

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Puunjalostustekniikan osasto
Paperitekniikan laboratorio

Mikko Rissanen

TARRAN IRROKEPAPERIN SILIKONOITAVUUDEN
PARANTAMINEN PINTALIIMAUKSELLE

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 16. 4. 1999

TEKNILLINEN KORKEAKOULU
Puunjalostustekniikan osasto
Kopio

Työn valvoja

Professori Jaakko E. Laine

Työn ohjaaja

Diplomi-insinööri Petri Tani

Tekijä ja työn nimi: Mikko Rissanen

Tarran irrokepaperin silikonoitavuuden parantaminen pintaliimaamauksella

Päivämäärä: 16. 04. 1999

sivumäärä: 134

Osasto:
Puunjalostustekniikan osasto

Professuuri:
Puu-21
Paperitekniikka

Työn valvoja:
Prof. Jaakko E. Laine

Työn ohjaaja:
Diplomi-insinööri Petri Tani

Suurin osa nykyisin markkinoilla olevasta irrokepaperista käytetään silikonipäällytykseen liuotinvapaalla silikonijärjestelmällä. Tämän menetelmän yleistymisen on korostanut irrokepaperin pintaominaisuuksien merkitystä hyvään silikonoidun pinnan laatuun pääsemisessä. Silikonin ominaisuuksien vuoksi irrokepohjapaperin matalan huokoisuuden, vähäisen veden- ja öljynabsorption ja korkean sileyden tärkeys on kasvanut.

Irrokepaperin toiminnalliset vaatimukset ovat laajan käyttöalueen ja vaikeiden sovellusten vuoksi monimutkaiset. Keskeiset irrokepaperin ominaisuudet ovat: lujuusominaisuudet, (myös lämpökäsittelyn jälkeen), mittapysyvyys, korkea tiheys, barrier-ominaisuudet, kemiallinen sopivuus silikonointiin, suuri transparenssi, matala huokoisuus, ja sileys. Hyvin toimiva irrokepaperi kulkee katkoitta jalostuskoneilla, vaatii vähän silikonia hyvään silikonipeittoon, toimii laminaatin stanssauksessa ongelmitta ja ei aiheuta vaikeuksia etiketöinnissä.

Työn tavoitteena oli selvittää aikaisemmin käytössä olleeseen pintaliimaan verrattuna parempia pintaliiman pääkomponenttejä ja lisäaineita. Suljetun pinnan aikaansaamista joko paremmin tiivistävällä, ohuella pintaliimakerroksella tai suuremmalla pintaliimamäärällä pidettiin yhtenä lähtökohtana tutkimukselle. Yhtenä keskeisenä tavoitteena oli myös vesipohjaisten silikonipinnan karakterisointiin käytettyjen värihuosten imeytymisen vähentäminen.

Esiselvityksen perusteella todetaan, että paperin pintaliimausta kehittämällä pystytään parantamaan paitsi paperin menestystä erilaisissa värjäystesteissä, myös silikonoitavuutta tarkoittaen hyvään silikonipeittoon vaadittavan silikonimäärän vähenemistä. Tärkeimmiksi parannettaviksi ominaisuuksiksi valittiin paperin huokoisuus, huokoskoon jakauma ja hydrofobisuus.

Kokeellisen osan pintaliimaukset ajettiin Raisio Yhtymän CTC pilot-koelaitoksella kolmena eri kokonaisuutena. Pilot-ajojen parhaan tuloksen antaneet reseptit kokeiltiin tuotantokoeajossa ja valmistettu paperi silikonipäällystettiin jatkojalostajalla tulosten varmistamiseksi.

Ensimmäisessä pilot-koeajossa havaittiin, että Rebarco-barrierpäällyste ei yksinään vähennä huokoisuutta niillä päällystemäärillä, joita voidaan läpinäkyvyyttä menettämättä käyttää. Sen sijaan vesiabsorptio ja väritestien tulokset olivat erinomaisia. PVA/CMC-liiman antama matala öljynabsorptio johti kokeisiin, joissa Rebarcoa ja PVA-pohjaista liimaa sekoitettiin toisiinsa. Toisessa pilot-koeajossa todettiin, että silikoni, AKD, SB-lateksi ja vaha eivät PVA/CMC-liiman joukkoon lisättyinä paranna pintaliimatun paperin laatua. Havaittiin myös, että pintaliimamäärän kasvulla oli kokeissa suotuisa vaikutus lähes kaikkiin pintaominaisuuksiin reseptistä riippumatta. Nykyisin käytössä olevan pintaliiman sivelymäärää rajoittaa pintaliiman irtoaminen.

Käytössä olevaan pintaliimaan verrattuna parhaiten toimi pintaliima, jossa PVA/CMC(80:20)-liiman joukkoon oli sekoitettu 10%:n kaoliinia sekä PVA/CMC(80:20)-liiman ja Rebarco barrier-päällysteen seos, jossa Rebarcoa ja PVA/CMC-liimaa oli yhtä paljon. Tuotantokoeajojen tulokset tukivat näitä havaintoja.

10 % kaoliinilisäys PVA/CMC-liimassa mahdollisti suuremman päällystemäärän sivelyn ilman päällysteen irtoamista pohjapaperista. Kaoliinilisätyllä liimalla saavutettiin bekk-huokoisuudessa n. 40% parannus. Samalla öljynabsorptio väheni noin 10 %. Pigmenttilisäys ei vaikuttanut paperin läpinäkyvyyttä heikentävästi.

Rebarcon ja PVA/CMC-liiman seoksella pintaliimattaessa saatiin käytössä olevaan pintaliimaan verrattuna aikaan huomattava parannus (kolminkertainen) bekk-huokoisuudessa, öljynabsorptiossa, sileydessä ja IGT-tahransivunmittauksessa. Ainoa heikentynyt ominaisuus oli palstautumislujuus, joka laski n. 10 %. Rebarco-lisäyksellä ei ollut läpinäkyvyyttä heikentävää vaikutusta.

Pintaliimaa, jolla koeajojen perusteella oli suurin laatupotentialiaali, tullaan ajamaan jatkossa tuotantomittakaavassa asiakkailta.

Author and the name of the thesis: Mikko Rissanen

Improving the silicone coatibility of release liner by surface sizing

Date: 16. 04. 1999

Number of Pages:134

Faculty:
Faculty of Wood Processing Technolgy

Professorship:
Puu-21
Paper Technology

Supervisor:
Prof. Jaakko E. Laine

Instructor:
M.Sc (eng.) Petri Tani

Today a great majority of release liners is coated with a solvent free silicone system. The spreading of this converting method has emphasized the signigance of good surface properties of release liners in order to improve the quality of the silicone coating layer. Because of the properties of solvent free silicone the importance of low porosity, high smoothness and small water and oil absorption has increased.

The functional requirements for release liner are complicated because of the great variety of end uses and demanding applications. The key properties of a release liner are: mechanical strength (after thermal treatment as well), dimensional stability, high density, barrier properties against oil and water, chemical suitability with silicone, high transparency, low porosity and smoothness. Good runnability, low silicone consumption with good silicone coverage, good performance in die cutting and in label dispensing are also required.

The aim of this study was to improve paper quality by introducing new main components or additives to the conventional surface size recipe. Closing the paper surface either by using well-sealing size at low coatweight or by increasing overall coatweight was set as an incentive for the study. One of the goals was to decrease the absorption of various water based test liquids that are used in characterising silicone coverage.

On the basis of a preliminary investigation can be stated that developing the surface size can not only improve success in various colour tests but also improve silicone coatibility meaning a decrease in silicone demand for good silicone coverage. The key properties in this sense are low porosity, pore size distribution and water repellency (hydrophobicity).

The pilot-stage surface sizing was done at Raisio CTC pilot-coater in three separate sets. The recipes giving the most promising result were then run at production scale and the paper manufactured was further silicone coated on a converter's machine.

In the first pilot run it was noticed that Rebarco barrier coating can not alone give low enough porosity. Not at least with the coatweights possible without loss of transparency. Water absorption and results in colour tests were very good instead. Low oil absorption with PVOH/CMC-size led into experiments in which Rebarco and PVOH-based mixed with each other. In the second pilot run addition of silicone, AKD, SB-latex, and wax didn't improve coated paper properties. It was also seen that an increase in coatweight had a benign effect on almost every surface characteristics regardless of the recipe used. The amount of conventional surface size is limited by the internal strength of the coating layer resulting in debree coming of the paper surface.

Recipes that gave the biggest improvement in paper properties were a 10 % addition of china clay in PVOH/CMC-size and a mixture of Rebarco and PVOH/CMC-size containing equal amount of each. The production scale runs supported these observations.

A 10 % addition of china clay in PVOH/CMC-size made possible the application of a slightly higher amount of surface size without any cracking of the coating layer. A 40 % improvement could be observed in Bekk porosity when using china clay in size. The pigment addition didn't affect the transparency of the paper.

When using a mixture of Rebarco and PVOH/CMC-size (50%/50) a significant improvement was perceived in Bekk porosity (tripled), oil absorption, smoothness and IGT-stain length. The only worsened property was internal bond, which was deteriorated by 10 %.

After the quality potential being found the most promising surface size recipe will be taken to further production scale experiments at customer's converting facilities.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty UPM-Kymmene Oyj:n Tervasaaren Tarrapaperiosasto PK 8:lle syyskuun 1998 ja huhtikuun 1999 välisenä aikana.

Työn valvojana toimi Professori Jaakko E. Laine ja ohjaajana DI Petri Tani.

Kiitokset taustatuesta vanhemmilleni, Timolle ja Päiville, jotka ovat tukeneet opiskeluani kaikin tavoin.

Erityinen kiitos sedälleni, Matti Rissaselle, joka menehtyi vaikeaan sairauteen diplomityöni aikana. Hänen ohjauksensa tuki minua kaikilla elämänalueilla. Hänen muistonsa elää aina.

Kiitos kaikille, jotka ovat edistäneet työni valmistumista.

Valkeakoskella 16. 4. 1999



Mikko Rissanen

SANASTO

Tarralaminaatti	=	Laminaatti, joka koostuu etikettipaperista, liima- ja silikonikerroksista sekä irrokepohjapaperista
Tarraetiketti	=	Etiketti, joka voidaan irrottaa stanssatusta laminaatista ja siirtää lopulliselle sijoitusalueelle ilman erillistä liima-ainetta
Irrokepaperi	=	Paperi, joka on käsitelty etiketin irrottamista helpottavalla aineella. Tavallisesti puhutaan irrokepaperista myös tarkoitettaessa papereita, joita ei ole vielä käsitelty irrokeaineella (tavallisimmin silikoni) myös releasepaperi
Irrokepohjapaperi	=	Vaativa erikoispaperi, jota käytetään irrotusominaisuuksia vaativien laminaattien taustapaperina
Roskarata	=	Etikettipaperista stanssauksen jälkeen jäljelle jäävä ristikkomatriisi
Irrotusvoima	=	Voima, joka tarvitaan laminaatin avaamiseen
Glassiinipaperi	=	Kiillotettu pergamiini
Stanssaus	=	Tarrojen irtileikkaus
Emulsio	=	Neste dispergoituna nesteeseen
Internal bond	=	Paperin z-suunnan lujuus
Formaatio	=	Paperin pienimittakaavainen neliömassavaihtelu
Rub-off	=	Silikonin huonosta kiinnittymisestä johtuva irtihankautuminen
Shirlastain-testi	=	Vesiliukoisella väriliuksella tehty silikonipäällysten arviointitesti
Lammikkoliimapuristin	=	Pintaliimauslaite, jossa paperi pintaliimataan viemällä rata telanipin muodostaman liimalammikon läpi

Filmiliimapuristin	=	Pintaliimauslaite, jossa paperi pintaliimataan filminsiirtoon perustuen telanipissä
Pintaliiman pick-up	=	Paperirainan pintaliimauksessa mukaansa saama liimamäärä, [g/m ²]
Skipkaus	=	Ilman aiheuttama päällystefilmin häiriintyminen filmiliimalaitteen aplikointisauvalla
Filamentoituminen	=	Filminhalkeamisessa paineen laskun aikaansaama ilmiö, jossa nestefaasin sisältämä kaasu laajenee ja aiheuttaa suuria kuplia erkanevien pintojen välillä, johtaa halkeavan nesteen venymiseen pintojen välillä. Aiheuttaa sumuamista
Appelsiinikuorikuvioituma	=	Epätasainen pintakuvio, joka johtuu päällysteen reologiaongelmasta

1	JOHDANTO	1
1.1	TYÖN TAUSTA	1
1.2	TYÖN TAVOITE	2
2	GLASSIINITYYPPISEN IRROKEPAPERIN TUOTEANALYYSI	2
2.1	AJETTAVUUS JALOSTUSKONEILLA	4
2.2	PAPERIN SOPIVUUS SILIKONIPÄÄLLYSTYKSEEN	5
2.2.1	<i>Huokoisuuden vaikutus silikonointiin</i>	6
2.2.2	<i>Sileyden vaikutus silikonointiin</i>	6
2.2.3	<i>Taustapaperin pölyämisen vaikutus silikonointiin</i>	6
	<i>Kuva 2. Silikonointiasemalta löytnyt pintaliimaroska</i>	7
2.2.4	<i>Taustapaperin kemiallinen soveltuvuus silikonointiin</i>	7
2.2.5	<i>Silikonin leviäminen paperin pinnalle</i>	7
2.3	HYVÄ TOIMIVUUS STANSSAUSALUSTANA.....	8
2.4	KÄYTTÖKELPOISUUS ETIKETÖINTIKONEELLA.....	9
3	IRROKEPAPERIN SILIKONIPÄÄLLYSTYS	9
3.1	MITÄ SILIKONIT OVAT?	9
3.2	SILIKONIN VALMISTUS	11
3.3	LIUOTTIMETON SILIKONIPÄÄLLYSTYS VALTAMENETELMÄNÄ	11
3.3.1	<i>Liuottimettoman silikonoinnin edut</i>	12
3.3.2	<i>Liuottimettoman silikonoinnin haitat</i>	13
3.3.3	<i>Silikonijärjestelmien tulevaisuus</i>	14
3.4	SILIKONIPÄÄLLYSTEEN HYVYDEN LUONNEHDINTA.....	15
3.4.1	<i>Silikonipinnan värjäystestit</i>	15
3.5	SILIKONINTILAITTEISTOT	15
3.6	KUITUMATERIAALIN KANSSA KILPAILEVAT IRROKEMATERIAALIT	16
4	PAPERIN PINTAOMINAISUUKSIEN PARANTAMINEN PINTALIIMAAMALLA	17
4.1	PINTALIIMAUKSEN VAIKUTUS PAPERIN LAATUUN	17
4.2	LAMMIKKOLIIMAPURISTIN	18
4.2.1	<i>Perinteisen lammikkoliimapuristimen konfiguraatiot</i>	18
4.2.2	<i>Pintaliiman pick-up lammikkoliimauksessa (1. radan mukaansa saama pintaliimamäärä)</i>	19
4.2.3	<i>Perinteisen lammikkoliimapuristimen ajettavuuden rajoitukset</i>	20
4.3	PINTALIIMAUSTEKNIIKAN KEHITYS JA SIIRTYMINEN FILMILIIMAUKSEEN.....	21
4.4	FILMILIIMAPURISTIMEN KEHITYKSEN TAVOITTEET	23
5	SYMSIZER FILMILIIMAPURISTIN	24
5.1	SYMSIZERIN PINTALIIMAFILMIN SÄÄTÖ	26
5.2	FILMILIIMAPURISTIMEN AJETTAVUUDEN RAJOITUKSET	27
5.3	RAINAN IRTOAMINEN LIIMAPURISTINNIPIN JÄLKEEN.....	28
6	PINTALIIMAN APLIKOINTIVAIHE JA FILMINHALKEAMINEN	29
6.1	NOPEUDEN, PÄÄLLYSTEMÄÄRÄN, KUIVA-AINEEN JA PIGMENTIN VAIKUTUS PÄÄLLYSTEEN SUMUAMISEEN.....	32
6.2	FILMIPINTALIIMATUN PAPERIN PINNAN LAATU	33
7	VEDEN KULKEUTUMINEN PAPERIN RAKENTEeseen	34
7.1	VEDEN PENETRAATIO HUOKOSIIN	34
7.2	DIFFUUSIO.....	35
8	PINTALIIMARESEPTIT	35
8.1	RESEPTIEN SUUNNITTELUN PERUSTEET	35
8.2	IRROKEPAPERIN PINTALIIMAUKSESSA KÄYTETTÄVIÄ KEMIKAALEJA.....	37
8.2.1	<i>Polyvinyylialkoholi (PVOH)</i>	37
8.2.2	<i>Karboksyylimetyyliselluloosa</i>	39
8.2.3	<i>Erilaiset vahaemulsiot</i>	40
8.2.4	<i>Fluorokemikaalit</i>	40
8.2.5	<i>Erilaiset polymeeridisersiot barrier-päällysteinä</i>	41

8.2.6 Polyuretaanit.....	42
9 RAAKAPAPERIN OMINAISUUKSIEN VAIKUTUS PINTALIIMAUKSEEN	42
10 NESTEEN LEVIÄMINEN HUOKOISEN AINEEN PINNALLE JA ADHEESIO.....	43
10.1 JOHDANTO.....	43
10.2 YOUNGIN YHTÄLÖ	43
10.3 PINNAN TERMODYNAMIIKKA JA ADHEESIO	45
10.3.1 Mekaaninen toisiinsa kytkeytyminen.....	45
10.3.2 Diffuusioteoria.....	45
10.3.3 Sähköstaattinen teoria.....	46
10.3.4 Termodynaaminen adsorptioteoria ja pintaenergia.....	46
10.3.5 Kemiallinen adheesio.....	48
10.4 ADHEESIOTEORIAN YHTEENVETO	48
11 DIPLOMITYÖN KIRJALLISUUSOSAN YHTEENVETO	48
12 KOKEELLISEN OSAN TAVOITE JA RAJAUS	52
13 ESISELVITYS HUOKOISUUDEN, SILEYDEN JA HYDROFOBISUUDEN VAIKUTUKSESTA PAPERIN BARRIER-OMINAISUUKSIIN.....	53
13.1 YLEISTÄ	53
13.2 SHIRLASTAIN TESTAUS	53
13.3 ESISELVITYKSEN TULOSTEN TARKASTELU.....	54
13.3.1 Paperin tiheyden vaikutus	54
13.3.2 Bekk-huokoisuuden vaikutus shirlastain-testitulokseen.....	54
13.3.3 Unger öljynabsorptio ja tulos shirlastain-testissä	56
13.3.4 PPS-karheus ja tulos shirlastain-testissä	57
13.3.5 IGT-tahranpituus ja shirlastain-testitulos	58
13.3.6 Cobb-vedenabsorption vaikutus shirlastain-testin tulokseen.....	59
13.3.7 Paperin kiilto ja shirlastain-testitulos.....	60
13.3.8 IR-transparenssi ja shirlastain-testitulos	61
14 ESISELVITYKSEN YHTEENVETO.....	62
15 SELVITYS TERVASAAREN PK 8:N VALMISTAMAN IRROKEPAPERIN HUOKOISUUDESTA JA HUOKOSRAKENTEESTA	64
15.1 KÄYTETYT MENETELMÄT	64
15.2 TULOSTEN TARKASTELU.....	64
15.2.1 Selvitys Honey 61-lajin huokosjakaumasta	64
15.2.2 Kalanteroimattomat näytteet	67
15.2.3 Pintaliimattomat paperit	69
15.2.4 Superkalanteroidut näytteet.....	71
16.2.5 Kilpailijoiden huokoskokojakaumat.....	72
15.3 HUOKOSKOKOSELVITYKSEN YHTEENVETO.....	75
15.4 TULOSTEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI	75
16 SELVITYS TERVASAAREN PK 8:N VALMISTAMAN GLASSIINI-IRROKEPAPERIN PINTAENERGIASTA.....	76
16.1 KÄYTETYT MENETELMÄT	76
16.2 TULOSTEN TARKASTELU.....	76
16.3 TULOSTEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI	77
17 ENSIMMÄINEN PILOT-KOEAJO	78
17.1 YLEISTÄ KOEAJOSTA.....	78
17.2 KOEAJO	79
17.3 KOEAJON TULOSTEN TARKASTELU.....	80
17.4 ENSIMMÄISEN PILOT-KOEAJON TULOSTEN YHTEENVETO	83
18 TOINEN PILOT-KOEAJO.....	85

18.1 YLEISTÄ KOEAJOSTA.....	85
18.2 KOEAJO.....	85
18.3 KOEAJON TULOSTEN TARKASTELU.....	87
18.3.1 Tiheys.....	88
18.3.2 Bekk-huokoisuus.....	88
18.3.3 Unger-öljynabsorptio ja silikonin imeytyminen paperiin.....	91
18.3.4 Shirlastain-testi.....	94
18.3.5 Transparenssi.....	96
18.3.6 PPS-karheus.....	98
18.3.7 Bekk-sileys.....	100
18.3.8 IGT-tahranspituus.....	102
18.3.9 Palstautumislujuus.....	104
18.4 TOISEN PILOT-KOEAJON YHTEENVETO.....	106
19 KOLMAS PILOT KOEAJO.....	107
19.1 YLEISTÄ KOEAJOSTA.....	107
19.2 KOEAJO.....	107
19.3 KOEAJON TULOSTEN TARKASTELU.....	109
19.3.1 Tiheys.....	109
19.3.2 Bekk-huokoisuus.....	110
19.3.3 Unger-öljynabsorptio ja silikonin imeytyminen paperiin.....	113
19.3.4 Shirlastain-testi.....	117
19.3.5 Transparenssi.....	120
19.3.6 PPS-karheus ja bekk-sileys.....	122
19.3.7 Palstautumislujuus.....	128
19.4 KOLMANNEN PILOT-KOEAJON YHTEENVETO.....	130
20 PILOT-KOKEIDEN TULOSTEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI.....	131
21 TUOTANTOKOEAJOT.....	132
22 KOKEELLISEN OSAN YHTEENVETO.....	133

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Tervasaaren PK 8:n valmistama irrokepaperi käytetään raaka-aineena tarralaminaatin valmistuksessa. Tarralaminaatti muodostuu tarraetiketistä, liimasta, silikonifilmistä ja irrokepaperista. Laminaatista valmistetaan painamalla ja stanssaamalla tarraetikettejä, jotka voidaan kiinnittää halutulle alustalle ilman erillistä apuainetta. Tervasaassa valmistetaan glassiintyyppisiä irrokepapereita ja tässä työssä keskitytään tämän tyyppiin papereihin.

Tarralaminaattien toimivuuden kannalta tärkeä ominaisuus on pintapaperin tasainen irtoaminen irrokepaperista. Irrokepaperi käsitellään laminaatin valmistuksessa pintapaperin irtoamista helpottavilla aineilla, kuten silikonilla. Nykyisin paperin silikonoinnissa käytetään pääasiassa liuotinvapaata silikonია. Tasaisten irrotusominaisuuksien edellytys on riittävän paksu ja erityisesti tasainen kerros silikonია.

Silikonin kulutuksen minimointi on merkittävä taloudellisuustekijä, koska silikoni on kallis raaka-aine, noin 60-100 mk/kg. Teoreettinen silikonipäällysteen minimipaksuus on yhden siloksaanimolekyylin suuruusluokkaa. Tällainen kerros edustaa massaltaan aivan olematonta määrää. Nykyisillä laitteilla päästään tavallisesti hieman alle 1 g/m² päällystemääriin riittävän hyvällä silikonipeitolla. 0,1 g/m² säästö päällystemäärässä merkitsee yhdessä 25 kilometrin pituisessa ja kaksi metriä leveässä rullassa 300-500 markan kustannussäästöä. Jos ajatellaan koko paperikoneen tuotantoa (100 000 t/a), 0,1 g/m² vähennys silikonitarpeessa merkitsee asiakkaillemme noin 8,5-14,0 Mmk:n kustannussäästöä vuodessa nykyisillä raaka-ainehinnoilla. Hyvään tulokseen vaadittavan päällystemäärän vähentämispyrkimyksille on siis hyvät perusteet.

Silikonipinnan tasaisuutta karakterisoidaan tavallisesti erilaisin värjäyстestein, joissa silikonioimaton kuitumateriaali värjäytyy selvästi erottuviksi kohdiksi. Väriainetestausta tehdään myös silikonioimattomalle paperille vastaanottotarkastuksena ennen silikonointia, jolloin tarkastellaan väriaineen menemistä paperin läpi. Kuitenkaan huonotkaan tulokset näissä testeissä eivät aina ole aiheuttaneet ongelmia valmiin tarralaminaatin irrotusominaisuuksissa. Asiakkaat, jotka ainoastaan silikonioivat paperia laminoitukoneita varten, tutkivat silikonipinnan peittoa tarkemmin kuin laminoijat välttääkseen omien asiakkaidensa reklamaatiot huonosta silikonipinnasta väritestien perusteella. Laminoitukoneen jälkeiset release-arvot ovat luonnollisesti käytön kannalta merkitsevämpiä. Irrokepaperin silikonoitavuutta varmuudella ennustavaa menetelmää ei ole nykyisin olemassa.

Liuotinvapaaseen silikonointiin siirtyminen on lyhentänyt silikonipolymeerien ketjunpituutta riittävän alhaisen viskositeetin saavuttamiseksi. Pohjapaperin huokoisuuden merkitys silikonin kulutukseen vaikuttavana tekijänä on tämän vuoksi tullut koko ajan merkitsevämmäksi. Paperin huokosrakenteeseen voidaan vaikuttaa joko pohjapaperin huokoisuutta vähentämällä tai sulkemalla paperin pinta pintaliimaamalla. Pohjapaperin huokoisuuteen voidaan vaikuttaa lähinnä jauhatusta lisäämällä ja formaatiota parantamalla. Jauhatuksen lisääminen hidastaa

huomattavasti paperikoneen ajonopeutta, jolloin hyvän formaation saavuttaminen vaikeutuu ja tuotantotehokkuus huononee. Jauhatusta paperin laatua parantavana keinona ei voida siis rajattomasti hyödyntää. Tämän vuoksi pintaliimauksen parantaminen on muodostunut keskeiseksi kehityskohteeksi.

Pintaliimauksen tilanne PK 8:lla on, että nykyisellä pintaliimareseptillä, joka perustuu PVA:n ja CMC:n käyttöön, ei saavuteta riittävää pinnan tiiveyttä. Pintaliimamäärän nostolla on pinnan tiiveyttä edistävä vaikutus, mutta on havaittu, että samalla pintaliiman sisäinen lujuus ja sitoutuneisuus tulee niin alhaiseksi, että varsinkin uudelleenkostutuksen jälkeen pintaliimakerros alkaa lohkeilla muodostaen superkalanteroitaessa rataa huonosti sitoutuneita pintaliimapartikkeleita, jotka tuottavat jalostuksessa ongelmia tarttumalla silikonointiaseman sivelytelastoon ja sekoittavat vieraille materiaaleille erittäin herkän silikonifilmin paperinjalostajan päällystysasemalla. Paperin pintaliimauksen toiminnallinen ”ikkuna” on näinollen käynyt erittäin pieneksi.

Tervasaaren PK 8:lla on käytössä SymSizer-konseptin mukainen nykyaikainen filmiliimapuristin.

1.2 Työn tavoite

Koska Tervasaaren PK 8:n tuottaman paperin pohjarakenteen kehityspotentiaalia on jo hyödynnetty varsin laajasti, keskityttiin työssä selvittämään mahdollisuuksia pintaliimauksen kehittämiseksi parempaa silikonoitavuutta edistäväksi. Pintaliimaresepti on peräisin lammikkoliimapuristimelta ja liiman ominaisuuksia ei ole optimoitu filmiliimapuristinta varten. Paperin pintarakenteen sulkemiseksi pintaliimareseptin kehityksellä pyritään saamaan pohjapaperin suuret huokokset suljetuksi ilman menetyksiä irrokepaperin muissa ominaisuuksissa. Tavoitteena on myös laajentaa pintaliimauksen ”toimintaikkunan” laajuutta mahdollistamalla pintaliimareseptin kehityksellä joko suuremman päällystemäärän aplikointi ilman pintaliiman irtoamista tai parempi pinnan sulkeminen alhaisella päällystemäärällä. Tällä hetkellä ollaan tilanteessa, jossa pintaliimamäärän vähennys välittömästi nostaa paperin huokoisuustasoa ja toisaalta lisäys johtaa pinnan irtoamiseen.

Kirjallisuustyön alussa on käsikirjamaisesti selvitetty silikonipäällystyksen perusasiat ja paperin vaatimukset tähän käyttötarkoitukseen. Tämän jälkeen on perehdytty pintaliimauksen mekanismeihin ja paperin pinnan huokosrakenteen sulkemiseen.

2 Glassiinityyppisen irrokepaperin tuoteanalyysi

Irrokepaperilla tarkoitetaan erikoispaperia, jota käytetään mm. tarralaminaatin taustapaperina. Tervasaaren PK 8 valmistaa pääasiassa CMC/PVA-pintaliimattua glassiinityyppistä irrokepaperia, jonka raaka-aineena on kuusen ja männyn pintapuuhakkeesta valmistettu puolivalkaistu SAP-massa (n. 20 %) sekä valkaistu koivu- ja mäntysulfaattisellu (40 %/40 %). Osa tuotannosta on myös pigmentoitua SCK-laatua (supercalandered kraft) Kaikkiin lajeihin ei käytetä SAP-massaa. Irrokepaperiksi soveltuvat tiiviit glassiinipaperit ja pigmentillä, polyeteenillä tai karboksyylimetyyliselluloosalla (CMC) ja polyvinyylialkoholilla (PVA) päällystetyt

paperit /1/. Tyypillinen glassiini-irrokepaperin massakoostumus on 50-80 % pitkäkuituista massaa (pääasiassa mäntyä) ja 50-20 % lyhytkuituista (koivua). Kuitupohjaisten irrokemateriaalien pahimpia kilpailijoita ovat erilaiset polymeeritaustat. /1/

Irrokepaperin raaka-aineet valitaan toiminnallisten vaatimusten perusteella. Pitkäkuituinen havupuuselluloosa antaa korkeat lujuusominaisuudet. Hyvän formaation ja suuren tiheyden saavuttamiseksi käytetään myös lyhytkuituista selluloosaa. Myös korkean transparenssi vaatimuksen vuoksi pitkäkuituosuus on rajoitettu /2/. Irrokepaperin toimivuuden kannalta tärkeät prosessivaiheet ovat massan jauhatus, paperin superkalanterointi ja pintaliimaus. Näissä vaiheissa tehdään suurin osa paperin erikoisluonteesta. /1/

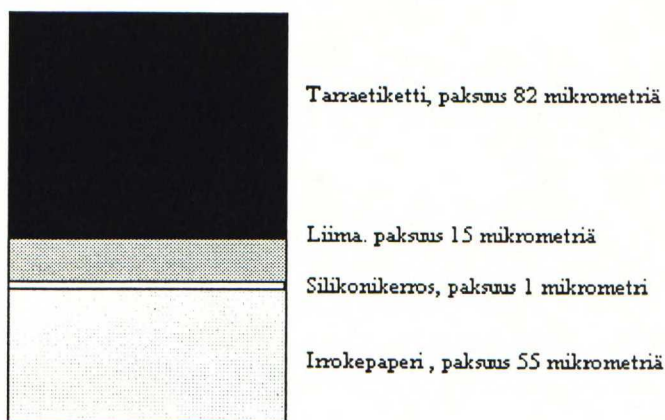
Nykyään valtamenetelmänä silikonipäällystyksessä on liuottimetön silikonointi ja paperin ominaisuuksilla pyritään vastaamaan tämän menetelmän vaatimuksiin. Liuotinvapaa silikonointi asettaa paperille hankalimmat vaatimukset ja siten tähän tarkoitettu paperi toimii yleensä hyvin myös muissa sovelluksissa, joita ovat vesiemulsio- ja liuotinpohjainen silikonointi /3/.

Paperikoneella valmistettu, pintaliimattu ja kostutettu paperi superkalanteroidaan ja paperin tiheys noin kaksinkertaistuu. Muodonmuutos tapahtuu suurimmaksi osaksi kuudessa ensimmäisessä telanipissä. Suurempi viivakuorma ja lämpötila tehostavat muodonmuutosta. /4/

Tarralaminaatin pohjapaperiksi käytettävä irrokepaperi käsitellään liimaisen etiketin irrottamista helpottavalla aineella, tavallisimmin silikonilla. Tarralaminaatin valmistuksessa irrokepaperin päälle siveltävä ohut, peittävä kerros silikonilla estää tarraliiman pääsyn kosketukseen irrokepaperin kanssa. Silikonin kemiallisista ominaisuuksista johtuen tarraliima ei sekoitu tai tartu silikonille. Laminaatin valmistuksessa silikonointi ja liimasiveltely irrokepaperi saatetaan kosketuksiin pintapaperin kanssa laminointinipissä. Valmiissa laminaatissa liima jää pintapaperiin ja pintapaperi irtoaa irrokepaperista tasaisella voimalla. /5/

Monimutkaisista toiminnallisista vaatimuksista ja kalliista raaka-aineista johtuen irrokepaperin hinta on usein huomattavasti suurempi kuin varsinaisen tarraketin.

Kuvassa 1 esitetään valmiin tarralaminaatin rakenne.



Kuva 1. Tarralaminaatin rakenne

Kaikilta irokepapereilta edellytetään: /1, 6/

- Hyviä lujuusominaisuuksia, myös lämpökäsittelyn ja kuivumisen jälkeen
- Dimensiostabiliteettia
- Tiheyttä
- Pinnan tasaisuutta, sileyttä
- Barrier -ominaisuuksia, joita kutsutaan usein silicon hold-outiksi
- Kemiallista soveltuvuutta erilaisten silikonijärjestelmien kanssa
- Transparensia ja väriä
- Alhaista mikrokarheutta, mikrohuokoisuutta
- Erittäin tärkeää on kaikkien ominaisuuksien ehdoton tasaisuus, sekä poikki- että konesuunnassa
- Värisävyä ja sen pysyvyyttä

Glassiinityyppisen irokepaperin toiminnalliset vaatimukset ovat

- Ajettavuus jalostuskoneilla /5,7/
- Paperin sopivuus silikonipäällistykseen
- Hyvä toimivuus stanssausalustana /5/
- Käyttökelpoisuus etiketöintikoneella /3, 4/

Näitä vaatimuksia lähestytään jatkossa niin, että ensin selvitetään toimivuuden kannalta tärkeät vaatimukset ja sitten mittausmenetelmät, joilla ominaisuuksia luonnehditaan.

2.1 Ajettavuus jalostuskoneilla

Tarralaminaatin valmistuksessa irokepaperi ajetaan silikonoinnin, liiman sivelyn ja laminoinnin läpi. Paperiradan täytyy kulkea katkeamatta ja suorana. Paperirata viedään jalostuskoneen läpi ratajännityksen avulla ja yleensä käytetään verraten suuria kireyksiä (yli 350 kN/m). Varsinkin konesuuntaisen vetolujuuden ja paperin muutenkin riittävien lujuuksien avulla saadaan paperirata kulkemaan häiriöttömästi.

Radan kuivuminen silikonin kypsytyksen yhteydessä heikentää rainan rakennetta huomattavasti. /2,3,4/

Irrokepapereilla mittapysyvyys on tärkeää, koska radan kutistuessa silikonoinnin ja varsinkin tarraliiman kuivatuksen yhteydessä saattaa kaventuneesta radan kohdasta siirtyä liimaa teloille, jotka liimaisina tarttuvat rataan ja aiheuttavat paperiradan kiertymisen telan ympärille ja katkeamisen. /2/

Irrokepaperin z-suunnan lujuuden tulee olla niin suuri, että paperi kestää silikonointinipissä tapahtuvan filminhalkeamisen aiheuttaman kuormituksen rikkoutumatta.

Taulukko 1. Paperin ajettavuuden kannalta tärkeät vaatimukset ja mittausmenetelmät /7/

Toiminnalliset vaatimukset	Luonnehtiva mittaus
Paperi riittävän lujaa	Vetolujuus, venymä, repäisyjujuus
Venymätön rata ja poikkisuunnan kutistuma mahdollisimman pieni	Mittapysyvyys
Paperin pinta ei saa pölytä	Pölyämispainatukset ja rasiuskokeet
Orientaatioprofiili	Ultraäänimittaus
Suora kosteusprofiili	On-line- ja laboratoriomittaukset
Paperin puhtaus	Radan vianilmaisimet
Paperin z-suunnan lujuus riittävä	Internal bond, palstautumislujuus (tarkka pintalujuusmittaus puuttuu)

2.2 Paperin sopivuus silikonipäällystykseseen

Kauttaaltaan tasaiseen silikonikerrokseen tarvittavan silikonin määrää pyritään minimoimaan silikonin korkean hinnan vuoksi. Tarvittavan silikonin määrään vaikuttavat pinnan huokoisuus, sileys, tiheys ja absorptio /2, 4/. Irrokepaperin yhteydessä puhutaan usein silikonin hold-outista, jolla tarkoitetaan paperin kykyä estää silikonin imeytymistä paperiin /2/. Silikonin nopea kypsytyks vähentää silikonin imeytymistä paperiin /2/.

Taulukko 2. Silikonipäällystyksen asettamat vaatimukset paperille /7/

Toiminnalliset vaatimukset:	Luonnehtiva mittaus
Paperin tasainen pinta	Karheus, kiilto
Paperin tiivis pinta	Ilmanläpäisevyys, tiheys
Paperin pinnan matala absorptiokyky	Veden ja öljyn absorptio
Paperin hyvä formaatio	Formaatiomittaus
Paperin pintakemia sopiva silikonipäällystykseseen	Erilaiset koesilikonoinnit, kosketuskulma-, pintaenergiamittaukset
Paperin pinta ei saa pölytä	Pölyämispainatukset, rasiuskokeet
Paperin pintalujuus	Palstautumislujuus (tarkka mittaus puuttuu)

2.2.1 Huokoisuuden vaikutus silikonointiin

Hyvän sileyden lisäksi paperin tulee imeä silikonia mahdollisimman vähän rakenteeseensa. Mitä enemmän päällystettä imeytyy paperin rakenteeseen, sitä vähemmän sitä jää paperin pinnalle. Vaikka imeytyneen silikonin vaikutuksen huonontuneisiin irrotusominaisuuksiin voi kompensoida lisäämällä päällystemäärää, silikonikustannus kasvaa liian suureksi. Paperin kykyä vastustaa päällysteen tunkeutumista paperin rakenteeseen ennustetaan gurley –ilmanläpäisyllä, IGT-tahranpituudella, unger-öljynabsorptiolla ja erilaisin värjäyستestsein. /4/

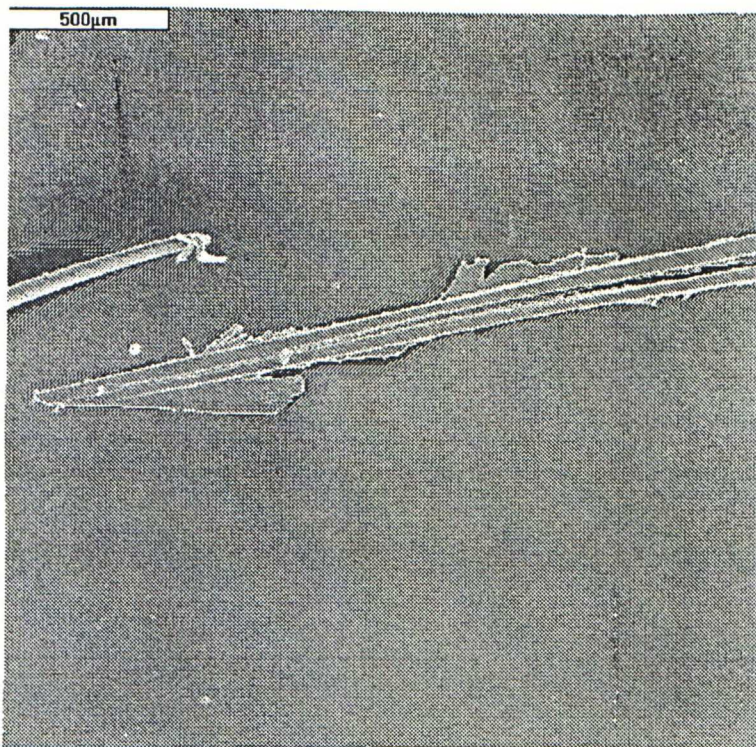
Mikrohuokoisuuden katsotaan olevan tärkeä kriteeri, kun tarkastellaan paperin soveltuvuutta silikonointiin liuotinvapailta silikonihartseilla. Mikrohuokoisuuteen voidaan vaikuttaa erityisesti pintaliimausta kehittämällä. /6/

2.2.2 Sileyden vaikutus silikonointiin

Paperilla, joka absorboi vain vähän silikonia, ei saada ehjää silikonipintaa, jos pinta on karhea silikonin täyttäessä ensin matalat kohdat ja jättäen vain vähän silikonia paperin harjanteille /3/. Karhea taustapaperi jättää myös tarraliimakerroksen epätasaiseksi. Tämä ei yleensä ole haitallista muilla kuin läpinäkyvillä pintamateriaaleilla, jolloin tarraliima näkyy etiketin läpi. Läpinäkyvillä etiketeillä luodaan ns. no-label –vaikutelma /3/.

2.2.3 Taustapaperin pölyämisen vaikutus silikonointiin

Pintakerroksen sitoutuneisuuden ja lujuuden täytyy olla niin korkea, että paperista ei irtoa pölyä tai muuta materiaalia. Pölyäminen aiheuttaa silikonoinnissa telojen likaantumista ja siten puhdistustarpeen, joka alentaa tehokkuutta silikonoinnissa. Pinnasta saattaa irrota lyhyitä kuituja tai pintaliimaa. Liuottimeton silikonointi on erityisen altis kaikelle silikonifilmin epäpuhtaudelle filmin ohuuden vuoksi. Sivelytelan pinnalla silikonifilmin paksuus on vain mikronin luokkaa. Roskat sivelytelan pinnalla aiheuttavat paperiin silikonoimattomia kohtia, jotka aiheuttavat laminaatin kerrosten yhteenliimautumisen tarraliiman päästessä kosketuksiin yhtäaikaan sekä taustapaperin, että etikettipaperin kanssa. Varsinkin pienillä etiketeillä tällaiset silikonoimattomat kohdat aiheuttavat vaikeuksia laminaatin stanssausta seuraavassa roskepoistossa ja etikettien käytössä. /3/ Kuvassa 2 on esitetty silikonointiaseman sivelytelalta puhdistuksen yhteydessä löytynyt roska, joka on muodostunut paperin pinnasta irronneesta pintaliimasta.



