



CPL-hartsin koveteaineiden tutkiminen ja vertailu

Tuomas Mäntysaari

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2022

Laboratoriotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Laboratoriotekniikan tutkinto-ohjelma

MÄNTYSAARI, TUOMAS:
CPL-hartsin koveteaineiden tutkiminen ja vertailu

Opinnäytetyö 24 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Marraskuu 2022

Opinnäytetyön toteutettiin Prefere Resins Finland Oy:n tuotekehityslaboratoriossa Haminassa. Työn taustana oli yrityksen asiakasyhtiön pyyntö tutkia vaihtoehtoisia koveteaineita sen melamiiniformaldehydi- (MF) ja CPL-hartseille. Työn tavoitteena oli selvittää, voiko CPL-hartsin koveteaineita käyttää melamiiniformaldehydihartsin kovettamiseen tai päinvastoin. Tutkimuksissa käytettiin CPL-hartsia, sillä sopivaa MF-hartsia ei Haminassa ollut saatavilla. Tutkitut koveteaineet olivat MF-hartsin kovettajia.

Tarkoituksena oli valmistaa seoksia eri koveteaineista ja hartsista eri pitoisuuksilla. Kullekin seokselle määritettiin ensin kovettumisaika, jonka jälkeen niille suoritettiin reometrianalyysi. Näyteseoksilla, joiden tulokset koettiin hyväksyttäväksi, impregnoitiin papereita, joista puristettiin laminaattilevyt. Laminaattien vedenkestävyyttä tutkittiin SFS EN 438-2 -standardin mukaisin analyysin. Kaikkiaan tutkittavia kovetteita oli neljä, joista yksi oli standardikovettaja, jonka tuloksiin muita kovettajia verrattiin.

Kovettumisajan ja reometrianalyysin tulosten perusteella yksi koveteaineista hylättiin jatkotutkimuksista. Muiden kovettajien kohdalla tulokset olivat hyvin samankaltaisia standardikovettajan kanssa, joten näiden tutkimusten perusteella koveteaineet todennäköisesti ovat yhteensopivia eri hartsin kanssa.

Työstä saadut tulokset ovat lupaavia ja antavat suuntaa jatkotutkimuksille. Samat analyysit on syytä toistaa jollakin toisella hartsierällä ja selvittää, vaikuttaako hartsierä merkittävästi tuloksiin. Myös impregnointi ja laminaattien puristus pitää tutkia varsinaisilla linjastoilla, sillä kaikki työn impregnointi tehtiin käsin ja laminointi pienellä puristimella yksi levy kerrallaan.

Tutkittujen kemikaalien koostumuksia ei työssä paljasteta, vaan niistä käytetään yhtiön omia nimikoodeja.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Laboratory Engineering

MÄNTYSAARI, TUOMAS:
Analysis and Comparison of Hardening Agents of CPL resin

Bachelor's thesis 24 pages, appendices 6 pages
November 2022

This bachelor's thesis was done in the product development laboratory of Prefere Resins Finland Oy in Hamina, Finland. The starting point for this thesis was Prefere's sister company's request to research alternative hardening agents for their melamine formaldehyde (MF) and CPL resins. The end goal of the investigation was to find out if it is possible to use the same hardening agents for both types of resins. The hardening agents used in the study were those of MF resin, which were mixed with CPL resin.

The objective of the thesis was to prepare samples of resin and hardening agent mixtures, in various concentrations. Hardening time was measured for every sample, after which a rheometric analysis was done. The research was continued by impregnating paper with some of the samples and pressing laminates from the impregnated papers. The laminates' ability to resist water was analyzed according to the SFS EN 438-2:2005 standard. In total there were four different hardening agents, one of which was used as a standard control sample.

Due to the results of the hardening time and rheometric analysis, one of the hardening agents was abandoned from further studies. The results of the rest of the samples were very similar to those of control sample. This means that it can be assumed that it is possible that the hardening agents are compatible with different kinds of resins.

The end results of the thesis are promising and with further research the main objective is reached. The analyses should be repeated for a different resin batch to find out if it has some effect on the results. The impregnation and laminate pressing were done by hand in small scale so the studied samples should be tested on a proper impregnation and laminate press line.

The chemical compositions of the studied chemicals were omitted from this report and when referring to them names internal to the company are used instead.

Key words: CPL resin, CPL laminate, paper impregnation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TEORIA	6
	2.1 CPL-laminaatti.....	6
	2.2 Impregnointi	6
	2.3 Reologiset mittaukset.....	8
3	MATERIAALIT JA MENETELMÄT	9
	3.1 Tutkitut kovettajat	9
	3.2 Näytteiden valmistus	9
	3.3 Reometriset mittaukset	9
	3.4 Impregnointi ja laminaattien puristus.....	10
4	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	12
	4.1 Kovettumisajat.....	12
	4.2 Reometrin tulokset	12
	4.3 Paperi-impregnointi ja laminaattien puristus	13
5	POHDINTA	16
	LÄHTEET	18
	LIITTEET	19
	Liite 1. 9160L 6%, 9145L 3% ja 4% kovetteet verrattuna 9317L 6%. .	19
	Liite 2. 9850L reometrikuvaajat 1-5,5 % pitoisuuksilla.	20
	Liite 3. Keittotestien tulokset.	21
	Liite 4. Liotustestien tulokset.....	23

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö suoritettiin Prefere Resins Finland Oy:n tuotekehityslaboratoriossa Haminassa. Prefere Resins valmistaa hartseja muun muassa rakentamiseen, kuten esimerkiksi laminaatteihin ja vanerin valmistukseen, sekä teollisuuteen ja eristeisiin.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää sopivin vaihtoehtoinen kovete, joka sopii käytettäväksi sekä melamiiniformaldehydi- (MF) ja CPL-hartsin kanssa. CPL tarkoittaa jatkuvatoimisesti puristettua laminaattia. Tutkimus tehtiin Preferen asiakkaan tilauksesta. Koska Haminan tehtaalla ei valmisteta kyseisen asiakkaan tuotetta vastaavaa MF-hartsia, tutkimukset tehdään käyttäen CPL-hartsia ja MF-hartsin kovetteita, tavoitteena saada vastaavanlaisia tuloksia, kuin nykyään käytössä oleva CPL-hartsi + CPL-koveteseoksella. Saatujen tulosten perusteella kyseinen asiakas voisi kehittää omia prosessejaan eteenpäin.

Tutkimuksissa käytettiin yhdenlaista CPL-hartsia, johon tehtiin seoksia neljällä kovetteella eri pitoisuuksissa. Tutkitut kemikaalit ovat luottamuksellisia, joten niistä käytetään tässä raportissa niiden konserninsisäisiä tuotenimiä eikä niiden kemiallisia koostumuksia paljasteta.

2 TEORIA

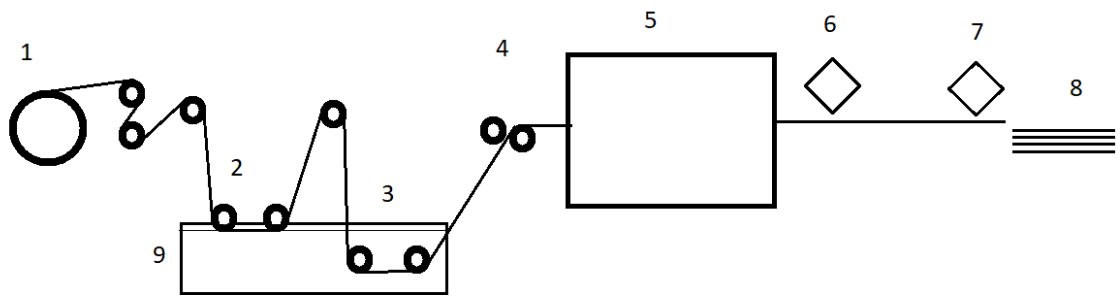
2.1 CPL-laminaatti

CPL-laminaatti, koostuu rakenteeltaan hartsilla impregnoituista eli hartsilla kyllästetystä selluloosakuitukerroksista, jotka on liitetty yhteen korkean lämpötilan ja paineen yhteisvaikutuksesta. Paine ja lämpö saavat hartsin virtaamaan papereiden välillä ja sitten kovettumaan, muodostaen näin ohuen, tiiviin ja kovan levyn. Laminaatin runkokuituna käytetään yleisimmin valkaisuamatonta kraft- eli voimapaperia, joka on neliöpainoltaan 80–300 g/m². Runkopapereiden lisäksi liitetään laminaattiin päällimmäiseksi kerrokseksi valkaistu tai koristekuvioitu melamiini-formaldehydihartsilla kyllästetty koristepaperi, neliöpainoltaan 60–130 g/m². Laminaatit ovat paksuudeltaan yleisimmin 0,2–2 mm. CPL-laminaattia käytetään yleensä lastulevyn tai HDF-levyn (high density fiberboard) pinnoitteena. Yleisiä sovelluskohteita ovat esimerkiksi huonekalut ja työtasot. (Lepedat ym. 2010.)

