneantiikkilaseja testattiin sekä jauhekerroksen alla että päällä. Yläpuolella oleva lasilevy sulii voimakkaasti ja vaahdottava massa työntyi osittain sen läpi, mikä johtui ainakin osittain vaahdotettavan kappaleen pyöreästä muodosta. Lasilevy jätti ohuen ja kiiltävän värikerroksen vahtolasikappaleen pintaan. Alapuolelle asetellut lasisuikaleet sulivat yhteen muodostaen kerroksellisia kuvioita vahtolasikappaleen pinnalle (kuva 21). Tasolasi ja vahtolasi kiinnittyivät

tiukasti toisiinsa eikä haitallisia jännitteitä havaittu. Tällaisella pintakoristelutekniikalla voitaisiin saada aikaan näyttäviä pintoja, mutta se myös nostaisi valmistuskustannuksia, eikä sulatetun tasolasin ja vaahtolasin yhteensopivuudesta ole vielä tarkempaa tietoa.



Kuva 21. Värillisiä tasolasin paloja yhdessä ja kahdessa kerroksessa vaahtolasin pinnalla. Vaahtolasin kuplarakenne on jäänyt näkyviin ja erottuu tasolasin läpi.

6 TUOTTEISTUS

Toimivan tuotteen ja markkinoiden välissä on monta selvitettävää asiaa. Tuotteistus tarkoittaa tuotteen ominaisuuksien määrittelyä selkeään muotoon. Tämä sisältää esimerkiksi tuotteen yleistietojen, valmistuksen, hinnan, pakkauksen ja oikeudellisten asioiden selvityksen. Vahtolasielementtien tuotekehitys on vaiheessa, jossa erilaisia teknisiä testautuksia, tarkkoja kustannuslaskelmia ja monia muita määritelmiä ei vielä voida tehdä. Opinnäytetyössä keskitytäänkin muutamiin yleisiin vahtolasielementin valmistusta ja aiottua käyttöä koskeviin asioihin, eli käydään läpi rakentamistuotteessa huomioitavia asioita sekä olemassa olevia vahtolasipatentteja. Nämä myös ohjaavat omalta osaltaan varhaisinkin tuotekehityksen suuntaa.

6.1 Patentit

Tuotekehityksen jatkamiseksi vahtolasiin liittyvien patenttien tutkiminen on yksi ensisijainen työ. Voimassa olevat patentit tulevat osaltaan määrittelemään, mihin suuntaan vahtolasituotteiden kehitystä voidaan viedä. Toistaiseksi tietoon on tullut useita patenteja, joiden vaatimuksissa on kyse vahtolasista esteettisenä elementtinä. Tällaisia valmistettuja tuotteita ei ole löydetty.

Patentin suojaama keksintö voi Patentti- ja rekisterihallituksen mukaan olla menetelmä, laite, tuote tai tällaisen uudenlainen käyttö. Tuotevaatimus suojaa tuotteen sen valmistus- tai käyttötavasta riippumatta. Menetelmävaatimus suojaa samalla sekä itse menetelmän että kyseisellä menetelmällä valmistetun tuotteen. (Patentti- ja rekisterihallitus 2014.) Patenttivaatimusten suojapiirin tulkinta vaatii asiantuntemusta ja suunnitelmissa on keskustella aiheesta innovaatioasiantuntijan kanssa.

6.2 Rakennustuotteessa huomioitavia asioita

Rakennusteollisuuden käyttöön tuleville tuotteille on asetettu lukuisia säädöksiä. Nämä riippuvat tuotteen käyttötarkoituksesta ja materiaalista. Erilaisten standardien pohjana ovat rakentamisen perusvaatimukset. Nämä perusvaatimukset liittyvät muun muassa seuraaviin asioihin:

- mekaaninen lujuus ja vakaus
- paloturvallisuus
- käyttöturvallisuus
- luonnonvarojen kestävä käyttö

Julkisivutuotteisiin saattavat vaikuttaa Rakentamismääräyskokoelman määräykset paloturvallisuudesta. Paloluokkavaatimukset määräytyvät sen mukaan, mikä on kohteen etäisyys toiseen rakennukseen (Kaitasaari, T. 2009, 8). Käytännössä vahtolasimateriaali täyttää korkeimmatkin vaatimukset.