Kuva 2. Silikonointiasemalta löytnyt pintaliimaroska

2.2.4 Taustapaperin kemiallinen soveltuvuus silikonointiin

Silikonoitavan irrokepaperin pinnan kemiallinen luonne on tärkeä monessa suhteessa. Aineiden, jotka ovat kosketuksessa silikonin kanssa, tulee olla kemialliselta koostumukseltaan sellaisia, jotka kykenevät muodostamaan sidoksia silikonin kanssa silti häiritsemättä silikonin kypsymistä jalometallikatalyytin avulla. Siloksaaniryhmät silikonimolekyyleissä voivat tavallisesti muodostaa sidoksia pintaliimattujen irrokepapereiden kanssa. Tämä ristisidostus kiinnittää silikonin paperin pintaan ja estää irtihankautumisen (ns. rub-off). Jos pintaliimassa käytetään komponenttejä, jotka eivät sisällä hydroksyyliiryhmiä sopivassa kemiallisessa rakenteessa, saattavat silikonimolekyylit jäädä tarttumatta pintaan. Jos pinnassa ei itsessään ole hydroksyyliiryhmiä, voidaan käyttää erillisiä adheesionparantajia. Näitä käytetään esim. polyetyleenä silikonointaessa. /3/

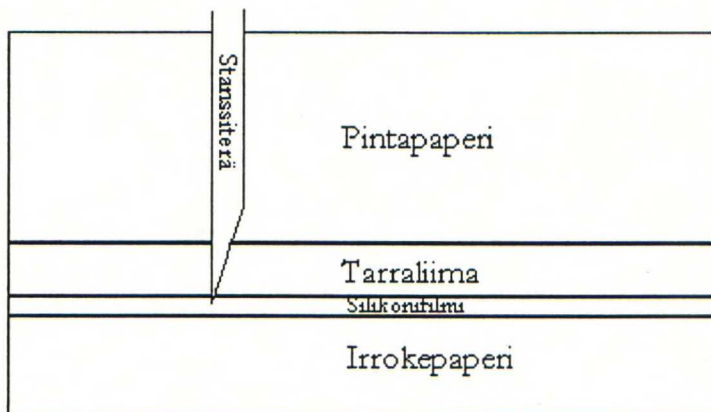
2.2.5 Silikonin leviäminen paperin pinnalle

Jotta neste leviäisi paperin pinnalle sulkien paperin pinnan jokaisen kohdan, täytyy paperin pintaenergian olla suurempi kuin nesteen, eli kontaktikulman nesteen ja paperin pinnan välillä on oltava pienempi kuin 90 astetta. Silikonin leviämisen kannalta paperin pinnalle on edullista, että paperin pintaenergia on suuri. Nesteen leviämistä kiinteän aineen pinnalle on tarkasteltu lähemmin myöhemmin tekstissä. Silikonin

pintaenergia on niin matala, että sen leviäminen kiinteän aineen pinnalle on useimmissa tapauksissa täydellistä. /9/

2.3 Hyvä toimivuus stanssausalustana

Tarralaminaatista valmistetaan irrotettavia etikettejä painamalla etiketin informaatio pintapaperille ja stanssaamalla etiketit irti toisistaan. Stanssauksessa on oleellista, että stanssiterä läpäisee pintapaperin ja liimakerroksen kauttaaltaan ja pysähtyy silikonikerrokseen koskettamatta alla olevan irrokepaperin pintaa. Jos irrokepaperin paksuusvaihtelu on liian suurta stanssiterä painuu taustapaperin "harjanteisiin" rikkoen silikonifilmin. Silikonifilmin rikkoutuneista kohdista tarraliima pääsee tunkeutumaan ajan kuluessa kosketukseen pohjapaperin kanssa. Etiketti saattaa näiltä kohdista jäädä kiinni taustapaperiin ja se saattaa aiheuttaa ongelmia automaattisissa etiketöintilaitteissa, jolloin etiketti jää tulematta tuotteen pinnalle tai pahimmassa tapauksessa irrokepaperi palstautuu ja etiketöinti keskeytyy täysin. /8/ Kuvassa 3 esitetään onnistunut stanssaus.



Kuva 3. Onnistunut stanssaustapahtuma. /8/

Taulukko 3. Stanssaustapahtuman asettamat vaatimukset irrokepaperille /8/

Toiminnalliset vaatimukset:	Luonnehtiva mittaus:
Paperin hyvä formaatio: <ul style="list-style-type: none"> • pienimuotoinen flokkisuus eduksi • suuret flokit johtavat helposti läpi-stanssautumiseen 	Beta-formaatio
Paksuus: <ul style="list-style-type: none"> • -keskimääräinen paksuus tärkeä "kaupallinen" suure • -paksuushajonta/-vaihtelu (formaatio≠paksuusvaihtelu) 	Paksuusmittaus
Hyvä palstautumislujuus	Scott-Bond-mittaus

2.4 Käyttökelpoisuus etiketöintikoneella

Pintapainoltaan kevyemmiltä kuin 80 g/m² papereilta vaaditaan yleensä korkea transparenttisuutta. Tyypillisesti yli puolen paperin pinnalle tulevasta valosta tulee läpäistä paperi. Tämä vaatimus johtuu siitä, että automaattisessa etiketöintikoneessa etikettien kohdistus rullatavarassa tapahtuu infrapunavalokennolla läpivalaisemalla. Tällöin etikettikohdat läpäisevät säteitä huomattavasti nopeammin kuin pelkkä taustapaperi. /13/

Etiketöinti vaatii irrokepaperilta myös hyvää mekaanista kestävyyttä. Etiketöinnissä paperiradat ovat kapeita ja ratajännitykset suuria. Pienet telahalkaisijat edellyttävät myös hyvää palstautumislujuutta.

Taulukko 4. Automaattisen etiketöinnin asettamat vaatimukset paperille /7/

Toiminnalliset vaatimukset:	Luonnehtiva mittaus:
Transparenssi	Näkyvän valon läpäisy
Korkeat lujuudet	Lujuusmittaukset
IR-transparenssi	Infrapunavalon läpäisy

3 Irrokepaperin silikonipäällystys

3.1 Mitä silikonit ovat?

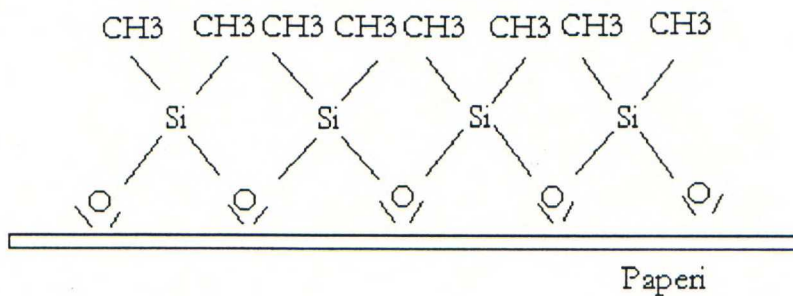
Teollisuudessa käytettävät silikonit muodostavat suuren joukon orgaanisia yhdisteitä pii- ja happiatomien kanssa. Silikonin ominaisuudet antavat sen käytölle monenlaisia mahdollisuuksia. Silikonin ominaisuudet ovat niin monipuoliset, että painotalossa tai automaalaamossa silikoni saattaa estää värin tarttumisen pintaan johtaen vaikeuksiin, koska väri ei verkkoudu pintaan kiinni. Samanaikaisesti useimmat maalit sisältävät kuitenkin silikonia. /10/

Paperin päällystyksessään käytetyn silikonin tunnusomainen molekyyli on dimetyylisiloksaani. Tämän polymeerin pintaenergia on alhaisin kaikista tunnetuista polymeereistä lukuunottamatta perfluoroetyleenä, joka tunnetaan paremmin nimellä teflon®. Tästä johtuvat silikonin ainutlaatuiset irrotusominaisuudet tahmeistakin aineista, kuten tarraliimoista. /11/

Paperin päällystyksessä käytettävät silikonit ovat lähinnä avoketjuisia polydimetyylisiloksaaneja. Katalysaattoria ja ristisidostajaa lisäämällä saadaan lämmön avulla nämä makromolekyylit kiinnittymään toisiinsa ja paperin pintaan. Reaktio tapahtuu tavallisimmin joko kondensaatiolla tai additiolla riippuen katalysaattorista. Lämmön vaikutuksesta dimetyylisiloksaanimolekyylit suuntautuvat siten, että metyyliryhmät peittävät pinnan ja polaarisisissä ryhmissä olevat tartuntakohdat ovat pois ulottuvilta. /5/

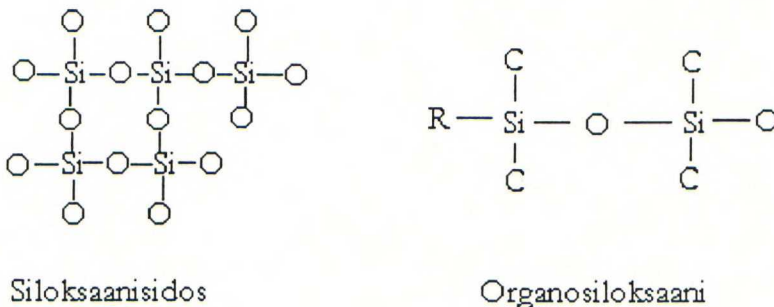
Yleisesti puhutaan ”thermally cured” –silikoneista, joka on hieman harhaanjohtava termi. Ristisidostus, joka näissä kypsymisreaktioissa tapahtuu, onnistuu lähes yhtä hyvin huoneenlämmössä. Lämpötilan nousu nopeuttaa kuitenkin reaktioita. Silikonointikoneella kypsytyksessä lämpötila uuneissa on n. 200°C Vaikeutena onkin

saada aikaan silikonipäällyste, joka säilyy juoksevana sekoittimessa ja päällystysyksiköllä ja silti ristisidostuu nopeasti paperin pinnalla. /11/



Kuva 4. Silikonimolekyylien suuntautuminen valmiilla silikonipinnalla /5/

Silikoneille tunnusomainen on sidos Si-C ja siloksaanisidos, -Si-O-Si-, joka löytyy myös luonnossa esiintyvistä silikaateista. Siloksaanisidos hajoaa alkalisissa oloissa ja on altis myös vahvoille hapoille. Tätä depolymeroitumisominaisuutta hyödynnetään silikonointilaitteiston puhdistuksessa. Alkoholin lisäys nopeuttaa prosessia. /5/



Kuva 5. Silikonin pääsidostyytit /5/

Si-C -sidokset ja siloksaanisidos, Si-O-Si, ovat termisesti stabiilimpia kuin C-C-sidokset ja siksi silikonit kestävät hyvin korkeita lämpötiloja /5/. Siloksaanisidos on lisäksi täysin hapettunut, joten se ei ole enää altis hapettaville olosuhteille. Ensimmäiset silikonin käyttösovellukset 40-luvulla hyödynsivätkin juuri silikonin hyvää lämmönsietoa. Silikonipäällysteellä parannettiin esim. lasikuituteipin lämmönkestoa sähkömoottoreissa /12/.

3.2 Silikonin valmistus

Silikonien valmistus vaatii huomattavaa teknistä osaamista ja kalliita laitteistoja. Maailmassa on tämän vuoksi vain muutamia silikonien valmistajia. Tästä huolimatta paperin päällystäjällä on runsaasti valinnanvaraa silikonipäällystettä valitessaan. /10/

Silikonin valmistuksessa kvartsi pelkistetään aluksi korkeassa lämpötilassa piiksi. Piistä valmistetaan erittäin tulenarkoja klorosilaani-monomeerejä. Nämä monomeerit erotellaan tislaamalla. Tislauksen tuloksena saadaan monoklorosilaania (polymeeriketjun pää), diklorosilaania (ketjunpidentäjä/muodostaja), triklorosilaania (haaroittaja ja verkkouttaja), tetraklorosilaania (käytetään puhtaan piioksidin raaka-aineena). Klorosilaaneista saadaan johdettua silaaneja, joita käytetään esimerkiksi synteettisen penisilliinin valmistuksessa, lasikuidun pintakäsittelyssä, tekstiilien ja pakkausmateriaalien desinfiointiaineena. Suurin osa klorosilaaneista käytetään kuitenkin silikoninesteiden, -kumiin, -tiivisteiden, -hartsien ja -päällysteiden valmistukseen. /12/

Tavallinen liuottimetön silikonipäällysteresepti sisältää pääkomponenttinaan silikonipolymeeriä sekä lisäksi ristosidostajaa (cross-linker), irtoarvon säätöainetta (control release agent) ja katalyyttiä (catalyst).

3.3 Liuottimetön silikonipäällystys valtamenetelmänä

Silikonipäällystystä on käytetty tarralaminaattien valmistuksessa 50-luvulta alkaen. Ennen silikonia käytettiin irrokeaineena vahapinnoitusta. Kun Dow Corning toi markkinoille ensimmäiset silikonipäällysteet, parani irroketuotteiden laatu huomattavasti. Tarralaminaattien käyttö automaattisissa etiketöintilinjoiissa mahdollistui. /10/

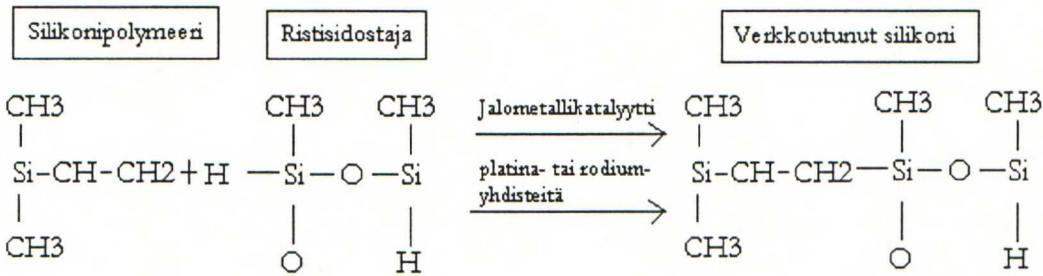
Alunperin irrokepaperin päällysteenä käytettävien silikonien tärkeimpänä kehitystavoitteena oli parempi irrotusominaisuuksien säätö, mutta myöhemmin ympäristötietoisuuden ja liuotinpohjaisen silikonoinnin vaikeuksien vuoksi keskityttiin liuottimetön ja emulsiopohjaisen järjestelmän kehittämiseen. Näistä liuottimetonta järjestelmää on kehitetty edelleen ja nykyään osataan säätää irrotusominaisuuksia myös liuottimetön järjestelmällä. /13/

Tarralaminaattiteollisuudessa käytetään kolmea erilaista silikonijärjestelmää /10/.

- Silikoni vesiemulsiossa
- Liuottimeen sekoitettuna dispersiona
- Liuottimetönä silikonina 100% kuiva-aineessa

Emulsiosilikonoinnissa silikoni sekoitetaan veteen dispersioksi. Liuotinpohjaisessa järjestelmässä liuottimena on bensiini, tolueni, etyyliasettaatti tai trikloorietyleeni. Laimennuksen jälkeen sekoitetaan katalyysaattorit ja ristosidostaja. Tämän jälkeen seos on käytettävä tietyn ajan kuluessa, koska ristosidostuminen alkaa heti katalyytin lisäyksen jälkeen. /5/

Silikonoinnissa on nykyään siirrytty lähes yksinomaan liuotinvapaisiin järjestelmiin. Silikonin kypsyminen ja ankkuroituminen paperiin tapahtuu jalometallikatalyytin aikaansaamana additioreaktiona tai sinkkiyhdisteen katalysoimana kondensaationa. Kuvassa 6 on esitetty silikonin kypsymiseen johtavan additioreaktion kulku. On erittäin tärkeää, ettei paperi sisällä mitään inhibiittoria, joka häiritsee additioreaktion etenemistä ja siten silikonin kypsymistä. Näitä ns. katalyyttimyrkkyjä on runsaasti. On usein epäselvää miten näitä häiriöaineita tulee paperiin ja millä mekanismeilla ne häiritsevät verkkoutumisreaktion etenemistä. Silikonin ja jonkin aineen yhteensopivuutta testataan yleensä koepäällystämällä ja testaamalla häiriintyykö kypsyminen. /14/



Kuva 6. Silikonin verkkoutuminen additioreaktiolla /11/

Tiedossa olevia silikonin ristisitoutumista häiritseviä aineita ovat sellaiset, jotka sisältävät: amino- tai imino-ryhmiä (esim proteiinit), vapaita karboksyyli-ryhmiä (algiinaatti, karboksyyli-lateksit), alkuainerikkiä, erilaisia rikki-, fosfori-, tai sinkkiyhdisteitä tai pigmentit, jotka sisältävät raskasmetalleja. /11/

Silikonin ominaisuudet ovat muuttuneet voimakkaasti, kun on siirrytty käyttämään liuottimetonta silikonia. Alla olevassa taulukossa on kuvattu sekä liuotinpohjaisen, että liuottimettoman silikonin tyypilliset ominaisuudet.

Taulukko 5. Silikonin ominaisuudet liuotinpohjaisessa ja liuottimettomassa silikonijärjestelmässä /11/

Järjestelmä	Molekyyli-paino	Ketjunpituus	Polym. viskositeetti
Liuotin	300,000-800,000	4,000-12,000	9,000,000 +
Liuottimeton	7,000-14,000	90-200	300-1,000

Näin isot erot ketjunpituudessa aiheuttavat merkittäviä eroja irrotusominaisuuksissa. Liuotinpohjaisen järjestelmän pitkät ketjut antavat silikonipinnalle kumimaisen luonteen, kun taas lyhytketjuisesta liuottimettomasta silikonista tulee hartsimaisen kova pinta. /11/

3.3.1 Liuottimettoman silikonoinnin edut

Silikonipäällysteet ovat kehittyneet suhteellisen alkeellisista, hitaasti kypsyvistä, korkean lämpötilan vaativista järjestelmistä, hienostuneiksi, alhaisessa lämpötilassa,

nopeasti kypsyviksi päällysteiksi. Liuottimettoman ja liuotinpohjaisen silikonipäällysteen erojen vuoksi ilman liuotinta saatava hartsimaisen kova pinta aiheuttaa alhaiset irrokearvot ja vähäisen riippuvuuden irrotusnopeudesta. /17/ Vähäinen riippuvuus irrotusnopeudesta auttaa etiketöinnissä ja roskaradan poistossa stanssauksen jälkeen /15/.

Liuotinvapaan silikonoinnin etuna pidetään sen vähäistä kuivatusenergian tarvetta. Sen sijaan vesiemulsiona levitettävän silikonin sisältämä vesi tai liuotinsilikonoinnin liuotin on haihdutettava ennen varsinaista kypsymistä. Jatkuvasti kasvavat liuotinkustannukset ovat myös ohjanneet kehitystä siihen suuntaan, että liuottimen käytöstä päästäisiin eroon. Tämä on johtanut kuiva-aineeltaan 100%, additiopolymeeroituvan silikonipäällysteen suosioon.

Liuottimettoman järjestelmän edut /15,16/:

- Ei tarvitse käsitellä suuria määriä palavia aineita prosessissa
- Ei tarvitse kalliita keräilylaitteita liuottimen talteenotolle (hankinta, energia ja kunnossapitokustannukset)
- Ei räjähdysvaaraa päällystyskoneella
- Lyhyempi kuivatusmatka tai suurempi ajonopeus
- Energiansäästöä ilmastointitarpeen vähennyksen kautta
- Pitkä käyttöaika (2-3 päivää)
- Säästöä suurten liuotinsäiliöiden, putkivientien, sekoitus ja annostelulaitteiden pienentyessä vähentyneen tilavuusvirran vuoksi. (Tilavuusvirta pienenee noin 20:een osaan verrattuna liuotinpohjaiseen)
- Vakuutusmaksujen halventuminen pienentyneen paloarkuuden vuoksi

3.3.2 Liuottimettoman silikonoinnin haitat

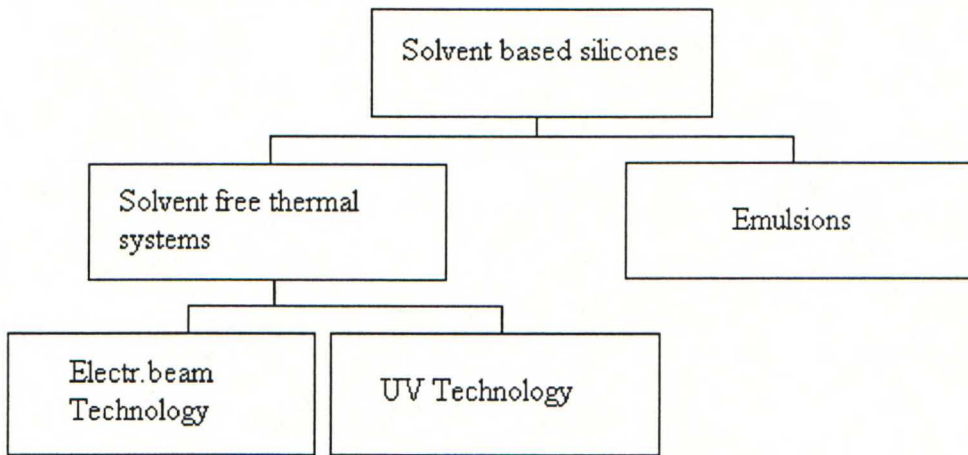
Tietenkään siirtyminen liuottimettomaan järjestelmään ei ole sujunut ilman vaikeuksia.

Liuottimettoman järjestelmän haitat /15,16/:

- Liuottimettoman silikonin irrokeominaisuuksien riippuvuus viskositeetistä. Lyhytketjuisen silikonin muodostama hartsimaisen kova silikonipinta tarjoaa erittäin alhaiset irtoarvot. Varsinkin pienten etikettien valmistuksessa etiketit saattavat irrota ennen aikojaan. Tätä voidaan kuitenkin nykyisin korjata irtoarvoja kohottavilla lisäaineilla.
- Katalysaattoreina käytettävät jalometallikatalyytit ovat arkoja menettämään tehonsa amino- tai iminoryhmien, orgaanisten sinkkiyhdisteiden tai alkuainerikin vuoksi. Myös raskasmetallit ovat haitallisia.
- Silikonin levittämiseen tasaisesti tarvitaan erityistä tarkkuutta vaativia laitteita. Tavallisesti käytetään 5- tai 6-telaista offset-periaatteella toimivaa päällystysyksikköä. Telojen nopeuseroilla on tässä yhteydessä erikoisen tärkeä merkitys silikonifilmin tasaisuuden aikaan saamisessa.

3.3.3 Silikonijärjestelmien tulevaisuus

Kasvava halu käyttää polymeerifilmejä, kuten polyeteeniä ja polypropeenia, B.O.P.P. (=bioriented polypropylene) tarran irrokemateriaalina on johtanut uusien alhaisemmassa lämpötilassa kypsyvien silikonien kehittämiseen. Pelkästään additiopolymeeroituvat liuottimetöntä silikoneja mahdollistavat lämpötilan laskun, mutta vasta säteilykypsytyksellä on mahdollistanut laajamittaisen polymeeritaustojen käytön. Ensimmäiset säteilykypsytyksen sovellukset julkistettiin 1981 ja ne olivat elektronisuihku ja UV-säteilykypsytykseen perustuvia. Sen lisäksi, että päällystyskoneilla voidaan päällystää muitakin materiaaleja kuin paperia, voidaan koneiden kokoa pienentää murto-osaan aikaisemmasta tekniikasta, koska kypsytyksuuneja ei enää tarvita. Säteilykypsytyksellä perustuu silikoniakrylaattien käyttöön. /17/ Kuvassa 7 on esitetty silikonijärjestelmien kehitys 50-luvulta alkaen.



Kuva 7. Silikonijärjestelmien kehityksen pääsuunnat. /17/

Silikoniakrylaattien kypsytykseen ei tarvita lämpöä. Säteilytyksen aikana paperin lämpötila nousee vain noin viisi astetta normaalia huoneenlämpöä korkeammaksi. Mitään katalyyttiä ei tästä huolimatta tarvita. /17/

Koska silikoniakrylaatit kypsyvät nopeasti voidaan silikointikoneiden nopeutta nostaa UV-kypsytyksellä 500 m/min ja elektronisuihkukypsytyksellä jopa 900 m/min. Silikoniakrylaatit sopivat myös useimmille tarraliimoille /28/. ”Thermally cured” -silikonoinnissa huippunopeudet nykyään ovat n. 600 m/min. /17/

Säteilykypsytyksen edut /17/:

- Erittäin lyhyet starttiajat (pääomakustannukset)
- Pikainen, täydellinen kypsyminen (korkeammat ajonopeudet)
- ”Kylmä kypsytyks” (ei taustamateriaalin kuivumista, haurastumista, kosteuden menetystä, tarve uudelleenkestävykseen poistuu, ei kutistumista)
- Ei tarvita raskasmetallikatalyyttejä (ympäristö)
- Lämmityskypsytyksen puuttuminen mahdollistaa paremmin irrokepaperin uudelleenkäytön
- Mahdollistaa lämpöherkkien filmimateriaalien käytön

Koska päällystettävien filmimateriaalien paksuus on niin pieni (jopa 10 µm), voidaan säteilykypsytyksen avulla samaan etikettirullaan saada mahtumaan merkittävästi enemmän etikettejä. Rullanvaihtoihin kuluva aika vähenee. /17/

Silikoniakrylaattien korkea hinta on vielä hidastanut siirtymistä niiden laajamittaiseen käyttöön.

3.4 Silikonipäällysteen hyvyden luonnehdinta

Lähes kaikki paperin silikonipäällystäjät testaavat päällysteensä tasaisuuden erilaisin väriainein. Väriaineen avulla voidaan havaita silikonipäällysteessä olevia vikoja tai päällystekerroksen paksuuden epätasaisuutta. Värjättyjen pintojen kiiltoa tai värisävyä mittaamalla tai referensseihin vertaamalla voidaan kokemukseräisesti luokitella silikonoidun pinnan peittävyttä. /18, 19/

3.4.1 Silikonipinnan värjäystestit

Kolorimetrisistä menetelmistä tavallisimmat ovat Shirlastain-A- ja malakiittivihreätesti. Näissä menetelmissä vesipohjainen väriliuos on kosketuksissa pisimmillään kahden minuutin ajan silikonoidun paperinäytteen kanssa. Ylimääräisen väriaineen poiston jälkeen näytteen värjäytymistä verrataan visuaalisesti referenssinäytteisiin. Riittämättömästi silikonin peittämät kuidut värjäytyvät selvästi. Mitä tasaisempi ja vähemmän huokoinen silikonipinta on sitä tasaisemmalta värjäystulos näyttää. /18, 19/

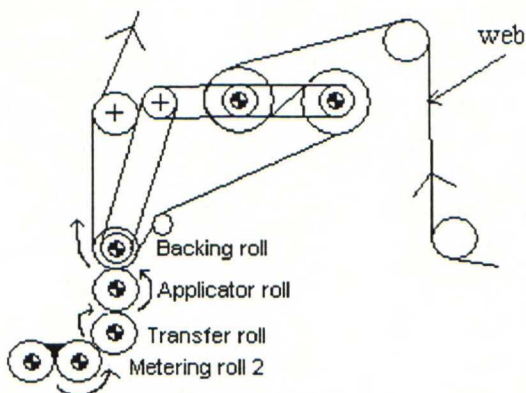
Muita vastaavalla periaatteella toimivia, tunnettuja värjäystestejä tehdään liuoksilla, joissa väriaineena on neokarmiinia, metyyliinsinistä, malakiittivihreää tai rodamiinia. Eri värejä käytetään, koska taustamateriaalin väri saattaa olla liian lähellä käytetyn värin sävyä, jolloin kontrastia ei synny. /18, 19/

Koska kyseessä on useimmiten vesiliukoinen väriaine, vaikuttaa myös irrokepaperin hydrofobisuus värjäystestin tulokseen. Shirlastain-testi on periaatteessa värjättyllä liuoksella tehty cobb-testi. Tähän perustuen testejä arvioidaan usein myös imeytyneen väriliuoksen massaa punnitsemalla. /18, 19/

Reinhardt, Hottentrager ja Viehmeyer ovat tutkimuksissaan havainneet laminaatin irtoarvojen korreloivan väritestin värisävyn kanssa. Tavallisesti puhutaan deltaE-arvosta värjäyksen aiheuttamaa värinmuutosta tarkoitettaessa. /19/

3.5 Silikonointilaitteistot

Liuottimetonta silikonia käyttävän silikonointikoneen päällystysyksikön odotetaan levittävän silikonifilmin erittäin tasaisesti, koska levitettävän silikonin määrä on niin pieni. Sivelytelan pinnalla on vain noin 1,5 g/m² silikonia. Liuottimetonta silikonia käyttävissä päällystyskoneissa käytetään nykyään tyypillisesti viisi- tai kuusitelaisia päällystysyksiköitä. Kuvassa 8 esitetään tyypillinen päällystysaseman telakaavio. /20/



Kuva 8. Liuotinvapaa silikonia käyttävän silikonointikoneen viisitelainen päällystysyksikkö. Telanopeuksien erolla on filminpaksuutta tasoittava vaikutus. /21/

Telojen materiaalit ovat vuorotellen kovia metalliteloja ja pehmeämpiä polyuretaani- tai hypalon -teloja. Telojen keskinäisiä nopeuseroja ja telarakoja säätämällä saadaan silikonifilmin paksuus säädettyä sopivaksi. Hierrolla on tässä tapauksessa merkittävä filmin tasaisuutta parantava vaikutus. Sivelytelan (applicator r.) kehänopeus on tavallisesti noin 88-108 % paperiradan nopeudesta ja muut telat pyörivät tätä hitaammin /21/.

3.6 Kuitumateriaalin kanssa kilpailevat irrokemateriaalit

Polymeereistä valmistetut irrokemateriaalit ovat kehittyneet merkittävästi viime vuosina. Silikonin säteilykypsytyksen käyttöönotto on mahdollistanut kaiken koostumuksisten, paksuuksisten, ja väristen filmimateriaalien jalostuksen irrokemateriaaliksi. Filmimateriaalien käyttökohteiksi soveltuvat tarraetikettien taustamateriaalin lisäksi monet muut kohteet. Silikonoidut polymeerifilmit löytävätkin todennäköisesti kokonaan uusia käyttökohteita. /22/

Toistaiseksi polyesteri on suosituin polymeerista valmistettu irrokemateriaali, mutta säteilykypsytyksen ansiosta mahdollisten materiaalien valikoima kattaa pian lähes kaikki filmimateriaalit. Polyesterin hinta on paperiin verrattuna noin kolmin-, nelinkertainen, joten se ei kilpaile paperin kanssa aivan samoista käyttötarkoituksista. Kasvanut halukkuus käyttää läpinäkyviä tausta- ja etikettimateriaaleja on johtanut filmimateriaalien kysynnän kasvuun paperia korvaavasti. Tarralaminaatin valmistajat puhuvat ”clear-on-clear”-tuotteista. /22/

B.O.P.P. (Bi-oriented polypropylene) on varteenotettava vaihtoehto polyesterille. Perinteisesti tämän materiaalin käytön vaikeutena on ollut silikonin ja tarraliiman kuivatuksen vaatima korkea lämpötila. Ensimmäinen ongelma on ratkennut silikonin säteilykypsytyksen tultua markkinoille ja toinen hot-melt-liimojen ja niiden päällystystekniikoiden avulla. B.O.P.P.:n käytön kehittämiseksi asettaa painetta juuri

läpinäkyvien etikettimateriaalien yleistyminen. Tarraliiman tasaisuusvaatimus on näillä tuotteilla korkea, koska liimafilmin epätasaisuudet näkyvät etiketin läpi. /22/

50- μm B.O.P.P.-filmin hinta on noin puolet 36 μm -polyesterifilmin hinnasta. 30 μm B.O.P.P.-filmin tonnihinta on noin 25% halvempi kuin 50 μm B.O.P.P.-filmi ja halvempi kuin 62 g/m^2 -glassiini. Tämä, ja filmimateriaalien monet paperia paremmat ominaisuudet on johtanut käytön lisääntymiseen. Erityisesti kosteissa oloissa etiketöitäessä on B.O.P.P.-filmi saavuttanut paljon suosiota. Lisäksi filmi on 40% ohuempaa kuin vastaava paperituote ja näin yhteen rullaan mahtuu paljon enemmän etikettejä. Varastointi ja kuljetuskustannuksissa voidaan säästää. /22/

4 Paperin pintaominaisuuksien parantaminen pintaliimaamalla

4.1 Pintaliimauksen vaikutus paperin laatuun

Pintaliimauksella parannetaan paperin ominaisuuksia lisäämällä kuitujen välisiä sidoksia vesiliukoisilla sideaineella, usein tärkkelyksellä. Pintaliimauksen antamaan lopputulokseen vaikuttaa liimaukseen käytettävä polymeeriliuos ja pohjapaperin ominaisuudet. Pintaliimauksen optimointi voi johtaa merkittäviin kustannussäästöihin päällystyksessä tarvittavan silikonimäärän pienentyessä. Kuitujen luontaisen hydrofiilisen luonteen vuoksi ne hylkivät poolittomia aineita. Tästä syystä öljyt voivat tunkeutua paperiin vain huokosten kautta. Irrokepaperin pintaliimauksen tavoitteena on sulkea pinnan huokosrakenne niin hyvin, ettei silikonin (tai väritestien liuokset) pääse tunkeutumaan kosketukseen kuitujen kanssa. Samalla pintaliimauksen tavoitteena on parantaa paperin muitakin fysikaalisia ominaisuuksia, kuten palstautumislujuutta. Pintaliimauksen laatuun vaikuttavat lähinnä liiman määrä ja sen jakauma z-suunnassa. /23/

Pintaliimaus muuttaa seuraavia paperin ominaisuuksia /23/:

- Pintalujuus kasvaa
- Sisäinen lujuus kasvaa
- Jäykkyys kasvaa
- Huokoisuus alenee
- Transparenssi kasvaa
- Vaaleus laskee
- Karheus kasvaa
- Tiheys alenee

Pintaliimaukseen vaikuttavat lähinnä seuraavat tekijät /23/:

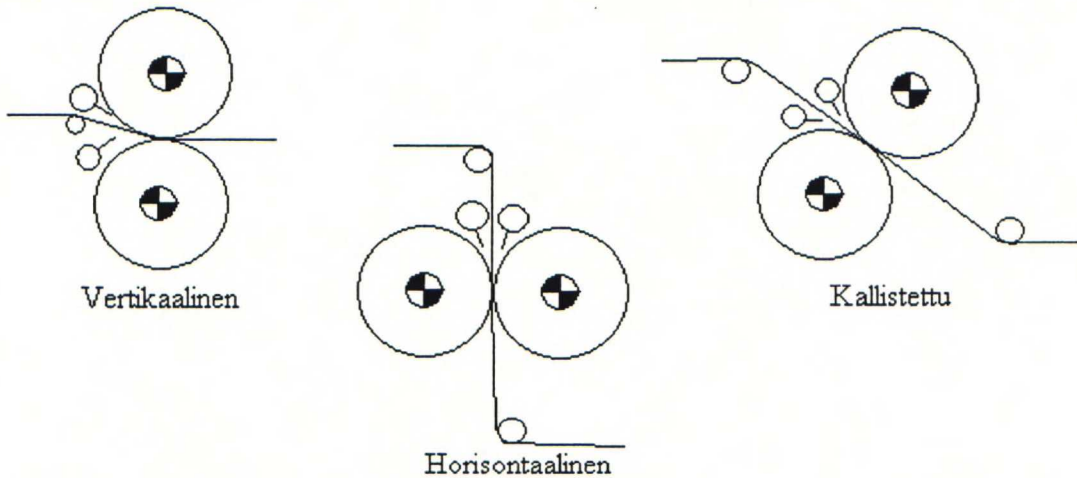
- Pohjapaperin laatu
- Liiman määrä
- Liiman kuiva-ainepitoisuus
- Liiman laatu
- Pintaliimauslaite

4.2 Lammikkoliimapuristin

4.2.1 Perinteisen lammikkoliimapuristimen konfiguraatiot

Perinteisessä lammikkoliimauksessa nipin tulopuolella on lammikko, jonka lävitse paperirata kulkee. Osa liuksesta imeytyy paperiin ja ylimäärä poistetaan nipissä. Yli juokseva liima kerätään talteen ja kierrätetään takaisin nippiin. /24/

Perinteiset lammikkoliimapuristimet luokitellaan tavallisesti vertikaalisiin, horisontaalisiin ja kallistettuihin. Vertikaalinen liimapuristin mahdollistaa yksinkertaisen rataviennin, mutta liimalammikko on epäsymmetrinen. Horisontaalinen liimapuristin poistaa tämän ongelman samanmuotoisilla liimalammikoilla radan molemmilla puolilla. Kallistettu liimapuristin on kompromissi näistä kahdesta. /24/



Kuva 10. Erilaiset perinteisen lammikkoliimapuristimen konfiguraatiot. /24/

Kaksitelaista lammikkoliimapuristinta on käytetty paperin pintaliimaukseen n. 100 vuotta ja se näin kalanterin ohella vanhin paperin pintakäsittelylaite. /23/

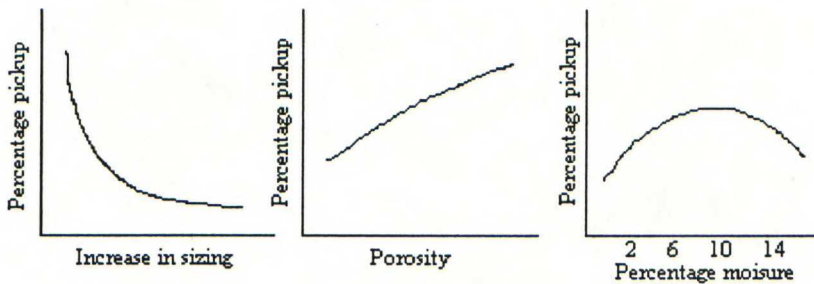
Lammikkoliimapuristimesta tehtiin myös kehittyneempiä versioita. Valmet kehitti Sym-Rollin 80-luvulla. Siinä toinen puristintela on halkaisijaltaan pieni jolloin nipistä tulee vähemmän kiilamainen. Näin saavutettiin oleellisesti stabiilimpi lammikko ja parempi ajettavuus. Telojen välinen kulma on myös optimoitu, 15° . Toinen etu, joka saatiin sekä laadun, että ajettavuuden suhteen oli, että käyttämällä toisena liimapuristintelana taipumakompensoitua telaa, voitiin linjapaineprofilia säätämällä hallita laaja-alaista liimamäärä/kosteusprofilia. /23/

4.2.2 Pintaliiman pick-up lammikkoliimauksessa (l. radan mukaansa saama pintaliimamäärä)

Pintaliimauksen tapahtumat täytyy hallita, jotta paperirata imee halutun määrän kemikaaleja tasaisesti koko radan leveydeltä. Samalla veden absorptio rataan täytyy minimoida, jotta jälkikuivatustarve pysyy kohtuullisena. Tärkeimmät pintaliimaukseen vaikuttavat tapahtumat ovat liiman imeytyminen ja filmin paksuus puristinnipin jälkeen ja tapa, jolla filmi halkeaa. Pintaliiman absorptiota kasvattavasti vaikuttaa liiman matala viskositeetti (liuoksen korkea lämpötila tai alhainen kuiva-aine), pieni koneen nopeus ja vähäinen massaliimaus l. vähäinen hydrofobisuus. /24/

Filmipintaliimauksessa pintaliiman pick-upia voidaan jossain määrin säätää massaliimauksesta, poikkisuunnan kosteusprofiilista ja koneen nopeudesta riippumatta. /23, 25/

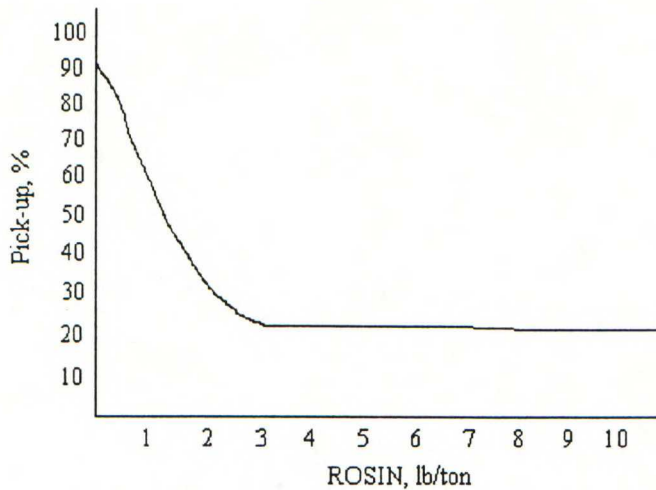
Joitakin perinteisen lammikkoliimapuristimen liiman pickupiin vaikuttavia tekijöitä on esitetty kuvassa 11. Tärkein lammikkoliimauksessa on pohjapaperin hydrofobisuus.



Kuva 11. Joitakin pintaliiman tartuntaan (pick-up) vaikuttavia tekijöitä /26/.

Pohjapaperin kosteus ennen pintaliimausta vaikuttaa pintaliiman absorptioon siten, että kostea rata ottaa pintaliimaa paremmin vastaan. Klass /24/ on tutkimuksissaan havainnut lammikkoliimauksessa liiman pick-upin riippuvan eniten pohjapaperin hydrofobiliimauksesta. Tietty hydrofobiliimauksen taso on välttämätöntä, jotta paperi saadaan kulkemaan liimapuristimen läpi katkeamatta.