CPL-laminaattilevyt on puristettu yhteen kovassa jatkuvassa paineessa, yleensä 20–70 bar, ja lämpötilassa, yleensä 180–190 °C. Laminaatin eri kerrokset, impregnoidut runkopaperit sekä décor-paperi, kasataan paperikeloilta laminaattilaitteissa nipuksi, joka kuljetetaan kaksoishihnapuristimen lävitse. Puristimen jälkeen laminaatti jäähdytetään ja leikataan levyiksi. CPL-laminointilinjasto kykenee tuottamaan tunnissa laminaattilevyä noin 2400 m². (Lepedat ym. 2010.)

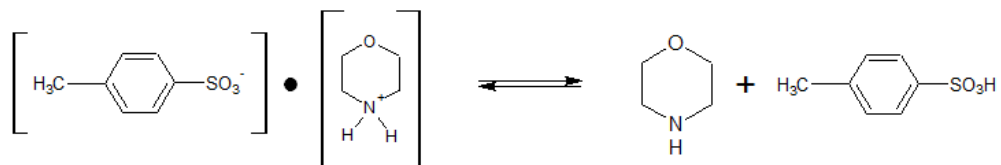
2.2 Impregnointi

Impregnointiin käytettävät hartsit ovat useimmin fenoliformaldehydipohjaisia tai melamiini-formaldehydipohjaisia hartseja. Paperi kastetaan hartsiin niin, että se kauttaaltaan läpäisee paperin. Tämän jälkeen kyllästetty paperi kuivataan uunissa ja kelataan takaisin keloille laminointia varten tai leikataan valmiiksi arkeiksi. Impregnointilinjastosta on esimerkki esitettynä kuviossa 1. Tehokkaalla linjastolla kyetään impregnoimaan tunnissa jopa yli 12000 metriä paperia. (Lepedat ym. 2010.)



KUVIO 1. Impregnointilinjaston esimerkkikokoonpano. 1. paperirulla, 2. esikostutus, 3. varsinainen impregnointi, 4. puristusrollat, 5. kuivuri, 6. reunojen siistintä, 7. leikkuri, 8. ladonta, 9. hartsiallas. (Muokattu lähteestä Figueiredo ym. 2011.)

Hartsin sekaan impregnointivaiheessa voidaan lisätä kovettajaa, joka on usein jotakin happoa tai ainetta, joka vapauttaa happoa hartsiin lisättäessä tai sitä kuumennettaessa. Kovettajan happo saa hartsin kovettumaan tehokkaammin ja tassisemmin. Yksi käytetyimpiä kovetteita on morfoliinin ja p-tolueenisulfonihapon (pTSA) seos, joiden reaktio on esitettyinä kuviossa 2. alla. (Pizzi & Mittal 2018.)



KUVIO 2. Morfoliinin ja pTSA:n reaktio

Morfoliini ja pTSA reagoivat keskenään muodostaen kompleksin, jonka pH on lähes neutraali. Kuumennettaessa tämä kompleksi hajoaa vapauttaen prosessiin happoa, jonka vaikutuksesta hartsin kovettuu. Viilentyessään kompleksi muodostuu uudestaan, jolloin lopputuotteesta tulee käytännössä katsoen neutraali. (Pizzi & Mittal 2018.)

2.3 Reologiset mittaukset

Reologia on fysiikan ala, joka keskittyy tutkimaan aineiden virtausta ja deformaatiota kohdistettaessa niihin rasitusta, esimerkiksi venytys, puristus tai sekoitus. Näiden ominaisuuksien mittaamista kutsutaan reometriaksi. Kaikki fluidit aineet voidaan asettaa janelle ideaalielastisen ideaaliviskoosin välillä, niiden viskoelastisten ominaisuuksien mukaan. (Mezger 2006)

Fluidien aineiden viskoosit ominaisuudet johtuvat molekyylien liikkeestä toisiinsa nähden ja tämän liikkeen aiheuttamasta kitkasta. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikille fluideille aineille voidaan määrittää viskositeetti, eli täysin ideaaliviskoosia aineita ei ole olemassa. Materiaaliin kohdistuessa rasitusta se deformoituu, jolloin sen rakenne varastoi itseensä energiaa, esimerkiksi molekyylien sidoksien venyessä. Rasituksen päättyessä varastoitu energia vapautuu ja materiaalin deformaatio purkautuu. (Mezger 2006)

Kaksi tärkeää suuretta, joita reometriassa mitataan ovat varasto- ja häviömoduuli, joiden yksikkö on pascal (Pa). Varastomoduuli (G') määrittää rasituksen tuottamasta energiasta aineeseen varastoitunutta energiaa. Rasituksen päättyttyä tämä energia vapautuu, jolloin aine palautuu täysin tai osin alkuperäiseen muotoonsa. Aineet, joilla on korkea varastomoduuli palautuvat täydellisesti, joten se määrittää aineen elastisuutta. (Mezger 2019)

Aineeseen kohdistuessa rasitusta sen molekyylien liikkeestä aiheutuva kitka vastustaa deformaatiota tuottaen näin lämpöä. Aineen lämpiämisestä vapautuu energiaa. Häviömoduuli (G'') määrittää tätä häviävää energiaa. Kulunut lämpöenergia ei ole enää käytettävissä aineen palautumiseen, joten aineen häviömoduuli määrittää aineen viskoottisia ominaisuuksia. (Mezger 2019)

3 MATERIAALIT JA MENETELMÄT

3.1 Tutkitut kovettajat

Kovettajista käytetään niiden konsernin sisäisiä tuotenimiä. Kaksi tutkittua kovettajaa, 9145L ja 9850L, ovat yleisesti melamiiniformaldehydihartsien (MF) kovettajia. 9160L ja 9317L ovat CPL-hartsin kovettajia. MF-hartsin kovettajien tuloksia verrattiin CPL-kovettajien tuloksiin. Koveteaineet eivät ole Preferen omaa tuotantoa.