Sade, kosteus ja pakkanen ovat merkittävimmät rasitustekijät julkisivuille (Kaitasaari, T. 2009, 6). Aiemmassa kappaleessa (5.1 Muottiinvaahdotus) kerrotaan Rifolasi-hankkeessa tehdystä pakkaskokeesta. Kaikilta pinnoiltaan rikkoutumattoman vahtolasikappaleen vedenimukyky oli 0,4 %. Tämän opinnäytetyön puitteissa ei tehty uusia testejä vedenimukyvyn mittaamiseksi, mutta aiempien tulosten pohjalta voitaneen olettaa, että ehjäpintaisen vahtolasielementin pakkasenkesto on hyvä ja vähintäänkin askel oikeaan suuntaan.

6.3 CE-merkintä

CE-merkintä on Euroopan Unionin yhteinen tuotemerkintä, jolla tuotteen valmistaja osoittaa, että sen keskeiset ominaisuudet on selvitetty. Harmonisoitu tuotestandardi ilmoittaa tuoteryhmäkohtaisesti tuotteiden selvitettävät ominaisuudet ja muut vaatimukset. CE-merkintä on pakollinen, jos tuotetta koskeva direktiivi niin vaatii.

Rakennustuotteiden CE-merkintä poikkeaa muiden tuotteiden CE-merkinnöistä siten, ettei se vielä takaa tuotteen soveltuvuutta käytettäväksi tiettyyn rakennuskohteeseen, vaan käyttäjän on varmistettava säädetyn vaatimustason täytyminen, minkä määrittävät kansalliset viranomaissäädökset, kuten Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennustuotteiksi määritellään tuotteet, jotka tulevat kiinteäksi osaksi rakennuskohteeseen. Poikkeuksia ovat muun muassa tilauksesta muuten kuin sarjatuotantona valmistetut tuotteet, joiden asennuksesta valmistaja vastaa itse, sekä paikanpäällä valmistettavat tuotteet. (SFS Ry CE-merkintä.) Tässäkin tuotteen käyttötarkoitus määrittelee osaltaan sen kuulumisen CE-merkinnän piiriin. Vahtolasieristeille on määritelty harmonisoitu standardi, mutta ensisijaisesti koristeelliseen tai akustiseen käyttöön ilmeisesti ei (hEN Helpdesk n.d.)

7 TULOKSET

Vaahdottumisen havaittiin olevan hyvin hienovarainen ja haastava prosessi, johon vaikuttavat monet tekijät. Pienet, 80 x 80 mm, vaahtolasilaatat onnistuivat suhteellisen hyvin, mutta suuremmassa koossa ei päästy yhteenkään täysin onnistuneeseen tulokseen. Suureen massaan syntyy helpommin suuria lämpötilaeroja kuin pieneen (kuvat 22 & 23). Esimerkiksi muotin keraamiset seinämät varaavat lämpöä luoden lämpötilaeroja. Tämä muodosti epätasaisuuksia vaahtolasimassan reunoille. Suuren seoksen painokin saattoi muottiinlevityksen aikana aiheuttaa tiiviimpiä kohtia, jotka vaahdottuivat eri tavalla.



Kuva 22. Hyvä esimerkki lämpötilaerojen vaikutuksesta vaahdottumiseen. Kappaleen oikea reuna on vasta sintraantumisvaiheessa, kun vasen puoli on osittain vaahdottunut jo muotin yläreunaan asti.



Kuva 23. Massa on kuumentunut yläpuolelta liian paljon ja kuplat ovat päässeet pintakerroksen läpi. Tällainen huokoinen pinta imee kosteutta ja likaantuu helpommin kuin tiivis. Lisäksi suuret kuplat tekevät rakenteesta hauraamman.