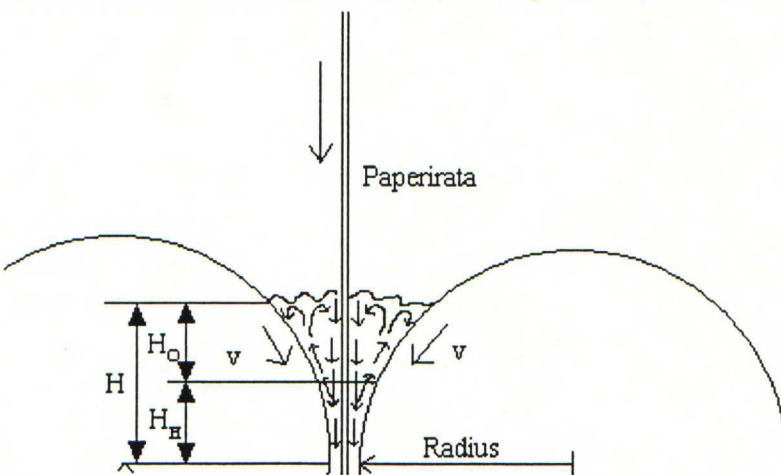
Vaadittavan massaliimauksen taso on kääntäen verrannollinen neliöpainoon ja märkävetolujuuteen. Korkea massaliimaus ja märkälujuskemikaalit saattavat olla tarpeen kevyitä paperilaatuja pintaliimattaessa. Neutraalit ja alkaliset massaliimat kypsyvät hitaasti ja joissakin tilanteissa liian hidas kypsyminen johtaa ratakatkoihin liimapuristimella. /24/



Kuva 12. Hartsiliimauksen vaikutus pintaliiman pick-upiin lammikkoliimauksessa /24/.

4.2.3 Perinteisen lammikkoliimapuristimen ajettavuuden rajoitukset

Lammikkoliimapuristimessa liima jaetaan kahden vastakkaisiin suuntiin pyörivän telan muodostamaan kitaan, jossa se muodostaa lammikon. Telojen suuren kehänopeuden ja kovaa vauhtia kulkevan radan vaikutuksesta lammikko kerää itseensä kineettistä energiaa. Kuten kuvassa 13 nähdään ylimääräinen liima pyrkii pakkautumaan nippiin mutta, koska telanipin puristusvoima estää liimaa menemästä nipin läpi muodostuu virtaus takaisin ylöspäin. Jos hydrodynaamiset voimat kasvavat liian suureksi, tämä ylöspäin suuntautuva voima kasvaa niin suureksi, että se rikkoo lammikon pinnan ja liima roiskahtaa ulos lammikosta. Tämä turbulenssi myös aiheuttaa liiman epätasaista imeytymistä poikkisuunnassa. /24/



Kuva 13. Turbulenssi lammikkoliimapuristimen lammikossa. /24/

Liiman korkea viskositeetti edistää edellämainittuja ilmiöitä ja lammikkoliimauksessa on ajettavuusmielessä jouduttu käyttämään laimeita liimoja lammikon stabiloimiseksi. Tämä taas johtaa rainan suurempaan kastumiseen ja kuivatustarpeen lisääntymiseen. Leikkauspaksunevien liimojen käyttö on samasta syystä mahdotonta. /24/

4.3 Pintaliimaustekniikan kehitys ja siirtyminen filmiliimaukseen

Perinteinen lammikkoliimaukseen perustunut liimapuristin on ollut paperikoneiden vakiotavaraa jo vuosia, mutta rajoitustensa vuoksi sen käyttö vähenee jatkuvasti. Lammikkoliimapuristimen suurin ajonopeus on ollut noin 1000 m/min. Suuremmilla nopeuksilla lammikon turbulenssi ja rainan korkea kosteus aiheuttavat liian suuren määrän ratakatkoja. Gate roll -liimapuristimet ratkaisivat liimalammikon hallintaan liittyneet ongelmat, mutta niiden käyttö oli vaikeaa. Nykyiset filmiliimauslaitteet voidaan helposti asentaa vanhaan lammikkoliimapuristimeen ja enää filmiliimaus ei vaadi suuria pumppaustehoja ja tilaa kuluttavia ratkaisuja. /24/

Viimeisen viidentoista vuoden aikana pintaliimauksen vaihtelevuus ja monimutkaisuus on lisääntynyt ja asettanut uusia vaatimuksia myös pintaliimauslaitteille. Pintaliimauksen kehitys on johtunut lähinnä seuraavista syistä /23/:

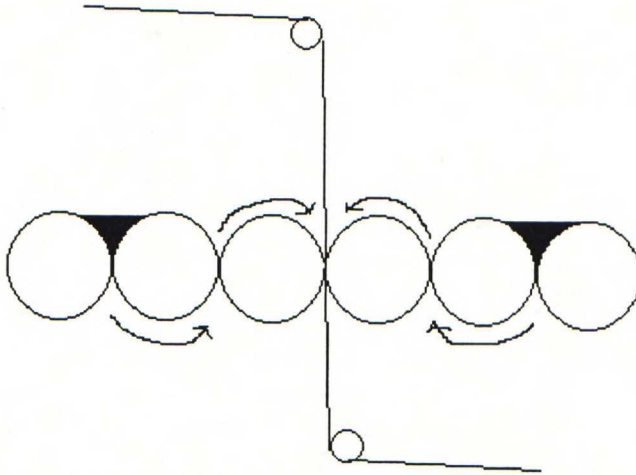
1. Päälystetyt paperit ovat tulleet tärkeämmiksi. Pintaliimaus on avainasemassa pohjapaperin laatua parannettaessa. Filmiliimapuristinta käytetään myös esipäälystimenä ja päälystimenä.
2. Erikoispaperit, kuten irrokepaperi tarvitsevat uusia parempia ominaisuuksia. Aikaisemmin näitä voitiin tehdä massakoostumusmuutoksilla tai määränpään lisäaineilla, mutta nykyisin keskitytään pintakäsittelyihin, kun halutaan parantaa pintaominaisuuksien suorituskykyä. Myös kemikaalitoimittajat ovat esitelleet monia kiinnostavia lisäaineita pintaliimaukseen.
3. Tietoisuus raaka-aineiden käytön tehokkuudesta on parantunut ja liimapuristimella lisättyjen aineiden retentio rataan on lähes täydellinen. Materiaalia ei mene hukkaan.
4. Ympäristöasiat ovat asettaneet uusia rajoituksia paperitehtaille. Verrattuna määränpään lisäykseen pintaliimaus auttaa pitämään kiertoveden puhtaampana.
5. Määränpään muutokset (esim. korkeampi jauhatus) rajoittavat usein tuotantokapasiteettia

Lisäksi on paljon muitakin syitä pintaliimauksen suosiolle. /24/

Filmiliimapuristimessa liimalammikko ja siihen liittyvät ongelmat on eliminoitu. Pintaliiman pick-up ei ole suoraan riippuvainen pintaliiman kuiva-aineesta. Määrän filmin paksuutta voidaan säätää ja siten voidaan muuttella penetroituvan pintaliiman määrää. /24/

Koska pintaliiman määrää voidaan säätää, ei rainaan tarttuvan pintaliiman määrä riipu ainoastaan massaliimauksesta ja pohjapaperin huokoisuudesta. Filmiliimapuristimella liiman pick-up ei ole niin riippuvainen tulevan rainan kosteudesta. Koska rainaa ei upoteta liimapuristimella, on myös kuitujen turpoaminen vähäisempää. Liimapuristimelta lähtevän rainan kosteus on alhaisempi, jolloin katkojen riski pienenee. Samalla jälkikuivatuksen tarve vähenee /24/. Paperiraina on myös vähemmän herkkä pohjapaperin vioille, kuten limäläikille ja rei'ille /25/.

Filmiliimapuristimen varhainen kehitysvaihe oli ns. gate roll -liimapuristin, jossa kahden telan muodostama lammikkoliimapuristin korvattiin kuusitelaisella, kaksilammikkolisella päällystysasemalla, jossa vältettiin lammikon ja paperiradan kosketus. Toisistaan poikkeavilla telanopeuksilla saadaan telojen pinnoilla olevat liimafilmit tasaisiksi. /23/



Kuva 14. Gate roll -tyyppinen filmiliimapuristin. /23/

Lammikkonipillä säädetään filminpaksuus ja toisen nipin tarkoitus on tasoittaa filmi mahdollisimman tasalaatuiseksi. Tällainen laitteisto osoittautui investointi- ja ylläpitokustannuksiltaan niin kalliiksi, että siirryttiin varsin nopeasti seuraaviin kehitysvaiheisiin tai palattiin perinteiseen lammikkoliimaustekniikkaan. Laatuongelmat johtivat nopeutuneeseen sauva-/teräannostelulaitteiden kehittämiseen. /23/

Gate roll-liimapuristimista kehitettiin varsin pian laitteita, joissa liiman sivelyyn telan pinnalle käytettiin lyhytviipymä teräpäällystimiä. Terä- tai sauvakaavinta mahdollisti laitteiston ajon ilman lammikkoa tai pienellä lammikolla. Tällainen rakenne edellytti suuria pumppaustehoja verrattuna perinteiseen liimapuristimeen. Kierrätettävän pintaliiman määrä kasvoi ratkaisevasti. Tämä aiheutti kasvaneen suodatuslaitteiston, pumppujen, lämmönvaihtimien, säiliöiden tarpeen pintaliiman jakelujärjestelmässä. /23/

Seuraavassa kehitelmässä yhdistyivät volumetrinen annostelu ja vähäinen pumppaustarve. Järjestelmä tunnetaan nimellä korkean kuiva-aineen filmiliimapuristin (high solids metering roll size press). Tässä laitteistossa suurihalkaisijaiset kierrelankasauvat annostelivat määrän filmin telalle. /23/

Näillä kaikilla varhaisilla filmiliimauksen perusrakenteilla oli haittansa varsinkin, jos harkittiin lammikkoliimapuristimen korvaamista filmiliimapuristimella /24/:

- Laitteet olivat kalliita. Suunnittelu, jossa käytettiin lyhytviipymäpäällystimiä applikointilaitteena, edustivat kolmea laitetta yhden työn suorittamiseen
- Suuri tilan tarve
- Vaativat paljon suurempia pumppausmääriä. Tämä tavallisesti johtaa koko liimakierron uusintaan siirryttäessä lammikosta filmiin

- Asennuskustannukset olivat korkeat
- Oli harvoin mahdollista käyttää osia vanhasta liimapuristimesta lukuunottamatta teloja ja mahdollisesti käyttöjä. Käyttöjen sijoitusta jouduttiin useimmiten muuttamaan

1980-luvulla kehitettiin liimapuristimia, joissa filmit aplikoitiin terä- tai sauvapäällystysyksiköillä liimapuristimen teloille. Tässä vaiheessa alkoi hahmottua nykyaikainen filmiliimapuristin /23/. Näiden kehitelmien etuina olivat:

- Liimamäärä voitiin pitää riippumattomana nopeudesta ja kuiva-ainepitoisuudesta
- Ei käytännön nopeusrajoituksia
- Alhaisemmat katkotiheydet
- Jälkikuivatusosan energiantarve väheni
- Raina voitiin ajaa kosteampana liimapuristimelle, vähentynyt etukuivatusosan energiantarve
- Voitiin ajaa eri päällysteet rainan eri puolille
- Pigmentoinnissa kyettiin käyttämään korkeampia kuiva-ainepitoisuuksia
- Pintaliimatun paperin laatu parani

Tällaisten filmiliimapuristimen haittoja olivat kuitenkin /23/:

- Suuremmat, joskin etuihin nähden vähämerkityksiset, investointikulut
- Liimapuristimen monimutkaisempi rakenne
- Uusien kulutusosien kustannukset (sauvat, kehdot, patoterät)
- Telapinnoitteiden naarmuuntuminen joskus ongelmana
- Vähäisemmän liiman imeytymisen mukanaan tuomat muutokset (Palstautumislujuus laskee, rainan irtoaminen liimanipin jälkeen erilainen)

4.4 Filmiliimapuristimen kehityksen tavoitteet

Suunnittelukriteerit, jonka perusteella nykyisin käytössä olevat filmiliimapuristimet kehitettiin /24/:

- Laitteiston tuli olla taloudellinen.
- Lammikkoliimapuristimen komponenteista tuli olla mahdollisimman paljon hyödynnettävissä uudessa kokoonpanossa.
- Asennuksen tuli mahtua entisen liimapuristimen paikalle.
- Kierrätysmäärien tuli olla verrattavissa lammikkoliimapuristimen määriin.
- Laitteiden tuli olla helppoja huoltaa ja käyttää.

Uudet sovellukset on kehitetty, jotta siirtyminen lammikkoliimauksesta filmiliimaukseen olisi taloudellisesti kannattavaa. Uusilla liiman applikointilaitteilla saadaan aikaan volumetrinen annostelu murto-osalla lyhytviipymäpäällystimien kustannuksista. Monessa muussakin suhteessa suunnittelutavoitteisiin on päästy. /24/

Pintaliimauksessa ja kevyessä pigmentoinnissa päätutkimuskohteena olivat sauvojen ja telapinnoitteiden kuluminen. Molempien kehitys on kulkenut kohti kestävämpiä materiaaleja. Koekoneella tehtävien tutkimusten ja tuotantokoneilta kerättävän tiedon perusteella pyrittiin selvittämään myös muita kulumiseen vaikuttavia tekijöitä.

Ensimmäisenä tavoitteena oli, että sauvoilla voitaisiin ajaa ongelmitta ainakin 35 % kuiva-ainepitoisuudella. Nykyisin suurilla päällystemäärillä käytetään yli 60 % kuiva-aineita.

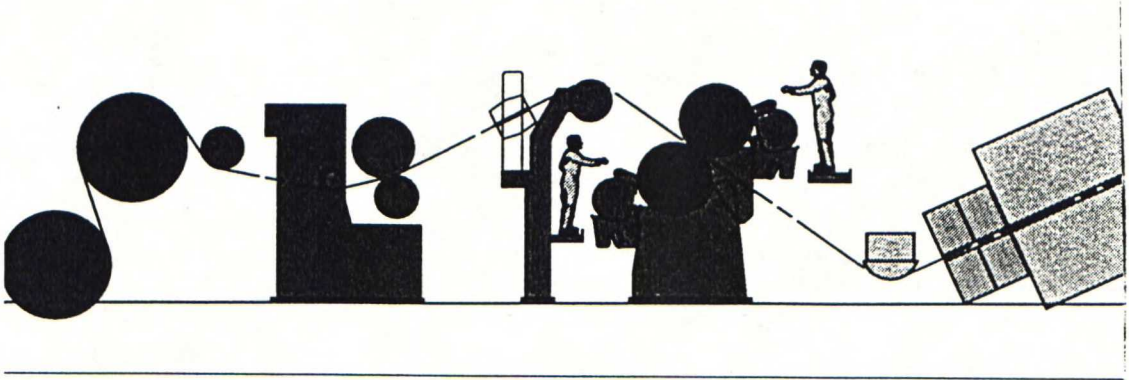
5 SymSizer filmiliimapuristin

SymSizer-filmiliimapuristin on saavuttanut laajan hyväksynnän lähes kaikkien paperi- ja kartonkilajien päällystyksessä ja pintaliimauksessa. Filmiliimausta käsitelleet keskustelut ovat koskeneet teknologian soveltuvuutta päällystykseen suurella nopeudella ilman sumuamista. Ajettavuusongelmia voidaan suurelta osin välttää optimoimalla päällysteresepti ja pohjapaperi. Päällysteen optimoinnissa on pääasiassa kysymys päällysteen vedenpoistosta ja siitä johtuvasta liikkumattoman kerroksen muodostumisesta ja liikkuvan kerroksen paksuuden ja viskoelastisten ominaisuuksien minimoimisesta. Paperikoneilla, jotka valmistavat liimapuristinpigmentoituja päällystettyjä laatuja filmiliimapuristimen käyttö mahdollistaa vähäisemmän sideaineen käytön. Liimapuristimen ajettavuuteen vaikuttavat tekijät, kuten sumuaminen ja appelsiininkuorikuvioituma vaikuttavat kiinteästi myös päällystekerroksen laatuun. /27/

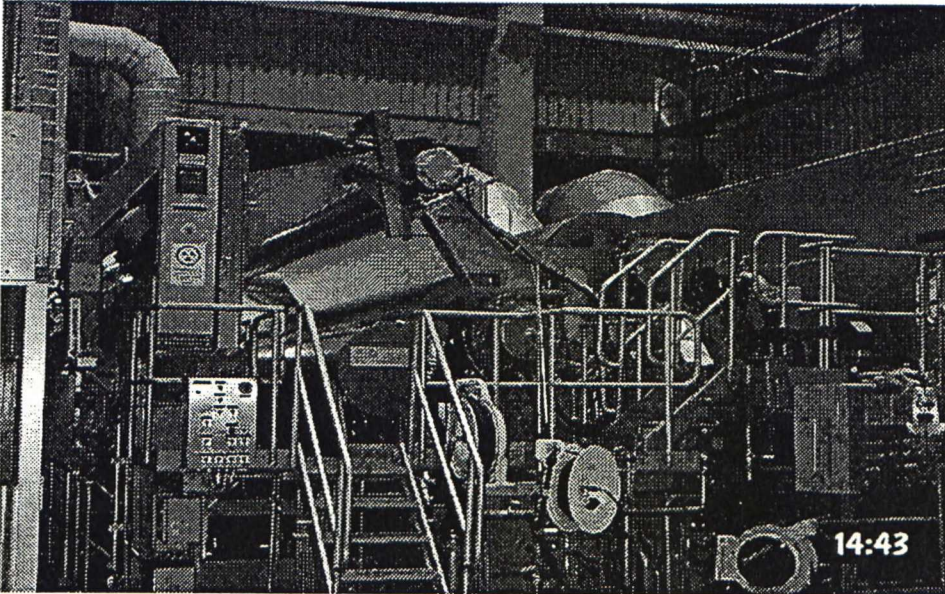
Filmipintaliimaustekniikka tarjoaa suuret tuotantokustannusten vähentämismahdollisuudet. Filmipintaliimaustekniikka on laajentunut hienopaperien pintaliimauksesta puuvapaiden erikoispaperien ja puupitoisten paperilajien pintaliimaukseksi ja päällystykseksi. Jatkuvasti laajentuvien käyttösovellusten vaatimukseen vastaamiseksi esim. Valmet on markkinoinut kehittyneitä annostelulaitteita ja aplikointitelamateriaaleja. Näitä konsepteja kutsutaan nimillä: SymSizer (molemmat puolet yhdellä kertaa) ja SymCoat. (molemmat paperin puolet erikseen) /25/ Näistä on markkinoilla jo kehittyneempi versio, jossa liiman annostelu aplikointilaitteistolle tapahtuu paluukierroksella järjestelmällä. Tämän laitekonceptin nimi on Opti Sizer.

Kuvissa 15 ja 16 on esitetty SymSizer liimapuristimen rakenne, Tervasaaren PK 8:lla on käytössä vastaava laitteisto. Ylätelan halkaisija on sama kuin alatelan. SymSizerin rakenteelle on ominaista pieni tilantarve ja helppo telanvaihto. Telanvaihdossa nipin yläpuolella oleva radan johtotela siirretään telanvaihtoasentoon käyttämällä hyväksi nipin kuormitusylintereitä. Ylätelana voidaan käyttää taipumakompensoitua telaa. Taipumakompensoidun telan käyttö filmiliimapuristimissa ei liimamäärän säädön osalta tuo niin suuria parannuksia kuin lammikkoliimapuristimella. /25/

Koska nipin jälkeen telan pintaan jäävään liimamäärään vaikuttaa nipin kuormitus, on hyvien profiilien ehtona suora nipin linjapaineprofiili. Tässä yhteydessä on tärkeää havaita, että linjapaineen vaikutus on päinvastainen verrattuna lammikkoliimapuristimeen. Suuri kuormitus lisää liimamäärää. Nipin olosuhteet tarkistetaan siten, että mitataan liimamääräprofiilit teloilta mittalasilla kaapimalla. Jos linjapainetaso on haluttu ja kaikki liimamääräprofiilit ovat suorat eikä vekkejä esiinny, ovat bombeeraukset oikeat. Jos ongelmia esiintyy, muutetaan bombeerausta. /23/



Kuva 15. SymSizer liimapuristimen rakenne /28/.



Kuva 16. Valokuva SymSizer-liimapuristimesta Tervasaaren PK 8:lla

SymSizer aplikointiyksikön merkittävin ero verrattuna lyhytviipymäyksikköön nähden on painekammion etuseinämän tiivistystapa. Tiivistys on tehty joustavalla terällä, mitä kuormittaa osaksi esijännitys ja osaksi kammion paine. Terässä olevista rei'istä pääsee purkautumaan paluuvirtaus. Paluuvirtaus aiheuttaa terän kärkeen voitelevan lammikon, jotta terä ei turmele telan pintaa. Rakenteen merkittävimpinä etuina pidetään /23/:

- Pieni liiman kierrätysmäärä, 20-50 % muihin lyhytviipymälaitteisiin verrattuna.
- Telan pinnan mukana ei pääse ilmaa painekammioon, jolloin vaara "skippaukseen" on pieni
- Pienestä tilavuusvirtauksesta johtuen ei ole turbulensseista johtuvaa vanaisuutta liimafilmeissä

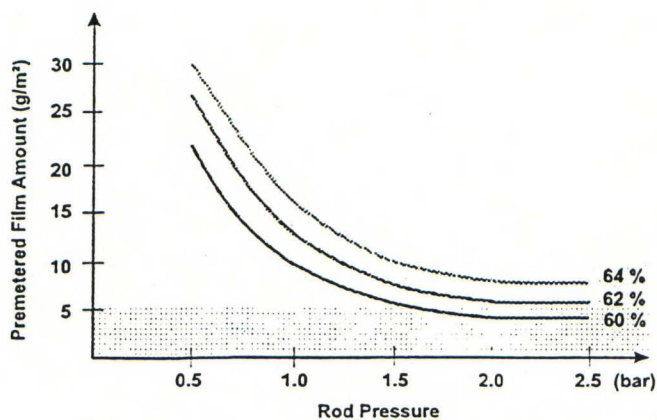
- Tarvittava syöttömäärä tarkasti määriteltävissä, jolloin syötön profiili on voitu tehdä tarkaksi
- Pienistä virtausmääristä johtuen sekä paluukierron, että syötön liiman sihtaus voidaan tehdä vähäisilläkin investoinneilla tehokkaaksi
- Yksikkö pysyy hyvin puhtaana, koska liiman virtausnopeudet ovat suuret, eikä kuolleita kulmia ole

Aplikointimenetelminä käytetään terää, uritettua tai sileää sauvaa. Kaikki Valmet SymSizeria käyttävät paperitehtaat ovat myöhemmin siirtyneet sauvan käyttöön. /23/

5.1 SymSizerin pintaliimafilmin säätö

Tavallisimmin pintaliima annostellaan telan pinnalle uritetulla sauvalla. Uritetulla sauvalla annostelu muodostuu volumetriseksi tapahtumaksi ja annosteltavan liiman määrää säädetään sauvojen erilaisin uraprofiilein. Kuvassa 17 on esitetty sauvapaineen vaikutus liimafilmin paksuuteen polyuretaanitelapinnalla kolmella eri liiman kuiva-aineella ja käytettäessä sileää sauvaa. Volumetrinen annostelu (uritetulla sauvalla) telan pinnalle mahdollistaa myös leikkauspaksunevien (dilatantti) pintaliimojen käytön. /25/

Uritetulla sauvalla uraprofiilin avoin pinta-ala määrää filminpaksuuden. Tästä johtuen liimamäärää muutettaessa joudutaan tavallisesti vaihtamaan toisenlaiseen sauvaan. Myös sauvan kuormituspaineen vaihtelu vaikuttaa päällystemäärään jonkin verran. Päällysteeltä vaaditut ominaisuudet ovat sileällä ja urasauvalla ajettaessa annostelun erilaisen luonteen vuoksi usein vastakkaiset /38/. Uritetulla sauvalla liimamäärään vaikuttaa aplikointitelan kovuus. Pehmeään telaan urasauva painuu syvemmälle ja jäljelle jäävä pinta-ala virtaukselle jää pienemmäksi. Nopeuden nostaminen kasvattaa liimamäärää jonkin verran. Jonkin verran varsinkin urasauvalla ongelmaksi koettu aplikointitelojen naarmuuntuminen on vähentynyt uusien telapinnoitteiden ansiosta. /23/

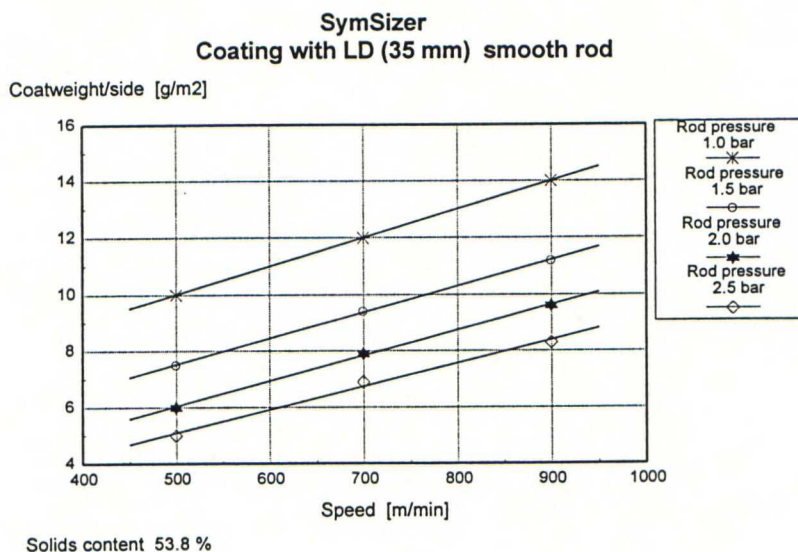


Kuva 17. Annostellun liimafilmin paksuus telapinnalla sauvapaineen funktiona kolmella eri CaCO₃-pintaliiman kuiva-aineella. /33/

Uritetulla sauvalla pintaliiman pickup-alue on tärkeä noin 0,5...4,0 g/m²/paperin puoli, ja tärkein kuiva-aine 3-15 % pintaliimattaessa hienopapereita. Pigmentointi tehdään muuten samoin kuin pintaliimaus, täyteaine vain lisätään pintaliimaan. /25/

Sileällä sauvalla annostelusauva toimii hydrodynaamisella periaatteella, jossa voimat sauvan ja telapinnoitteen välillä edistävät päällysteen tasaista leviämistä ja tasaisen poikkiprofiilin muodostumista. Sivelysauvan kuormituspainetta säädetään painamalla sauvaa aplikointitela vasten ilmaletkujen painetta säätämällä. Tällöin sauvan alta pääsevän päällysteen määrää voidaan säädellä. Jotta poikkisuunnan päällysteprofiili olisi tasainen, täytyy sauvan paine olla 0.8 – 2.0 bar. Jos sauvan paine on liian pieni, tulee poikkisuunnan profiilista epävakaata. Liian suurella paineella ei taas ole vaikutusta päällystemäärään. /27/

Suurihalkaisijaisilla sileillä sauvoilla suurimmat päällystemäärään vaikuttavat tekijät ovat ajonopeus ja päällysteen tai pintaliiman kuiva-aine ja viskositeetti. Nykyisin käytetään sileitä sauvoja, halkaisijaltaan 20-35 mm. Kuvassa 18 on esitetty ajonopeuden vaikutus päällystemäärään käytettäessä halkaisijaltaan 35 mm sileää sauvaa. /25/



Kuva 18. Nopeuden vaikutus päällystemäärään käytettäessä halkaisijaltaan 35 mm:n sileää sauvaa. /25/

5.2 Filmiliimapuristimen ajettavuuden rajoitukset

Filmipäällystyksen nopeusrajoituksena pidetään päällysteen sumuamista nipin jälkeisessä filmin halkeamisessa. Kuitenkin viimeisimmissä tutkimuksissa on havaittu SymSizer -konseptilla päästävän 2000 m/min ajonopeuksiin ja yhden puolen kerrallaan päällystävällä SymCoat -konseptilla yli 2500 m/min nopeuksiin ilman ajettavuusongelmia. /25/

Päällysteen, pintaliiman koostumuksen, pohjapaperin ja prosessiparametrejä optimoimalla haitallinen sumuaminen sauvalla ja rainan hallinta nipin

ulostulopuolella (sumuaminen, appelsiininkuorikuvio ja ”varastaminen”(= raina ei jatkuvasti seuraa jompaa kumpaa telaa)) voidaan ratkaista. /25/

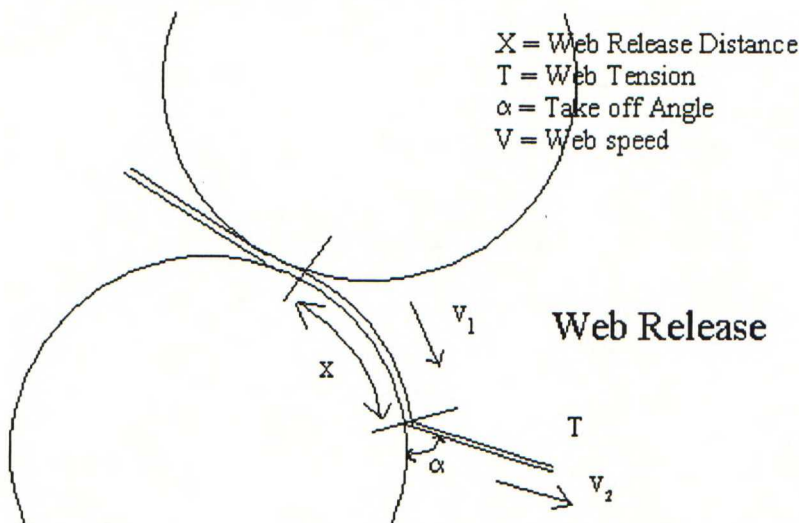
Päällysteen ominaisuuksien optimointi koostuu pääasiassa päällysteen vesiretention säätelystä immobilisaation jälkeen. Avainasemassa on immobilisoitumattoman kerroksen paksuuden ja viskoelastisten ominaisuuksien minimointi, jotta filmin halkeaminen tapahtuisi hallitusti. Filminhalkeaminen tapahtuu juuri immobilisoitumattomassa kerroksessa. /25, 27, 28/

Pohjapaperin ominaisuuksilla voidaan vaikuttaa pintaliiman tunkeutumiseen. Varsinkin massaliimauksella vaikutetaan pintaliiman tai päällysteen pysymiseen paperin pinnalla. Paperiradan märkävetolujuus voi filmiliimauksessakin muodostua rajoittavaksi tekijäksi. /29/

5.3 Rainan irtoaminen liimapuristinnin jälkeen

Tavoitteena on radan irtoamisen tasaisuus nipin jälkeen. Joissakin olosuhteissa rata pyrkii irtoamaan alatelalta vaikka geometrisesti ratavienti seuraa ylätelaa. Ilmiöön vaikuttavat ainakin seuraavat tekijät siten, että radan adheesio telan pintaan on pienempi, kun /23/:

- Aplikointitela on pehmeämpi
- Paperi on karheampaa
- Paperin huokoisuus/absorptiokyky on suurempi
- Liiman viskositeetti/kuiva-ainepitoisuus on alhaisempi
- Liimakerroksen paksuus on pienempi



Kuva 19. Filmin halkeaminen ja paperiradan irtoaminen teloilta. /27/

Filmin halkeaminen ja radan irtoaminen tapahtuu kohdassa, jossa filmiin syntyy kiintoainegradientti ja siten ympäristöönsä heikompi epäjatkuvuuskohta. Filmin halkeaminen tapahtuu luonnollisesti z-suunnan heikoimmasta kohdasta.

Luonnollisesti tämä on suodoskakun ulkopuolella olevassa liikkuvassa nestefaasissa. /27/

Rainan telasta irtomiskohdan määrittelevät kireysvektorit, jotka muodostuvat rainan jännityksestä, päällysteen penetraatiosta paperiin ja päällysteen sisäisestä lujuudesta. Rainan irtoaminen telalta on kuvattu kuvassa 19. ja seuraavat parametrit ovat merkitsevät: rainan jännitys T , rainan nopeus v_1 ja irtoamiskulma α . /28/ Näillä parametreilla saadaan määriteltyä rainan irtoamistilanteen perusyhtälö:

$$T = v_1 \sin \alpha \quad (1)$$

Yhtälöä tarkasteltaessa huomataan, että rainan jännityksen säilyessä vakiona ajonopeuden nousu kasvattaa irtoamiskulmaa. Kasvanut irtoamiskulma aiheutuu siirtyneestä irtoamispisteestä. Halkeamisvastus ei tavallisesti muutu, eikä siten vaikuta irtoamispisteeseen. Kuitenkin päällysteen viskositeetti tai viskoelastisuus täytyisi sisällyttää malliin, jotta saataisiin tarkempi kuva irtoamistilanteeseen vaikuttavista muuttujista. /28/

Päällysteen kuiva-ainepitoisuus vaikuttaa rainan irtoamiskohtaan. Laimea liimafilmi aiheuttaa pidemmän irtoamismatkan ja suuremman filminhalkeamisvastuksen. Halkeamiseen vaikuttaa myös kiintoaineen partikkelien muoto, josta enemmän seuraavassa luvussa. /28/

Rainan irtoaminen riippuu myös ajasta, joka päällysteen vesifaasilla on siirtä paperiin. Näin ajonopeuden kasvu vaikuttaa rainan irrotuskohtaan. Vähentynyt vedenpoistumisaika puristinnipissä kasvattaa ”vapaan” päällysteen määrää. Tämän katsotaan vaikuttavan irrotusmatkaa pidentävästi. /28/

Rainan irrotuskohtaa voidaan hallita päällysteen ominaisuuksia optimoimalla. Rainan irrotuskohdan fysikaalinen hallinta edellyttää päällysteseoksen ominaisuuksien tuntemusta, jotta rataan siirtyneen päällystekerroksen ominaisuuksia ei vahingoiteta rainan irrotusvaiheessa. /28/

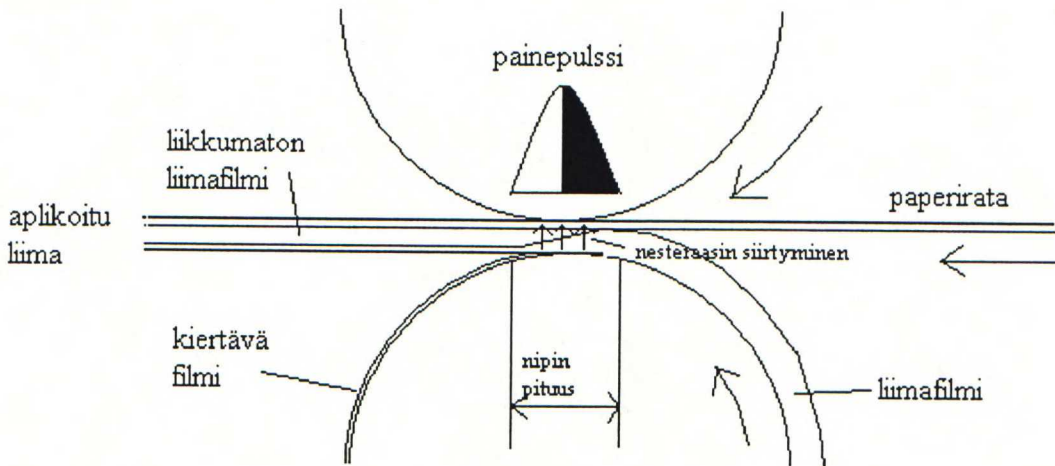
Varastamiseksi kutsutaan ilmiötä, jossa paperiraina seuraa vuorotellen kumpaakin telaa ja irtoamiskohdasta tulee epävakaa. /27/

6 Pintaliiman aplikointivaihe ja filminhalkeaminen

Laminaarinen virtaus annostelusauvan alla aiheuttaa hydrodynaamisen paineen, joka määrää nippiin menevän filmin paksuuden. Paine vaikuttaa myös nipissä tapahtuvassa filmin halkeamisessa, jossa päällystefilmi irtoaa telamateriaalista ja määrittelee luonteenomaisen siirtosuhteen telalta paperiin. Aplikointinipissä on useita eri vyöhykkeitä. Filamentoituneeksi vyöhykkeeksi kutsutaan aluetta, jossa muodostuu venyviä filamentteja erkanevien pintojen (telamateriaali-paperi) välillä. Tällä alueella leikkausnopeudet ovat korkeita. Usein filamentit hajoavat muodostaen hienojakoisia pisaroita. Tätä pisanamuodostusta kutsutaan sumuamiseksi. Filamentoituminen on usein syynä myös siihen, että pintaliimafilmi muodostuu juovalliseksi konesuunnassa. Juovat ovat tavallisesti tasaisesti jakautuneet. (aivan kuin kammalla pyyhkäistynä). Sekä sumuamista, että filamentoitumista voi tapahtua niissä prosessin osissa, joissa

filmi halkeaa kahden pinnan välillä. Molempien ilmiöiden taustalla on myös hydrodynaaminen epätasaisuus ja kavitaatio. /30/

Liimapuristinnipin suuri linjapaine ja pitkä kesto aika vaikuttavat homogeenisen nesteen sorptiota lisäävästi. Paperiradan vesiabsorptio vaikuttaa samansuuntaisesti. Nesteen korkea viskositeetti ja vesiretentio vaikuttavat vastakkaisesti samojen mekaanisten olojen vallitessa.



Kuva 20. Pintaliiman aplikointivaihe /31/

Kirjallisuudessa aplikointimekanismia kuvataan paine/aika-integraalin vaikutuksesta syntyvällä suoduskakulla. Suoduskakun paksuus voidaan laskea seuraavalla kaavalla penetroituneen filmin tilavuuden perusteella. /31/

$$\frac{Q}{A} = \sqrt{\frac{2 \times \Delta p \times \Delta t}{\alpha - \eta km}} \left[10^6 \frac{ml}{m^2} \right] \quad (2)$$

jossa Q on filmin tilavuus

α on vakio

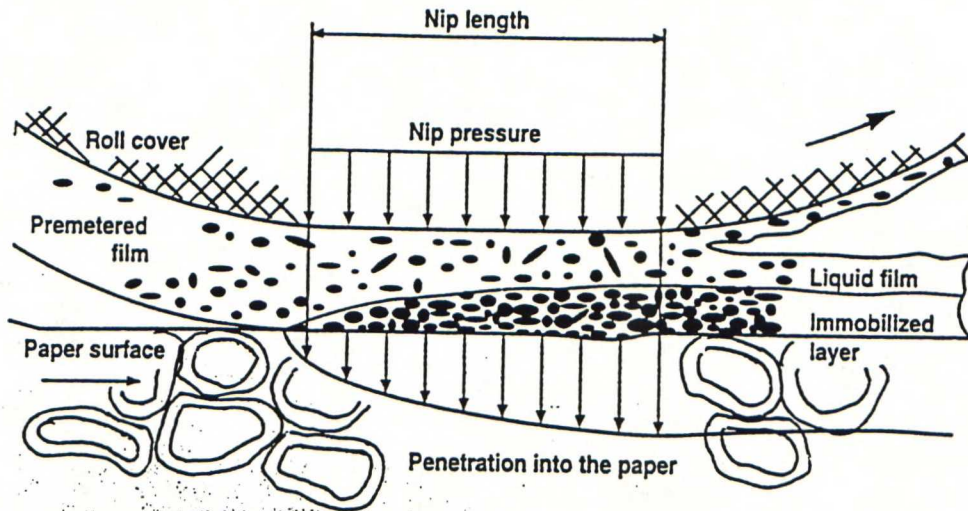
η on viskositeetti

Δp on paineen muutos

k on vakio

Oletuksena on, että suoduskakun paksuus on vakio, jos telalle sivellyn liimafilmin paksuus on ainoa muuttuja. Filmin halkeaminen tapahtuu liimafilmin nestemäisessä osassa. Tämän perusteella sumuamisen ja appelsiininkuorikuvioitumisen ehkäisemisen kannalta edullisinta olisi saada filmi halkeamaan mahdollisimman läheltä telan pintaa. Toisin sanoen liiman vesiretentiota tulisi pienentää niin paljon, että mahdollisimman vähän liimaa jää telalle filminhalkeamisen jälkeen. Vesirention vaikutuksen pintaliiman pick-upiin ovat Glittenberg ja Hemmes /31/ vahvistaneet tärkillä tekemillään kokeilla. Korkean vesirention tärkkiä tarttuu paperiin merkittävästi vähemmän varsinkin liimapuristimen viivakuorman ollessa matala. Näyttääkin, että edellä olevan kaavan mukainen teoria pätee liimapuristimen viivakuorman ollessa pieni, mutta suuremmilla viivakuormilla ja matalammilla liiman sakeuksilla erot tasoittuvat. /31/

Kuvassa 21 on esitetty pintaliimafilmin halkeaminen liimapuristinnipissä. Liimafilmi luovuttaa vetensä paperiradalle, jolloin liukenemattomasta materiaalista muodostuu ns. suodaskakku, joka saa aikaan liikkumattoman kerroksen. Varsinainen filminhalkeaminen tapahtuu liikkumattoman kerroksen ulkopuolella, joskin filminhalkeamisella katsotaan olevan myös liikkumatonta kerrosta tasaottava vaikutus.