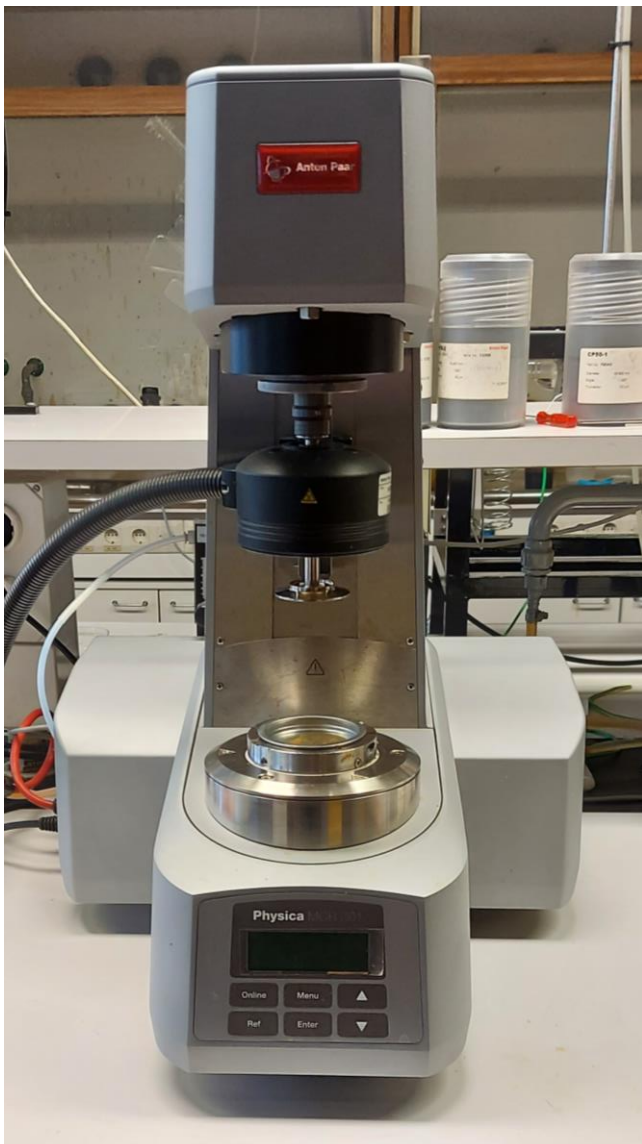
3.2 Näytteiden valmistus

Näytteitä valmistettiin kustakin kovettajasta eri pitoisuuksissa. Näytteiden valmistuksen jälkeen niiden annettiin tasoittua laboratorion vetokaapissa 30 min ennen analyysien aloittamista. Kustakin näytteestä määritettiin ensin kovettumisaika anostelemalla noin 2 g hartsin ja kovettajan seosta koeputkeen ja asettamalla näyteputki lasisauvan kanssa kiehuvaan veteen samalla sekuntikello käynnistäen. Näytettä sekoitettiin minuutin välein ja samalla seuraten sen kovettumista, kun näyte muuttui nesteestä kiinteäksi, pysäytettiin kello ja merkittiin aika ylös minuutin tarkkuudella. Kovetteesta 9850L aloitettiin ensin 1 % pitoisuudesta, josta siirryttiin prosentti kerrallaan suurempaan pitoisuuteen, kunnes saavutettiin tyydyttävä tulos. Tehtäessä testejä 9145L:lle jätettiin pitoisuus 2 % välistä, sillä arveltiin sen kovettuvan vielä liian hitaasti, jolloin hartsi ei kovettuisi täydellisesti laminaattia puristettaessa. Lopulta sekä 3 % että 4 % vaikuttivat otollisilta pitoisuuksilta. Kovetteille 9317L ja 9160L tehtiin testit vain 6 % pitoisuudella, sillä se on vakio pitoisuus 9317L kovetteelle ja 9160L oletettiin toimivan samalla pitoisuudella.

3.3 Reometriset mittaukset

Kun näytteelle oli määritetty kovettumisaika, tehtiin sille reometrillä analyysi, jossa tutkittiin sen kovettumista seuraamalla sen varasto- ja häviömoduulin muutosta lämpötilaa nostettaessa. Tutkittaville suureille ei ollut määritetty tavoitearvoja, vaan tuloksiksi saatuja kuvaajia verrattiin 9317L:n kuvaajaan. Reometrillä käytettiin analyysiohjelmaa, jossa lämpötila nousi tasaisesti välillä 25–90 °C,

jonka jälkeen se pysyi tasaisena 90 °C analyysin loppuun. Ajon kokonaisaika oli noin 50 minuuttia. Näytetilavuutena analyysissä käytettiin 0,5 ml.



KUVA 1. Tutkimuksissa käytetty Anton Paar MCR 301 -reometri

3.4 Impregnointi ja laminaattien puristus

Hartsista ja kovetteista tehtiin seokset, joilla impregnoitiin papereita, ja näistä papereista puristettiin laminaatit. Paperina käytettiin ruskeaa neliöpainoltaan 155 g/m² -runkopaperia. Paperi asetettiin hartsilla täytettyyn impregnointialtaaseen hartsin pinnalle, jossa hartsin annettiin imeytyä paperiin 90 sekunnin ajan, jonka

jälkeen paperi upotettiin kokonaan hartsiin 30 sekunniksi. Kyllästetty paperi nostettiin altaasta impregnointiteloille, joiden läpi kuljettuaan paperi siirrettiin 105 °C kuivausuuniin 2 min 10 s. Impregnoitaessa telojen pyörimisnopeutena käytettiin 2,5 rpm ja paine oli 2 bar.

Impregnoituista papereista mitattiin hartsin suhteellinen määrä sekä haihtuvien aineiden osuus. Mittaukset tehtiin punnitsemalla ensin pelkkä näytepaperi, sitten impregnoitu näyte, lopuksi näyte nostettiin 100 °C uuniin 5 minuutiksi, jonka jälkeen se vielä punnittiin. Impregnaateista mitattiin puristuksen yhteydessä tapahtuva hartsin massahäviö. Paperista leikattiin palat, jotka puristettiin yhteen. Näytepalat punnittiin ennen ja jälkeen puristuksen ja laskettiin massan prosentuaalinen häviö. Näytepaloja puristettaessa käytettiin 150 °C puristuslämpötilaa, 5 bar painetta ja 4 minuutin puristusaikaa.

Laminaatit valmistettiin puristamalla kolme arkkiä näytettä yhteen yhden valkoisen "décor"-paperin kanssa. Puristimen parametreinä käytettiin 35 bar painetta, 190 °C lämpötilaa ja 30 s puristusaikaa. Laminoinnin lopputuloksia tarkasteltiin ennen jatkoanalyysijä silmämääräisesti. Valmiista laminaattilevyistä leikattiin 5x5 cm palat, joiden vedenkestävyyttä testattiin kahdella analyysillä. Paloja liotettiin kiehuvässä vedessä 2 h. Toisessa testissä näytteitä liotettiin 65 °C vesihauteessa 48 h. Testien jälkeen näytteet kuivattiin paperilla varovasti, jonka jälkeen näytteitä tarkasteltiin silmämääräisesti tulosten määrittämiseksi. Kustakin levyistä tehtiin kaksi rinnakkaisnäytettä. Laminaattien analyysit tehtiin SFS-EN 438-2 -standardin mukaisesti. (SFS-EN 438-2 2005)

4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Kovettumisajat

Taulukossa 1. on esitettyä työssä saadut kovettumisajat kullekin kovetteelle ja pitoisuudelle. Tuloksista on huomion arvoista, miten jo verrattain pienellä kovetepitoisuuden muutoksella voi olla merkittäviä vaikutuksia hartsiseoksen kovettumisaikaan.

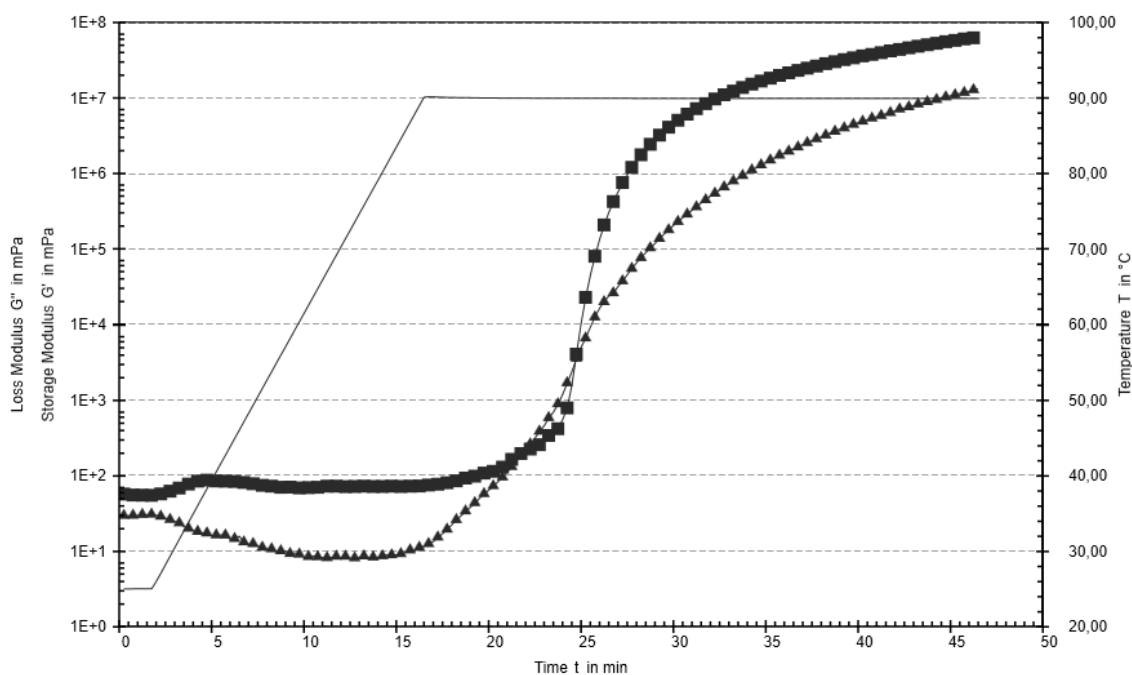
TAULUKKO 1. Kovettumisaikatestien tulokset

Näyte	9317L	9850L						9160L	9145L		
c (%)	6	1	2	3	4	5	5,5	6	1	3	4
t (min)	6	66	56	16	9	7	6	6	15	5	3

CPL-kovetteiden, 9317L ja 9160L, kovettumisajat olivat keskenään täysin samat, kuin myös ja 9850L 5,5 %, mutta 9145L kovettumisaika oli jopa nopeampi pienemmillä pitoisuuksilla. Saadut tulokset olivat hyvin lupaavia, joten niiden perusteella voitiin siirtyä tutkimuksissa seuraavaan vaiheeseen.