Alkuvaiheessa laajemmaksi suunniteltu laattamallien testaaminen ja kokonaisuuksien mallintaminen kuvankäsittelyä avuksi käyttäen jäi opinnäytetyössä melko vähäiseksi, sillä suurempikokoista laattaa ei saatu vaahdottumaan riittävän hyvin. Erilaisten muottipintojen mukaan vaahdottumisesta opittiin silti paljon (kuva 24). Pehmeälinjaiset muodot, niin kappaleen omana muotona kuin yksittäisenä pintana, vaahdottuivat ja toistuivat onnistuneimmin (kuva 25). Tämä ei ollut varsinaisesti yllättävä tulos; hakeutuuhan vaahtolasi vapaasti muodostuessaankin kaikkiin suuntiin pyörityen reunoiltaan. Vaahdotus saatiin onnistumaan kauttaaltaan myös muotin 90-asteisiin kulmiin ja teräviin kuvioihin (kuva 26). Uusiaineksen laatupäällikkö Tuomas Jääskeläinen (16.4.2014) kertoi opinnäytetyössä käytetyn vaahdotusagentin ominaisuuksiin kuuluvan myös sivusuuntaan vaahdottumisen.



Kuva 24. Vasemmanpuoleinen kappale on liikkunut vaahdottuessaan ja muotin kuvio on muuttunut aivan uudennäköiseksi. Samoin on käynyt toisessakin esimerkissä, mutta vaikutelma on hyvin erityyppinen.



Kuva 25. Kulhomaisissa muoteissa vaahdotettuja vaahtolasikappaleita. Vasemmalla on vapaasti ylöspäin vaahdotunut muoto. Oikeanpuoleinen kappale on vaahdotunut kansilevyyn ja hakeutunut täyttämään myös muotin kulmat.



Kuva 26. Pienempikokoiset, 80 x 80 mm, laatat vaahdotuivat tasaisesti muotin mukaisesti.

Reliefipinnan siirtäminen muotin yläosaan oli toimiva päätös, joka ratkaisi monia ongelmia muotin käsittelystä vaahtolasin kuvioinnin tasaisuuteen ja härmäntymiseen. Vaahdotuvaan massaan ei esimerkiksi muodostunut yläpuolella samanlaisia kupruja kuin kuviopinnan ollessa sen alla (kuva 27).



Kuva 27. Vasemmalla muotin suurikokoisia pallokuvioita. Vaahdotuskoe tehtiin kuviopinta alaspäin. Oikealla tulos vaahtolasikappaleessa.

Vaahdottuneen kappaleen pinta oli tasainen, sileähkö ja verrattain sulanut. Ei kuitenkaan ns. lasimaisen sileä ja kiiltävä. Pinnan likaantumisen ja puhdistettavuuden kannalta pinta vaikutti hyvältä, mutta asia vaatii lisää tutkimista.

Lasijauheen myyntihinta on erittäin edullinen. Hinnat ovat kilpailukykyisiä suhteessa esimerkiksi keramiikan materiaaleihin. Suurimmat kustannukset valmistuksessa syntyvät uunien käytöstä, massaan lisättävistä väriaineista ja muottien valmistuksesta, keraamiset muotit tosin ovat pitkäikäisiä.

Ongelmallisia tekijöitä tutkimuksessa olivat lasijauheen ja siihen lisättävien ainesosien sekoittaminen, muotteihin annostelu ja käsittely ylipäättään sekä käytetyt uunit. Näillä oli vaikutusta sekä tulosten tarkkuuteen että työturvallisuuteen. Käytetty lasijauhe toimitettiin 1000 kg:n suursäkeissä, joista se täytyi kerätä säilytys- ja sekoitusastioihin. Sekoitus vaahdotusagentin ja mahdollisten muiden aineiden, kuten väripigmenttien kanssa, tapahtui käsin, mikä oli tehottomampaa ja vaihtelevampaa kuin koneellinen sekoitus. Kaikki lasijauheen käsittely aiheutti sen pölisemistä ja siten lisäsi altistumista hienon lasipölyn hengittämiselle. Uuniohjelmien kulkua ei pystytty seuraamaan tarkasti, sillä lämpötiloissa oli suurta vaihtelua eri puolilla uunia ja lämpötilaa mittaava anturi sijaitsi uunin yläosassa lähellä vastuksia antaen eri lukeman kuin todellinen lämpötila muotin sisällä oli.