Kuva 21. Suodaskakun muodostuminen ja filminhalkeaminen liimapuristinnipissä /32/

Filmiliimapuristin nipissä tapahtuvassa filminsiirrosta siirtyvän pintaliiman määrä on riippuvainen annostellun liimafilmin paksuudesta, päällysteen koostumuksesta, pohjapaperin ominaisuuksista ja nippipaineesta, joka koostuu viivakuormasta ja telapinnoitteen kovuudesta. /27/

Telan pinnalle annostellun liimafilmin paksuus on tärkein tekijä, joka määrittelee paperin pinnalle siirtyvän liimakerroksen paksuuden. Jos paperikoneen nopeus nousee, samaan liimakerroksen paksuuteen tarvitaan suurempi telalle annosteltu liimafilmi lyhyemmän kontaktiajan takia. /27/

Yhtälö, joka kuvaa telan pinnalle annostellun liimafilmin ja paperin pinnalle siirtyvän liimafilmin paksuuksien suhdetta on määritelty seuraavasti /27, 33, 28/.

$$\text{Transfer ratio} = (CW \cdot 100) \cdot (X \cdot m)^{-1} \quad (3)$$

Missä, CW on päällystemäärä [g/m²]

X on päällysteen kuiva-aine [%]

m on telan pinnalle annostellun liiman määrä [g/m²]

Nipin paineessa päällystekerroksen sisältämä vesi suotautuu paperirajaan suodaskakun läpi ja päällysteen ominaisuudet määräävät pohjapaperin ominaisuuksien kanssa päällysteen penetroitumisen paperin rakenteeseen. /27/

Siihen kuinka paljon telan pinnalle annostellusta liimamäärästä tarttuu paperin pintaan vaikuttaa esim. /27, 33/:

1. Käytettävissä oleva aika nipissä tapahtuvalle siirtymiselle
2. Päälysteessä olevan veden poistuminen ja liikkumattoman kerroksen muodostuminen
3. Liikkumattoman kerroksen elastisuus filmin haljetessa
4. Telapinnoitteiden kovuus

Kun siirtyvän filmin määrä maksimoidaan jää telan pinnalle filminhalkeamisen jälkeen mahdollisimman vähän materiaalia. Tavoitteena on kierrättää mahdollisimman vähän päällystettä ja siten tavoitteena on teoreettinen 100 % siirtosuhte. Telapinnoitteen adheesio päällysteen kanssa on kuitenkin liian suuri, jotta tämä olisi mahdollista. Lähimmäksi tavoitetta päästään nykyään ohuella kerroksella bulkkista päällystettä, jolloin halkeamislinja on suora ja telaan jää vähän pintaliimaa. Liian raju vedenpoistuminen aiheuttaa päällysteen kuivumista telan pinnalle ja epäsäännöllisen halkeamislinjan. Näiden päällysteen ominaisuuksien säädössä käytetään paksuntajia, pigmenttipartikkelijärjestelmiä, tai kuiva-aineen säätöä. /27/

6.1 Nopeuden, päällystemäärän, kuiva-aineen ja pigmentin vaikutus päällysteen sumuamiseen

Filminhalkeamisesta on olemassa useita erilaisia käsityksiä. Yleisin on kuitenkin suotautumisteoria, jossa oletetaan päällysteen luovuttavan vetensä paperirataan nipissä vallitsevan puristuspuheen ja imeytymisen avulla. Tällöin muodostuva suodoskakku synnyttää lähelle paperia liikkumattoman kerroksen ja filminhalkeaminen tapahtuu tämän kerroksen ulkopuolella. Tämän teorian perusteella sumuamisesta puristinnipissä päästään eroon kasvattamalla suodoskakun paksuutta ja vähentämällä asettumattoman kerroksen paksuutta. Tämä voidaan tiettyyn rajaan saakka saada aikaan kasvattamalla pohjapaperin vesiabsorptiota, vähentämällä päällysteen vesiretentiota ja kasvattamalla päällysteen kuiva-ainetta. /34, 27/ Toisaalta sauvalla sumuaminen tavallisesti pahenee kuiva-aineen tai viskositeetin noustessa. Jos sumuamista sauvalla esiintyy, ei tavallisesti liimaa tarvitse laimentaa vaan sauvan kierrosnopeuden kasvattaminen tehoa. /27/

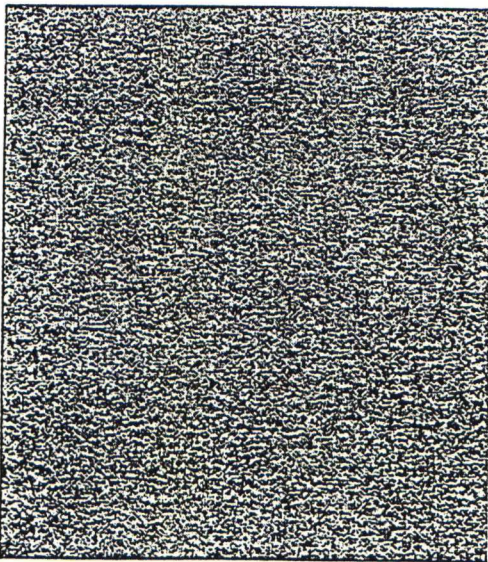
Esim. Valmet Oy:n koeajoissa on nähty, että levymäisiä pigmenttejä päällysteessä sisältävillä resepteillä, vaikka appelsiininkuorikuvio onkin tavallisempi, sumuamisaipumus on huomattavasti vähäisempi kuin pallomaisilla pigmenteillä. Tällainen havainto tukee teoriaa, jossa levymäiset kaoliinipartikkelit saavat suurienergiaisen pyörimisliikkeen virtauksessa filmin haljetessa. Kaoliinilevyjen pyörimisliike vaatii suuremman tilavuuden päällystekerroksessa ja tämä vuorostaan johtaa kasvavaan viskositeettiin erkanemishetkellä. Tämän viskositeetin kasvun seurauksena tapahtuva energian absorboituminen vastustaa uusien vapaiden pintojen muodostumista ja vähentää siten sumuamista. Saman teorian perusteella oletettavasti filminhalkeamista stabiloi päällystereseptissä oleva kiinteä aine, kuten pigmentti, joka voi aikaansaada suodoskakun ja selkeän epäjatkuvuuskohdan halkeavaan nestefilmiin. /34, 31, 27/

6.2 Filmipintaliimatun paperin pinnan laatu

Filmiliimapuristimella saadaan aikaan pinnan muotoja mukaileva contour-tyyppinen päällyste. Varsinkin suuremmilla päällystemäärillä filmiliimapuristin saattaa aiheuttaa ei-toivottuja kuvioita. Sumuaminen ja appelsiininkuorikuvioituma ovat tärkeimmät filmiliimauksen ajettavuus- ja laatutekijät. Tuntuu luontevalta, että sellainen pintaliiman koostumus, joka edistää sumuamista myös jättää pintaliimafilmin epätasaiseksi. Liittyväthän molemmat ilmiöt filminhalkeamiseen. Näin ei kuitenkaan ole. Useissa tutkimuksissa /31/ on löydetty positiivinen korrelaatio appelsiininkuorikuvion ja vesiretention välillä, vaikka sumuamisen ja vesiretention korrelaatio on negatiivinen. Ilmiö on selitettävissä teoriolla, jossa nähdään nipissä muodostuvan suodoskakun päällä olevan liikkuva nestekerros. /31/

Todennäköisesti muodostuva suodoskakku on jonkinverran liikkuva, jolloin sen päällä oleva vapaasti liikkuva nestekerros liikkuessaan tasoittaa suodoskakun epätasaisuuksia. Filminhalkeaminen siis vaikuttaa myös suodoskakkuun, vaikka itse halkeaminen tapahtuisikin nestekerroksessa. Filminhalkeaminen voi jopa irrottaa huonosti sitoutuneita kuituja paperin pinnasta. Liikkuva kerros suodoskakun pinnalla tasoittaa päällystettä samaan tapaan kuin aallot jalanjalkia hiekkarannalla. Suuri aalto tasoittaa pientä paremmin. Vain liikkuva kerros voi tasoittaa pinnan epätasaisuudet paperin pinnalla ja tässä suhteessa korkeampi vesiretention on edullinen. Kuvassa 22 on esitetty appelsiininkuorikuvioitumaa. Filminhalkeamisen jälkeen on siis vielä päällysteen tasoittumisvaihe. /31/

Examples of Prüfbau Printed Strips



Good Orange Peel



Bad Orange Peel

Kuva 22. Appelsiininkuorikuvioituma /32/

Viimeisimmät tutkimukset ovat osoittaneet, etteivät sumuaminen ja appelsiininkuorikuvioisuus lisäänty eksponentiaalisesti nopeuden kasvaessa. Tämän

vuoksi näyttää, ettei filmiliimapuristin aseta rajoituksia paperikoneen nopeuden nostolle. /31/

7 Veden kulkeutuminen paperin rakenteeseen

Veden kulkeutuminen paperin rakenteeseen on tärkeä ilmiö tarkasteltaessa ilmiöitä pintaliimauksessa ja superkalanterointia edeltävässä uudelleenkostutuksessa. Vesiabsorptio kapillaaripaineen (kuitujen välillä) ja molekylaaridiffuusion (kuitujen sisään) avulla ovat tärkeimmät prosessit, kun käsitellään paperin vesiabsorption mekanismeja. /35/

Veden kulkeutumiselle on kirjallisuudessa esitetty seuraavia mahdollisia tapoja /36/:

- Höyryfaasin kulkeutuminen huokosiin
- Nestefaasin kapillaaripenetroituminen huokosiin
- Pintadiffuusio huokosiin
- Nesteen kulkeutuminen kuitujen läpi

7.1 Veden penetraatio huokosiin

Klassinen veden kapillaaripenetraatiota kuvaava on malli tunnetaan nimellä, Lucas-Washburnin yhtälö. Yksi Lucas-Washburnin muoto esitetään tässä, jotta saadaan käsitys eri suureiden vaikutusten suhteista. Lauseke antaa penetroituneen nesteen tilavuuden V pinta-alayksikköä kohti, ulkoisen paineen funktiona P_{ext} , ja viiden fysikaalisen parametrin funktiona. Parametrit ovat: Tunkeutuvan nesteen viskositeetti ja pintajännitys, huokoisen aineen huokostilavuus ε , huokossäde r , mutkittelevuus τ ja fysikaaliskemiallinen kontaktikulma θ . /35/

$$V = \frac{\varepsilon}{\tau} \sqrt{\left(P_{ext} + \frac{2\gamma \cos\theta}{r} \right) \frac{r^2}{4\mu}} \sqrt{t} \quad (4)$$

Yhtälössä 4 on tehty useita yksinkertaistuksia. Yhtälössä oletetaan kapillaarit sylinterinmuotoisiksi ja virtaus niihin laminaariseksi. Yhtälöä ei voi soveltaa pigmenttiä sisältävän päällysteen tai sen vesifaasin penetraatiolle paperiin. Lucas Washburnin yhtälö sisältää myös ulkoisen paineen termin ja ei ole siten rajoitettu ainoastaan kapillaaripaineen aiheuttamaan absorptioon. /35/ Lauseke 5 on ns. Hagen-Poiseullen yhtälö ja se kuvaa nesteen virtausvastusta kapillaareihin.

$$P_F = \frac{8\eta vl}{r^2} \quad (5)$$

jossa η on nesteen dynaaminen viskositeetti
 l on penetraatiosyvyys kapillaareihin
 v on penetroitumisnopeus kapillaareihin = dl/dt

Suotautumisteoriassa virtausvastus siirtyy melko nopeasti suodattavasta materiaalista (paperi) syntyvään suodoskakuun. Vaikka vähäisellä päällystemäärällä ei voida olla varmoja suodoskakun merkityksestä, tuntuu järkeenkäyvältä, että pieni tunkeutuvan nesteen viskositeetti (vähän liuennutta polymeeriä), suuri huokoshalkaisija ja suuri huokostilavuus (vähän jauhatusta ja pieni tiheys), ja ulkoisen paineen ollessa matala, pieni kontaktikulma, edistävät nesteen tunkeutumista paperin rakenteeseen. Tämä koskee sekä päällysteen vesifaasia, että koko päällysteliuosta johtaen siihen, että huokostilavuuden ε ollessa suuri, huokoshalkaisija on suuri suhteessa pigmenttipartikkeleiden kokoon ja ulkoisen paineen p_{ext} ollessa suuri ja kontaktikulman θ pieni päällysteen kuiva-aineet penetroituvat syvälle paperin huokosrakenteeseen. Nesteen tunkeutumista huokoiseen materiaaliin säätelee siis ulkoinen nestepaine ja kapillaaripaine, joita vastustaa virtausvastuksen aiheuttama painehäviö. /36/

7.2 Diffuusio

Diffuusio perustuu systeemin pyrkimykseen tasoittaa konsentraatiogradientteja. Tästä johtuen höyryfaasi, joka muodostuu ennen nestefaasia, edistää nesteen kuljetusta. Diffuusion avulla vesihöyry siirtyy kuitujen sisälle. Kun höyryn konsentraatiogradientti, dc/dx , on ajovoimana Fickin toinen laki antaa suhteen konsentraation tasoittumisnopeuden, dc/dt , ja konsentraatiogradientin välille /36/:

$$\frac{dc}{dt} = D \frac{d^2c}{dx^2} \quad (6)$$

jossa D on diffusiviteetti

Diffuusio kuitujen sisään tapahtuu siis sitä nopeammin mitä suurempi konsentraatioero kuidun ja ympäröivän tilan välillä vallitsee.

8 Pintaliimareseptit

8.1 Reseptien suunnittelun perusteet

Filmiliimapuristimen liiman aplikoinnin mekanismi on riippuvainen ajonopeudesta ja päällystemäärästä päällysteen pick-upin, filminhalkeamisen ja sumuamisen suhteen. Suodoskakun muodostumisen edistämiseksi saadaan märkäfilmin paksuutta pienennettyä. Tällaiseen immobilisaatioon tähtäävällä pintaliimareseptillä voi olla vaikutusta kuiva-aineen kertymiseen aplikointiteloille tai jäljelle jäävän märkäfilmin sumuamistaipumukseen. Oikealla sopivan leikkausnopeusalueen viskositeetillä on tärkeä merkitys tämän estämiseksi. Tavallisimmat viskositeetin säätöaineet saavat usein aikaan viskoelastista käytöstä, joka ei taas ainakaan vähennä sumuamistaipumusta. Jotta sumuaminen olisi paremmin hallinnassa, täytyisi pigmenttirespteissä erottaa viskoottinen ja elastinen komponentti toisistaan. /34/

Sumuamisen vähentämisen tärkeimpänä pidetty keino tällä hetkellä on immobilisoituneen kerroksen muodostumisen edistäminen lähelle paperia. Tämä on osoittautunut tehokkaaksi keinoksi ja perustuu sen kerroksen paksuuden minimointiin, josta sumuaminen voi saada alkunsa. Tälläkin teorialla on rajoituksensa ja suurilla päällystemäärillä sumuamisen hallinta on vaikeaa. Suurilla päällystemäärillä märkäfilmi on niin paksu, ettei se ehdi luovuttaa vettänsä rataa. Suurella ajonopeudella ei suodokkakkua ehdi muodostua. Pohjapaperin absorptiokyvyllä voidaan jonkin verran vaikuttaa, mutta rajoitetusti, jos liimamäärä on hyvin suuri tai ajonopeus korkea. /34/ Päällysteen vesiretention täytyy olla sellainen, että telaa seuraavan haljenneen filmin puoliskon kuiva-aine on sama kuin alkuperäisellä päällysteellä /32/.

Oikein toimiessaan päällysteen aplikointi uritetulla sauvalla tapahtuu volumetrisesti. Urasauva ei ole kovin herkkä viskositeetin vaihtelulle, mutta mentäessä erittäin viskoottiselle alueelle muuttuu annostelu hydrodynaamiseksi, koska urasauva nousee irti telan pinnasta. Tämän tapahtuman todennäköisyys kasvaa nopeuden noustessa. Liimafilmin paksuuden hallinta on tällöin vaikeaa. /31/

Päällysteen viskositeettia mitattaessa on tärkeää, että leikkausnopeusalue vastaa olosuhteita annostelusauvalla. Näistä viskositeeteista voidaan ennustaa päällysteen ominaisuuksia, kuten sumuamistaipumusta varsin luotettavasti. /27/

Tekijät, jotka vaikuttavat päällystetyn pinnan laatuun ovat /29/:

1. Sivelty päällystemäärä
2. Päällysteen kuiva-aine
3. Päällysteen viskositeetti
4. Pigmenttityyppi (, jos käytössä)
5. Päällysteresepti
6. Lateksisideaineen määrä ja osuus

Päällysteen määrän kasvattaminen on tavallisin keino parantaa peittävyttä. Usein päällystemäärän kasvattaminen lisää sumuamistaipumusta. Päällystemääräalueeseen, jolla sumuaminen vahingoittaa päällysteen laatua, voidaan vaikuttaa päällysteen kuiva-aineella, kasvattamalla suuren leikkausnopeuden viskositeettia ja tietyillä sideainevalinnoilla. Kuiva-aineen ja viskositeetin vaikutus päällystefilmin sumuamiseen liimapuristinnipin ulostulossa on usein merkittävä. /29/

Hitaalla paperikoneella, kuten Tervasaaren PK 8, päällysteen sumuaminen ei ole varsinaisen ongelma. Tämän vuoksi filminsiirron ilmiöitä tarkastellaan hieman eri näkökulmasta. Stabiili filminhalkeaminen auttaa saamaan tasaisen pintaliimakerroksen koko radan alueella ja parantaa siten pintaliiman peittoa. Paperin pinnan sileyys paranee samalla, kun filminhalkeaminen tasoittuu. Koska tavoitteena on sulkea paperin pinta, on edullista, jos liima jää paperin pintakerrokseen.

Ajettavuuteen ja pintalaatuun liittyvät tekijät ovat pintaliimauksessa useimmiten samansuuntaisia.

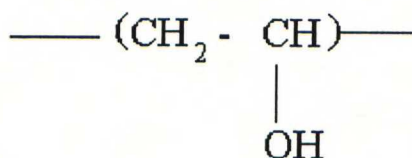
8.2 Irrokepaperin pintaliimauksessa käytettäviä kemikaaleja

8.2.1 Polyvinyylialkoholi (PVOH)

Polyvinyylialkoholi on vesiliukoinen synteettinen polymeeri jolle on luonteenomaista suuri kestävyys öljyä, rasvaa ja liuotinta vastaan. Kestävyys näitä aineita vastaan johtuu polyvinyylialkoholin hydrofiilisesta luonteesta, mutta myös vedenkestävyyttä voidaan jossain määrin saada aikaan paperilaadun valinnalla ja/tai lisäämällä ristiksidostavia lisäaineita. Polyvinyylialkoholi myydään valkoisena jauheena. PVOH sopii yhteen tavallisimpien päällysteiden raaka-aineiden kanssa, antaa mahdollisuuden vesiretention ja viskositeetin säätelyyn, kiinnittyy erittäin hyvin selluloosakuituihin ja sitoo hyvin pigmentin päällysteen rakenteeseen. Tämän vuoksi PVOH:n sideaineominaisuudet ovat erittäin hyvät. Polyvinyylialkoholi parantaa optisten kirkasteiden tehoa ja fluorokemikaalien vaikutusta rasvan hylkijänä niillä paperilajeilla, joilla niitä voidaan käyttää. Polyvinyylialkoholia käytetään sekä kirkkaissa liimapuristinresepteissä, että pigmenttiä sisältävissä liimoissa. PVOH on liuksena täysin kirkas ja väritön. /37/

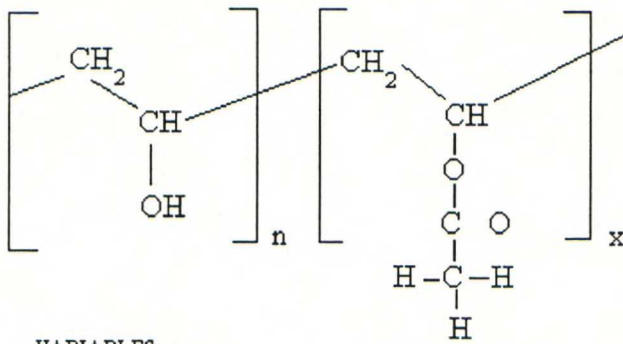
Kun polyvinyylialkoholi keksittiin 50-luvulla, se ajoittui samaan aikaan modernin lammikkoliimapuristimen keksimisen kanssa ja nämä yhdessä johtivat paperilaatujen kehittymiseen. Maailman PVOH-tuotannosta noin 10% käytetään paperin päällystämiseen joten sillä on paljon muitakin sovelluksia. /37/

Polyvinyylialkoholin kemiallinen rakenne esitetään usein hydroksyyliiryhmänä, johon on liittynyt vinyyliryhmiä (kuva 21)



Kuva 21. PVOH:n yksinkertaistettu kemiallinen rakenne /37/

Todellisuudessa polyvinyylialkoholin rakenne on monimutkaisempi ja käsittää muitakin rakenteellisia muuttujia (kuva 22). Kaikkein tärkein muuttuja on residuaalisten vinyyliasetaattiyksiköiden määrä. Niiden määrä vaihtelee 0.1-20 mol-% ja ne vaikuttavat vesiliukoisuuteen ja adheesioon. Molekyylipaino vaikuttaa viskositeettiin ja lujuuteen. Muut rakenteelliset muuttujat, kuten haaroittuneisuus, avaruudellinen suuntautuminen tai hydroksyyliiryhmien ja yli jääneiden vinyyliasetaattiryhmien jaksollinen jakauma vaikuttavat vähemmän tyypillisiin paperin päällystyssovelluksiin. /37/



VARIABLES:

X=ACETATE=0.1-20%	HYDROLYSIS SPREAD
BRANCHING	MW SPREAD
TACTICITY	1,2 GLYCOLS
BLOCKINESS	

Kuva 22. PVOH:n todellinen kemiallinen rakenne /37/

Polyvinyylialkoholin kemialliset ominaisuudet tekevät siitä harvinaislaatuisen polymeerin. Se on suoraketjuinen ja siten mahdollistaa molekyylien suuntautumisen ja rakenteen lujuuden kasvun sitoutumalla toisiinsa vetysidoksin. Koska se on myös ioniton, PVOH on yhteensopiva useimpien paperinvalmistuskemikaalien kanssa. Hydroksyyli ryhmät tekevät polyvinyylialkoholista paitsi vesiliukoisin, myös ristisidostumiskykyisen ja plastisoituvan. Hydroksyyli ryhmistä johtuu myös luontainen vesiretentio. /37/

Hiili-hiili peruspolymeeri tekee polyvinyylialkoholista kestävä lämpötilojen ja leikkausvoimien ääripäille. Samoin pH-alue, jossa PVOH säilyy stabiilina on laaja. Samoin polyvinyylialkoholi kestää biologista rasitusta suhteellisen hyvin. Biologinen hajoaminen voidaan kuitenkin tehdä selkeytysaltaissa sopivilla entsyymeillä. PVOH on turvallinen polymeeri, koska se ei sisällä esim. formaldehydiä ja sillä on myös elintarvikehyväksyntä. /37/

PVOH:n hydrolyysiaste määrittelee sen kemialliset ja toiminnalliset ominaisuudet. Kaupallisten laatuja hydrolyysiaste vaihtelee alhaisesta 72 mol-% (tai alle 28 mol-%-asetattiryhmiä), korkeaan 99,6 mol-% (alle 0.4 mol-%-asetattiryhmiä). Hydrolyysin vaikutukset perustuvat muutoksiin asetaatti-hydroksyyli -tasapainossa. Hydroksyyli ryhmät antavat hydrofiilisyyttä ja vetysidostuvuutta, kun taas asetaattiryhmät antavat hydrofobisia ominaisuuksia ja steeristä stabilointia. /37/

Tavallisesti katsotaan, että polyvinyylialkoholista tulee vesiliukoinen noin 70 % hydrolyysiasteella. Vesiliukoisuus on suurimmillaan hydrolyysiasteella 86-94%. Tällä alueella PVOH on riittävän vesiliukoinen ja sisältää tarpeellisen määrän asetaattiryhmiä ehkäisemään molekyylien yhteenliittymisen ja kiteytymisen vetysidoksilla. Kun asetaattiryhmien määrä vähentyy, molekyylien yhteenliittymisen tekee liuottamisen vaikeammaksi. Tästä johtuen täysin hydrolysoidut ja superhydrolysoidut laadut, suuremmasta hydrofiilisyydestä riippumatta, ovat paremmin vettä kestäviä. Tämä tarkoittaa vaikeampaa liuottamista ja filmin parempaa vedenkestoa. Osittain hydrolysoidusta (88%) polyvinyylialkoholista tehty filmi liukenee huoneenlämpöiseen veteen 30 sekunnissa, kun taas superhydrolysoidusta laadusta tehty filmi ei liukene lainkaan. Vesiliukoisuuden lisäksi hydrolyysiaste vaikuttaa moniin muihinkin ominaisuuksiin. Koska korkeamman hydrolyysin PVOH vetysidostuu paremmin, niiden kuituihin kohdistama filmin koheesivoima ja

adheesio sellukuituihin on huomattavasti suurempi kuin alhaisen hydrolyysin PVOH:lla. Lisäksi korkeasti hydrolysoidut laadut vaahtoavat huomattavasti vähemmän. Näiden ominaisuuksien vuoksi on ilmeistä, että paperiteollisuus käyttää pääasiassa super- ja täysin hydrolysoituja PVOH-laatuja. /37/

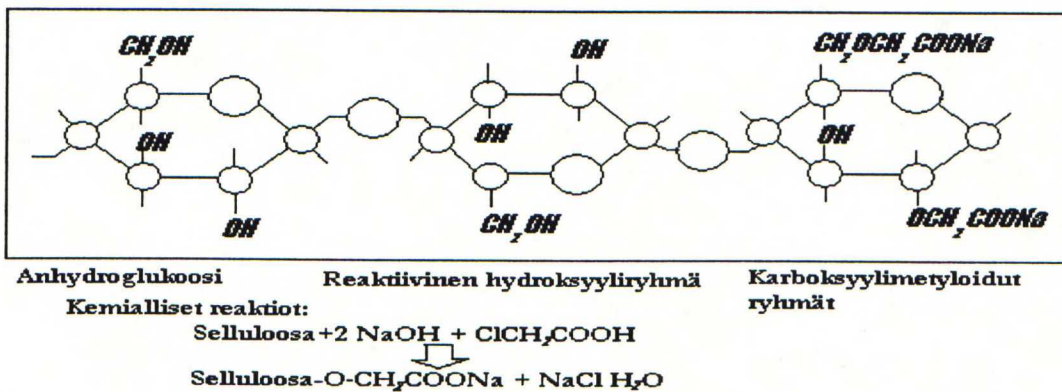
Taulukko 6. Hydrolyysin vaikutus polyvinyylialkoholin ominaisuuksiin. /37/

Korkea hydrolyysi (98+%)	Matala hydrolyysi (88%)
Paljon vetysidoksia	Vähäisempi vetysidosten määrä
Suuri filmin lujuus	Pinta-aktiivisen aineen ominaisuuksia
Hyvä kiinnittyminen selluloosakuituihin	Kiinnittyy hydrofobisiin pintoihin
Filmit eivät liukene kylmään veteen	Filmit liukenevat kylmään veteen
Ei vaahtoa	Lateksin kanssa yhteensopivia
Ei paakkuunnu	Vaahtoavat
	Paakkuuntuvat helpommin

Runsaasti hydrolysoitujen PVOH-laatujen suuresta suosiosta huolimatta alhaisemman hydrolyysiasteen laadut ovat jossain tilanteissa tehokkaampia pinnan sulkijoita. Useissa tutkimuksissa gurley-huokoisuus ja vastaavasti unger-öljynabsorptio ovat alentuneet. /37/ Boylanin /38/ mukaan kuitenkin irrokepaperin tiheys- ja sileysalueella ei tällaista hyötyä ole enää nähtävissä.

8.2.2 Karboksyyylimetyyliselluloosa

Karboksyyylimetyyliselluloosa, CMC, on synteettisesti valmistettu aine. CMC:tä käytetään paksuntajana ja sideaineena. CMC valmistetaan monokloorietikkahapon tai sen natriumsuolan ja alkaaliselluloosan välisellä reaktiolla. Reagenssien välisillä suhteilla, lämpötilalla ja muilla olosuhteilla saadaan aikaan erot eri CMC-laatujen välillä mm. viskositeetissa ja substituutioasteessa. Kuvassa 23 on esitetty CMC:n valmistuksen reaktioyhtälö. /39/



Kuva 23. CMC:n valmistuksen reaktioyhtälö /39/

CMC voidaan dispergoida kylmäänkin veteen, mutta lämpimän veden käyttö lyhentää dispergointiaikaa merkittävästi. CMC:n konsentraatiota rajoittaa sen rajusti kasvava viskositeetti. /39/

8.2.3 Erilaiset vahaemulsiot

Vahaemulsioita käytetään paperiteollisuudessa laajasti lähinnä vedenhylkivyyden aikaansaamiseksi. Esimerkiksi paino- ja kirjoituspapereissa, ruokapakkauksissa, kaapelikääreissä, taivekartongissa, pahvimukeissa ja pakastepakkauksissa. Vahan tarkoituksena on saada aikaan tehokkaampi liimaus kuin massan hartsiliimauksella on mahdollista tehdä. /40/

Vahojen käyttö paperiteollisuudessa on vähentynyt markkinoille tulleiden parempien hartsiliimojen ja AKD-liiman ansiosta. Myös hylkyjärjestelmän saostumavaikkeudet ja huono pulperoitavuus ovat vieneet mielenkiinnon vahojen käytöstä. /40/

Paraffiinivahoja saadaan raakaöljystä ja ne ovat rakenteeltaan kiteisiä hiilivetyjä, joiden sulamispiste vaihtelee 50-80 °C. Täysin jalostetut paraffiinivahat sisältävät alle 0,5 % öljyä, ne ovat kovia, värittömiä ja hajuttomia. Paraffiinivahasta tehtyjä emulsioita käytetään lähinnä vedenhylkivyyden tekemiseen. /40/

Mikrokiteiset vahat ovat paraffiinivahoihin verrattuna kovempia ja niiden sulamispiste on jonkin verran korkeampi. Johtuen tämän tyyppisten vahojen paraffiinivahoja pienemmästä kidekoosta on vahan vetolujuus ja joustavuus parempi varsinkin alhaisissa lämpötiloissa. Emulsiot, jotka on valmistettu mikrokiteisestä vahasta antavat vain kevyen suojan vettä ja vesiliukoisia liuoksia vastaan. Tämän vuoksi niitä ei tavallisesti käytetä pintaliimaussovelluksissa vaan paakkuuntumisen estoon ja voiteluaineena. /40/

Vahan ja hartsin yhdistelmää käytetään varsin tavallisesti. Useissa pintaliimasovelluksissa hartsiliimausta käytetään parantamaan liimausta. Hartsin läsnäolo myös vähentää paperin liukkaustaipumusta, joka tavallisesti koetaan haitalliseksi vaha lisättäessä. Vahan ja hartsin yhdistelmän sulamispiste on korkeampi kuin pelkän vahan. /40/

Vahaemulsioiden ominaisuuksia on yritetty parantaa myös lisäämällä hartsien ohella muita hydrofobisia aineita, kuten polyetyleenä, stearaattia ja polyvinyylialkoholia. Kokeiluista ne, jotka ovat päässeet valmiiksi tuotteeksi asti, eivät ole saavuttaneet suurta kysyntää suuren hinnan ja varsin spesifisen käyttökohteen vuoksi.

8.2.4 Fluorokemikaalit

Selluloosakuitujen luontaisen rasvanhylkivyyden vuoksi öljyn penetroituminen paperiin voi tapahtua melkein yksinomaan kapillaareihin paperin mikrohuokosissa. Tällaisen kapillaaripenetraation suuruus riippuu mikrohuokosten määrästä, koosta, muodosta ja jakaumasta. /41/

Fluorokemikaaleilla voidaan saada aikaan veden ja rasvan hylkivyyttä, samoin myös märkälujutta. Useissa sovelluksissa fluorokemikaalipäällystyksellä on voitu korvata kallis PE-päällyste. /41/

Fluorokemikaalien toiminta perustuu hiili-fluori-sidoksiin, jotka aikaansaavat erilaisia erikoisominaisuuksia lopputuotteeseen. Tärkein ominaisuus on matala pintaenergia. Fluorokemikaaleilla on myös luontaiset oleofobiset ominaisuudet. Matala pintaenergia ja oleofobiset ominaisuudet antavat halutut öljyn ja veden hylkivyysominaisuudet. Lisäksi fluorokemikaalit ovat yleensä kemiallisesti ja termisesti stabiileja. /41/

Pintaliiman joukossa käytettäessä fluorokemikaalit annostellaan tavallisesti anionisen tärkkelyksen (6-8 % kuiva-ainetta) tai CMC:n (1-3 % kuiva-ainetta) joukossa. Suositeltava annos fluorokemikaalia paperin pinnalla on 0.2-0.6 % kuivan paperin painosta, riippuen paperilaadusta ja veden-/rasvanhylkivyyden vaaditusta tasosta. /41/

Pintaliimauksessa käytettävä vesi täytyy fluorokemikaaleja käytettäessä kelatoida esim. EDTA:lla, jotta reaktiot kalsiumin ja magnesiumin kanssa estyvät. /41/

8.2.5 Erilaiset polymeeridispersiot barrier-päällysteinä

Barrier-dispersiopäällystäminen on lateksin (hienojen polymeeriketjujen vesidispersio) sivelemistä paperin pinnalle. Veden haihdutuksen aikana polymeeripartikkelit alkavat liittyä yhteen muodostaen yhtenäisen polymeerifilmin. Jos polymeeripartikkelit ovat riittävän joustavia, voivat polymeerit muodostaa kaasutiiviin filmin, jolla on barrier-ominaisuudet, jotka riippuvat polymeeridisersion koostumuksesta. Tavallisesti polymeerit eivät kuitenkaan sula, vaan pakkaantuvat yhteen. /42/

Polymeeridispersiot toimitetaan tavallisesti valmiina nesteinä. Barrier-lateksien käyttöaika riippuu polymeereistä, lisäaineista ja varastointiolosuhteista. Se voi vaihdella muutamasta viikosta useisiin kuukausiin viileässä ja pimeässä. Jäätymisen vaikuttaa dispersion ominaisuuksiin haitallisesti. /42/

Jotkut polymeeridispersiot aiheuttavat vaahtoamista ja ilmakuplia päällysteeseen. Annostelun jälkeen nämä ilmakuplat puhkeavat ja muodostavat kuoppia ja reikiä päällysteeseen. /42/

Styreeni-butadieeni on yleinen polymeeri barrier-päällysteissä. Styreeni-butadieeni-lateksit kehitettiin 30- ja 40-luvuilla korvaamaan saatavuudeltaan rajallista luonnonkumia. Nykyisin styreeni-butadieenin ominaisuuksia osataan muokata monipuolisesti. Näillä ominaisuuksilla tarkoitetaan vaikkapa molekyylipainoa, filminmuodostuskykyä, sitoutumislujuutta ja stabiiliutta. Polymeerien valmistuksessa käytetään yleisesti emulsiopolymerointia, jossa voidaan hallita partikkelikokoa, polymeerien ristositoutumista, polymeerikoostumusta. Kaikilla näillä ominaisuuksilla on vaikutusta barrier- ja filminmuodostusominaisuuksiin ja ajettavuuteen. Hiilihiilidokset SB-lateksissa mahdollistavat ristositoutumisen, mutta myös herkistävät UV-valon kellastuttavalle vaikutukselle. /42/

8.2.6 Polyuretaanit

Polyuretaani koostuu molekyylipainoltaan kevyistä polymeereista. Polymeerin perusrakenteeseen on haarautuneena kemiallisia ryhmiä, jotka toimivat hydrofobisina haaroina ja samoin runkoon voi sitoutua ionisia ryhmiä, jotka antavat polymeerille anionisen tai kationisen luonteen. Polymeeri on suoraketjuinen molekyyli, joka sallii kemiallisten ryhmien kiertymisen polymeerin akselin ympäri. Hydrofobisten ryhmien suuntautuminen saa aikaan paperin hydrofobiliimauksen. /43/

Polymeerin rakenteeseen kiinnittyneet ioniset ryhmät auttavat polyuretaanin kiinnittymistä kuituhin. Polyuretaanien päätyypit ovat anioniset ja kationiset polymeerit. Kun näitä saatetaan kosketukseen paperin pinnan kanssa, polymeerien ja paperin ioniset varaukset vetävät toisiaan puoleensa. Jos polyuretaani pääsee syvemmälle paperin rakenteeseen, liimausvaikutus vähenee. /43/

Kationisen ja anionisen polyuretaanin kiinnittyminen on erilainen johtuen erimerkkisestä varauksesta. Kationisen polymeerin positiivinen varaus reagoi kuidun negatiivisen varauksen kanssa ja voi siten kiinnittyä lähelle kuitua tai sen pinnalle. Anioninen polyuretaani reagoi kuidun kanssa samalla tavalla, mutta kiinnittyminen tapahtuu alumiini-ionin kanssa silloittumalla. /43/

9 Raakapaperin ominaisuuksien vaikutus pintaliimaukseen

Pohjapaperin vesiabsorption päällystyksen aikana katsotaan vaikuttavan pintaliiman pickupiin, päällysteen massajakaumaan ja rakenteeseen ja siten valmistettavan paperin ominaisuuksiin. Vesiabsorptio perustuu pääasiassa pohjapaperin huokoisuuteen ja hydrofobiliimauksen määrään. /35/

Huang ja LaPoutre /35/ ovat kokeissaan nähneet, että paperin tiivistämisellä ja hydrofobiliimauksella on hyvin erilaiset vaikutukset. Hydrofobointi lisäsi päällystetyn pinnan kiiltoa tiheillä arkeilla, mutta samaa vaikutusta ei nähty huokoisilla arkeilla. Sileyteen hydrofobiliimaus ei vaikuttanut olipa tiheys mikä hyvänsä. Karhea paperi ottaa pintaansa sileää paperia enemmän pintaliimaa. Päällysteen tunkeutuminen papeeriin oli huomattavasti runsaampaa huokoisilla arkeilla. Pohjapaperin huokoisuuden tärkeimmät säätökeinot ovat jauhatus ja märkäpuristus.

Paperin ja vesiliukoisien päällysteseoksen väliset vuorovaikutukset ovat monimutkaisia. Pintaliiman kulkeutuminen paperin sisään ja pinnalle sisältää monenlaisia kuljetusprosesseja. Huokokset ovat aina riittävän suuria pintaliiman kulkeutua niiden sisään liimapuristinnipin puristus-paineen toimiessa ajovoimana. /35/

Trefz ja Seiz /62/ ovat tutkimuksissaan havainneet, että pohjapaperin kyky absorboida vettä, dynaamisella penetraatiomittarilla arvioituna, vaikuttaa paperin kykyyn siirtää liimafilmiä itseensä telan pinnalta. On olemassa maksimi- ja minimimäärä märkäfilmin paksuudelle, joka voidaan siirtää paperin pintaan stabiileissa olosuhteissa. /35/

Pohjapaperin kosteus lisää pintaliiman tunkeutumista paperiin. Kosteata rata ottaa paremmin liimaa mukaansa. Radan lämpötilan nousun vaikutus on samansuuntainen.

10 Nesteen leviäminen huokoisen aineen pinnalle ja adheesio

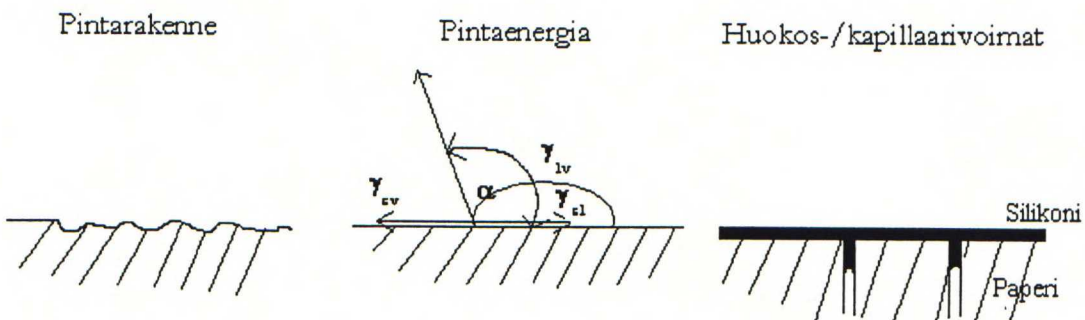
10.1 Johdanto

Nesteen leviäminen huokoisen aineen pinnalle on tärkeä ilmiö sekä luonnehdittaessa ilmiöitä pintaliimauksessa, että superkalanterointia edeltävässä uudelleenkos-
tutuksessa. Mallia, jossa nestepisara on kiinteän aineen pinnalla, käytetään usein nesteen ja kiinteän pinnan välisten vuorovaikutusten selittäjänä. Aineiden vuorovaikutuksen suuruutta mitataan kontaktikulman avulla. Esimerkiksi silikonoinnissa, kun liuottimen käytöstä päällysteseoksen laimennuksessa on jouduttu luopumaan, ovat pintaenergiatarkastelut, pinnan kastuvuus ja silikonin penetraatio tulleet tärkeämmiksi. Pintaenergioihin perustuva täydellinen kostutus on pienellä päällystemäärällä erittäin tärkeä päällysteen tasaisuuden kannalta.

Adheesiolla on keskeinen merkitys, kun tarkastellaan kahden eri aineen yhdistämistä. Adheesio usein määrittelee rakenteen mekaaniset ominaisuudet. Adheesio määritelmä on tila, jossa kaksi erilaista materiaalia pysyy yhdessä intiimin pintojen välisen kosketuksen avulla ja rajapinnan yli voidaan siirtää voimaa. Adheesio liittyy myös tilanteeseen, jossa voiman avulla pinnat erotetaan toisistaan. Adheesio liittyy kiinteästi pinnan kastumiseen. /42/

10.2 Youngin yhtälö

Kuvassa 24 esitetään nesteen leviäminen huokoisen aineen pinnalle. Youngin yhtälön yksinkertainen muoto, joka määrittelee voimat stationäärissä tilanteessa on esitetty yhtälössä 7. Kontaktikulman ollessa alle 90° tapahtuu pinnan kastumista ja suuremmalla kulman arvolla neste ei leviä kiinteän aineen pinnalle.



Kuva 24. Rajapinta paperi-neste /44/.

$$\cos \theta = (\gamma_{sv} - \gamma_{sl}) / \gamma_{lv} \quad (7)$$

γ_{sv} on pintaenergia kiinteä aine-kaasu-rajapinnassa

γ_{sl} on pintaenergia kiinteä aine neste rajapinnassa

γ_{lv} on pintaenergia neste-kaasu rajapinnassa

Seuraavassa on johdettu Youngin yhtälön muoto, jolla voidaan määrittää kiinteän pinnan pintaenergioita. /45/

Pintaenergia määritellään yhtälöllä:

$$\gamma_s = \gamma_s^d + \gamma_s^n \quad (8)$$

Pintojen, kiinteä-kiinteä tai neste-kiinteä, välinen vapaa energia ilmaistaan dispersion geometrisenä keskiarvona ja ei-dispersiolla molekyylien välisenä vuorovaikutuksena.

$$\gamma_L \cos \theta_L = -\gamma_L + 2\sqrt{\gamma_L^d \gamma_s^d} + 2\sqrt{\gamma_L^n \gamma_s^n} \quad (9)$$

Missä alaindeksit L ja s viittaavat nesteeseen ja kiinteään aineeseen. N ja d viittaavat dispersioon ja non-dispersioon vastaavasti. θ on mitattu kontaktikulma. Kun mitataan nesteen kontaktikulma kahden kiinteän aineen pinnalla, joiden γ_s^d ja γ_s^n tunnetaan, voidaan γ_L^d ja γ_L^n arvot helposti laskea. Yhtälö 9. voidaan kirjoittaa:

$$\frac{\gamma_L (\cos \theta_L + 1)}{2} = \sqrt{\gamma_L^d \gamma_s^d} + \sqrt{\gamma_L^n \gamma_s^n} \quad (10)$$

Kun kiinteän aineen pintaenergia aiheutuu molekyylien välisistä dispersiivoimista γ_s^s voidaan olettaa suunnilleen nolllaksi. Termi $\sqrt{\gamma_L^n \gamma_s^n}$ voidaan tällöin supistaa pois. Yhtälö 10 voidaan kirjoittaa:

$$\frac{\gamma_L (\cos \theta_L + 1)}{2} = \sqrt{\gamma_L^d \gamma_s^d} \quad (11)$$

Koska $\gamma_s = \gamma_s^d$ yhtälö 11 voidaan muuttaa toiseen korottamalla muotoon.

$$\frac{\gamma_L^2 (\cos \theta_L + 1)^2}{4} = \gamma_L^d \gamma_s^d \quad (12)$$

Uudelleen järjestelemällä saadaan yhtälöstä 12:

$$\frac{\gamma_L^2 (\cos \theta_L + 1)^2}{4\gamma_s^d} = \gamma_L^d \quad (13)$$

Yhtälö 13. on Youngin yhtälö kiinteän pinnan alhaiselle pintaenergialle.