4.2 Reometrin tulokset

Reometrilta tulokseksi saadut kuvaajat ovat esitettyä liitteissä 1. ja 2. Kuvioissa oikealla pystyakselilla on lämpötila (°C), vasemmalla häviö- ja varastomoduuli (mPa) ja vaaka-akselilla aika (min). Kuvaajissa lämpötila on esitetty tasaisella viivalla, varastomoduuli neliöillä ja häviömoduuli kolmioilla. Standardina käytetyn kovettajan 9317L:n reometrikuvaaja on esitettyä kuviossa 3., kaikkien muiden koveteseosten kuvaajia verrattiin tähän.



KUVIO 3. 9317L 6 % reometrikuvaaja.

Reometrin tuloksia seurattiin melko suurpiirteisesti, kuvaajia verrattiin standardi kovetteeseen. Kovettumisaikatestien ja reometrianalyysien tulosten perusteella 9850L-kovete hylättiin jatkotutkimuksista, eikä sillä impregnoitu papereita. Muiden tutkittujen kovettajien tulokset olivat hyvin lähellä standardin tuloksia, joten ne siirrettiin jakotutkimuksiin. Kuviossa 4. (liite 1.) vihreällä esitetty 9145L 3 % kuvaaja jostakin syystä laskee analyysin loppupuolella vastoin kuin kaikki muut näytteet, mutta tämä todennäköisimmin on johtunut laitteen virheestä ajon aikana.

4.3 Paperi-impregnointi ja laminaattien puristus

Impregnoinin yhteydessä tehtyjen mittausten tulokset on esitettyinä taulukossa 2. M_0 on pelkän impregnoitavan paperin punnittu massa, m_1 on kuivatun impregnoitavan paperin massa ja m_2 on saman paperin massa, josta uunissa haihdutettu pois herkästi haihtuvat yhdisteet eli pääasiassa VOCit (engl. volatile organic compounds). RC on paperin suhteellinen hartsipitoisuus, joka on laskettu m_0 ja m_1 käyttämällä. V on osuus massasta, joka haihtuu paperista, joka on laskettu m_2 ja m_1 käyttämällä. M_3 on näytteen massa ennen puristusta ja m_4 ko. näytteen massa puristuksen jälkeen, lopuksi F on hartsin virtauksesta puristaessa aiheutuva häviöprosentti.

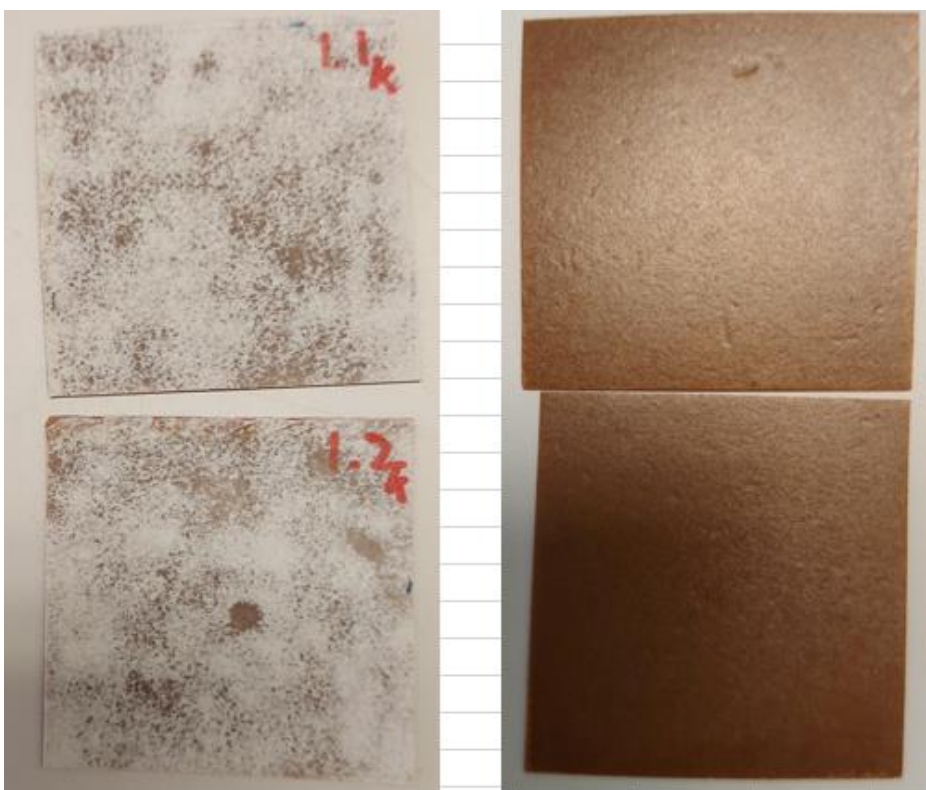
TAULUKKO 2. Impregnoinnin yhteydessä tehtyjen mittausten tulokset.

	9317L 6 %	9160L 6 %	9145L 3 %	9145L 4 %
m ₀ (g)	1,581	1,597	1,597	1,597
m ₁ (g)	2,683	2,687	2,600	2,654
m ₂ (g)	2,537	2,549	2,467	2,518
RC (%)	41,1	40,6	38,6	39,8
V (%)	5,44	5,14	5,12	5,12
m ₃ (g)	1,023	1,037	1,022	1,022
m ₄ (g)	1,007	1,023	1,009	1,009
F (%)	1,56	1,35	1,27	1,27

Kaikkien näytteiden tulokset ovat hyvin lähellä toisiaan ja merkittäviä eroja standardiin ei muodostunut missään mittauksessa. Standardikovettajalle on punnittu eri paperin massa (m₀) kuin muiden, sillä sen impregnointi tehtiin eri päivänä kuin muut näytteet.

Puristetuissa laminaattilevyissä ilmeni jonkin verran hartsin läpivuodon aiheuttamaa ulkonäöllistä haittaa pintapaperissa. Tämä tarkoittaa sitä, että puristettaessa hartsi on virrannut valkoisen koristepaperin läpi. Vuoto näkyy ruskeina alueina laminaatin pinnassa. Tämä ei kuitenkaan ole laboratorio-olosuhteissa ongelma, vaan varsinaisessa linjastotuotannossa asia kyetään ratkaisemaan esimerkiksi lisäämällä laminaattiin yksi ylimääräinen välipaperi, joten tässä vaiheessa siitä ei aiheutunut toimenpiteitä. Levyistä 9145L 4 %:ssa oli kaikkein vähiten läpivuotoa, joten se oli visuaalisesti tarkasteltuna paras. Eniten läpivuotoa puolestaan ilmeni 9160L 6 %:ssa.

Tutkituille laminaateille tehtyjen vedenkestävyysanalyysien tuloksista on kuvat liitteissä 3. ja 4. Näytteissä 1 on 9317L, 2 on 9160L, 3 on 9145L 3 % ja 4 on 9145L 4 %. Kuvissa vasemmalla näytepalojen ”décor”-puoli ja oikealla kääntöpuoli. Kustakin laminaatista tehtiin kaksi rinnakkaista näytettä molempiin testeihin. Testien tuloksia arvioitiin silmämääräisesti laskemalla laminaattinäytteisiin liotuksen aikana muodostuneet ilmakuplat tai muut muutokset. Kummassakaan testissä ei näytteille tapahtunut merkittäviä muutoksia, kuten ilmakuplia. Kuvassa 2. esimerkkinä 9317L näytteet keittotestin jälkeen, vasemmalla näkyy valkoisen paperin läpi vuotanutta hartsia ruskeina alueina paikka paikoin.