8 JATKOSUUNNITELMAT

Kokeiden kautta on saatu paljon uutta ja oleellista tietoa. Lähtökohtana olleen vaahtolasielementin kehitys on edistynyt siinä määrin, että käyttökelpoinen tuote vaikuttaa toteutettavalta. Toki nykytilanteen ja valmiin tuotteen välissä on yhä runsaasti tutkimista. Tavoitteena on jatkaa tuotekehitystä yhdistämällä saavutetut tulokset, tietoon tulleet ongelmakohdat ja uusi tutkimustieto.



Kuva 28. Suurikokoinen muotissa vaahdotettu vaahtolasilaatta. Nähtävissä on jonkin verran epätasaisuuksia, mutta kappale on vaahdotunut kauttaaltaan. Pinnassa on ohut värikerros.

Kokeita vaahdottamisen ja halutun muodon hallitsemisesta tullaan jatkamaan. Tämä tarkoittaa muun muassa uuniohjelmien parantelua. Saatavilla on myös tutkimuksessa käytettyä lasijauhetta hienojakoisempaa jauhetta, raekooltaan enintään 20 mikronia. Pienempi raekoko luo vaahdotuksessa pienemmän kuplarakenteen, mikä saattaa vaikuttaa vaahdotustuloksen tasaisuuteen. Toisaalta hienojakoinen lasipöly on työskennellessä vakavasti otettava terveyshaitta, jos sille altistumista ei pystytä kunnolla estämään.

Värjäyskokeita aiotaan jatkaa aiempaa monipuolisemmin. Perusvärjäysten värikirjastoa kartutetaan tekemällä lisää sekoituskokeita kahdella ja useammalla pigmentillä. Tämän lisäksi kokeillaan valmiiden lasi-

vaahdottaja-pigmentti -seosten sekoittamista ja niillä kuviointia. Vaahdottamista haittaavien pigmenttien käyttöä voidaan kokeilla ohuen värjätyn pintakerroksen tai kuvioiden tekemisessä. Kalliiden pigmenttien lisäksi on kannattavaa hakea muitakin vaihtoehtoja värjäykseen ja testata esimerkiksi edullisten, turvallisten ja saatavilla olevien jättemateriaalien soveltumista värinantajiksi.

Työturvallisuuden parantaminen on tärkeä osa vaahtolasielementtien jatkokehitystä. Lasijauheen, vaahdotusagentin ja muiden seokseen mahdollisesti lisättävien aineiden sekoittamista ja annostelua voitaisi kokeilla märkäseoksena. Tämä tarkoittaa, että kaikki aineet lisättäisiin pieneen vesimäärään, mikä vähentäisi huomattavasti lasipölyn määrää työskennellessä. Toisaalta seos täytyisi myös kuivattaa ennen vaahdottamista. Toinen tapa ehkäistä lasipölylle altistumista on eristää lasijauhe käsiteltäessä sitä. Tämä tarkoittaisi esimerkiksi jauheiden sekoittamista ja annostelua ikkunallisessa kaapissa, jonka läpi työskenneltäisiin hanskojen kanssa kuten hiekkapuhalluskaapissa. Jauheen käsittelyä vaativat toimenpiteet eivät ole erityisen hankalia ja niin sanotun eristetyn linjan rakentaminen ja käyttäminen vaikuttaa helposti toteutettavalta.

Osittain vaahtolasituotteiden jatkokehitystä ja mahdollista tuotantoa varten perustin alkuvuodesta 2014 yrityksen toiminimellä Studio Aba Luostarinen. Yritys toimii tällä hetkellä Hämeenlinnassa. Tarkoituksena on jatkaa tuotekehitystä ja hakea yhteistyökumppaneita. Seuraava vaihe tuotekehityksen edettyä on referenssikohteen valmistaminen.