Pintaenergioiden määrittämiseen voidaan käyttää yhtälöitä 10. ja 13. siten, että ensin mitataan kontaktikulmat kahden nesteen kanssa joiden γ_L^d ja γ_L^n tunnetaan. γ_s^d ja γ_s^n voidaan ratkaista sijoittamalla lausekkeisiin taulukoista saatavat pintaenergian arvot kyseisille nesteille. Edellä luetelluista yhtälöistä saadaan laskettua tuntemattoman kiinteän pinnan pintaenergia. /45/

Dynaamisessa tilanteessa, kuten päällystyksessä olosuhteet ovat erilaiset ja Youngin yhtälö ei täysin päde.

10.3 Pinnan termodynamiikka ja adheesio

Adheesio on pintaliiman tarttumisen merkitys paperin pintaan on oleellinen. Irrokepaperin tapauksessa jatkojalostusprosessit ovat erittäin herkkiä kaikelle paperista irtoavalle roskalle. Myös silikonin kiinnittymiselle paperin pintaan on adheesio merkitys tärkeä.

Muutaman viime vuoden aikana tietämys adheesiosta on lisääntynyt huomattavasti. Adheesio selittämiseksi ei ole kuitenkaan olemassa yhtä, kaiken selittävää teoriaa. Seuraavassa käydään lyhyt johdanto adheesio teoriaan.

10.3.1 Mekaaninen toisiinsa kytkeytyminen

Mekaanisen yhteenliittymisen teoriaa pitää adheesio päämekanismina materiaalin penetroitumista toisen materiaalin epäsäännöllisyyksiin. Tällaista tapahtuu varsinkin huokoisilla materiaaleilla kuten paperilla, puulla, tekstiileillä. Pinnan karheus ja epäsäännöllisyydet lisäävät kontaktialaa materiaalien välillä. Jos pinnan kastuminen on puutteellista tai ilmaa on jäänyt väliin, adheesio kannalta heikompia kohtia jää kerrosten välille. Epäsäännöllisyyksien geometria, materiaalien välinen kontaktikulma ja nesteen kastelemiskyky vaikuttavat tähän ilmiöön. Nesteen tunkeutuminen huokosiin voi kestää kauankin ja tällöin neste saattaa jäähtyä. Nesteen viskositeetti saattaa muuttua nopeasti. Tällaisessa tapauksessa kontaktipinta saattaa jäädä pienemmäksi kuin sileällä pinnalla. /42/

10.3.2 Diffuusioteoria

Riittävän lämpötilan vallitessa molekyylit ja molekyyliryhmät tulevat liikkuviksi. Tässä tilassa yhteensopivat materiaalit, joilla on samanlaiset liukoisuusominaisuudet, voivat muodostaa rajakerroksen, jossa makromolekyylien tai molekyyliryhmien diffuusio toistensa lomaan voi tapahtua. Keskinäinen diffuusio on mahdollista vain, jos molekyylien välillä on läheinen yhteys, jonka hyvä nesteen pinnan kastelevuus mahdollistaa. /42/

Adheesio voimakkuus riippuu kontaktiajasta, lämpötilasta, paineesta ja molekyylien ominaisuuksista ja diffuusiosta johtuva adheesio voi tapahtua vain samanlaisten tai yhteensopivien polymeerien välillä. /42/

10.3.3 Sähköstaattinen teoria

Sähköstaattinen teoria perustuu sähköisen kaksoiskerroksen muodostumiseen kahden erilaisen aineen kohdatessa. Neste ja kiinteä aine toimivat ikäänkuin kondensaattorina ja adheesio on attraktiivinen voima, joka vaikuttaa kaksoiskerroksen yli. Yhtälössä 14. on esitetty adheesiotyön laskemisen kaava /42/:

$$W = \frac{\delta^2 h}{2\varepsilon} \quad (14)$$

jossa δ on varaustiheys
 ε on aineen dielektrisyysvakio
 h on pintojen etäisyys

Sähköinen kaksoiskerros on voitu havaita myös SEM-kuvissa.

10.3.4 Termodynaaminen adsorptioteoria ja pintaenergia

Läheinen kontakti ja molekyyllaariset ja fysikaaliset vuorovaikutukset ovat oleellisia adsorption kannalta. Pinnan kastuminen on perusedellytys adheesiolle. Keskinäinen diffuusio ei ole hyvän adheesioita välttämätöntä. /42/

Van der Waalsin voimat muodostuvat dipoli-dipoli-, dipoli-indusoitu dipoli-, ja dispersiovoimista. Nämä määrittelevät pinnan kastumisprosessin. Epätasainen varausjakauma tai molekyylien epäsymmetria aiheuttavat nämä voimat. Teoriassa dispersiovoimat voisivat aikaansaada paljon suuremman adheesioita kuin käytännössä on havaittu, mutta sidosten muodostuminen ei ole koskaan täydellistä. /42/

Sellaisten materiaalien ollessa kyseessä, jotka sisältävät hydroksyyli-ryhmiä, muodostuu vetysidoksia. Nämä läheiset vuorovaikutukset voivat muodostaa sekä dipoli-dipoli-, että kovalenttisia sidoksia. Myös kemisorptiota, kemiallista sitoutumista ioni-, kovalentti- tai metallisidoksin. /42/

Jotta molekyylit voisivat tulla aineen pinnalle, tarvitaan energiaa, jotta uutta pintaa voisi muodostua. Yhtälö 15. osoittaa, että kiinteän aineen pintajännitys, σ , on eri kuin pinnan vapaa energia.

$$\sigma = \gamma + A \left(\frac{\partial \gamma}{\partial A} \right) \quad (15)$$

Kun nestepisara on asettunut kiinteän aineen pinnalle, se saa sellaisen muodon, jossa pisanan potentiaalienergia on pienin mahdollinen. Ottaen huomioon höyryn absorptio ja siten kiinteän aineen vapaan pintaenergian lasku saadaan yhtälö 16.

$$\gamma_s = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos \theta_{SL} + \pi_s \quad (16)$$

Jossa π_{SL} on tasapainofilminpaine.

Jossa σ tarkoittaa rajapinnan vapaata energiaa (pintajännitys) ja alaindeksit SV (solid-vapour), SL (solid-liquid) ja LV (liquid-vapour) kiinteä-kaasu-, kiinteä-neste-, neste-kaasu-rajapintoja. θ tarkoittaa kontaktikulmaa. Nesteen kontaktikulma kiinteän aineen pinnalla palautuu materiaalin termodynaamisiin ominaisuuksiin Youngin yhtälön mukaisesti. /42, 45, 46/

Adsorptio tapahtuu, kun tiivistyneellä höyryllä on sama tai alhaisempi pintaenergia kuin kiinteällä aineella. Jotta absorptio voisi tapahtua, täytyy kontaktikulman olla alle 10° . Korkeampi suhteellinen kosteus edistää veden leviämistä. /42/

Zismanin kriittisellä pintajännityksellä tarkoitetaan sellaista nesteen pintajännitystä jonkin kiinteän aineen pinnalla, jolla neste leviää pinnalle spontaanisti eli, jolle $\theta_{SL}=0$.

Pinnan vapaa energia määrittelee materiaalian adhesiiviset ominaisuudet. Adheesio-ideaalityö on määritelty seuraavasti /42/:

$$W_A = \gamma_S + \gamma_{LV} - \gamma_{SL} \quad \text{tai} \quad (17)$$

$$W_A = \gamma_{SL} [1 + \cos \theta_{SL}] \quad (18)$$

W_A , adheesio-ideaalityö, soveltuu adheesio-ideaalisen sileillä pinnoilla. Todelliset pinnat ovat harvoin ideaalisen sileitä, joten W_A on paljon suurempi kuin kokeellisesti saadut adheesiovoimat. Yhtälöt 16-18 kuvaavat kuitenkin tärkeitä ilmiöitä. Nämä ovat /45, 46/:

1. Pinnan kastuminen on tärkeää adheesio-kannalta.
2. Alle 90° kosketuskulma vaaditaan hyvään adheesioon.
3. Optimiadheesio tapahtuu kosketuskulmalla, joka on $0-90^\circ$.

Nesteen vapaa pintaenergia on energia, joka vaaditaan, jotta molekyylit muodostavat uutta nestepintaa vaeltamalla nesteen pintaan sen sisältä. Energiaa tarvitaan, koska pinnassa oleva molekyyli on ympäröity pienemmällä määrällä molekyylejä ja siksi sillä on suurempi energiasisältö kuin nesteen sisällä olevalla molekyylillä. Nesteen pintaenergia on numeerisesti sama kuin sen pintajännitys ja se voidaan mitata. Kiinteän aineen pintajännitystä ei voida mitata, mutta sen pintaenergia voidaan arvioida. /45, 46/

Pinnan kastuminen tapahtuu tilanteessa, jossa rajapinta nesteen ja kiinteän aineen välillä muodostuu siten, että molekyylien väliset voimat pääsevät vaikuttamaan ja adheesio kehittyy. Matemaattinen muoto tälle tapahtumalle on:

$$\Delta G_w = \gamma_{sl} - (\gamma_{sv} + \gamma_{lv}) \leq 0 \quad (19)$$

jossa ΔG_w on vapaan energian muutos

Käytännössä kiinteän aineen ja nesteen välillä on aina jonkin verran attraktiota ja siis myös kastumista.

Nesteen levittyminen kiinteän aineen pinnalle edellyttää, että kontaktipinta kiinteä aine-neste ja neste-kaasu kasvaa samanaikaisesti, kun kontaktipinta kiinteä aine-kaasu pienenee. Tämä tapahtuu spontaanisti jos:

$$\Delta G_w = (\gamma_{sl} + \gamma_{lv}) - \gamma_{sv} \leq 0 \quad (20)$$

jossa ΔG_w on vapaan energian muutos

γ_{sl} on verraten suhteellisen pieni verrattuna γ_{lv} :hen ja voidaan jättää huomiotta. Nesteen leviäminen tapahtuu siis silloin, kun nesteen pintaenergia on alhaisempi kuin kiinteän aineen. Toisin sanoen adheesio tapahtuu, jos adheesiotyö on suurempi kuin nesteen koheesioenergia. /42/

10.3.5 Kemiallinen adheesio

Van der Waalsin voimien lisäksi myös vahvempia sidoksia voi muodostua. Sidosenergia on paljon suurempi kuin Van der Waalsin voimien tapauksessa. Adheesiotyö voi olla 25-40 kertaa suurempi kuin kovalenttisisidoksissa.

10.4 Adheesioteorian yhteenveto

Adheesiot teoriat eivät ole yhtenäisiä, vaikka termodynaaminen teoria onkin nykyisin suosituin. Muut mekanismit, kuten mekaaninen yhteenliittyminen ovat luultavasti myös tärkeitä, kuten myös happojen ja emästen vuorovaikutus. Jokainen teoria selittää osan ilmiöstä. Tästä aiheutuu teorioiden yhtenäisyyden puute. On huomattava, että hyvä kostutus on ainoa hyvän adheesioedellytys. Sidoksen rikkomiseen tarvittava työ pitää sisällään myös muita, ei adheesioon, liittyviä tekijöitä. Adheesio ei ole yksinkertainen, yksittäinen ilmiö, vaan sarja ilmiöitä.

11 Diplomityön kirjallisuusosan yhteenveto

Suurin osa nykyisin markkinoilla olevasta irrokepaperista käytetään silikonipäälytykseen liuotinvapaalla silikonijärjestelmällä. Tämän menetelmän yleistymisen on korostanut irrokepaperin pintaominaisuuksien merkitystä hyvään silikonoidun pinnan laatuun pääsemisessä. Liuotinvapaan silikonin ominaisuuksien vuoksi irrokepohjapaperin matalan huokoisuuden ja korkean sileyden tärkeys on kasvanut.

Irrokepaperin toiminnalliset vaatimukset ovat laajan käyttöalueen ja vaikeiden sovellusten vuoksi monimutkaiset. Keskeiset irrokepaperin ominaisuudet ovat: lujuusominaisuudet, (myös lämpökäsittelyn jälkeen), mittapysyvyys, korkea tiheys, barrier-ominaisuudet, kemiallinen sopivuus silikonointiin, suuri transparenssi, matala huokoisuus, ja sileys. Hyvin toimiva irrokepaperi kulkee katkoitta jalostuskoneilla, vaatii vähän silikonia hyvään silikonipeittoon, toimii laminaatin stanssauksessa ongelmitta ja ei aiheuta vaikeuksia etiketöinnissä.

Useimmat silikonipäälystäjät arvioivat silikonipäälysteen peittävyttä erilaisin värjäyستestsein. Silikonipäälysteessä olevat viat tai epätasaisuudet aiheuttavat värjäyksessä näkyvää epäsäännöllisyyttä. Useimmat testivärit ovat vesiliukoisia. Väriluosten vesiliukoisuuden vuoksi paperin hydrofobisuudella on selvästi testituloksia parantava vaikutus.

Pintaliimauksella parannetaan paperin monia ominaisuuksia lisäämällä kuitujen ja hienomman aineksen välisiä sidoksia vesiliukoisella sideaineella. Kuidut ovat luonnostaan hydrofiilisiä ja tämän vuoksi ne hylkivät poolittomia liuottimia. Samasta syystä silikoni ei pääse kuitujen sisälle, vaan huokosiin. Pintaliimaamalla voidaan vähentää pohjapaperin huokosten määrää ja kokoa. Irrokepaperilla tämä johtaa pienemmään huokosiin tunkeutuvaan silikonimäärään, jolloin ehjän silikonipäälystekerroksen syntymiseen tarvittavan silikonin määrä pienenee.

Paperin pintaliimaus on pitkään käytössä ollut menetelmä paperin pintaominaisuuksien parantamiseksi. Lammikkoliimapuristimella paperirata käsitellään telanipin muodostamassa altaassa olevassa liimalammikossa, jonka läpi paperirata kulkee. Paperikoneiden ajonopeuden noustessa lammikkoliimapuristimen ajettavuuden rajoitukset johtivat aluksi gate roll liimalaitteisiin, joissa lammikko ei enää ollut tekemisissä paperiradan kanssa. Näistä laitteista päästiin varsin pian varsinaisiin filmiliimapuristimiin, joissa telapinnoille annosteltava liimafilmi saadaan aikaan pumppaamalla päälyste telalle ja kaapimalla ylimäärä pois pyörivällä sauvalla.

Filmiliimaus on nykyisin tavallinen pintakäsittely monilla erilaisilla paperilajeilla. Filmiliimapuristimen ajettavuutta käsittelevät tutkimukset ovat käsitelleet päälysteen sumuamista ja päälysteen appelsiininkuorikuvioitumaa. Nämä kaksi ilmiötä vaikuttavat myös pintaliimauksella saatavan päälysteen peittävyteen ja moniin muihin pintalaatuun vaikuttaviin tekijöihin. Tässä suhteessa myöskin rainan irtoaminen liimapuristimen teloilta näyttelee merkittävää osaa päälystekerroksen laadussa.

Filminsiirroksessa keskeinen ilmiö on liimapuristinnipin jälkeinen filminhalkeaminen. Päälysteen tasaisuuden kannalta edullista on että halkeaminen tapahtuu stabiilisti. Stabiilia halkeamista edistää suoduskakun muodostuminen, jonka seurauksena halkeavaan filmiin syntyy selvä konsentraatiogradientti. Filmi halkeaa aina heikoimmasta kohdastaan ja tämän kohdan täytyisi pysyä stabiilina ja z-suunnassa samana. Filminhalkeamisen stabilointiin vaikuttaa liimakerroksen elastiset ominaisuudet ja taipumus muodostaa uusia vapaita nestepintoja. Näitä ominaisuuksia minimoimalla on mahdollista saavuttaa parannuksia filminhalkeamisen ajettavuudessa.

Paperin pintaan siveltävän pintaliiman määrää säädellään sileällä sauvalla sauvan alla vaikuttavaa painetta muuttelemalla ja uritetulla sauvalla liimamäärää vaihdellaan urasauvan profiilin vapaata pinta-alaa muuttamalla, eli vaihtamalla sauva toisenlaisella urituksella varustettuun. Liimafilmin annostelu perustuu sileällä sauvalla hydrodynaamisiin voimiin ja uritetulla sauvalla volumetriseen annosteluun sauvan raoista.

Pintaliiman aplikointivaiheen tapahtumat vaikuttavat sekä pintaliimapäälysteen paksuuteen, että kerroksen tasaisuuteen. Filmiliimapuristimen nippipaineen kasvu

vaikuttaa päällystemäärää lisäävästi. Paperiradan korkea vesiabsorptio vaikuttaa samaan suuntaan. Vastakkainen vaikutus on nesteen korkealla viskositeetilla ja suurella vesiretentiolla.

Filmin halkeamisen stabiilisuuteen ja ajettavuuden parantamiseen filmiliimauksessa voidaan vaikuttaa päällystereseptin optimoinnilla ja erityisesti päällysteen kuiva-aineen, pigmentin ja päällystemäärän oikealla valinnalla. Ajettavuuteen liittyvillä seikoilla on kiinteä yhteys myös päällysteen laatuun vaikuttavissa asioissa, koska ajettavuusvaikeudet, kuten päällysteen sumuaminen heikentävät päällystekerroksen tasaisuutta.

Veden kulkeutumisella paperin rakenteeseen on kiinteä merkitys filminsiirron ilmiötä tarkasteltaessa. Nesteen tunkeutuminen huokoiseen aineeseen on ennakoitavissa suhteellisen hyvin Lucas-Washburnin yhtälöllä, jonka avulla voidaan arvioida eri tekijöiden vaikutusta sekä silikoniöljyn, että veden tunkeutumiseen paperin rakenteeseen.

Irrokepaperin pintaliimauksessa käytetään tyypillisesti PVOH:n perustuvaa pintaliimareseptiä. Pintaliiman kaikki komponentit ovat tällöin vesiliukoisia ja tällöin ei ole olemassa partikkeleita, jotka voisivat täyttää paperin pinnan huokosia. Polyvinyylialkoholi tarjoaa kuitenkin varsin hyvän rasvatiiviyden hydrofiilisuuksiensa ja filminmuodostuskykynsä ansiosta. Tulevissa kokeissa on tarkoitus lisäainein tutkia mahdollisuutta ”muurata”pinnan huokosia umpeen.

Pohjapaperin ominaisuuksista pintaliimauksen kannalta merkittävimmäksi muodostuu filmiliimauksessakin hydrofobiliimaus. Pohjapaperin huokoisuudella on merkitystä, mutta pintalaadun kannalta merkittävämmäksi muodostuu suurten huokosten määrä, koska näiden sulkeminen pintaliimaamalla suhteellisen vähäisellä päällystemäärällä on pieniä vaikeampaa.

Nesteen leviäminen huokoisen aineen pinnalle on merkittävä ilmiö tarkasteltaessa sekä pintaliiman, että silikonin leviämistä paperin pinnalle. Pinnan kastumisen kannalta oleellista on, että kiinteän materiaalin pintaenergia korkea, jolloin nesteen ja kiinteän aineen pintajännityksessä on niin merkittävä ero, että nesteen leviäminen tapahtuu.

Nesteen leviäminen kiinteän aineen pinnalle ja aineiden adheesio ovat kiinteästi toisiinsa liittyviä ilmiöitä. On erittäin tärkeää, että aineiden välinen adheesio muodostuu niin suureksi, että pintaliima kestää paperin pinnalla kaikki jälkikäsitteilyn ja jalostuksen asettamat rasitukset.

KOKEELLINEN OSA

12 Kokeellisen osan tavoite ja rajaus

Tervasaaren PK 8:lla valmistettavan tarran irrokepaperin pinnan tiiveydellä on silikonoinnin kannalta tärkeä merkitys. Raaka-aineena käytettävän selluloosan jauhatus on järjestetty siten, että paperista muodostuu mahdollisimman tiheää, menettämättä silti veto- ja repäisyjuuuden haluttua tasoa. Jauhatustasoa rajoittaa lujuuksien ohella myös paperikoneen ajonopeus, joka vedenpoiston ja kuivatuksen vaikeutumisen vuoksi laskee jauhatusta lisättäessä. Nopeuden aleneminen vaikuttaa haitallisesti käytössä olevan hydraulisen perälaatikon mahdollisuuksiin saada aikaan hyvä formaatio ja tämänkin vuoksi jauhatuksen määrä pohjapaperin tiivistämiskeinona on rajallinen.

Pintaliimattavan pohjapaperin ominaisuuksia on kuitenkin Tervasaassa kehitetty paljon enemmän kuin sellaisenaan lammikkoliimapuristimelta filmiliimaukseen siirrettyä pintaliimareseptiä. On olettavissa, että pintaliimareseptin kehittämisellä on käytävissä suurempi potentiaali paperin pintalaadun kehittämiseksi, kuin pohjapaperin tiivistämisellä, koska pohjapaperin tiivistäminen jauhatuksella johtaa välittömästi paperikoneen ajonopeuden laskuun. Tehdyissä kokeissa tutkittiin pintaliimareseptin muutoksien vaikutusta irrokepaperin tärkeisiin ominaisuuksiin. Kokeellinen osa koostui kolmesta pilot-koeajosta ja tuotantokoeajosta. Näiden kokeiden perusteella arvioitiin uusien pintaliimareseptien käyttökelpoisuutta irrokepohjapaperin pintaliimauksessa.

Paperin pintaa SEM-mikroskoopilla kuvattaessa on havaittu paperin pinnassa olevan vaihtelevan kokoisia huokosia, joiden läsnäolo vaikuttaa haitallisesti sekä veden, että öljyn absorptioon. PK 8:n nykyinen pintaliima, joka perustuu polyvinyylialkoholien ja karboksyyliemetyyliselluloosan käyttöön, ei kykene täyttämään näitä huokosia. Pintaliimareseptin kehityksellä pyritään saamaan aikaan paperin pinnan suurempi tiheys ilman menetyksiä irrokepaperin muissa ominaisuuksissa. Tavoitteena on myös laajentaa pintaliimauksen "toimintaikkunan" laajuutta mahdollistamalla pintaliimareseptin kehityksellä joko suuremman päällystemäärän aplikointi ilman pintaliiman irtoamista tai parempi pinnan sulkeminen alhaisella päällystemäärällä. Tällä hetkellä ollaan tilanteessa, jossa pintaliimamäärän vähennys nostaa paperin huokoisuustasoa ja toisaalta lisäys johtaa päällysteen irtoamiseen. Kustannuksia nostaa se, että käyristymän vähentämiseksi joudutaan ajamaan sama liima paperin molemmille puolille.

Esiselvityksessä tutkittiin irrokepaperin ominaisuuksien vaikutusta ja keskinäisiä suhteita paperin barrier-ominaisuuksien suuruuteen määrittelemällä vesipohjaisen väriliuoksen tunkeutumista paperiin. Silikonoinnattomalle irrokepaperille tehtävän shirlastain-testin on havaittu korreloivan silikonointituloksen ja silikonipinnalle tehdyn shirlastain-testin tuloksen kanssa.

Ensimmäisessä pilot-koeajossa kokeiltiin lateksidispersiota ja talkkipigmenttiä sisältävän, Raisio Yhtymän, Rebarco-nimisen barrier-päällysteen potentiaalia paperin pintarakenteen sulkemisessa. Toisessa koeajossa kehitettiin Rebarcolla aikaansaatuja ominaisuuksien yhdistelmää lisäämällä haluttuja ominaisuuksia antavia aineita pintaliimareseptiin, sekä kokeiltiin lisäaineiden lisäämistä käytössä olevaan pintaliimaan pintalaadun parantamiseksi. Kolmannessa pilot-koeajossa tarkennettiin

toisen koeajon hyviä tuloksia ja yritettiin parantaa joiltain osin vajaiksi jääneitä ominaisuuksia erilaisin lisäainein.

Tavoitteena oli myös selvittää miten paperin rakenne muuttuu, silikonoitavuusominaisuuksien muuttuessa. Tähän arviointiin on käytetty esim. elohopeaporosimetri- ja kosketuskulmamittauksia, sekä SEM-kuvia.

13 Esiselvitys huokoisuuden, sileyden ja hydrofobisuuden vaikutuksesta paperin barrier-ominaisuuksiin

13.1 Yleistä

Irrokepohjapaperin silikonoijat käyttävät laajasti ns. shirlastain-testiä paperin barrier-ominaisuuksien testaukseen. Koska testiä käytetään myös vastaanottotarkastuksena ja sen uskotaan korreloivan silikoni-hold-outin kanssa, irrokepohjapaperin täytyy menestyä tässä testissä hyvin. Vaikka silikonoitavuutta ei varmasti voitaisikaan ennustaa tällä testillä, testi on niin laajassa käytössä, että huono toimivuus tässä testissä aiheuttaa irrokepaperintekijälle suuria vaikeuksia.

13.2 Shirlastain testaus

Esiselvityksessä tutkittiin papereita, jotka olivat menestyneet eri tavoin shirlastain-testauksessa. Shirlastain-testimenettely on esitelty liitteessä 5.

Erittäin huono shirlastain-testitulokset edustaa tapausta, jossa värjätty vesiliuos menee paperin läpi ja absorboituu runsaasti paperiin. Paperin massa nousee n 20-30 g/m². Jos testitulokset on huono, väriaine on jossain määrin läpäissyt paperin, mutta vähäisemmin kuin erittäin huonossa tapauksessa ja myös paperiin imeytyneen väriliuoksen määrä on vähäisempi, n. 20-25 g/m². Hyvin testissä menestyneen näytteen läpi ei ole mennyt väriliuosta ja imeytyneen nesteen määrä on vähäinen, n. 10-15 g/m². Esiselvityksessä testattujen näytteiden kosketusaika värinesteen kanssa oli 30 s 25 % liuoksen kanssa.

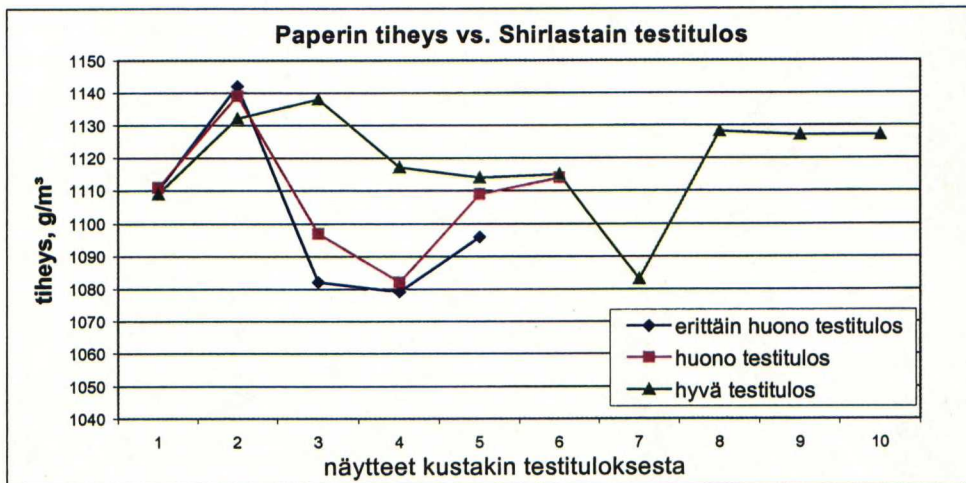
Selvitykseen valittiin testituloksen perusteella hyviä, huonoja ja erittäin huonoja näytteitä, joiden ominaisuudet mitattiin. Näytteiden mittaustulokset on esitetty liitteessä 1. Ominaisuudet, joista on piirretty kuvaaja, on esitetty tummennettuna.

Kolmentasoisten näytteiden lisäksi testattiin eräästä paperikoneen ajosta 78 asiakasrullaa shirlastain-väriliuoksella ja arvioitiin testitulosta visuaalisesti. Liitteessä 2 on esitetty rullakartta, johon testitulokset on koottu rullakartaksi. Jokaisesta rullasta mitattiin paperitekniset ominaisuudet, joita verrataan seuraavissa kappaleissa testitulokseen. Shirlastain testitulokset on luokiteltu visuaalisesti kymmenelle eri tasolle. Testitulokset 10 edustaa huonointa tasoa, 9 seuraavaa, jne. Rullista mitatut paperitekniset laatusuureet on esitetty liitteessä 3.

13.3 Esiselvityksen tulosten tarkastelu

Shirlastain-testatuista paperinäytteistä mitattiin neliöpaino, paksuus, tiheys, Bekk-huokoisuus, Unger-öljynabsorptio, Cobb, Scott-Bond-palstautumislujuus, formaatio, Bekk-sileys, PPS-karheus, IGT-tahranpituus ja Hunter-kiilto. IGT-tahranpituus ei ole standardimenetelmä ja se on esitelty liitteessä 6. Seuraavissa kappaleissa on tutkittu shirlastain-testituloksen ja paperin mitattujen ominaisuuksien välistä yhteyttä. Testaus on tehty laboratoriossa ja tuloksia voidaan pitää luotettavina.

13.3.1 Paperin tiheyden vaikutus



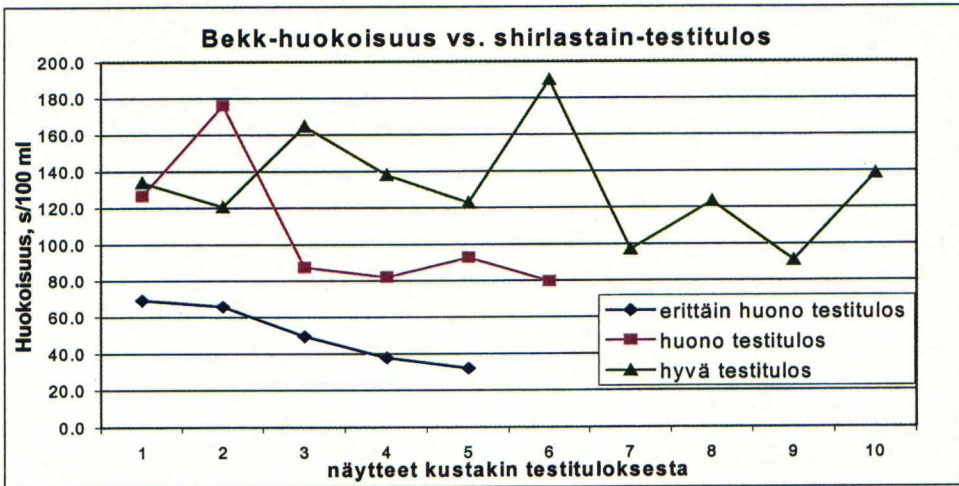
Kuva 25. Paperin tiheyden ei voi sanoa vaikuttaneen shirlastain-testitulokseen, joskin parhaiten menestyneen paperin tiheys on suurin

Verrattaessa silikonoimattomalle paperille tehdyssä shirlastain-testissä eri tavoin menestyneitä papereita havaitaan tiheyden vaikutus varsin vaatimattomaksi. Korkeatiheysinenkin paperi voi menestyä huonosti testissä. Myös kuvasta 25 nähdään, että tiheyden vaikutus shirlastain-testin tulokseen on ollut vähäinen. Eri tavoin menestyneiden papereiden tiheydessä ei ole havaittavaa eroa.

13.3.2 Bekk-huokoisuuden vaikutus shirlastain-testitulokseen

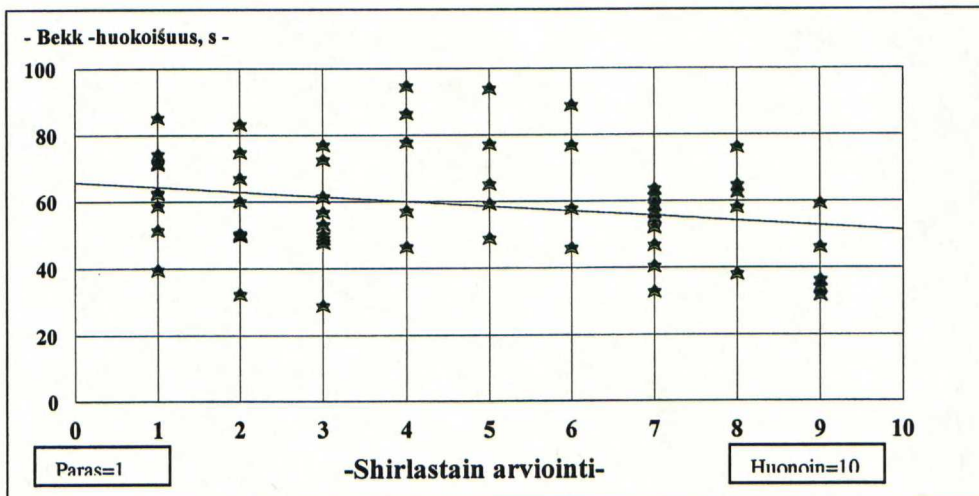
Bekk-huokoisuuden havaitaan vaikuttavan testin tulokseen ratkaisevasti. Tulokset asettuvat järjestykseen huokoisuuden mukaan. Kuvassa 26 on esitetty huokoisuustasot ja menestyminen shirlastain-testissä. Hydrofobisella paperilla huokoisuus on testinesteen imeytymisen kannalta merkitsevä ominaisuus.

Hyvin testissä menestyvälle paperille on tunnusomaista huokosrakenteen tiiveys. Huokoisuuden merkitys testitulokseen on ilmeinen, jos ajatellaan veden tunkeutumisen mekanismia, jossa vesi penetroituu ensisijaisesti huokosiin. Huokosmäärän ja huokoshalkaisijan merkitys penetraatiovoiman suuruuteen on merkittävä. Jos kuidut ovat hydrofobisia, riippuu veden tunkeutuminen paperiin huokosten määrästä ja koosta.



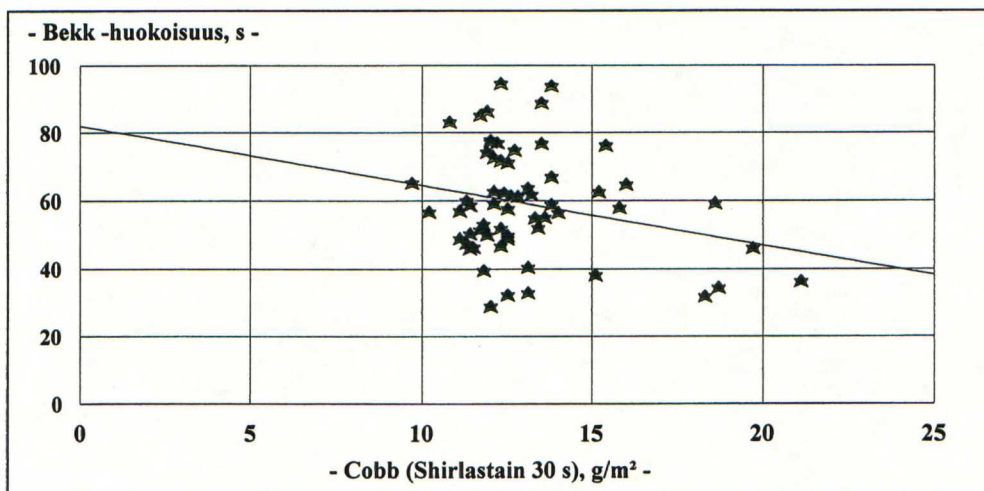
Kuva 26. Huokoisuudella on suuri merkitys shirlastain-testituloksen selittäjänä tietyn Cobb-tason alapuolella

Verrattaessa shirlastain-testitulosta paperin Bekk-huokoisuuteen havaitaan testituloksen selvästi parantuvan huokoisuuden vähentyessä. Tämä on nähtävissä myös suuremmasta otoksesta piirretystä kuvasta 27. Mitä pienempi huokoisuus (suuri luku), sitä todennäköisempi on hyvä shirlastain-testitulos.



Kuva 27. Myös suuremmassa otoksessa shirlastain testitulos on parantunut huokoisuuden vähentyessä

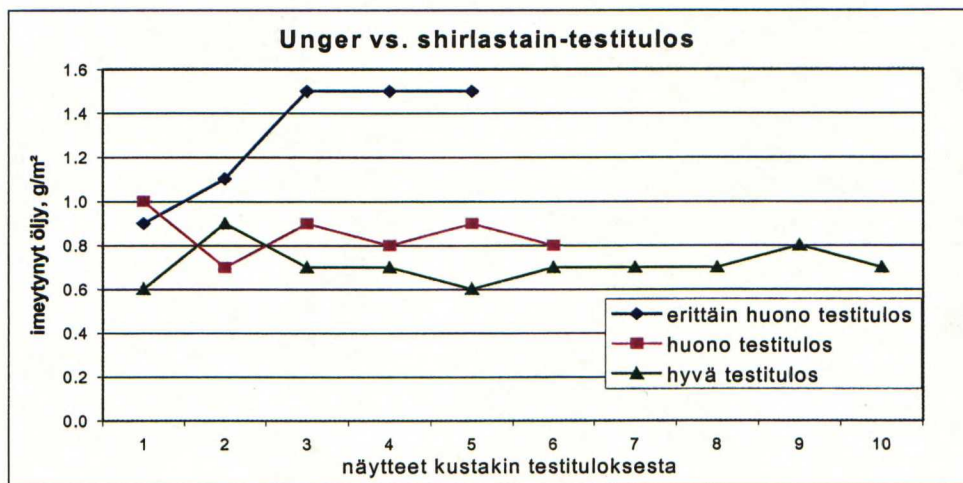
Bekk-huokoisuuden ja Cobb-vedenabsorption välinen korrelaatio on vähäinen, kuten kuvasta 28 voidaan nähdä. Huokoisuus voi vaihdella varsin paljon Cobb-arvon muuttumatta. Tästä voidaan perustellusti päätellä, että vedenabsorptio riippuu ensisijaisesti pintakemiasta (hydrofobisuus) ja vasta sitten huokoisuudesta. Voidaan todeta, että kuitenkin joissain tapauksissa korkea Cobb-arvo aiheutuu korkeasta huokoisuudesta (täplät kaukana oikealla kuvassa 28).



Kuva 28. Bekk-huokoisuus ja Cobb-arvo eivät näytä korreloivan keskenään

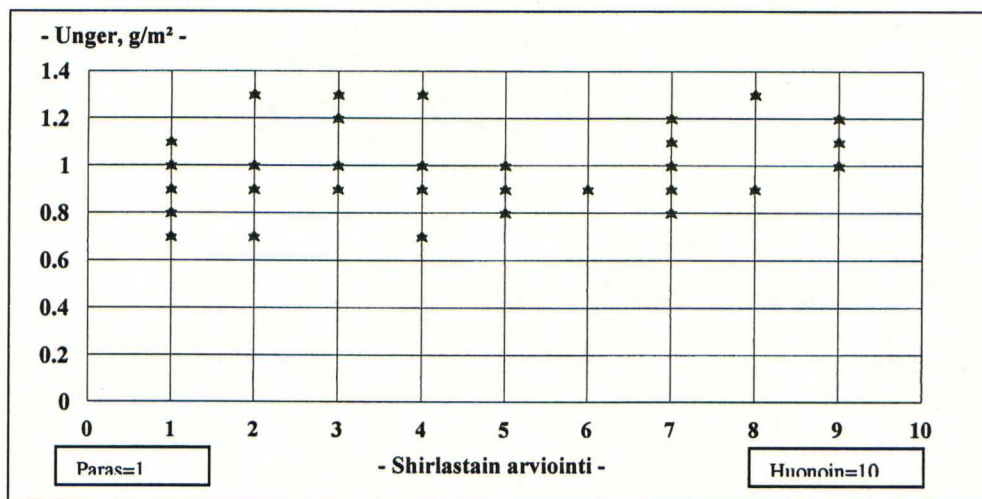
13.3.3 Unger öljynabsorptio ja tulos shirlastain-testissä

Unger-öljynabsorption perusteella ei voi varmuudella ennustaa menestymistä shirlastain-testissä. Kuvasta 29 voidaan nähdä selkeästi huonojen näytteiden korkea unger-taso. Tämä johtuu huokoisesta rakenteesta.