KUVA 2. 9317L keittotestin tulokset.

Sillä standardikovetteen tavoin muutkaan näytteet eivät kokeneet muutoksia testien aikana, vaan pysyivät ulkoisesti täysin samanlaisina, voidaan todeta, että vedenkestävyysominaisuuksiltaan tutkitut kovetteet ovat aivan yhtä hyviä, kuin standardikovete. Kokonaisuudessaan kaikki kovetteet vastaavat ominaisuuksiltaan standardikovetteen ominaisuuksia.

5 POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää voiko melamiiniformaldehydihartsin kovetteita käyttää fenoliformaldehydihartseille, ja näin vähentää eri kemikaalien määrää tuotantolaitoksella. Tätä tarkoitusta varten tutkimuksen tulokset ovat lupaavia tutkituista kovetteista, eli kovetteiden harmonisointi on todennäköisesti mahdollista. Kaikkien kolmen lopullisen näytteen tulokset ovat lähellä toisiaan, esimerkiksi impregnoinnin yhteydessä tehtyjen mittausten erot ovat suurimmillaan vain muutaman prosentin luokkaa ja kaikkien laminaattien vedenkestävyys on analyysien tulosten perusteella täysin vastaavalla tasolla, joten lopullista parasta vaihtoehtoista kovetetta voi ajatella esimerkiksi taloudellisuuden kannalta. Jos jokin tutkituista kovetteista on merkittävästi muita edullisempaa, on sitä silloin syytä harkita lopulliseksi kovettajaksi. Vastaavasti päinvastainen pätee jos, jokin kovettajista on huomattavan kallista.

Mahdollisia epätarkkuuksia tutkimukseen saattoi aiheuttaa hartsin vanhuus, tutkimuksen loppupuolella se oli jo useamman viikon vanhaa. Kattavampien ja varmempien tulosten saamiseksi olisi pitänyt tehdä analyysejä useammasta eri hartsierästä tuoreempana, mutta tämä ei ollut mahdollista aikataulullisista syistä sekä tehtaan toiminnan kannalta. Tutkimuksia piti tehdä tehtaan hartsin keittoaikataulun mukaan, ja tuoretta tutkimuksiin kelpaavaa hartsia ei ollut aina mahdollista saada. Tutkimuksen ajallisesti lyhyen keston vuoksi ei voitu tutkia impregnoitujen papereiden säilyvyyttä varastoinnissa.

Tutkimusta voidaan jatkaa vielä esimerkiksi toistamalla samoja analyysejä muita hartsieriä käyttäen. Lisäksi impregnoimalla näytteitä varastoon ja toistamalla niille analyysejä esimerkiksi kerran kuukaudessa muutaman kuukauden ajan, näin seurata vaikuttaako varastointi jollakin tavalla näytteisiin.

Kaikki tutkimuksen impregnointi tehtiin käsi-impregnointilaitteistolla, joten on syytä ottaa selvää vaikuttaako automaattisen impregnointilinjaston käyttö tuloksiin jollakin tavalla, ja selvittää onko jokin tutkituista kovetteista parempi tässä yhteydessä kuin muut. Myös tutkimuksen laminoinnit tehtiin pienen mittakaavan

puristimella yksi levy kerrallaan eli olisi kannattavaa selvittää varsinaisen CPL-laminointilinjaston toiminta näillä kovetteita käyttäessä.

LÄHTEET

Lepedat, K. ym. 2010. Phenolic Resins: A Century of Progress. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Pizzi, A. & Mittal, K. L. 2018. Handbook of adhesive technology. Third edition. Boca Raton, Florida.

Figueiredo, A. B. ym. 2011. Structure–Surface Property Relationships of Kraft Papers: Implication on Impregnation with Phenol–Formaldehyde Resin. Industrial & engineering chemistry research. [Online] 2883–2890.

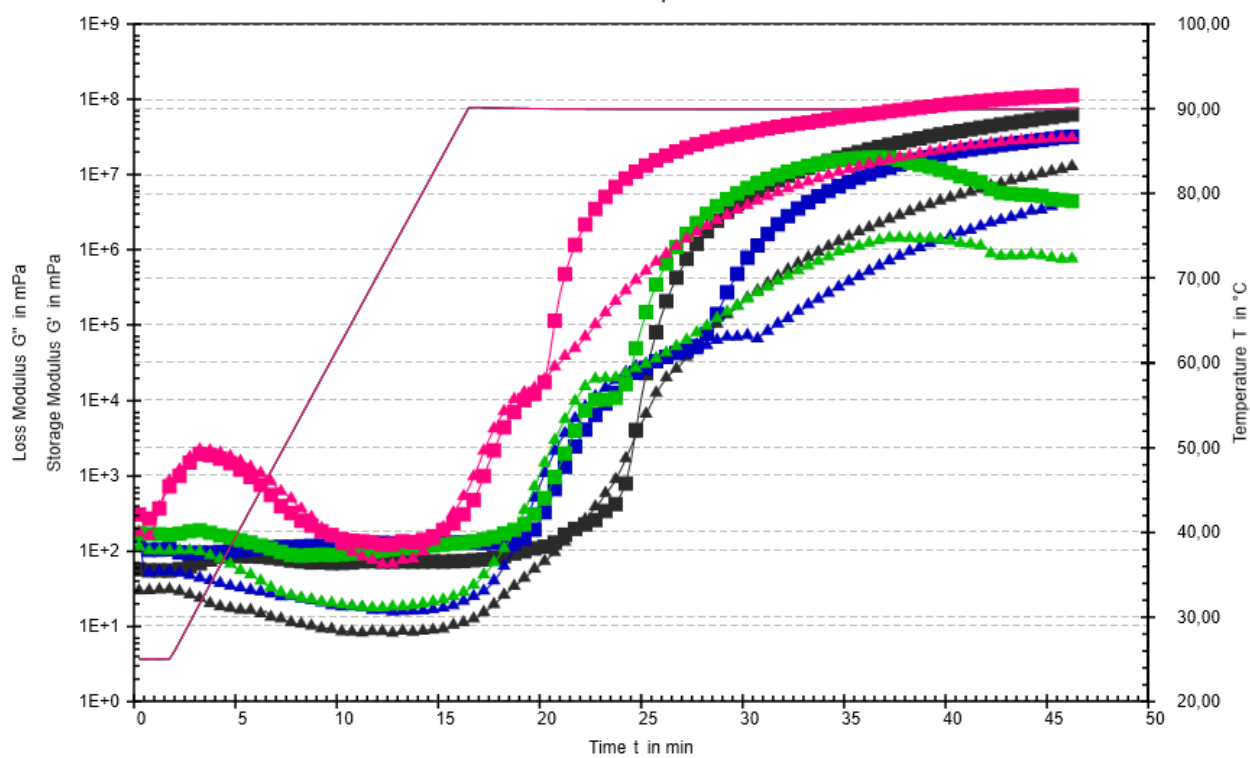
Mezger, T. 2006. The Rheology Handbook. 2nd edition. Hanover: Vincentz Network.

Mezger, T. 2019. Applied Rheology. 6. painos. Itävalta: Anton Paar GmbH.