9 LÄHTEET

Anttila, P. 1996. Käsityön ja muotoilun teoreettiset perusteet. Porvoo: WSOY.

Bonsdorff von, P. 1998. Tunteminen ja tuttuus. Inhimillinen kosketus Alvar Aallon mikromaailmassa. Kotka: Kotkan kaupunki.

Häti-Korkeila, M. & Kähönen, H. 1985. Tuotesuunnittelun perusteita. Porvoo: WSOY.

Jylhä-Vuorio, H. 1992. Keramiikan materiaalit. Helsinki: VAPK-kustannus.

Ritola, J. & S, Vares. 2008. VTT Tiedotteita Keräyslasin hyötykäyttö vaahtolasituotteina. Espoo: VTT.

Steiner, A. C. 2006. Foam glass production from vitrified municipal waste fly ashes. Eindhoven: Eindhoven University Press.

Sähköiset lähteet

Belglas. Cellular glass, a Russian or an European invention. Viitattu 18.4.2014.

<http://belglas.com/2014/02/02/cellular-glass-a-russian-or-an-european-invention/>

Foamglas® Eristysjärjestelmät koko rakennukseen, Viitattu 4.4.2014.

http://www.fi.foamglas.com/_/frontend/handler/document.php?id=692&type=42

Foamit® Ympäristö Viitattu 22.4.2014.

<http://www.foamit.fi/DowebEasyCMS/?Page=FoamitYmparisto>

Hortling, A. Keramiikan värit, pigmentit. Viitattu 16.4.2014.

http://www.airihortling.fi/Keramiikan_varit_pigmentit.pdf

Kaitasaari, T. 2009. Julkisivumateriaalin valinta pientalokohteessa. Turun ammattikorkeakoulun opinnäytetyö. Viitattu 24.4.2014.

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/33091/Kaitasaari_Tommi.pdf?sequence=1

Uusioaines Oy. Viitattu 22.4.2014.

<http://www.uusioaines.com>

Uusioaines Oy. Tilastot. Viitattu 4.4.2014.

<http://www.uusioaines.com/DowebEasyCMS/?Page=Tilastot>

Uusioaines Oy. Lasisirun käytön hyödyt. Viitattu 22.4.2014.

<http://www.uusioaines.com/DowebEasyCMS/?Page=Lasisirunkaytonhyodyt>

Varnia. Yleispigmentit, jauheena. Viitattu 12.4.2014.

http://varnia.fi/product_catalog.php?c=33&page=1

YLE Uutiset Häme 2012. Pilttipurkitkin kannattaa kierrättää. Viitattu 18.4.2014.

http://yle.fi/uutiset/pilttipurkitkin_kannattaa_kierrattaa/6205907

Julkaisemattomat lähteet

Kallioinen, E. 2012. Vaahtolasikokeet. Hämeen ammattikorkeakoulu. Muotoilun koulutusohjelma. Lasin ja keramiikan pääaine. Projektiraportti.

Rainio, J. 15.01.2013. Pakkaskokeet. Vastaanottaja Erkki Kaija. (sähköpostiviesti). Viitattu 22.4.2014.

Vesterinen, J. 2014. Vaahtolasikokeet. Hämeen ammattikorkeakoulu. Muotoilun koulutusohjelma. Lasin ja keramiikan pääaine. Rifolasi-hankkeen tutkimusraportti.

Kuvat

Kuvat 1: Steiner, A. C. 2006, 120

<http://alexandria.tue.nl/extra2/200611231.pdf>

Kuva 2: Vesterinen, Jari

Kuva 3: Vesterinen, Jari

Kuva 4: Kilgast, Marjo

Kuva 5: Luostarinen, Johanna

Kuva 6: Foamglas® Eristysjärjestelmät koko rakennukseen n.d.

<http://www.fi.foamglas.com//frontend/handler/document.php?id=692&type=42>

Kuvat 7-28: Luostarinen, Johanna