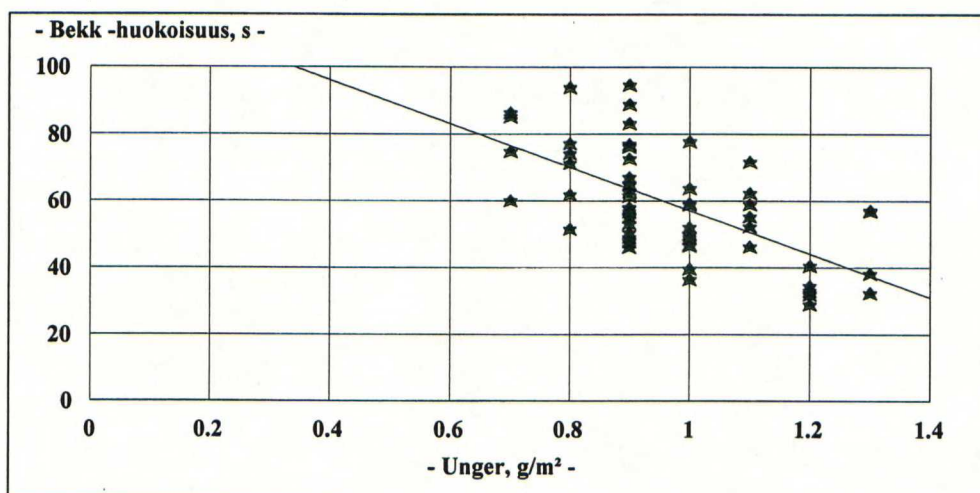
Kuva 30. Unger-öljynabsorptio ja shirlastain-testitulos eivät korreloi selkeästi

Kuvassa 30 tarkastellaan shirlastain-testin tuloksen ja unger-öljynabsorption välistä korrelaatiota. Näiden kahden erilaisen aineen imeytymisen korrelaatio on yllättävän pieni. Kuvasta 31 nähdään, että öljynabsorptio on voimakkaasti riippuvainen huokoisuudesta. Kuvien 30 ja 31 tulos on looginen, kun ajatellaan shirlastain-testin selkeää riippuvuutta hydrofobisuudesta. Hydrofobisuus (Cobb) ei taas riippunut paljonkaan huokoisuudesta. Öljynabsorptio riippuu lähes täysin huokoisuudesta



Kuva 30. Suuremmassakaan otoksessa unger-öljynabsorptio ei korreloi shirlastain-testituloksen kanssa

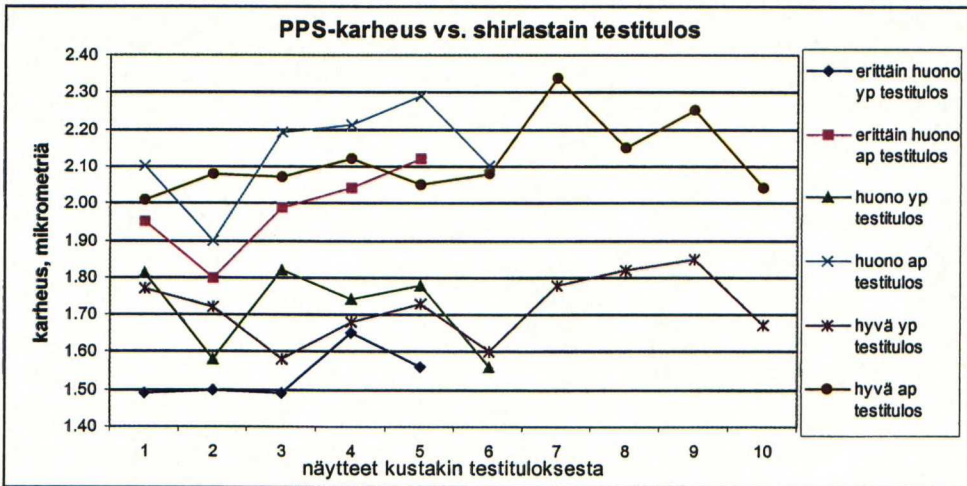
Kuvasta 31 on helppo havaita huokoisuuden vaikutus Unger-öljynabsorptioon. Tämä johtuu kuitujen hydrofiilisestä luonteesta, jolloin öljyn penetraatio tapahtuu pelkästään kuitujen välisiin huokosiin.



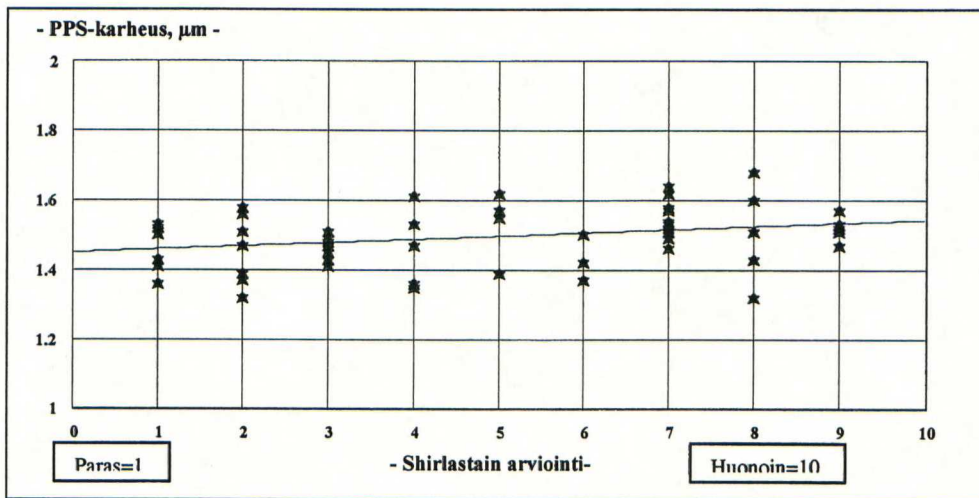
Kuva 31. Bekk-huokoisuudella näyttää olevan selvä yhteys unger-öljynabsorptioon

13.3.4 PPS-karheus ja tulos shirlastain-testissä

Karheuden ei voi katsoa olevan merkittävä tekijä shirlastain-testituloksen kannalta. Karheus ei aseta näytteitä minkäänlaiseen järjestykseen testituloksen mukaan. Hyvällä ja erittäin huonolla näytteellä on näissä tapauksissa sama karheus. Kuvista 32 ja 33 nähdään, että karheudella ja shirlastain-testin tuloksella ei ole yhteyttä toisiinsa



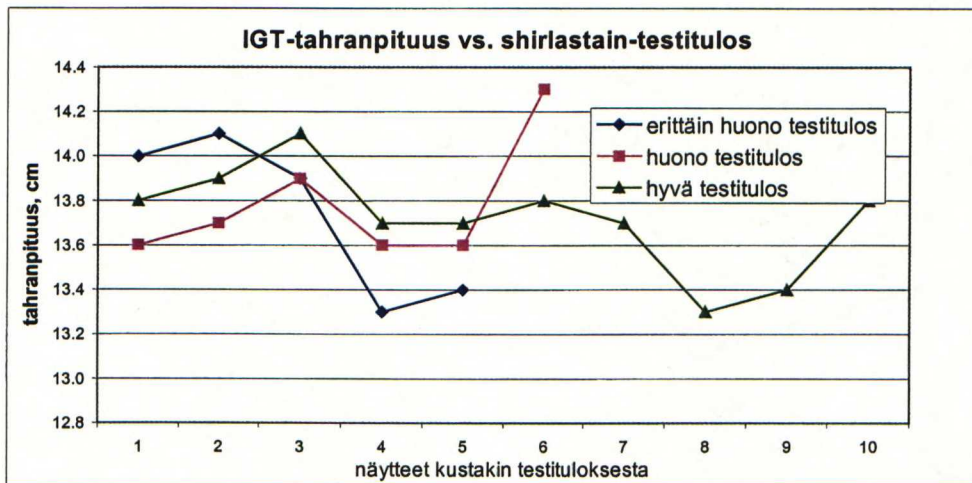
Kuva 32. PPS-karheus ei aseta papereita järjestykseen shirlastain-testin perusteella



Kuva 33. PPS-karheuden perusteella ei voida ennustaa eroja shirlastain-testimenestyksessä

13.3.5 IGT-tahrn pituus ja shirlastain-testitulos

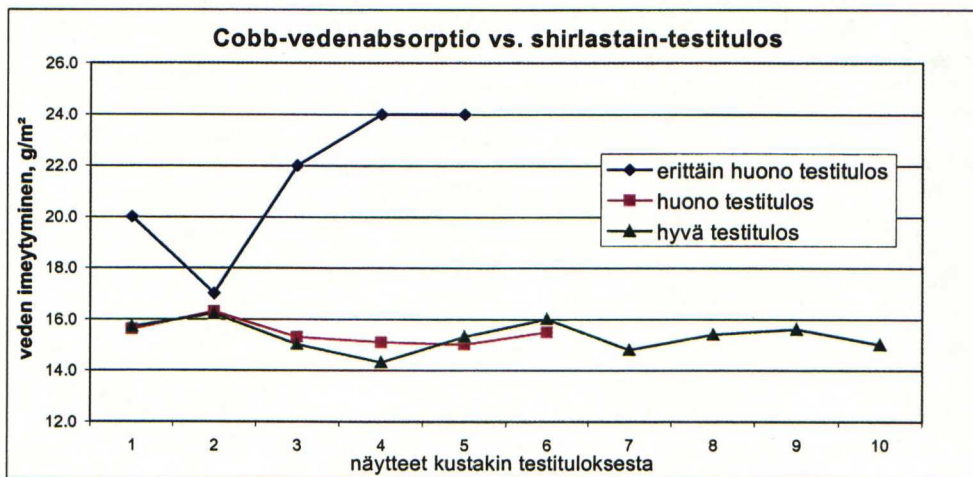
Kuvan 34 perusteella näyttää, että IGT-tahrn pituuden perusteella ei voi ennustaa paperin menestystä shirlastain-testissä. IGT-tahrn pituus riippuu niin monista tekijöistä, (huokoisuus, karheus, pintaenergiat, jne.), että on todennäköistä, ettei tahrn pituuden ja shirlastain-testin välillä ole selvää korrelaatiota. IGT-testausmenettely on esitetty liitteessä 6.



Kuva 34. IGT-tahranspituusmittauksella ei voida ennakoida menestymistä shirlastain-testissä

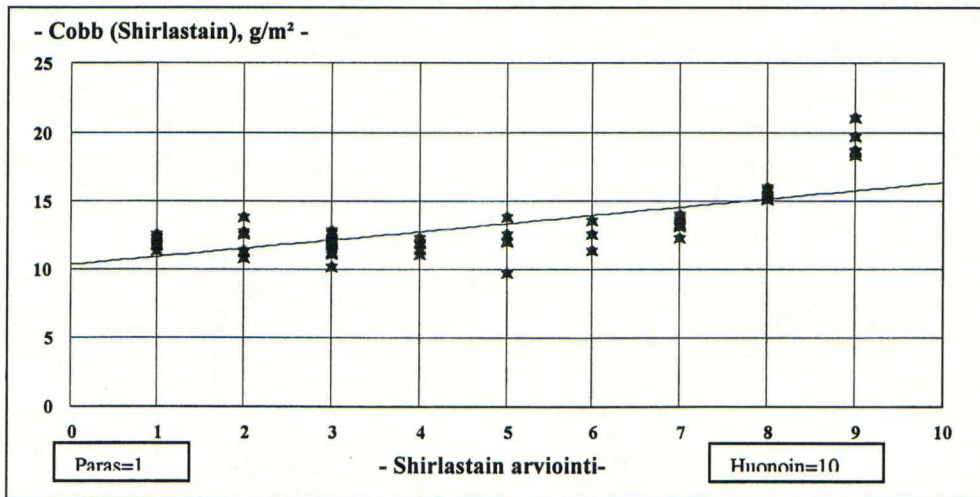
13.3.6 Cobb-vedenabsorption vaikutus shirlastain-testin tulokseen

Jos Cobb-vedenabsorptio ylittää tason noin 15-17 g/m², saadaan shirlastain-testissä jo lähes varmasti huonoja tuloksia. Hydrofobisuus, joka suurelta osin johtuu massaliimauksesta parantaa shirlastain-testin tulosta tietylle tasolle saakka, jonka jälkeen huokoisuuden merkitys muodostuu tuloksen kannalta määrääväksi. Kuvassa 35 on tarkasteltu shirlastain-testissä kolmen tasoisesti menestyneitä papereita



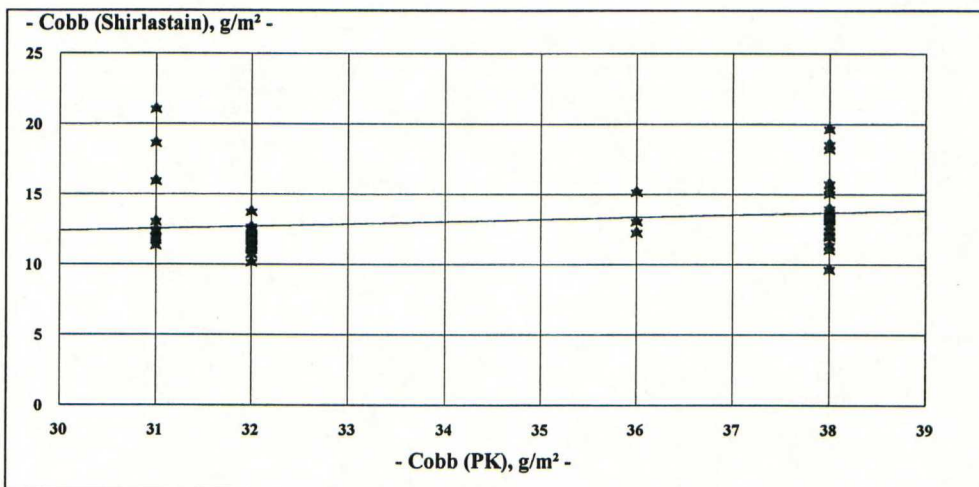
Kuva 35. Cobb-vedenabsorption suuri tulos huonontaa mahdollisuutta hyvään tulokseen

Pelkästään cobb-arvolla ei voida siis selittää huonoa shirlastain-testitulosta, koska myös hyvä näyte on imenyt yhtä suuren määrän vettä.



Kuva 36. Suuressa otoksessa nähdään Cobb-arvon vaikuttava merkittävästi shirlastain-testitulokseen

Kuvassa 36 on suuresta otoksesta arvioituna esitetty Cobb-tason ja shirlastain-testin välistä yhteyttä. Nähdään, että varsinkin korkeilla vesiabsorption määrillä (korkea Cobb) shirlastain-testin tulos huonontuu radikaalisti.

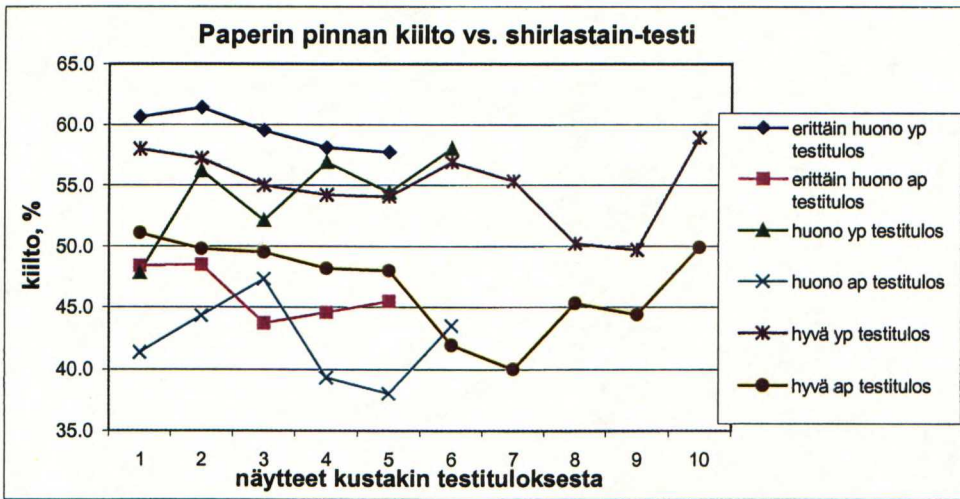


Kuva 37. Paperikoneen jälkeen mitattu Cobb-arvo ei ennusta varmuudella valmiin, superkalanteroidun paperin Cobb-tasoa

Kuvan 37 perusteella voidaan todeta, että raakapaperin cobb-taso ennustaa varsin huonosti valmiin kalanteroidun paperin cobb-arvoa. Tästä huolimatta massaliimausta säädetään kalanteroimattoman paperin hydrofobisuuden perusteella viiveen lyhentämiseksi.

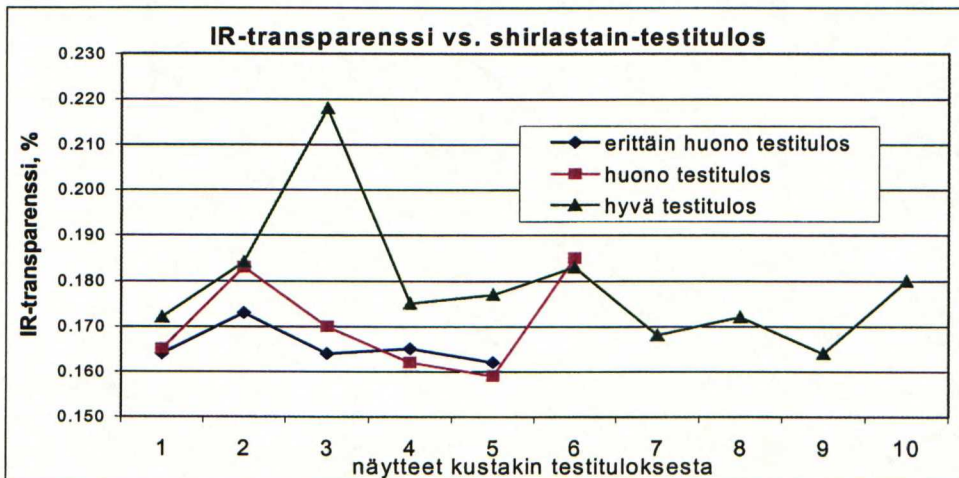
13.3.7 Paperin kiilto ja shirlastain-testitulokseksi

Paperin kiillon pitäisi teoriassa kertoa paperin mikrohuokoisuudesta ja sen kanssa korreloivasta öljynabsorptiosta. Kuitenkaan vesipohjaisen shirlastain-värihuoksen imeytymisen kanssa kiillolla ei ole selittävää roolia, kuten kuvasta 38 nähdään.



Kuva 38. Paperin pinnan kiillolla ei ole korrelaatiota shirlastain-testituloksen kanssa

13.3.8 IR-transparenssi ja shirlastain-testitulos



Kuva 39. IR-transparensissa näkyy arkin tiivistyminen ja siitä johtuva alhaisempi huokoisuus. Alhainen huokoisuus on parantanut shirlastain-testin tulosta

IR-transparenssi kuvaa verraten suurella luotettavuudella paperin tiiveyttä ja sitoutuneisuutta. Shirlastain-testissä hyvin menestyneet paperit ovat saaneet myös korkean IR-transparenssin, eli optisia rajapintoja (vapaita kuitupintoja) on ollut vähemmän. Tämä tarkoittaa, että kuitujen välisten huokosten määrä on vähäisempi ja huokosiin tapahtuva väriliuoksen penetraatio on vähäisempi. Kuvasta 39 nähdään, että IR-transparenssin perusteella ei voida kuitenkaan ennustaa luotettavasti menestystä shirlastain-testissä.

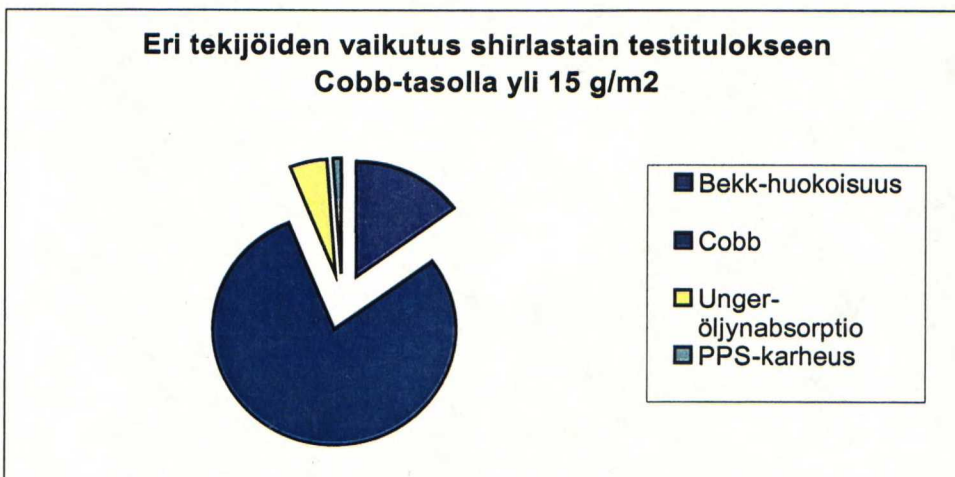
14 Esiselvityksen yhteenveto

Esiselvityksen perusteella voidaan todeta, että pintaliimauksen kehittämällä voidaan parantaa paitsi paperin menestystä erilaisissa värjäystesteissä, myös silikonoitavuutta tarkoittaen hyvään silikonipeittoon vaadittavan silikonipäällystemäärän vähenemistä. Paperin silikonoitavuuden ennustaminen shirlastain-testin perusteella on jossain määrin harhaanjohtavaa, mutta edelleen se on helpoin käytettävissä oleva menetelmä ja siksi yleisesti käytössä. Esiselvityksessä havaittiin shirlastain-testituloksen riippuvan voimakkaasti paperin hydrofobisuudesta, jota karakterisoitiin Cobb-testillä. Tiettyyn Cobb-tasoon saakka paperin kyky pitää väriliuos paperin rakenteen ulkopuolella perustui hydrofobisuuteen, mutta tämän tason, n. Cobb 15 g/m²-16g/m², alapuolella muodostuu paperin huokoisuus määrääväksi testituloksen kannalta. Vesiliuoksen kyseessä ollessa paperiin absorboituva määrä riippuu vahvasti kahdesta paperin ominaisuudesta: hydrofobisuudesta ja huokoisuudesta. Silikonin kyseessä ollessa pintaenergioista johtuvat pinnan kastumiserot jäävät pois jolloin silikonin penetraatio on lähes pelkästään riippuvainen paperin huokosten tilavuudesta, muodosta ja määrästä. Huokosten pienentämisellä ja vähentämisellä on ilmeinen silikonitarvetta pienentävä vaikutus.

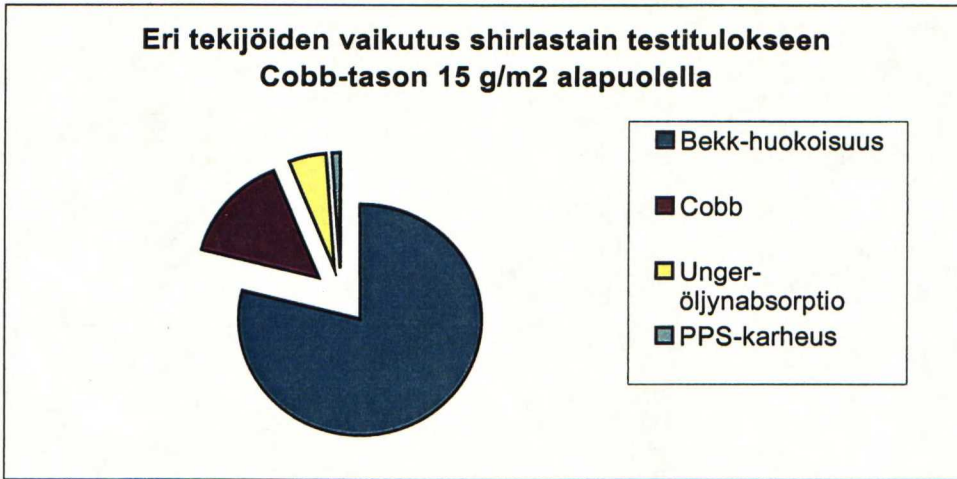
Tämän vuoksi pintaliimareseptien avulla tavoiteltava parannus unger-öljynabsorptiossa, bekk-huokoisuudessa, bekk-sileydessä IGT-tahransuorituudessa ja hydrofobisuudessa (värিতেstit), parantaa pohjapaperin silikonoitavuutta.

Silikonoidulle paperille ja silikonoimattomalle paperille tehdyn shirlastain-testin tuloksen samanlaisuuden selittää paljolti silikonipäällysteen muodostaman verkoston läpi kulkeutuvan veden suurempi kulkeutuminen, jos pohjapaperin hydrofobisuus on vähäistä. Paperi aiheuttaa veden imun silikonipäällysteen läpi, jolloin myös väriliuoksen penetraatio lisääntyy ja testituloksesta huononee.

Kuvissa 40 ja 41 on esitetty eri tekijöiden vaikutussuhteita shirlastain-testitulokseen kahdella eri Cobb-tasolla. Kokeissa on havaittavissa valmiin paperin Cobb-taso 15 g/m², jonka jälkeen Cobb ei enää ole tärkein tulosta saneleva ominaisuus.



Kuva 40. Hahmotelma eri tekijöiden vaikutuksesta shirlastain-testitulokseen Cobb-tasolla yli 15 g/m²



Kuva 41. Bekk-huokoisuus tulee shirlastain-testituloksen kannalta merkittäväksi Cobb-tason 15 g/m² alapuolella

Cobb-tason 15 g/m² jälkeen bekk-huokoisuuden merkitys shirlastain-testimenestystä määrittelevänä tekijänä kasvaa hallitsevaksi. Silikonin tunkeutumista ajatellen Cobb-tason merkitys on lähinnä väritestien tulosta palveleva, joskin väritesteillä näyttää olevan korrelaatiota silikonitarpeeseen.

15 Selvitys Tervasaaren PK 8:n valmistaman irrokepaperin huokoisuudesta ja huokosrakenteesta

Koska irrokepaperin ominaisuuksista huokoisuudella on niin suuri merkitys, paperin huokosrakennetta tutkittiin lähemmin. Silikonin ainutlaatuisen alhaisen pintaenergian vuoksi se levittyy hiemankin korkeamman pintaenergian pinnoille erittäin helposti. Samasta syystä silikonin tunkeutuminen huokosiin on verraten täydellistä. Erityisesti tämä silikonin ominaisuus asettaa irrokepaperin pinnalle suuren tiiveysvaatimuksen.

15.1 Käytetyt menetelmät

Tarkemman kuvan saamiseksi paperin huokosrakenteesta paperia tutkittiin VTT Energian Micrometrics Pore Sizer 9300 elohopeaporosimetrillä. Tulokset laskettiin käyttäen elohopean ja näytemateriaalin väliselle kontaktikulmalle arvoa 130°.

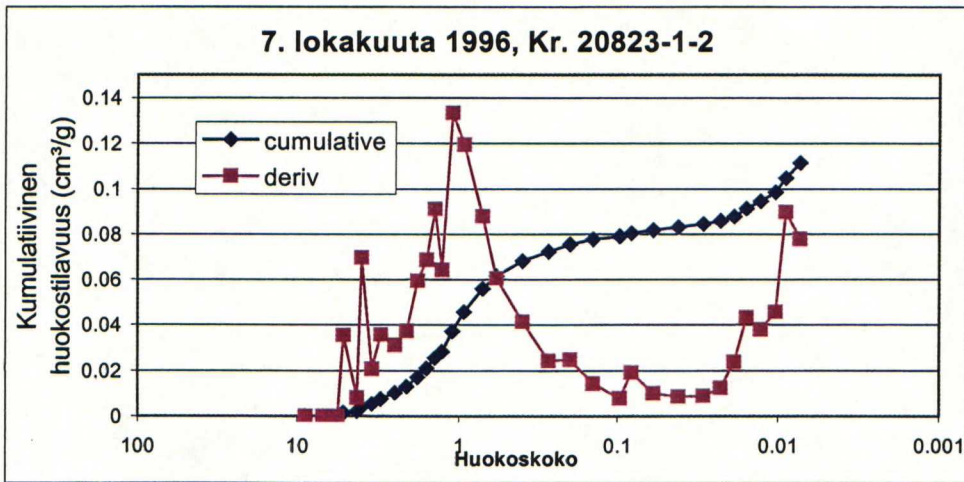
Huokosrakennetta esittävässä kuvissa on esitetty kumulatiivinen huokostilavuus ja sen derivaatta eli huokoskokojakauma. Kuvaajia voidaan pitää luotettavina yli 0,020 μm huokoshalkaisijan arvoilla. Tätä pienemmillä arvoilla esiintyvä huokoisuus on osaksi näytteen ja elohopean kokoonpuristumista. Näytteistä on mitattu myös tavallisemmat pintaominaisuudet.

15.2 Tulosten tarkastelu

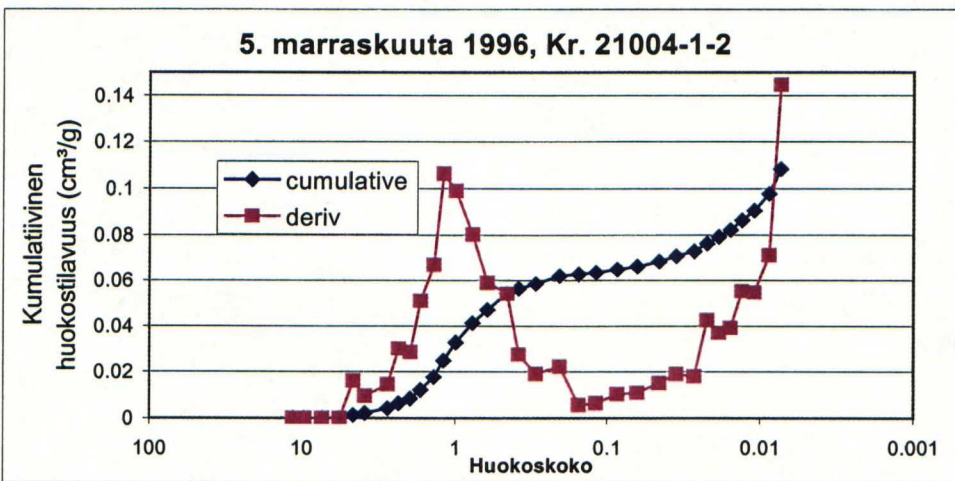
Vertailun tarkoituksena oli selvittää huokoskokojakauman vaihtelua keltaisella, Honey 61-lajilla (paksuus 55 μm) kahden viime vuoden aikana Tervasaaren PK 8:lla. Suurimmat tarkoitukselliset muutokset paperin laadussa kuluneen kahden vuoden aikana ovat olleet pintaliimamäärän kasvattaminen ja hydrofobiliimauksen parantaminen. Selvityksessä lisäksi myös eri laaduista ja joistakin kilpailijoiden papereista mitattiin huokosten määrää ja kokojakauma. Samalla selvitettiin kalanteroinnin ja pintaliimauksen vaikutusta huokoskokojakaumaan.

15.2.1 Selvitys Honey 61-lajin huokosjakaumasta

Koneen käynnistymisen jälkeen 1996 oli huokoisuustaso elohopeaporosimetrimittausten mukaan verraten korkea. Kumulatiivinen huokostilavuus on molemmissa vuoden 1996 näytteissä yli 0,11 cm^3/g . Kaikkien näytteiden tyypillisin huokoskoko on 1 μm :n luokkaa. Kuvissa 42 ja 43 nähdään vuoden 1996 Honey-laadun huokoskokojakauma.

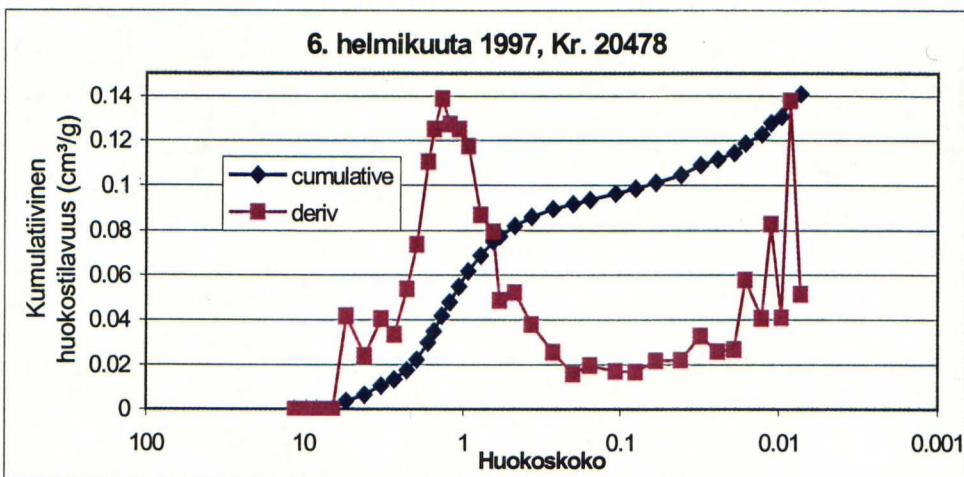


Kuva 42. Lokakuussa 1996 huokoskokojakauma näytti tällaiselta.

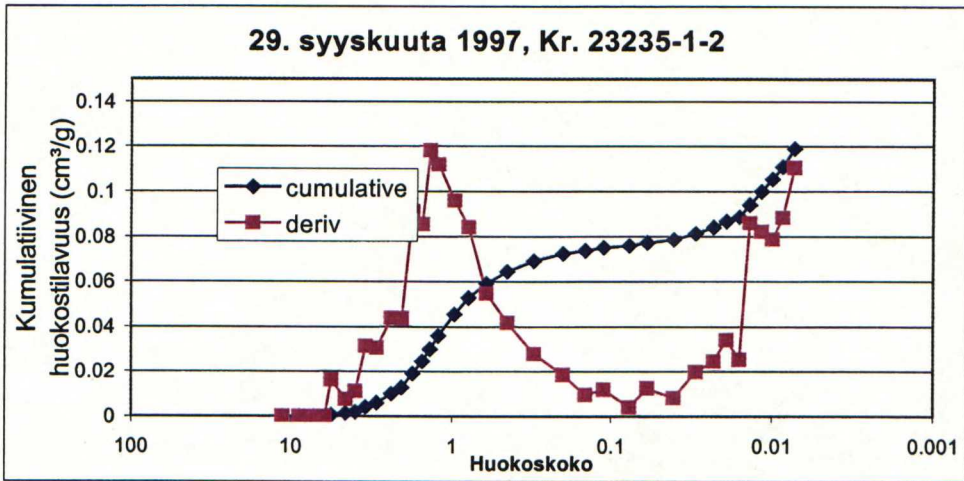


Kuva 43. Marraskuun 1996 tuotannosta satunnaisesti valittu näyte on hieman aikaisempaa huokoisempi, myös pieniä huokosia on tavallista enemmän

Vielä vuonna 1997 käytettiin paperin pintaliimauksessa alhaista pintaliimamäärää. Silikonoitavan puolen PVA/CMC-pintaliima pidettiin suhteellisen laimeana ja määrä noin 1 g/m^2 . Tämä on nähtävissä myös vuoden 1997 molemmissä näytteissä kuvissa 44 ja 45. Kumulatiivinen huokostilavuus on edelleen vuoden 1996 tasolla.

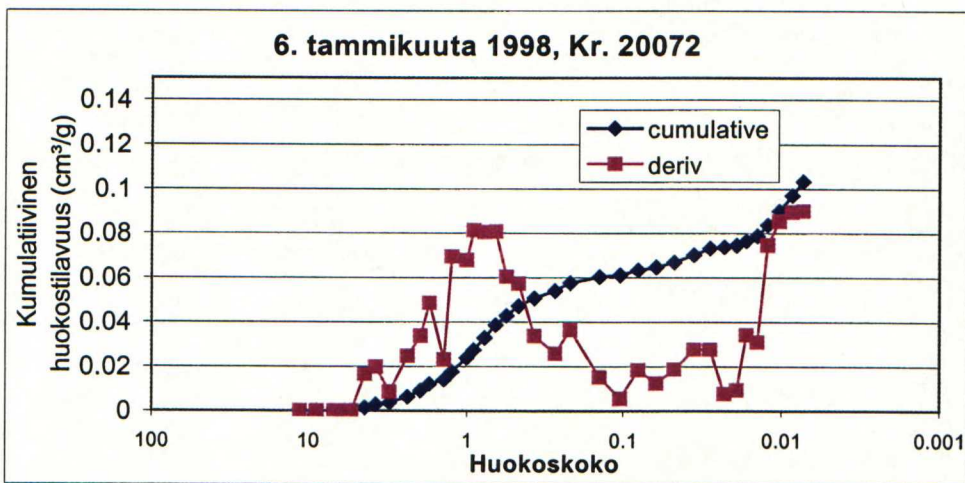


Kuva 44. Helmikuun 1997 näytteessä on PK 8:n paperille tunnusomainen jakauma

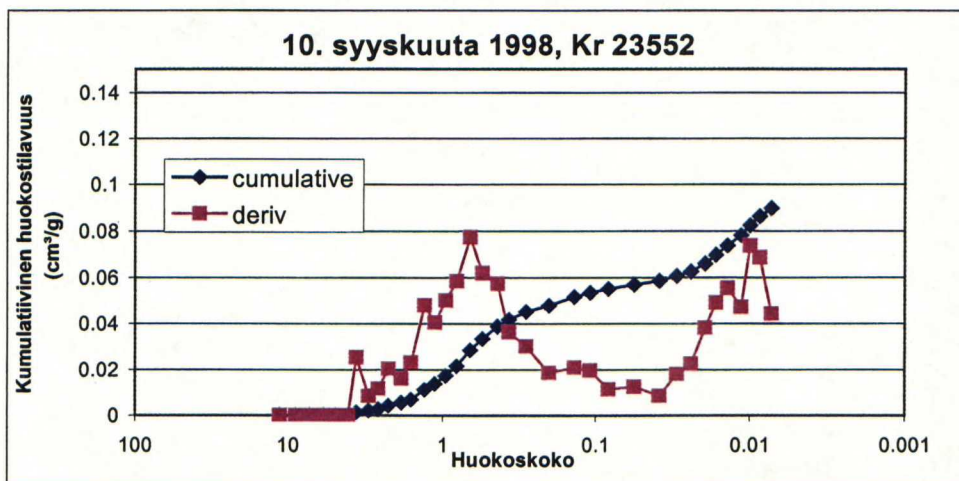


Kuva 45. Syyskuun 1997 näytteessä on tyypillinen jakauma, mutta kumulatiivinen huokostilavuus on hieman alhaisempi.

Vuonna 1998 ryhdyttiin paperin absorptio-ominaisuuksia parantamaan ja tässä tärkeimpänä keinona pidettiin pintaliiman määrän kasvattamista ja pinnan parempaa sulkemista tällä tavalla. Kuvista 46 ja 47 nähdään, että tässä onnistuttiinkin. Molemmassa vuoden 1998 mittaustuloksissa jakauman huippu on siirtynyt pienempien huokosten suuntaan ja kumulatiivinen tilavuuskin on pienentynyt. Samalla kuitenkin pintaliiman sisäinen rakenne oli liian heikko kestääkseen suuria leikkausvoimia superkalanteroinnissa ja pituusleikkauksessa. Pintaliima alkoi lohkeilla irti ja partikkelit jäivät tahmaisina rataa kiinni. Irtonaiset pintaliimapartikkelit muodostuivat todelliseksi ongelmaksi silikonoinnissa. Irtonaisen roskamateriaalin haitallista vaikutusta silikonointiin on käsitelty kirjallisuusosassa.



Kuva 46. Tammikuun 1998 näytteessä on nähtävissä kasvaneen pintaliimamäärän aikaansaama lasku kumulatiivisessa huokostilavuudessa. Paperin pinta on tiiviimpi.



Kuva 47. Syyskuun 1998 näytteestä voidaan nähdä suuren pintaliimamäärän tiivistävä vaikutus

Taulukossa 7 on esitetty edellä nähtyjä kuvaajia vastaavien näytteiden mitatut ominaisuudet. Myös näissä mittauksissa on nähtävissä Bekk-huokoisuuden ja Unger-öljynabsorption parantuminen ja pintaliimamäärän kasvu vuodelle 1998 tultaessa.

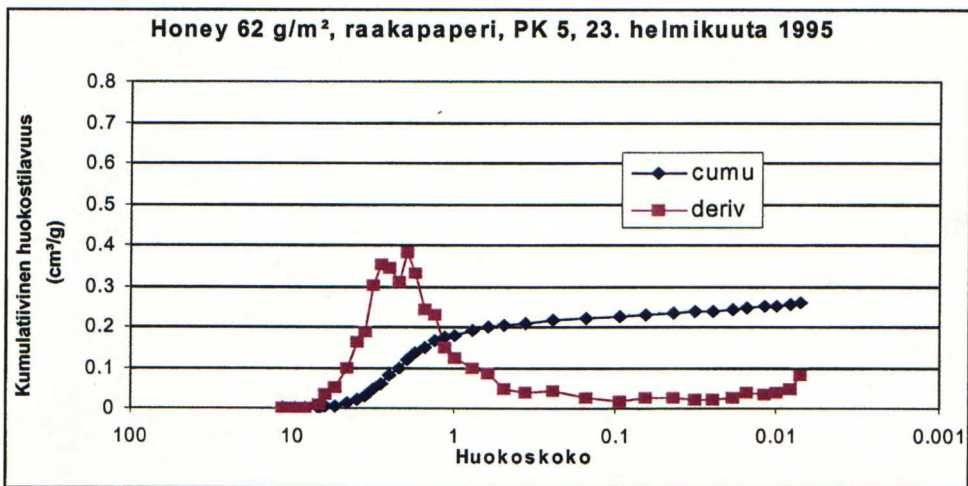
Taulukko 7. Honey 61 g/m²-lajin pintaominaisuudet vuosien 1996, -97, -98 näytteissä

				1996		1997		1998	
Näytetunnus				Kr 20823	Kr 21004	Kr 20478	Kr 23235	Kr 20072	Kr 23552
	Ominaisuus	Unit							
Pohjapap.	Neliöpaino	g/m ²		59.3	58.5	60.5	61.5	61.3	60.0
	Tiheys	kg/m ³		1090	1066	1065	1064	1017	1079
	Huokoisuus Bekk	s		119.4	91.7	64.2	49.8	73.9	111.4
Absorptio	Öljyabs. Unger 60 s	Yp	g/m ²	0.7	0.8	1.2	0.6	0.9	0.8
	Shirlastain 30 s	Yp	G/m ²	13.5	12.7	16.7	15.0	15.6	11.0
Pinta	Sileys Bekk	Yp	s	1468	1489	1036	920	1238	944

15.2.2 Kalanteroimattomat näytteet

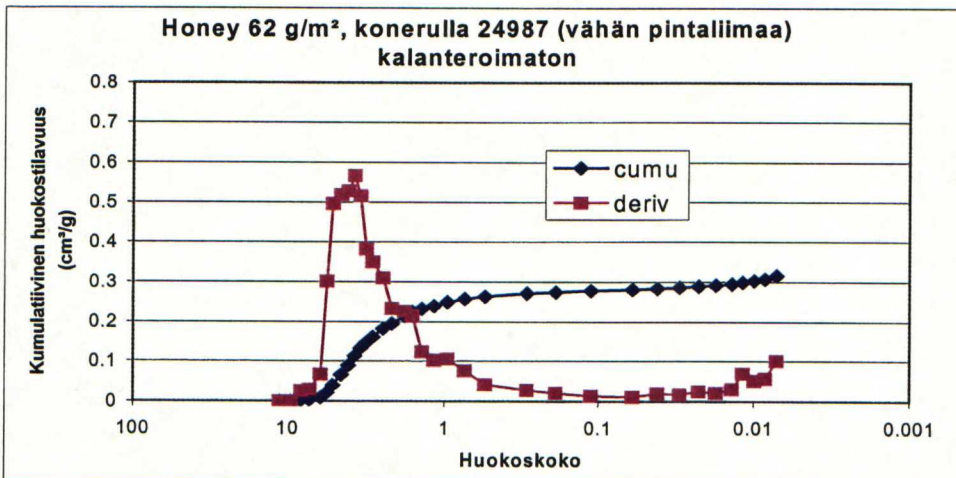
Kuvissa 48-51 on esitetty kalanteroimattomia irrokepapereita. Yksi näytteistä on aikanaan Tervasaaren PK 5:n tekemää tarrantaustapaperia, joka on vielä lammikkopintaliimattua. Loput neljä kolme ovat PK 8:n eri lajeja. Valkoinen Brilliant, keltainen Honey ja pigmenttipintaliimattu SCK.