SFS EN 438-2. 2005. High-pressure decorative laminates (HPL). Sheets based on thermosetting resins (usually called Laminates). Part 2: Determination of properties. Luettu 5.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

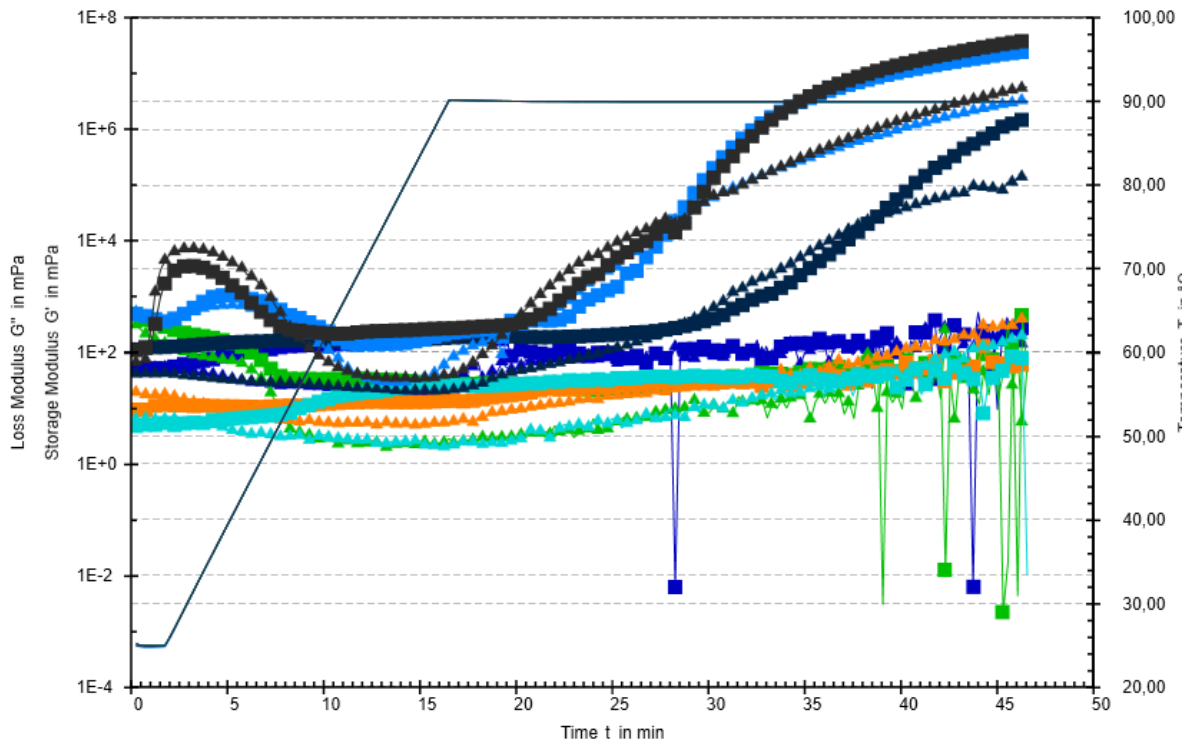
LIITTEET

Liite 1. 9160L 6%, 9145L 3% ja 4% kovetteet verrattuna 9317L 6%.



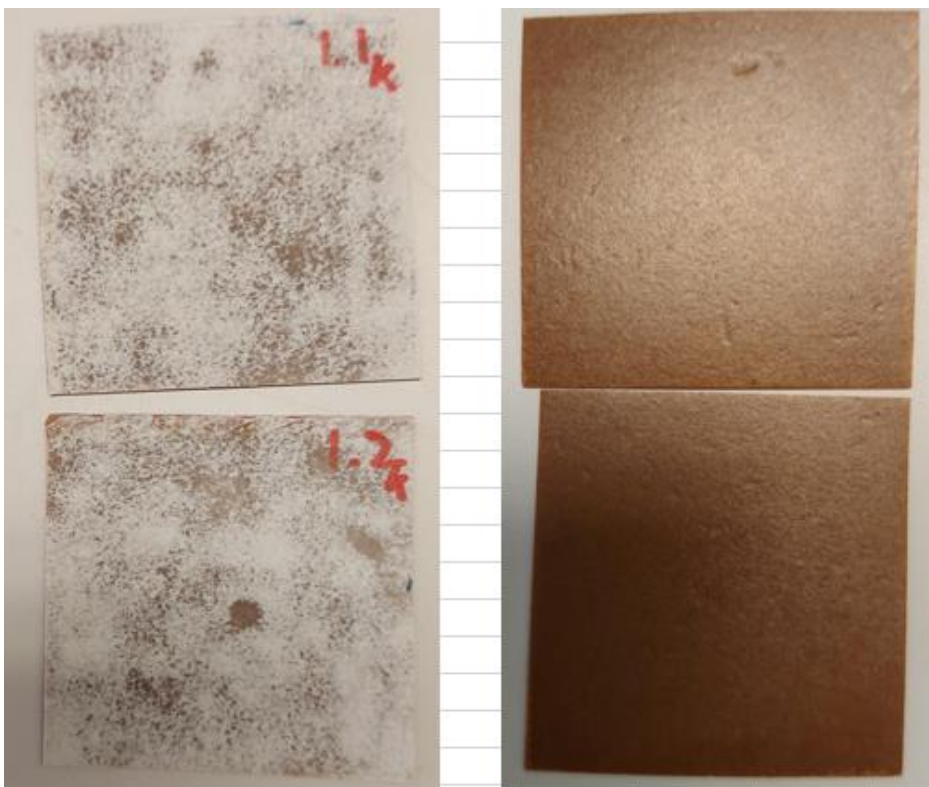
KUVIO 4. Mustalla 9317L 6 %, sinisellä 9160L 6 %, vihreällä 9145L 3 % ja vaaleanpunaisella 9145L 4 %

Liite 2. 9850L reometrikuvaajat 1-5,5 % pitoisuuksilla.

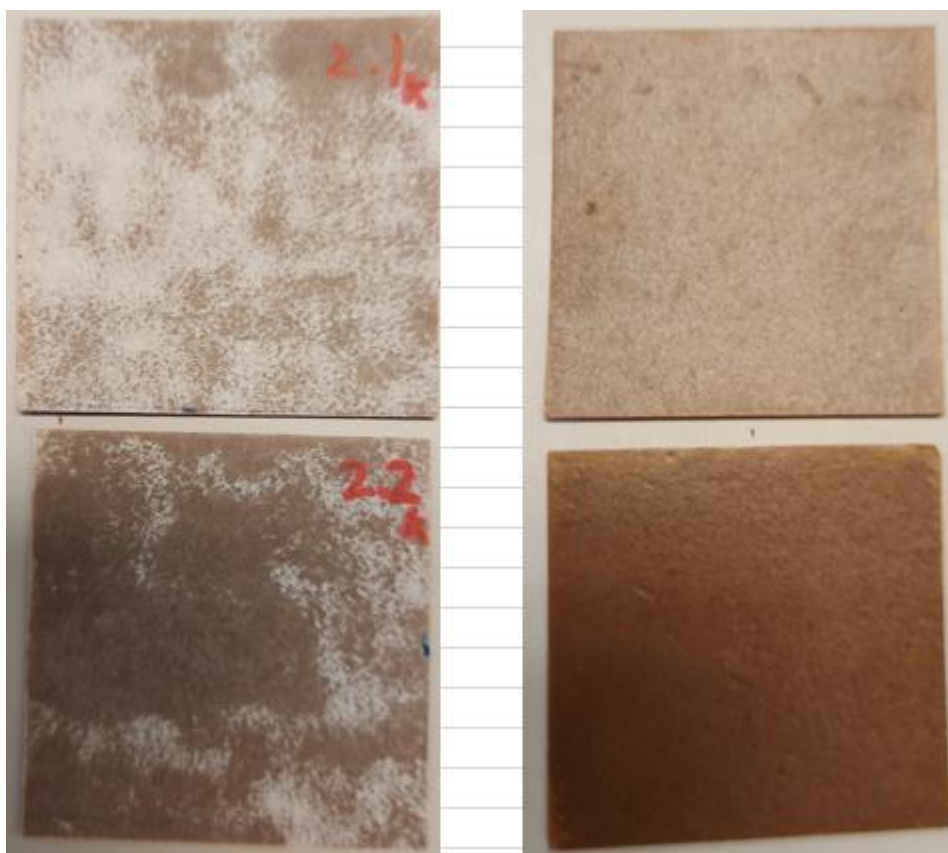


KUVIO 5. 1 % turkoosi, 2 % vihreä, 3 % oranssi, 4 % tumman sininen, 5 % kirkkaan sininen, 5,5 % musta.