Kuvan 48 näytteestä PK 5:ltä on nähtävissä PK 8:n näytteitä vähäisempi huokoisuus ja tavallisimman huokoskoon ”piikki” on hieman pienempien huokosten alueella. Kalanteroinnissa nämä huokokset muuttuvat luonnollisesti vielä pienemmiksi. Lammikkopintaliimaus on myös saattanut paremmin tiivistää rainan rakennetta.



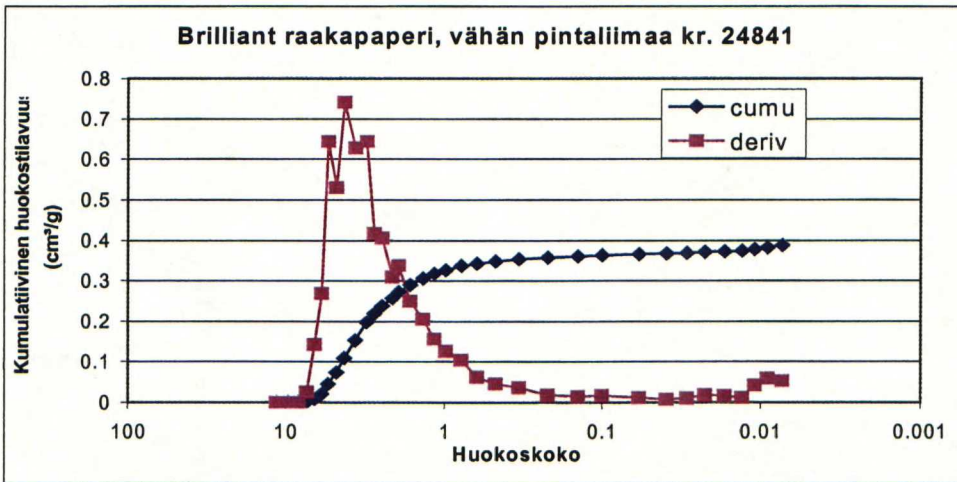
Kuva 48. Kalanteroimaton Honey 62 g/m², PK 5:n tuotantoa vuodelta 1995

Kuvassa 49 on kalanteroimaton Honey-näyte PK 8:n normaalista tuotannosta. Pieni pintaliimamäärä ja laitteiston ominaisuudet ovat muodostaneet huokoskokojakauman sellaiseksi, että suuria huokosia (halk. n. 10 μm) on runsaasti. Tämä voi olla syynä siihen, että Tervasaaren PK 8:n paperilla on toisinaan silikonointiongelmia. Suuret huokokset imevät sekä vettä, että öljyä (silikonია) sisäänsä.

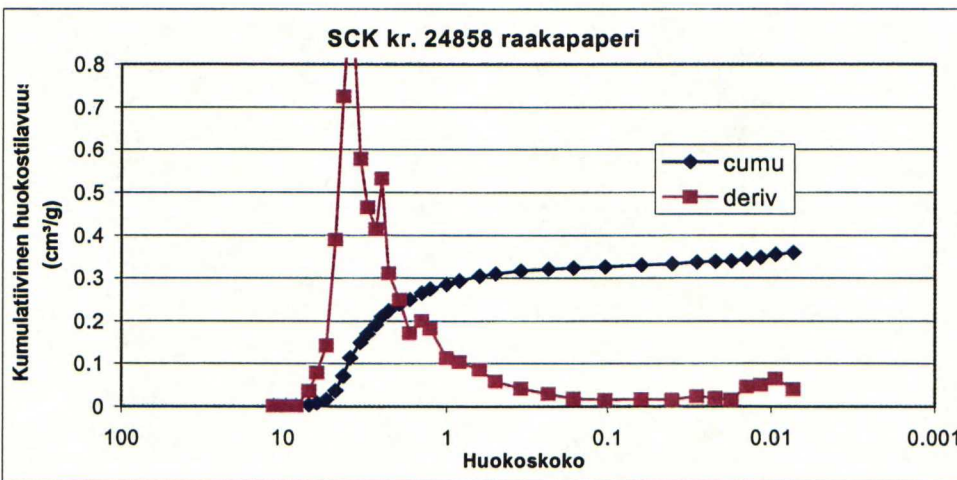


Kuva 49. Kalanteroimaton Honey 62 g/m², PK 8: tuotantoa vuodelta 1998

Hyvin samankaltainen havainto voidaan tehdä myös Brilliant-laadun tapauksessa kuvasta 50, jossa paperi on pintaliimattu alle 1,0 g/m² päällystemäärällä. Tässäkin näytteessä suurten huokosten osuus on suuri.



Kuva 50. Kalanteroimaton Brilliant-raakapaperi, PK 8 tuotannosta



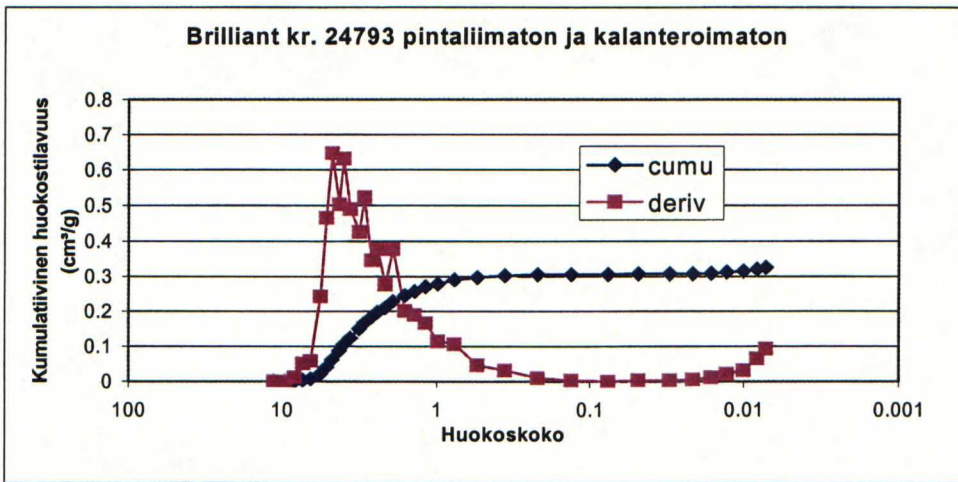
Kuva 51. Kalanteroimaton SCK-pintaliimattu näyte, PK 8:n tuotannosta, v. 1998

Kuvan 51 SCK-paperi on liimattu pintaliimalla, jossa on 60% kaoliinia ja päällystemäärällä n. 2,5 g/m². Tässä näytteessä on nähtävissä suuremman pintaliimamäärän ja kiinteän kaoliinin pintaa tiivistävä vaikutus. Suurten huokosten määrä on pienempi ja ”piikki” kapeampi. Kaoliinilisäys mahdollistaa suuremman sivelymäärän ilman pinnan irtoamista.

15.2.3 Pintaliimattomat paperit

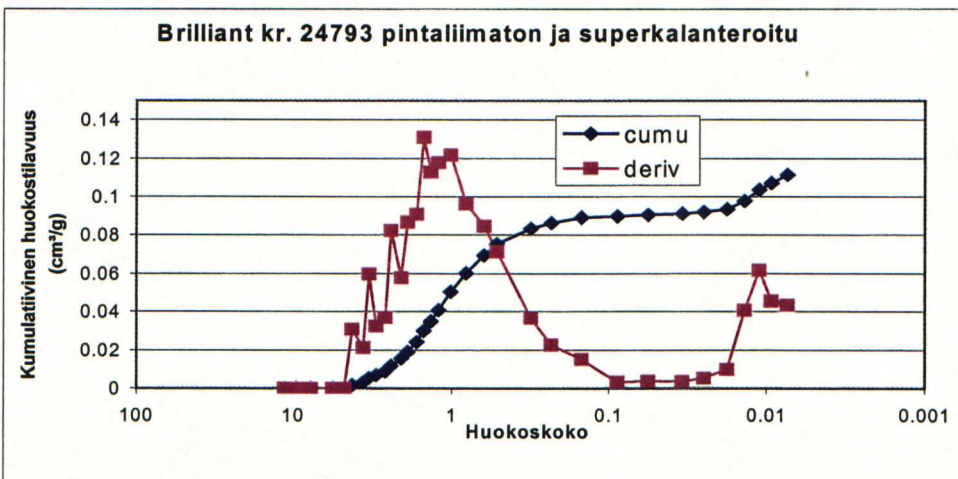
Pintaliimauksen yhtenä tavoitteena on huokoskoon pienentäminen ja siten paperin pinnan tiivistäminen. Seuraavissa kuvissa nähdään pintaliimattomien kalanteroitujen ja kalanteroimattomien papereiden huokoskokoja ja -jakaumaa kuvaavat kuvat.

Kuvassa 52 nähdään pintaliimattoman ja kalanteroimattoman Brilliant-paperin mittaustulos. Suurten huokosten osuus on huomattavan suuri. Pintaliiman vaikutus verrattuna muihin kalanteroimattomiin näytteisiin on kuitenkin melko vähäinen. Jakauman muoto säilyy muuttumattomana.

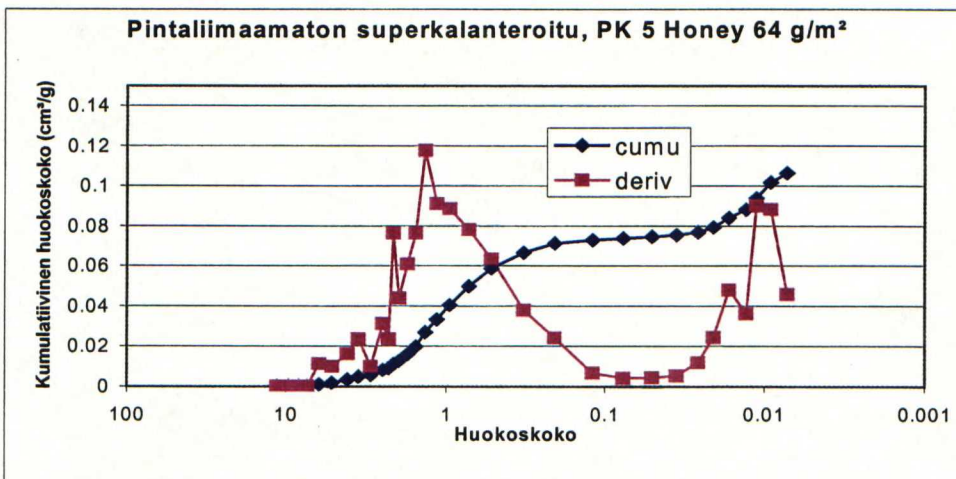


Kuva 52. Pintaliimaamaton ja kalanteroimaton Brilliant-raakapaperi. Suurten huokosten suhteellinen määrä on suuri

Kuvassa 53 nähdään sama näyte kalanteroinnin jälkeen. Luonnollisesti jakauma siirtyy käsittelyn seurauksena oikealle. Samat huokokset pienenevät.



Kuva 53. Pintaliimaamaton Brilliant-laatu kalanteroinnin jälkeen. Jakauma on siirtynyt oikealle

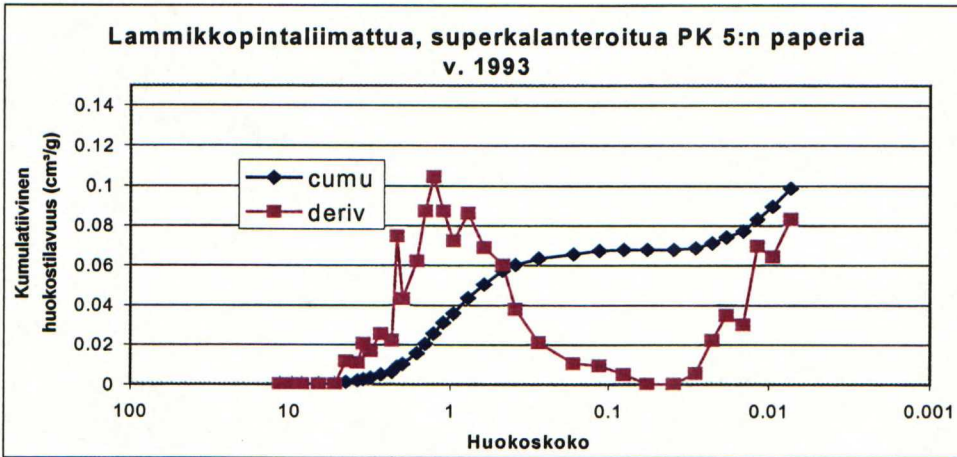


Kuva 54. PK 5:n pintaliimaamaton, superkalanteroitu Honey 64 g/m²

Kuvassa 54 on esitetty pintaliimaamaton Honey-laadun paperi Tervasaaren PK 5:ltä. Paperin huokoskoon jakauma on kuvan perusteella melko samanlainen verrattuna PK 8:n näytteisiin.

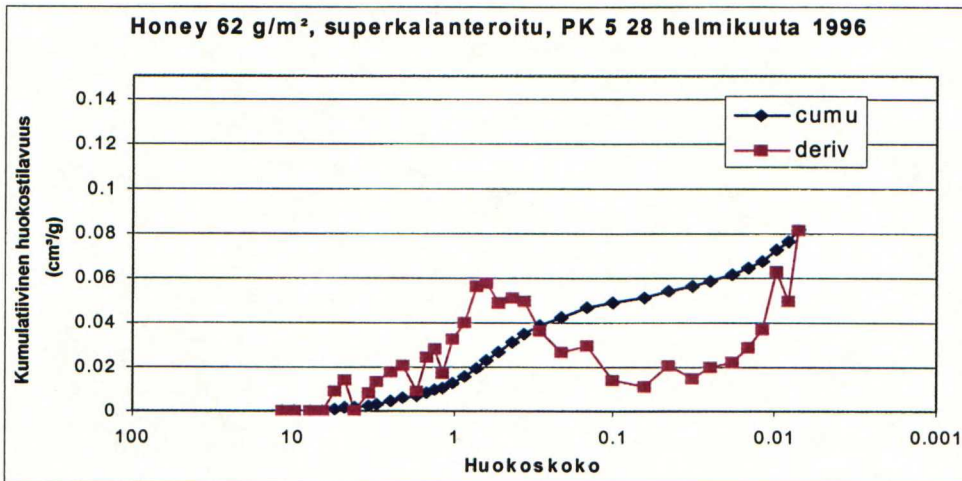
15.2.4 Superkalanteroidut näytteet

Kuvassa 55 nähdään lammikkopintaliimatun, superkalanteroidun Tervasaaren PK 5:n valmistaman irrokepaperin huokoskokojakauma. Jakauman huippu on noin $1\mu\text{m}$:n kohdalla ja siten edustaa hieman alhaisempaa huokoisuuden tasoa kuin PK 8:n paperi.



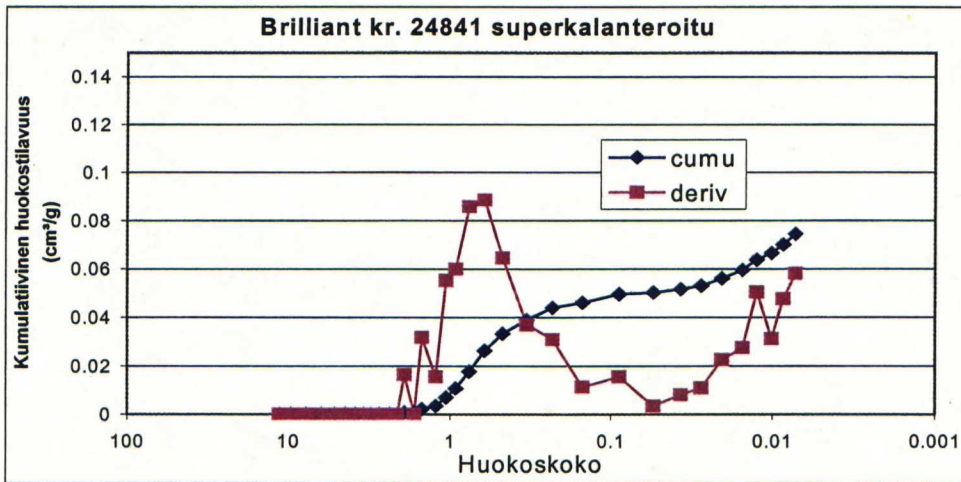
Kuva 55. Lammikkopintaliimattua ja superkalanteroitua PK 5:n paperia

Superkalanteroinnin vaikutuksesta kumulatiivinen huokostilavuus pienenee noin kolmasosaan raakapaperin tilavuudesta.



Kuva 56. Superkalanteroitua, SymSizer-liimattua paperia PK 5:lta

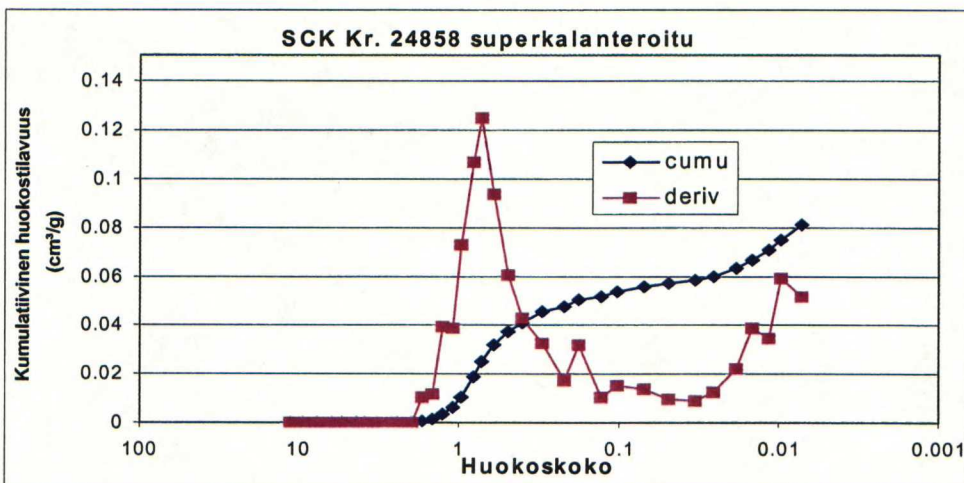
Huokosten sulkeutuminen on kuvan 56 perusteella parantunut, kun siirryttiin käyttämään filmiliimausta Tervasaaren PK 5:llä.



Kuva 57. Superkalanteroitua PK 8:n Brilliant-laatua v. 1998

Kuvasta 57 voidaan nähdä, että PK 8:n paperilla huokoskokojakauma on hieman enemmän painottunut superkalanteroidulla paperillakin suurten huokosten alueelle. Jälleen kuvasta 58 voidaan havaita kaoliinipintaliimatun SCK-laadun paperilla jakauman kaventuneen suurten huokosten alueella. Kaoliinin suuria huokosia tiivistävä vaikutus on kiistaton.

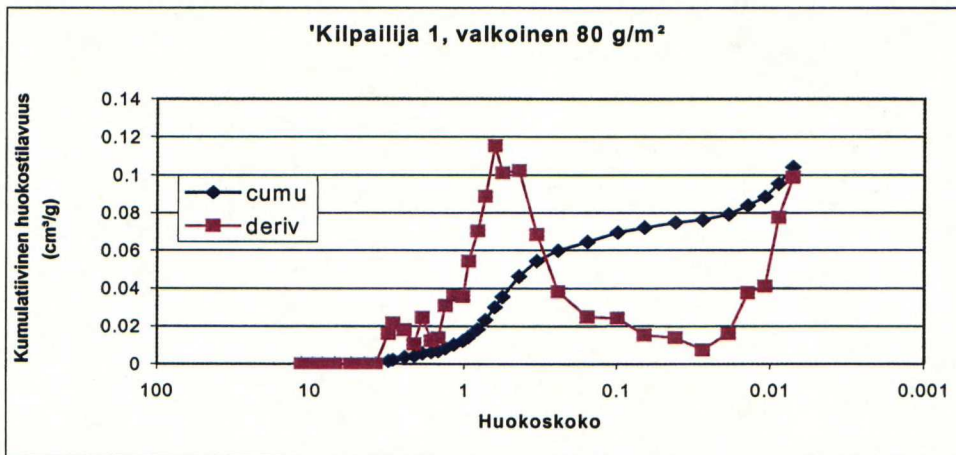
Kuvan 58 SCK-laadun kuvaaja on lähimpänä erittäin tiiviiden kilpailijalaatujen jakaumia (kts. seuraava luku).



Kuva 58. SCK-laatu, PK 8:n tuotannosta v. 1998

16.2.5 Kilpailijoiden huokoskokojakaumat

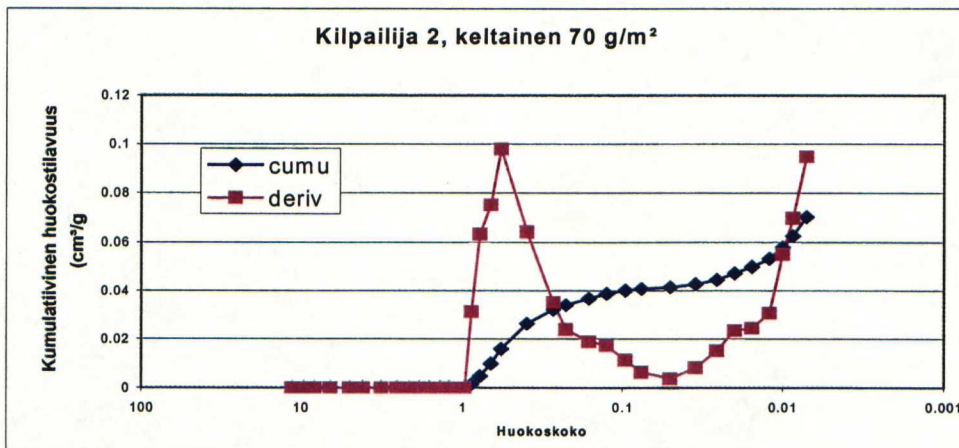
Kilpailijoiden tiedetään olevan absorptio-ominaisuuksissa hieman Tervasaarta edellä. Tämän vuoksi pyrittiin löytämään huokoskokojakaumista tätä tukevia havaintoja. Kuvassa 59 on esitetty kilpailijan valkoisen irrokepaperin huokoskokojakauma.



Kuva 59. Kilpailija 1, valkoinen 80 g/m²

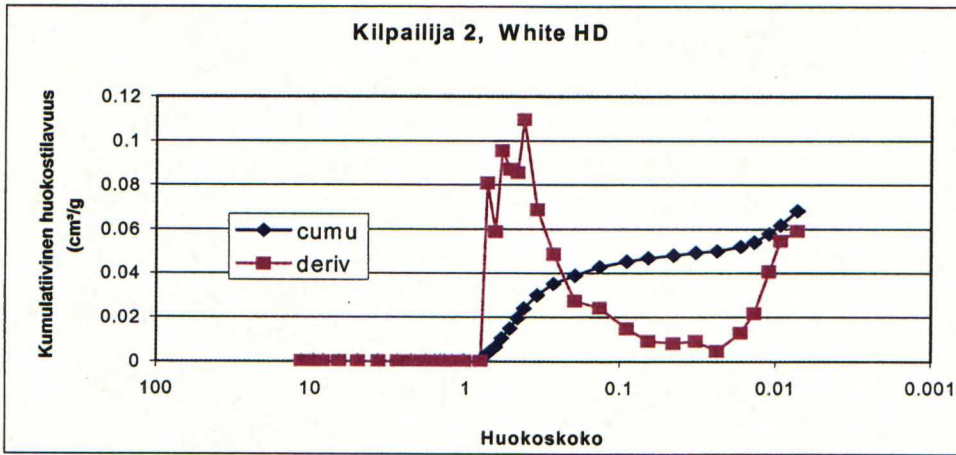
Kuvan 59 perusteella voidaan todeta, että kilpailijan huokoskokojakauma ei poikkea selvästi Tervasaaren vastaavasta.

Kuvassa 60 on kuvattu korkeatiheyksisen toisen kilpailijan paperin huokoskokojakauma. Tällä paperilla on selkeästi nähtävissä huokoskoon painottuminen erittäin pieniin huokosiin. Tällä paperilla on alhainen öljynabsorptio ja sama pätee silikonin imeytymiseen.

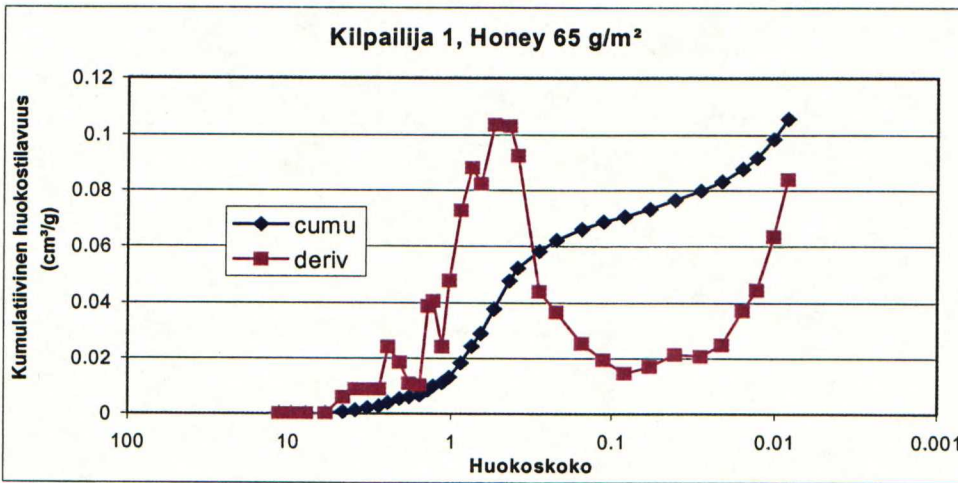


Kuva 60. Kilpailija 2 "high density"-paperin huokoskokojakauma

Kuvassa 61 nähdään Kilpailija 2:n valkoisen high density -laadun huokoskokojakauma. Tässäkin näytteessä pääosa huokosista on huomattavan pieniä

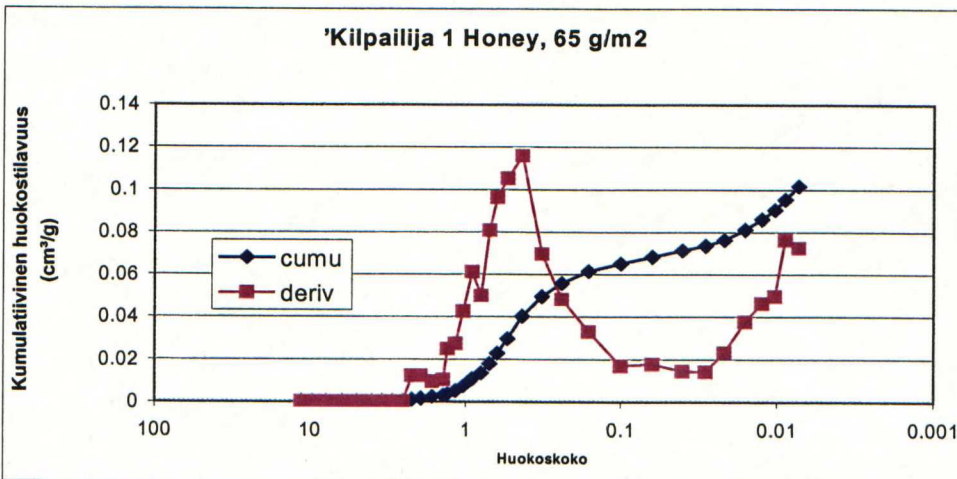


Kuva 61. Kilpailija 2, valkoinen HD-paperinäyte



Kuva 62. Ahlstrom Sibillen Honey-laadun huokoskokojakauma

Kuvissa 62 ja 63 nähdään hyvin kilpailija 1:n paperin huokoskokojakauman Tervasaarta selvempi painotus pienempään hallitsevaan huokoskokoan. Tällä on varmuudella absorptio-ominaisuuksia parantava vaikutus.



Kuva 63. Kilpailija 1, Honey 65 g/m²-laadun huokoskokojakauma

15.3 Huokoskokoselvityksen yhteenveto

Elohopeaporosimetrimittausten perusteella voidaan verraten selkeästi todeta, että Tervasaaren PK 8:lla valmistetun irrokepaperin huokoskokojakauma on painottunut kilpailijoita ja aikaisemmin glassiini-irrokepaperia valmistanutta PK 5:ttä enemmän suuriin huokosiin.

Ilmeisesti formerityyppi ja muutkin laiteratkaisut ovat johtaneet tähän tilanteeseen. Koeajojen tulosten yhtenä tavoitteena on osoittaa parannus myös esitetyn kaltaisissa jakaumakuvaajissa. Pintaliimareseptin kehittelyllä pyritään saamaan tämä parannus aikaan.

15.4 Tulosten luotettavuuden arviointi

Elohopeaporosimetrimittauksia voidaan pitää luotettavina. Ne on teetetty VTT Energialla ja laitteistoa on käyttänyt kokenut henkilöstö, joka on tehnyt irrokepaperille samoja mittauksia aikaisemminkin. Lisäksi laitteisto oli juuri huollettu ja kalibroitu.

Edellisiä tekijöitä suurempi virhelähde oli pieni otoskoko, jonka vaikutus tulosten tilastolliseen merkitsevyyteen oli huomattava. Selvityksen tarkoituksena oli kuitenkin erottaa selvimmät erot paperin huokosrakenteessa ja siihen tarkoitukseen tarkkuus oli riittävä.

16 Selvitys Tervasaaren PK 8:n valmistaman glassiini-irrokepaperin pintaenergiasta

Pinnan kostutettavuus eri nesteillä on tärkeä ominaisuus irrokepaperille. Pinnan kastuminen on tärkeä ilmiö pintaliimauksen, pintaliiman adheesion, uudelleenkestäytymisen ja silikonoinnin kannalta. Tämän vuoksi tehtiin selvitys kosketuskulmien ja niiden perusteella määritettyjen pintaenergioiden tasosta PK 8:n paperille.

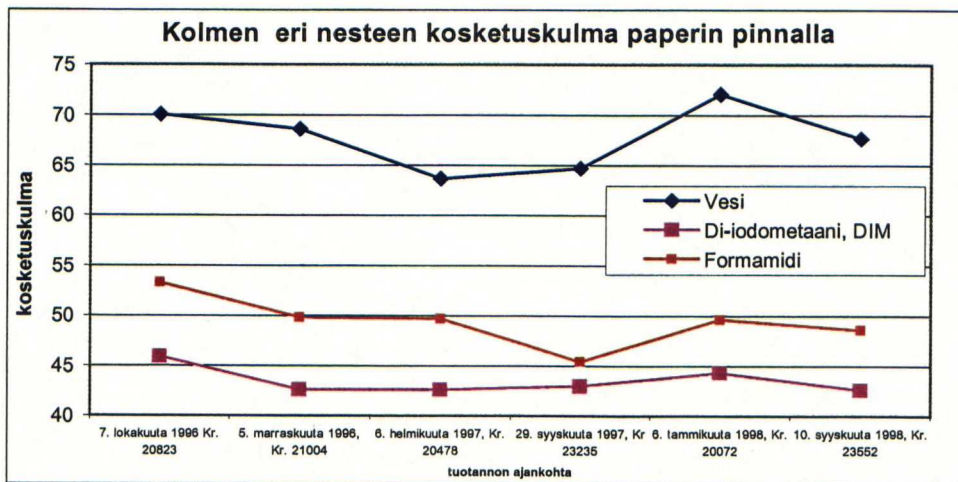
16.1 Käytetyt menetelmät

Kosketuskulmat mitattiin Fibro 1100 Dynamic Absorption Tester -laitteella näytteiden yläpuolelta. Näytteen pinnalle muodostettiin pisara, joka kuvattiin CCD-kameralla. Pisarasta mitattiin ajan funktiona kanta ja korkeus ja mittausdatan avulla laskettiin pisaran tilavuus ja kosketuskulma kullakin ajanhetkellä. Analyysinesteinä olivat vesi metyleenijodidi ja formamidi. Kosketuskulmien avulla laskettiin myös pintaenergiat. Paperinäytteet ovat PK 8:n tuotannosta satunnaisesti kahden vuoden ajalta valitut.

16.2 Tulosten tarkastelu

Vertailun tarkoituksena oli kartoittaa kosketuskulmien ja pintaenergioiden tasoa keltaisella Honey-61 g/m^2 -lajilla kahden viime vuoden aikana Tervasaaren PK 8:lla. Suurimmat muutokset ovat jo aikaisemmin todettu pintaliimamäärän kasvattaminen ja hydrofobimassaliimauksen tehostaminen. Liitteessä 10. on esitetty näytteiden kosketuskulmat kolmella eri analyysinesteellä sekä kokonaispintaenergiat (γ), jotka on jaettu happo ja emäskomponentteihin (γ^+ ja γ^-). Kosketuskulmissa havaittiin eroja vedellä ja formamidilla. Sen sijaan metyleenijodidilla erot jäivät pieniksi.

Kuvasta 64 voidaan nähdä paperin laatuun vaikuttavien muutosten vaikutus paperin pintaenergiaan erittäin vähäisiksi.



Kuva 64. Paperin ja nesteiden kosketuskulma ei ole muuttunut merkittävästi kahden vuoden aikana

Kosketuskulmista laskettu pintaenergia on muuttunut yhtä vähän, joten erillistä kuvaajaa ei ole tarpeen esittää. Pintaenergian merkitystä paperin pinnan ilmiöitä selittävänä ominaisuutena ei voida kuitenkaan täysin sivuuttaa. Kuvasta 64 nähdään, että kosketuskulmalla on jonkinlaista vaihtelua. Lievä kosketuskulman kasvu veden kanssa vuoden 1998 näytteissä johtunee hydrofobiliimauksen parantumisesta.

16.3 Tulosten luotettavuuden arviointi

Saatuja mittaustuloksia voidaan pitää luotettavina. Mittaukset tehtiin Keskuslaboratorio Oy:ssä ammattitaitoisen henkilökunnan voimin. Suurimman lähtökohtaisen virheen asettaa otoksen pienuus, mutta testauksen pistokoemaisen luonteen vuoksi tarkkuus on riittävä.

17 Ensimmäinen pilot-koeajo

17.1 Yleistä koeajosta

Kaikki kolme pilot-mittakaavan koeajoa toteutettiin Raisio Yhtymän CTC-koelaitoksessa, jossa käytettävissä oli tuotantolaitteistoa vastaava SymSizer-filmiliimapuristin. Liitteessä 7 on esitetty lay-out-kuva CTC:n päällystyslaitteistosta, ja luetellaan pintaliimauksen olosuhteet ja liimalaitteen parametrit.

Irrokepaperin pintaliimauksessa käytetään Tervasaaren PK 8:lla Valmet Oyj:n toimittamaa SymSizer-filmiliimapuristinta. Pilot-laitteiston rakenneparametrit pyrittiin järjestämään mahdollisimman samanlaisiksi Tervasaaren laitteiston kanssa.

Pintaliimaus tehtiin CTC:llä siten, että käytettiin varsinaisella paperikoneella valmistettuja pintaliimaamattomia paperirullia, joissa kussakin oli noin 15 km paperia ratalevyden ollessa 550 mm. Paperin kosteudeksi oli aseteltu n. 3 %, joka on paperin kosteus myös PK 8:lla ennen pintaliimausta. Koejärjestelyssä taustapuolen pintaliimana käytettiin tärkkelystä (Raisio, Raisamyl 302) ja yläpuolen liimareseptiä vaihdeltiin.

Raision CTC:n päällystyskoneessa on radan esilämmitys, jolla paperin lämpötila saadaan nostettua n. 50°C ennen pintaliimausta (sähköinfra, jonka maksimiteho on 75 kW, etäisyys liimanipistä 210 cm). Telakovuudet liimapuristimella olivat molemmin puolin Shore 37° P&J, nippikuorma 30 kN/m ja paperin parempi puoli (yläpuoli) oli vasten alatelaa. Eri liimareseptit ajettiin siis tälle puolelle. Varsinaisella tuotantokoneella paperi on toisinpäin, mutta järjestely ei vaikuta liimaustulokseen. Pintaliiman kuivatus oli järjestetty siten, että rainaa kuivattiin kahdella vastasäteilijällä varustetulla infralla (etäisyys nipistä 365 cm ja 1150 cm, infrojen tehot 260 kW ja 85 kW). Ensimmäisen kaasulämmitteisen leijukuivaimen etäisyys telanipistä oli 1350 cm. Leijukuivaimia oli kaikkiaan kolme ja paperin loppukosteus 6%.

Taulukossa 8 on vertailtu pintaliimausolosuhteita pilot-laitteistossa ja Tervasaaren PK 8:lla.

Taulukko 8. Pintaliimauksen olosuhteet CTC vs. Tervasaaren PK 8

Parametri:	Tervasaari PK 8	CTC-Raisio pilot
Laitetyyppi	SymSizer, Valmet	SymSizer, Valmet
Ajonopeus	800 m/min	800 m/min
Liimanipin puristus (eri telahalkaisijat)	19 kN/m	30 kN/m
Telakovuus ylä ja alapuoli	Shore 45 P & J (molemm.)	Shore 37 P & J
Sauva silik.puoli	Ø 35 mm sileä	Ø 35 mm sileä
Sauva taustapuoli	Ø 10 mm uritus 0,1 mm	Ø 10 mm uritus 0,1 mm
Radan lämpötila	n. 80°C	n. 50°C
Kuivatuslaitteet	Leijukuivain ja sylinterit	2 infrakuivainta 3 leijukuivainta

Ensimmäisen koeajon paperit superkalanteroitiin myös Raision CTC:n 10-telaisella superkalanterilla, mutta vaikka käytettiin laitteiston maksimirasitusta Tervasaaren kaltaisen uudelleenkostutuslaitteen puutteen, matalamman linjapaineen ja pienemmän lämpötilan vuoksi kalanterointitulokseksi jäi vähäisemmäksi kuin PK 8:lla.

Olosuhteet CTC:n superkalanterilla olivat seuraavat:

Lämpötilat: 120/115/100
 Nippikuorma 350 kN/m
 Nopeus: 400 m/min
 Nippilukumäärä 9 nippiä

Parempaan vastaavuuden saamiseksi näytteet kalanteroitiin myös laboriokalanterilla, jolloin esikostutus ilmastointikaapissa oli mahdollista. Tällä laitteistolla päästään lähes tuotantolaitteistolla saatavaan kalanterointitulokseen.

Pintaliimoista tehdyt analyysitulokset on esitetty liitteessä 8. Liimojen viskositeetit eivät muuttuneet ratkaisevasti pintaliimauksen aikana. Myös sopivuus SymSizer-liimaukseen oli hyvä kaikilla liimoilla.

17.2 Koeajo

Ensimmäisen koeajon tavoitteena oli selvittää Raisio Yhtymän, Rebarco-nimisen barrier-päällysteen soveltuvuutta irrokepaperin pintaliimauksen kehittämiseen. Ajatuksena barrier-päällysteen laatua parantavalle vaikutukselle oli sen sisältämän täyteaineen ja lateksidisersion huokosia täyttävä toiminta. Koeajossa tutkittiin myös mahdollisuutta kasvattaa päällystemäärää nykyisestä 1,0-1,5 g/m² tasosta ilman vaikeuksia tai menetystä transparensissa ja IR-transparensissa.

Koesuunnitelma perustui hyvän referenssin luomiseen nykyisellä pintaliimakoostumuksella (20% CMC:tä ja 80 % polyvinyylialkoholia) ja vertailuun Rebarcolla saataviin ominaisuuksiin kolmella eri päällystemäärällä. Samalla selvitettiin Rebarcon ajettavuutta SymSizerilla.

Taulukko 9. Ensimmäisen koeajon koesuunnitelma

Koepiste	Koepisteen nimi	Päällystemäärä	Kalanterointi
KP 1	PVA/CMC 80%/20% (referenssi, normaali pintaliima)	1,5 g/m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Kalanteroimaton • CTC-superkalanteroitu • Lab.kalanteroitu
KP 2	PVA/CMC 50%/50%	1,5 g/m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Kalanteroimaton • CTC-superkalanteroitu • Lab.kalanteroitu
KP 3	Rebarco –päällyste, suurin päällystemäärä	3,0 g/m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Kalanteroimaton • CTC-superkalanteroitu • Lab.kalanteroitu
KP 4	Rebarco –päällyste, keskinkertainen päällystemäärä	1,5 g/m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Kalanteroimaton • CTC-superkalanteroitu • Lab.kalanteroitu
KP 5	Rebarcon-päällyste, pienin päällystemäärä	0,7 g/m ²	<ul style="list-style-type: none"> • Kalanteroimaton • CTC-superkalanteroitu • Lab.kalanteroitu

Koepisteiden asettelussa pyrittiin selvittämään myös päällystemäärän vaikutusta Rebarcolla saataviin pintaominaisuuksiin. Laitteiston parametrit pidettiin muuten vakiona, jotta nähtäisiin pelkästään pintaliimareseptin vaikutus ominaisuuksiin. Kokeiden tulosten perusteella oli tarkoitus selvittää myös Rebarcon potentiaalia muiden pintaliiman komponenttien kanssa seuraavia kokeita varten.