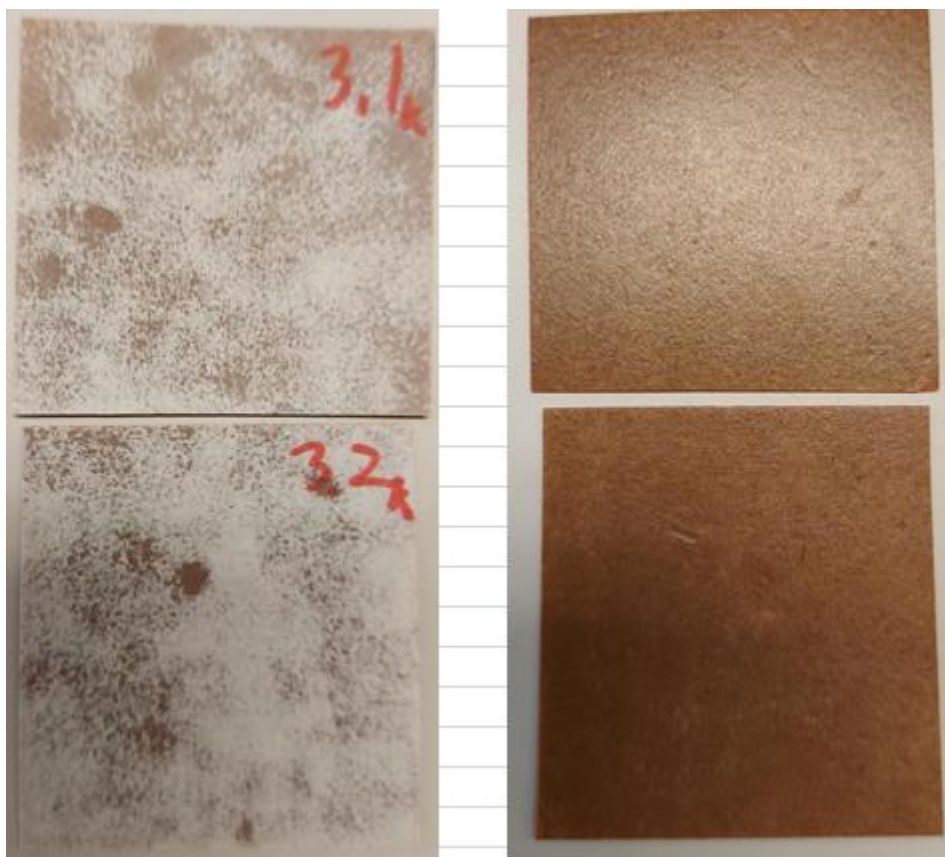
Liite 3. Keittotestien tulokset.



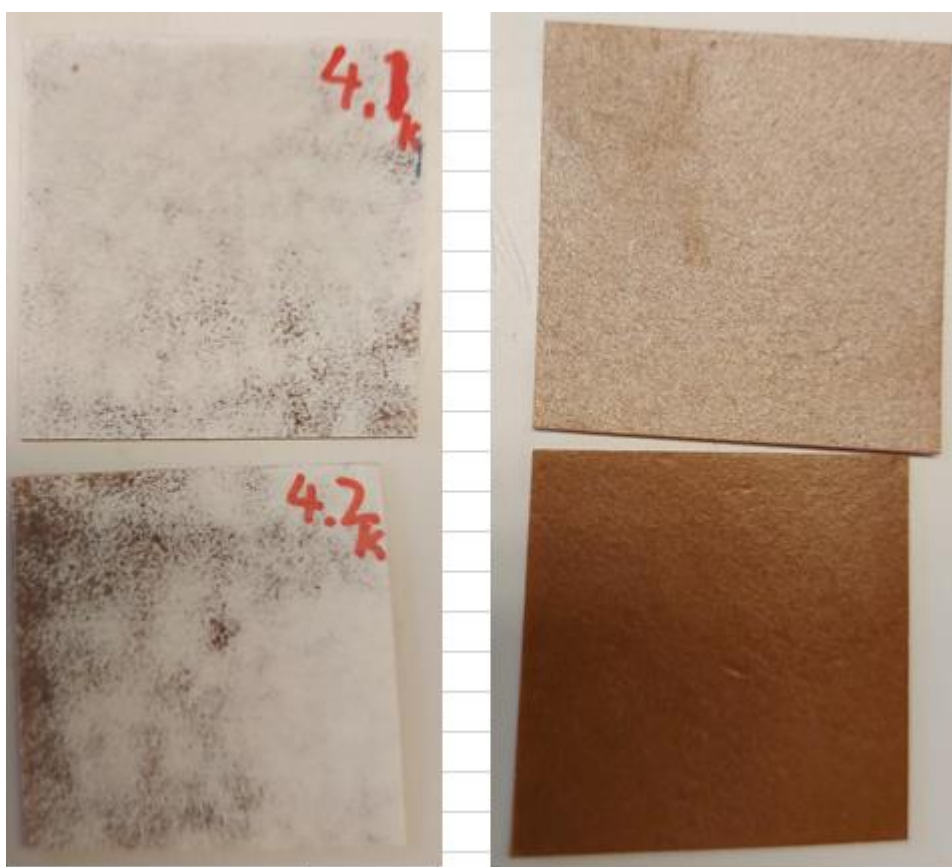
KUVA 3. 9317L keittotestin tulokset.



KUVA 4. 9160L keittotestin tulokset.

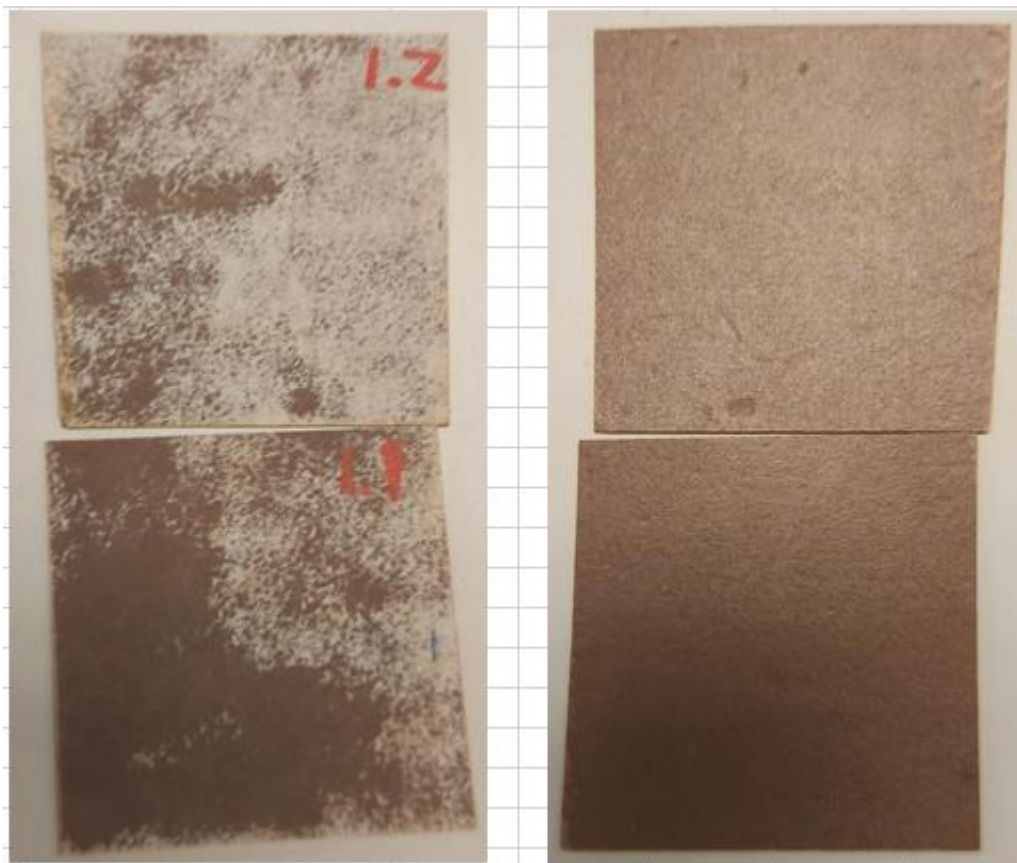


KUVA 5. 9145L 3 % keittotestin tulokset

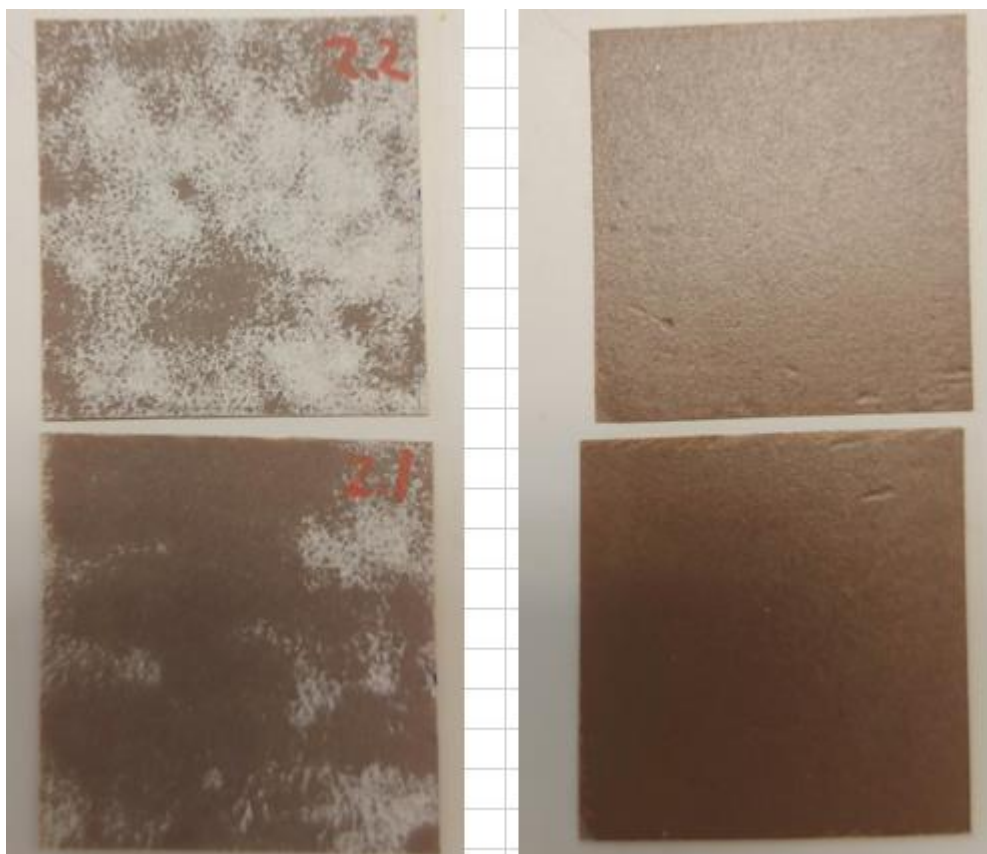


KUVA 6. 9145L 4 % keittotestin tulokset

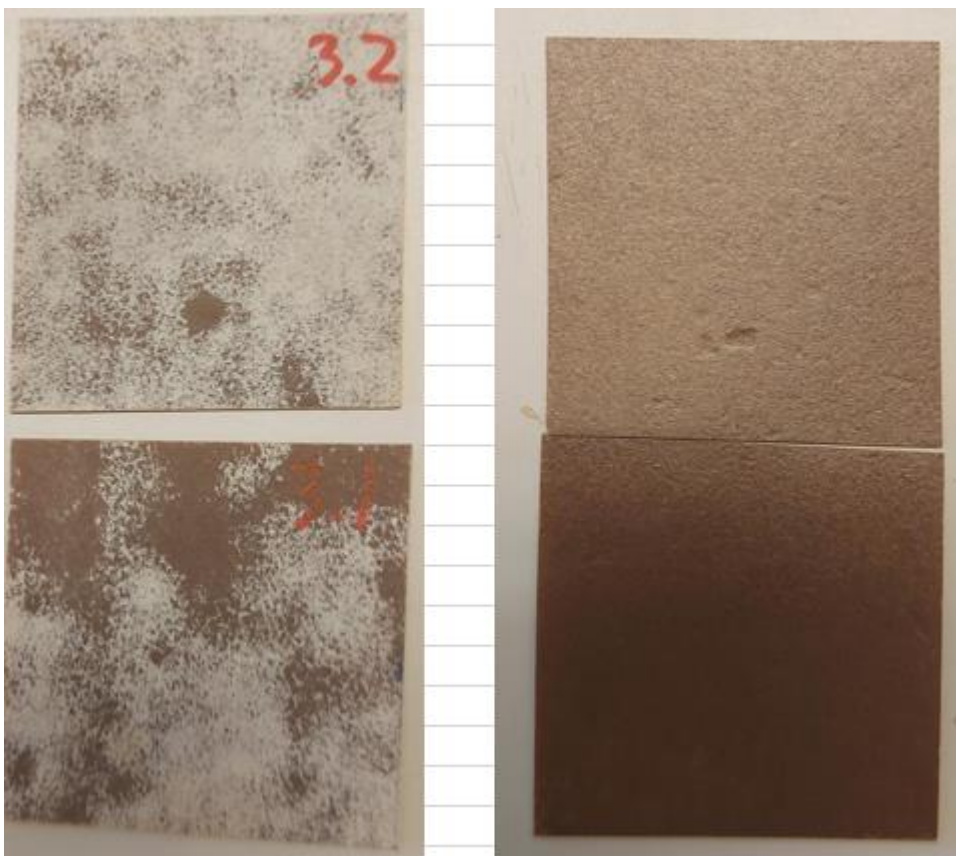
Liite 4. Liotustestien tulokset



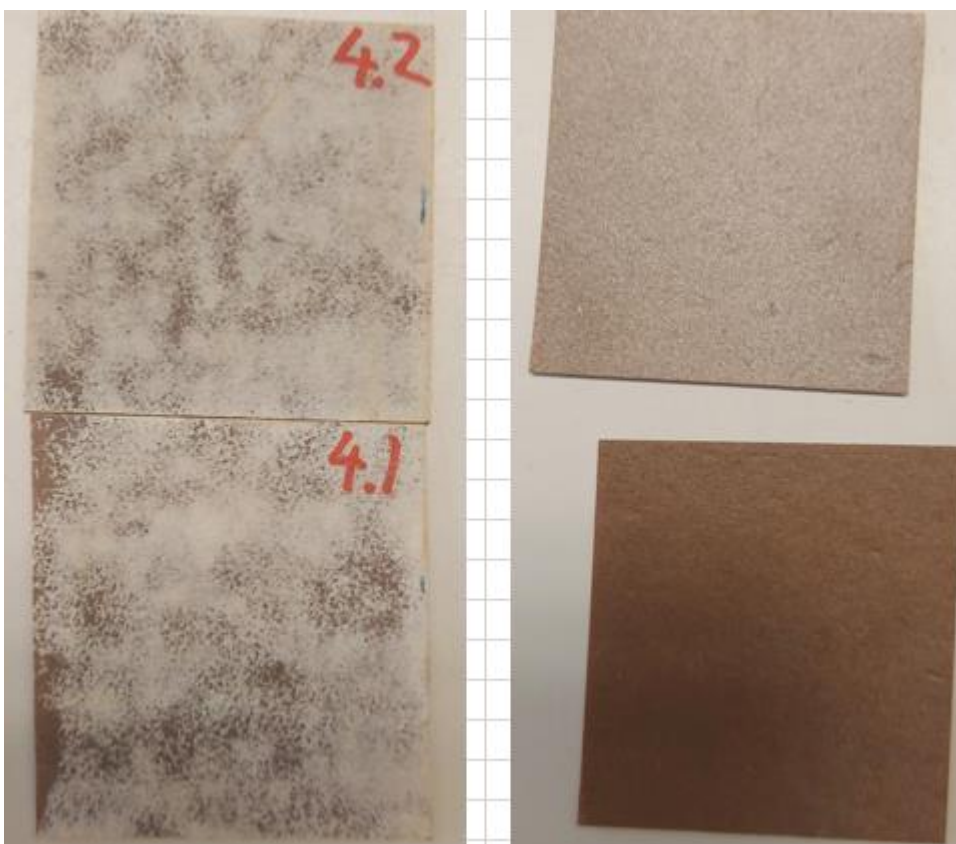
KUVA 7. 9317L liotustestin tulokset



KUVA 8. 9160L liotustestin tulokset



KUVA 9. 9145L 3 % liotustestin tulokset



KUVA 10. 9145L 4 % liotustestin tulokset