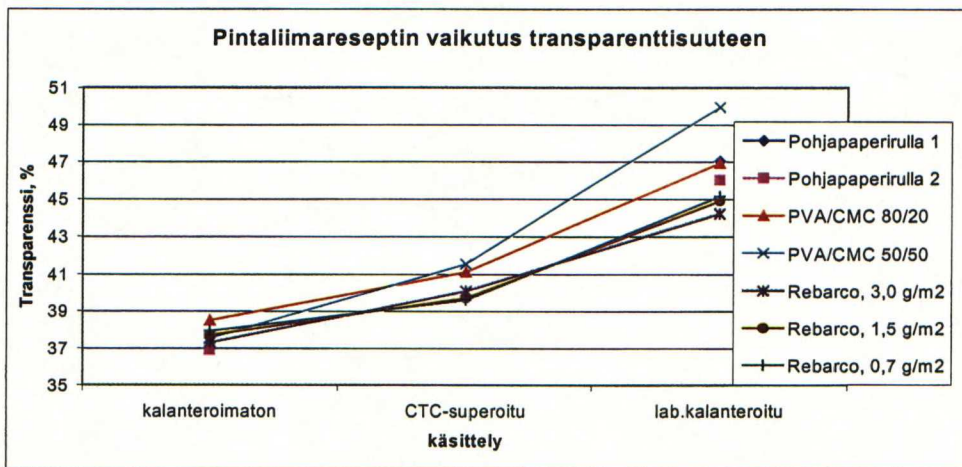
17.3 Koeajon tulosten tarkastelu

Pintaliimaamattomista pohjapapereista ja pintaliimatuista rullista mitattiin, ennen ja jälkeen kahden eri tavalla tehdyn kalanteroinnin, paperin tärkeimmät pintaominaisuudet liimareseptin muuttamisen vaikutuksen selvittämiseksi. Näytteistä mitattiin shirlastain-testitulokset, bekk-huokoisuus, IGT-tahranpituus, tiheys, neliöpaino, paksuus, transparenssi, bekk-sileys, PPS-10-karheus, shirlastain ja ungeröljynabsorptio. Mittausten tulokset on esitetty liitteessä 4. IGT-tahranpituus ja shirlastain-testi eivät ole standardimittauksia ja niiden suoritus on kuvattu liitteissä 5 ja 6.

Kaikista koepisteistä piirretyt kuvaajat ominaisuuskohtaisesti on esitetty liitteessä 9. Parhaan kuvan koepisteiden välisistä eroista saa liitteen 9 kuvaajia tarkastelemalla. Osasta koepisteistä on mitattu myös huokoskokojakauma elohopeaporosimetrillä.

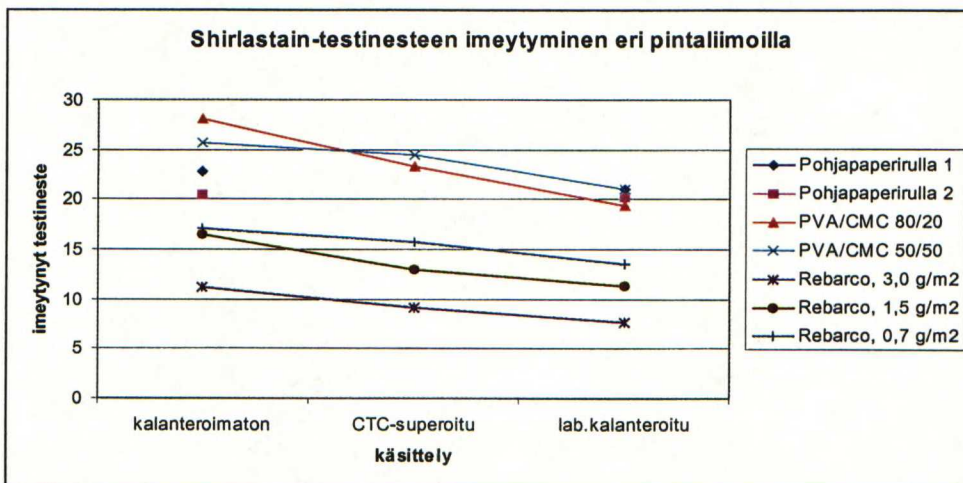
Pintaliimareseptin muutoksilla oli vaikutusta kaikkiin mitattuihin pintalaatua kuvaaviin ominaisuuksiin. Tosin paperin tiheys oli kalanteroitamattomalla ja pintaliimatulla paperilla lähes sama riippumatta pintaliimatyypistä. Pintaliimattu paperi tiivistyi pintaliimaamatonta paperia paremmin laboriokalanterissa (ilmeisesti myös CTC:n kalanterissa, mutta pintaliimaamatonta paperia ei teknisistä syistä johtuen kalanteroitu CTC:llä). Tiheys jäi pintaliimaamattomalla paperilla matalammaksi. Tästä voidaan päätellä pintaliiman parantavan plastisoituvuutta muokkauksessa. Koepisteet 1 (ref.) ja 2, joissa oli mukana nykyisessä pintaliimassa olevaa polyvinyylialkoholia ovat tihentyneet Rebarco-koepisteitä 3-5 enemmän, vaikka Rebarcon tiheys on täyteaineen vuoksi suurempi.

Shirlastain-testitulokseen Rebarco-päällyste vaikutti erittäin myönteisesti. Tämän perusteella on oletettavaa, että Rebarco kykenee antamaan hydrofobisen pinnan jo varsin alhaisilla päällystemäärillä. Rebarco-päällyste on imenyt shirlastain-testiliuosta superkalanteroitamattomanakin vähemmän kuin referenssi, KP 1 laboriokalanteroinnin jälkeen. Bekk-huokoisuutta Rebarco ei parantanut ja siten parannus shirlastain-testissä perustuu hydrofobisuuteen. Tärkkiliimatun taustan testitulokset pysyivät koko ajan lähes vakiona. Referenssin ja parhaan Rebarco-pisteen, KP 3, välillä on n. 13 g/m^2 testiliuoksen imeytymisero, jota voidaan luonnehtia huomattavaksi. Parannus shirlastain-testituloksessa on Rebarcon paras ominaisuus. Koepisteiden 4 ja 5 vähäisemmällä päällystemäärilläkin ($1,5 \text{ g/m}^2$ ja $0,7 \text{ g/m}^2$ ero referenssiin on suuri (n. 5 g/m^2). Kuvassa 65 on kuvattu shirlastain-testinesteiden imeytymistä eri pintaliimoilla.



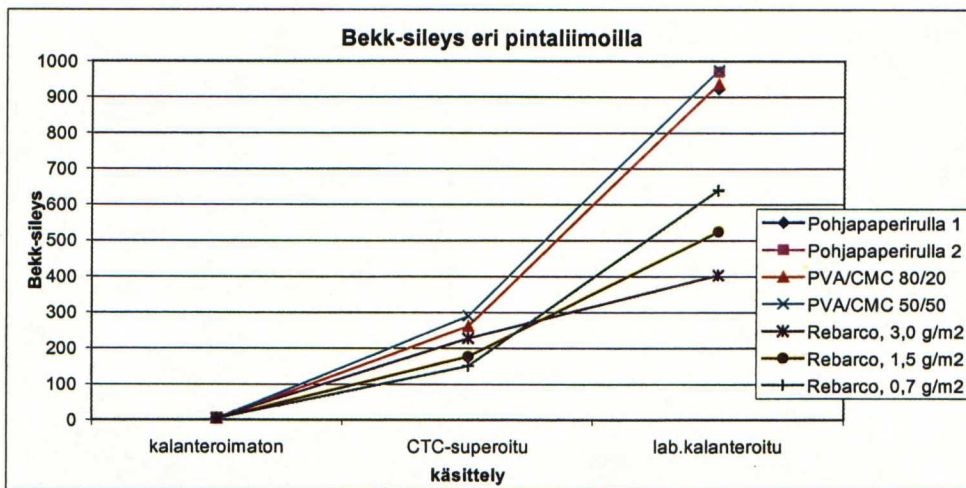
Kuva 65. Rebarcolla saatiin selvästi alhaisin shirlastain-testinesteen imeytyminen

Transparenssi oli tulosten mukaan paras koepisteessä 2, jossa pintaliima sisälsi yhtä paljon CMC:tä ja PVOH:ta. Kuitenkaan ero referenssiin ei ole merkittävä. Rebarco-pisteiden transparenssi on jäänyt alhaisemmaksi ilmeisesti joukossa olevan talkkipigmentin vuoksi. Transparenssi on myös parantunut Rebarco-päällystemäärän laskiessa, jolloin myös pigmentin määrä on pienentynyt. Pintaliimaamattoman paperin transparenssi on suunnilleen referenssipintaliimalla liimatun paperin tasolla. Voidaan katsoa, ettei PVA/CMC-liima muuta paperin transparenssia (kuva 66).



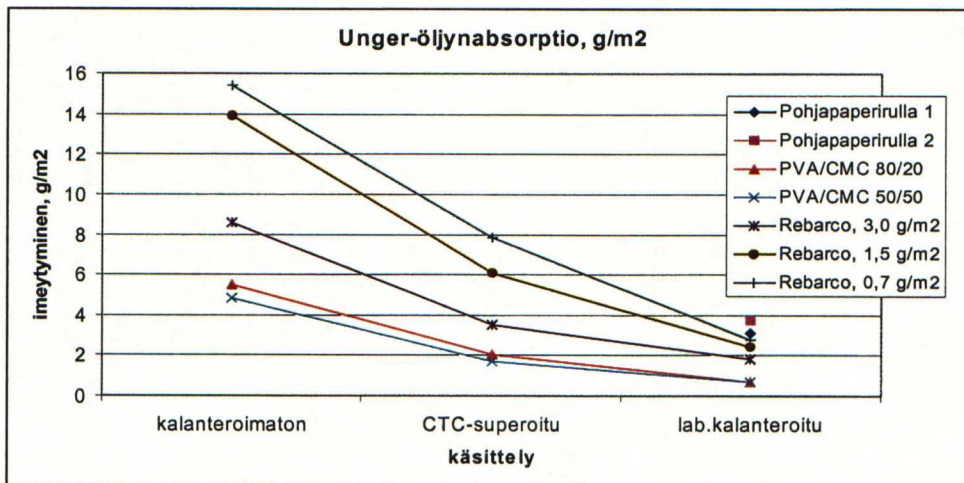
Kuva 66. Transparenssissa ei ole suuria eroja. PVA/CMC(80:20)-pintaliima antaa kuitenkin parhaan läpinäkyvyyden

Bekk-sileys on jäänyt Rebarco-koepisteissä jonkin verran alemmalle tasolle kuin referenssiin ja PVA/CMC(50:50)-liimalla. Sileys on parantunut Rebarco-päällystemäärän laskiessa. Tätä tukee havainto siitä, että pintaliimaamattoman paperin bekk-sileys on erittäin hyvä kalanteroinnin jälkeen. Sileydenkin tapauksessa on havaittavissa CTC:n superkalanterin verraten vähäinen vaikutus paperin ominaisuuksiin, kuten kuvasta 67 nähdään.



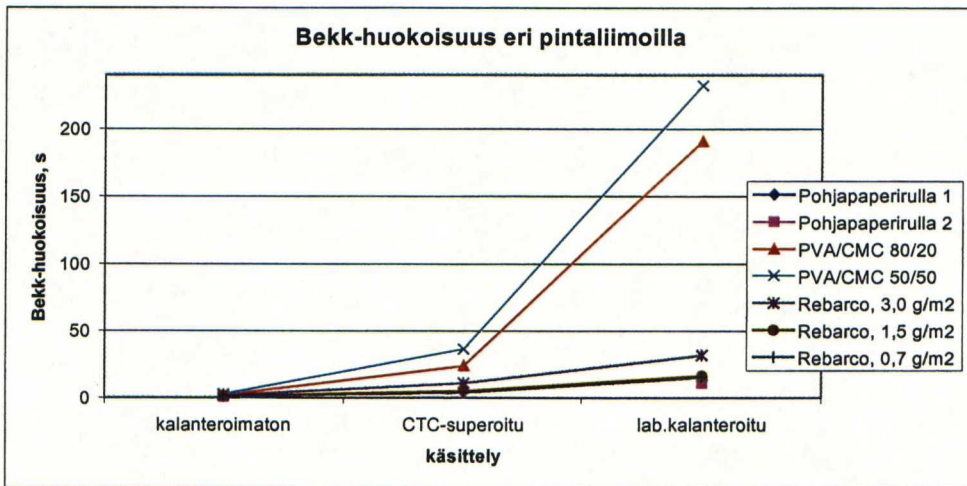
Kuva 67. Referenssipisteiden sileys kalanteroinnin jälkeen on parempi kuin Rebarco-pisteiden

Unger-öljynabsorptio on ollut koepisteistä vähäisin referenssipisteessä, siis liimareseptillä, joka on nykyisin käytössä Tervasaaren PK 8:lla. Pintaliimaamattoman paperin öljynabsorptio on suurempi kuin minkään koepisteen näytteen. Tämän perusteella voidaan sanoa, ettei pintaliimausta tehdä turhaan. Öljynabsorptio on kasvanut loogisesti Rebarco-päällystemäärän pienentyessä. Kuvassa 68 nähdään öljynabsorptio paperin yläpuolelle eri pintaliimoilla.



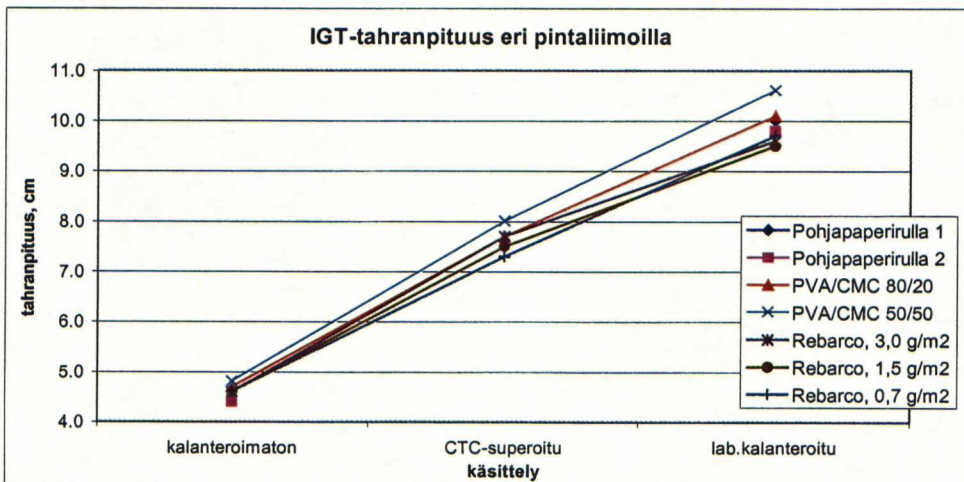
Kuva 68. Öljynabsorptio on ollut vähäisintä PVA-pohjaisilla liimoilla

Bekk-huokoisuudessaakaan ei tapahtunut toivottua muutosta parempaan. Tämä näkyi myös öljynabsorptiotuloksissa. PVA/CMC(80:20)-pintaliima sai aikaan reilusti suuremman tiiveyden kuin varsinaiset koepisteet lukuunottamatta variaatiota, jossa oli CMC:tä enemmän. Kalanteroinnin vaikutus PVA/CMC-pintaliimatun paperin huokoisuuden vähenemiseen on huomattavasti Rebarcoa suurempi. Rebarco-pisteiden huokoisuus ei ole muuttunut kalanteroinnissa paljonkaan. Kuvasta 69 voidaan havaita, että kalanterointi vaikuttaa PVA/CMC-pintaliiman huokoisuuteen huomattavasti lateksipohjaista Rebarcoa enemmän. Tähän voidaan mahdollisesti vaikuttaa lateksin lasisiirtymälämpötilaa alentamalla tai sekoittamalla näitä kahta ainetta. Lasisiirtymälämpötilan alentamista saattaa rajoittaa tarttumaongelmat eri telapinnoille.



Kuva 69. PVA/CMC-pohjaisella pintaliimalla saadaan huomattavasti matalampi huokoisuus

IGT-tahrnplituustestauksessakin perinteinen PVA/CMC(80:20)-pintaliima menestyi Rebarcoa paremmin. Testituloksista nhdään selkeä korrelaatio paperin sileyden ja IGT:n välillä. Sileät pintaliimattomat paperitkin toimivat hyvin IGT-testin perusteella, vaikka niiden bekk-huokoisuus on suuri. IGT-testi ei näin ollen kuvaa juurikaan silikonoitavuutta. Kuvan 70 perusteella voidaan todeta, että PVA/CMC(80:20)-liima antaa paremman tahrnplituuden.



Kuva 70. PVA/CMC-perustainen pintaliima antaa paremman IGT-tahrnplituuden

17.4 Ensimmäisen pilot-koeajon tulosten yhteenveto

Kaikkien pintaliimareseptien ajaminen SymSizer-liimapuristimella onnistui vaikeuksitta. Myös superkalanterointi onnistui ilman minkäänlaisia ongelmia. Kalanterointitulos jäi kuitenkin niin alhaiseksi, että seuraavissa koeajoissa arvioidaan ainoastaan laboratoriokalanteroinnin jälkeisiä tuloksia. Kostutuksen ja laboratoriokalanteroinnin jälkeen paperin ominaisuudet vastaavat lähes tuotantolaitteistolla saatavaa tasoa.

Pintaliimareseptin muutoksilla oli selkeä vaikutus kaikkiin mitattuihin paperin ominaisuuksiin. Merkittävin parannus referenssinä toimineeseen PVA/CMC(80:20)-liimaan saatiin shirlastain-testissä. Muiden ominaisuuksien osalta Rebarcolla ei saatu aikaan etua jo tuotannossa käytössä olevaan pintaliimaan. Siirtyminen pois referenssiliimasta huononsi öljynabsorptiota, transparensia, sileyttä, huokoisuutta ja IGT-tahranpituutta.

Vaikka Rebarcolla todennäköisesti saadaan parannettua öljynabsorptiota ja vedenpidätyskykyä päällystemäärää kasvattamalla, asettaa transparenssin pieneneminen rajoituksen määrän kasvattamiselle. Läpinäkyvyys on jo 3 g/m^2 päällystemäärällä vähentynyt liiaksi.

Seuraavien koeajojen tarkoituksena oli mm. selvittää onko Rebarcon ja muiden pintaliiman komponenttien sekoittamisella saatavissa referenssipintaliimaa parempaa ominaisuusyhdistelmää, sekä testata muiden pintaliiman lisäaineiden vaikutusta ominaisuuksia parantavasti. Jos Rebarcolla ei ole saatavissa hydrofobisuuden lisäksi muita etuja, on arvioitava myös muita huomattavasti edullisempia paperin hydrofobointiaineita.

18 Toinen pilot-koearjo

18.1 Yleistä koearjosta

Toinenkin pilot-koearjo toteutettiin Raisio Yhtymän CTC-koelaitoksessa. Ajotavat ja olosuhteet pyrittiin saamaan mahdollisimman samanlaisiksi ensimmäisen koearjon kanssa tulosten vertailukelpoisuuden vuoksi. Pintaliimattava pohjapaperi oli ajettu paperikoneella samaan aikaan ensimmäisessä koearjossa ajettujen rullien kanssa. Koearjestelyssä taustapuolen pintaliimana käytettiin tärkkelystä (Raisio, Raisamyl 302) ja yläpuolen liimareseptiä vaihdeltiin.

Yhtenä toisen pilot-koearjon tavoitteena oli hyödyntää ensimmäisen koearjon Rebarco-barrier-päällysteellä saatuja tuloksia. Rebarcolla aikaansaatu, huonoksi jäänyttä öljynabsorptiota yritettiin parantaa sekoittamalla sitä eri suhteissa tärkkelykseen ja normaaliin PVA/CMC(80:20)-pintaliimaan. Lisäksi pintaliiman joukossa kokeiltiin useita eri lisäaineita, joiden tarkoituksena oli parantaa erityisesti absorptio-ominaisuuksia, sekä vettä että öljyä vastaan. Myös kaoliinia sekoitettiin eri pitoisuuksina PVA/CMC(80:20)-liimaan.

Ensimmäisen koearjon paperinäytteet superkalanteroitiin laboratorikalanterin lisäksi Raisio Yhtymän CTC:n 10-telaisella superkalanterilla, mutta vaikka käytettiin laitteiston maksimikuormitusta kalanterointituloksena jäi vähäisemmäksi kuin PK 8:lla, uudelleenkestutuslaitteiston puutteen, pienemmän linjapaineen ja matalamman lämpötilan vuoksi. Tämän vuoksi superkalanterointi jätettiin toisessa koearjossa CTC:llä tekemättä ja katsottiin laboratorikalanteroinnin antavan paremman kuvan tuotannossa saatavista pintaominaisuuksien parannuksista pääasiassa kestävyyskokeissa tehtävän esikostutuksen vuoksi.

18.2 Koearjo

Ensimmäisen koearjon tuloksena nähtiin Raisio Yhtymän, Rebarco-nimisellä barrier-päällysteellä saatavan unger-öljynabsorption jäävän liian suureksi, jolloin myös silikoni imeytyy paperiin liiaksi. Toisen koearjon tavoitteena oli selvittää, onko Rebarcolla mahdollista parantaa irrokepaperin pintaliimauksessa saatuja ominaisuuksia, jos lisätään joukkoon tärkkelystä tai polyvinyylialkoholia. Samalla kokeiltiin useiden eri lisäaineiden ja täyteaineen ominaisuuksia parantavaa vaikutusta jo paperikoneella käytössä olevan liiman joukossa.

Koesuunnitelma perustui toisessakin koearjossa hyvän referenssin tekemiseen nykyisellä tuotannon pintaliimakoostumuksella (20% CMC:tä ja 80% polyvinyylialkoholia) ja vertailuun eri resepteillä saatuihin ominaisuuksiin. Koesuunnitelman yhtenä lähtökohtana oli, että tulosten tilastollista merkitsevyyttä ei ollut tarkoitus tässä vaiheessa selvittää. Päämääränä oli tässä vaiheessa kartoittaa mahdollisen parannuksen antavia lisäaineita ja reseptiparannuksia ja testata näillä aineilla saatujen tulosten merkitsevyys myöhemmin tuotantolaitteistolla saatavista tuloksista. Koepisteissä esiintyvä PVA/CMC-standardiliima on koostumukseltaan 80% polyvinyylialkoholia ja 20% karboksyyliimetyyliselluloosaa. Kaikissa

koepisteissä käytetyt lisäaineet testattiin koესилиkonisiveilyllä mahdollisten silikonin kypsyemis-, verkkoontumis- ja kiinnittymishäiriöiden varalta.

Taulukko 10. Toisen koeajon toteutunut koesuunnitelma

Koepiste	Koepisteen nimi	Päällystemäärä	Kalanterointi
KP 1-2	Rebarco+ tärkkelys 10%	1,5-0,7g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP3-5	Rebarco+tärkkelys 30%	3,0 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP6-8	Rebarco+PVA/CMC-standardiliima 10%	3,0-1,5-0,7 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP9-11	Rebarco+PVA/CMC-standardiliima 50%	3,0-1,5-0,7 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP12-13	PVA/CMC-standardiliima lisättyinä SPS-kaoliinipigmentillä, 10 %	(1-1,5) ja 0,5 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP14-15	PVA/CMC-standardiliima lisättyinä SPS-kaoliinipigmentillä, 20 %	1,5 g/m ² ja 1,0 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP16-17	PVA/CMC-standardiliima lisättyinä SPS-kaoliinipigmentillä, 30 %	2,5 g/m ² ja 1,0 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP18-19	PVA/CMC-standardiliima lisättyinä SB-lateksilla, 10 %	2,0 g/m ² ja 1,0 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP20-21	PVA/CMC-standardiliima lisättyinä SB-lateksilla, 20 %	2,0 g/m ² ja 1,0 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP22-24	Referenssi PVA/CMC 80/20	3,0-1,5-0,7 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP25-27	PVA/CMC-standardiliima lisättyinä silikoniemulsiolla, 2 %	3,0-1,5-0,7 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP28-30	PVA/CMC-standardiliima lisättyinä silikoniemulsiolla, 5 %	3,0-1,5-0,7 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP31-33	PVA/CMC-standardiliima lisättyinä Aquabel-AKD-liimalla, n. 3%	3,0-1,5-0,7 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP34-36	PVA/CMC-standardiliima lisättyinä Wykonil-vahadispersiolla, 4%	3,0-1,5-0,7 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP37-39	Rebarco+tärkkelys 50% / 50% Raisamyl 302	3,0-1,5-0,7 g/m ²	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu

Koepisteissä 1 ja 2 Rebarcon joukkoon lisättävällä pintaliimatärkkelyksellä oli tarkoitus antaa pintaliimareseptille hydrofiilista luonnetta, jolla puolestaan uskottiin olevan öljynabsorptiota vähentävä luonne pinnan poolisuuden lisääntymisen ansiosta. Koepisteissä 3-5 testattiin samaa periaatetta suuremmalla tärkkelysmäärällä Rebarcon joukossa.

Koepisteessä 6-8 Rebarco barrier-päällysteen joukkoon sekoitettiin vähän PVA/CMC(80:20)-liimaa, jonka tarkoituksena oli parantaa pintaliiman filminmuodostuskykyä samalla, kun Rebarcon tehtävänä oli sisältämänsä täyteainetalkin avulla sulkea huokosia ja sisältämänsä lateksidisersion ansiosta antaa vedenhylkivyyttä ns. stain-testejä vastaan. Koepisteissä 9-11 testattiin vaikutusta ominaisuuksiin suuremmalla PVA/CMC(80:20)-liiman määrällä.

Koepisteissä 12-17 kokeiltiin SPS-kaoliinin huokosia tukkivaa vaikutusta standardiliiman joukossa. Samalla selvitettiin täyteaineen lisäysmahdollisuutta transparenssin menetystä tarkkaillen. Koepisteissä kokeiltiin kolmea eri kaoliinipitoisuutta ja kahta päällystemäärää kullakin. Yhtenä täyteainelisyksen tavoitteena oli tutkia sen vaikutusta filminhalkeamisen stabiiliuteen ja sitä kautta

saatavan liimakerroksen tasaisuuteen. Tämän vuoksi kokeisiin valittiin muototekijältään verraten suuri SPS-kaoliini.

Lateksin lisäystä PVA/CMC(80:20)-liiman joukkoon kokeiltiin koepisteissä 18-21. Lateksilisäyksen tarkoituksena oli parantaa huokosten sulkemisominaisuuksia. Tarkoituksena oli lateksidispersioiden kiinteiden polymeerihiukkasten avulla täyttää huokosia liukoista vesiliukoista polyvinyylialkoholia paremmin ja samalla tavoitella parempaa filminmuodostusta sulattamalla lateksipartikkelit yhtenäiseksi filmiksi. Lateksia lisättiin kahdella pitoisuudella ja seoksia ajettiin kahdella eri päällystemäärällä.

Koepisteissä 25-30 lisättiin standardipintaliiman joukkoon SylOff silikonidisversiota kahdella eri pitoisuudella (2% ja 5%). Molemmat liimaseokset siveltiin kolmella eri päällystemäärällä. Silikonilisäyksen tavoitteena oli paperin huokosrakenteen tiivistäminen.

AKD-liiman lisäyksen toimintaperiaatteena koepisteissä 31-33 oli antaa PVA/CMC(80:20)-pintaliimalle hydrofobisuutta. Hydrofobisuus on paperille tarpeellinen ominaisuus erilaisten värjäykestien vuoksi. Testit tehdään vesiliuoksessa olevalla väriaineella, jolloin vedenhylkivyyden avulla menestymään testissä.

Koepisteiden 34-36 vahalisäyksellä tavoitellaan huokosrakenteen sulkemista ja hydrofobista luonnetta, joka on vahoille tunnusomaista. Vahapisteiden mielenkiintoa vähensi tieto todennäköisistä vaikeuksista pulperoinnissa.

Koepisteissä 37-39 täydennettiin Rebarcon ja tärkkelyksen sekoittamiseen perustuvaa sarjaa sekoituksella jossa molempia oli yhtä paljon.

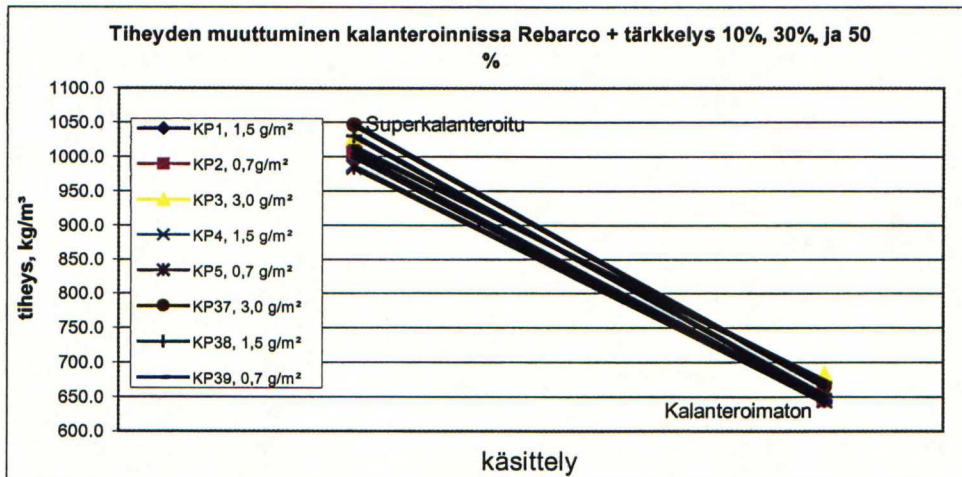
18.3 Koeajon tulosten tarkastelu

Pintaliimatuista papereista mitattiin ennen ja jälkeen laboratorikalanteroinnin neliömassa, paksuus, tiheys, Bekk-huokoisuus, unger-öljynabsorptio (60 s), shirlastain (30 s), palstautumislujuus, Bekk-sileys, PPS-karheus, IGT-tahranpituus ja transparenssi. Mittausten tulokset on taulukoitu liitteeseen 12. Absorptio-ominaisuuksia silikonia vastaan testattiin myös itse kehittelemälläni silikoniabsorptiotestillä, jossa tavallisella Unger-testausmenetelmällä punnitaan imeytynyt määrä ja visuaalisesti arvioidaan paperin läpi menneen silikonin määrää. Paperi muuttuu transparenttisemmäksi kohdista, joissa silikoni tunkeutuu paperin rakenteeseen. Menetelmässä tavallisessa unger-testilaitteessa tehdään standardin mukainen määrittely ja nesteinä käytetään katalyytitonta silikonia.

Pintaliimareseptin vaikutusta paperin pinnan ominaisuuksiin tarkasteltiin myös elektronimikroskoopilla. Paperin ominaisuuksien kuvaajissa PVA/CMC(80:20)-referenssiliimalla on paksumpi viiva.

18.3.1 Tiheys

Toisen koeajon kalanteroitujen ja kalanteroimattomien näytteiden tiheysmittausten tulokset on esitetty graafisesti liitteessä 11/1. Esimerkin vuoksi on kuvassa 71 esitetty tiheyden muuttuminen laboratorioskalanteroinnissa.

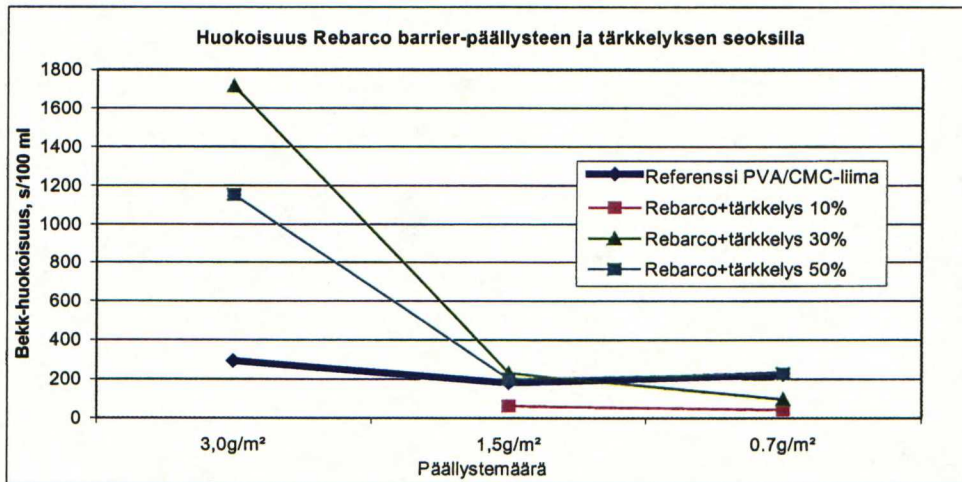


Kuva 71. Kuvassa tiheyden muuttuminen kalanteroinnissa pintaliiman ollessa Rebarco barrier-päällysteen ja tärkkelyksen sekoitus. Kalanteroinnin vaikutus tiheyteen on ollut suunnilleen kuvan mukaista pintaliimatyyppistä riippumatta

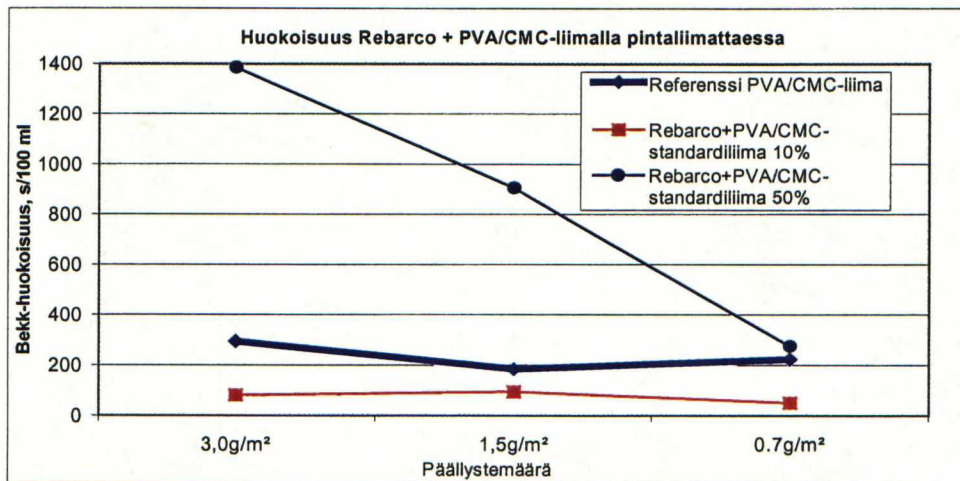
Kalanteroimattomien papereiden tiheys on ollut suunnilleen sama kaikissa koepisteissä. Erilaisilla pintaliimoilla käsitellyissä pisteissä kalanteroinnin jälkeinen tiheys on noussut suurimmaksi resepteillä, joissa PVA/CMC(80:20)-standardiliiman joukkoon on lisätty jotain lisäainetta. Kaoliini, Rebarco, AKD-liima ja vahadispersio ovat nostaneet paperin tiheysarvoja kalanteroinnissa referenssiä korkeammiksi. Sen sijaan silikonilla tai lateksilla ei ole ollut tiheyttä nostavaa vaikutusta.

18.3.2 Bekk-huokoisuus

Kuvasta 72 voidaan havaita, että Rebarco + tärkkelys -pisteiden huokoisuus on suurimmalla päällystemäärällä laskenut erittäin pieneksi. Pienimmällä tärkkelysmäärällä ei saatu suurinta päällystemäärää siveltyä liian alhaisen viskositeetin vuoksi. Bekk-huokoisuuden parantuminen tärkkelyslisäyksen ansiosta johtuu tärkkelyksen tiiviistä pakkautumisesta. Ensimmäisessä koeajossa havaittiin, ettei pelkkä Rebarco anna vähäistä huokoisuutta ja tiivistä pintaa. Tärkkelys on näiden pisteiden mukaan selvästi vähentänyt paperin huokoisuutta.



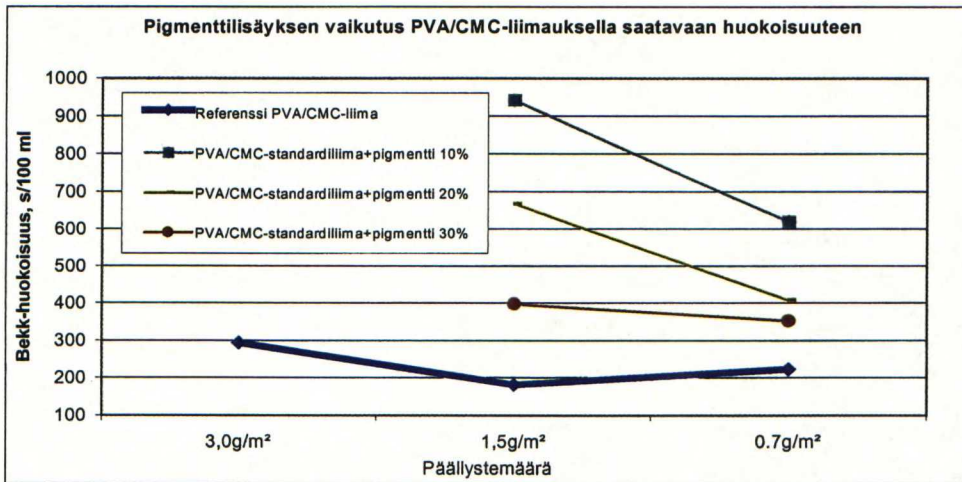
Kuva 72. Bekk-huokoisuus, Rebarco+tärkkelys -pisteet. Tärkkelys on vähentänyt huokoisuutta pelkkään Rebarcoon verrattuna



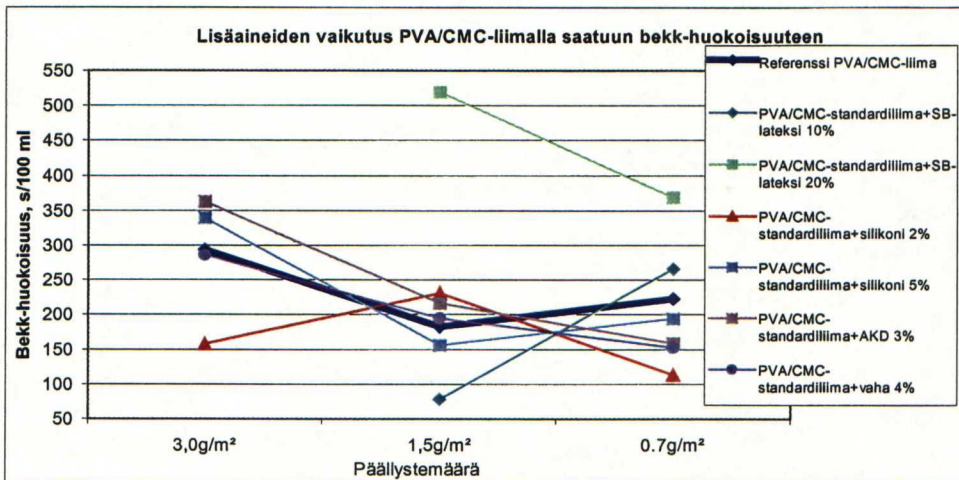
Kuva 73. Bekk-huokoisuus parantunut koepisteissä, joissa PVA/CMC-liimaa sekoitettiin Rebarcoon

Kuvassa 73 on esitetty Rebarco barrier-päälysteen ja PVA/CMC(80:20)-pintaliiman sekoittamisen vaikutus bekk-huokoisuuteen käytettäessä seosta pintaliimana. Kuvaajasta näkyy selkeästi polyvinyylialkoholin kyky tiivistää paperin pintarakennetta. Rebarcon sisältämät kiinteät partikkelit (lateksi+talkki) ovat tiivistäneet rakennetta kuitenkin referenssiin verrattuna, joka on pelkkää PVA/CMC(80:20)-liimaa. Liimassa, jossa oli vain 10 % PVA/CMC(80:20)-liimaa ei ilmeisesti ollut riittävästi filmiä muodostavaa PVA:ta.

Kuvassa 74 esitetään pigmenttilisäyksen vaikutus PVA/CMC(80:20)-liimalla saatuun bekk-huokoisuuteen. Pigmenttipitoisilla päälysteillä ajettiin vain kaksi päälystemäärää, mutta kaikista pisteistä on johdonmukaisesti nähtävissä pigmentin liimakerrosta tiivistävä vaikutus. Mielenkiintoinen yksityiskohta on, että vain 10 % lisäys standardiliimaan on antanut matalimman huokoisuuden, kun taas lisäys 20 ja 30 prosenttiin on vastaavasti kasvattanut huokoisuutta. Todennäköisesti suuremmilla kaoliinipitoisuuksilla polyvinyylialkoholin filminmuodostuskyky häiriintyy. ”Liika” kaoliini lisää rakenteen huokoisuutta ja palstautumislujuus heikkenee. Näyttää siltä, ettei suuremmilla pitoisuuksilla kaoliini ole täysin sideaineella peitetty.



Kuva 74. Pigmenttilisäyksen vaikutus PVA/CMC-pintaliimalla saatavaan bekk-huokoisuuteen on pintaa tiivistävä

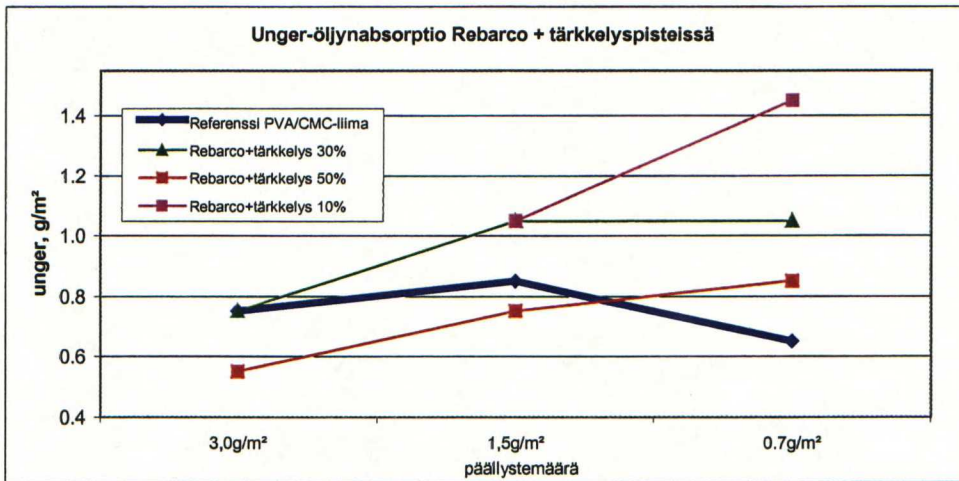


Kuva 75. Erilaisten lisäaineiden vaikutus PVA/CMC-liimalla saatuun bekk-huokoisuuteen

Kuvasta 75 on nähtävissä, että kokeilluilla lisäaineilla ei ole merkittävää vaikutusta paperin huokoisuustasoon. Suuremman lateksimäärän tiivistävä vaikutus on kuitenkin havaittavissa. Vähäisempi lateksimäärä on jäänyt ilman vaikutusta.

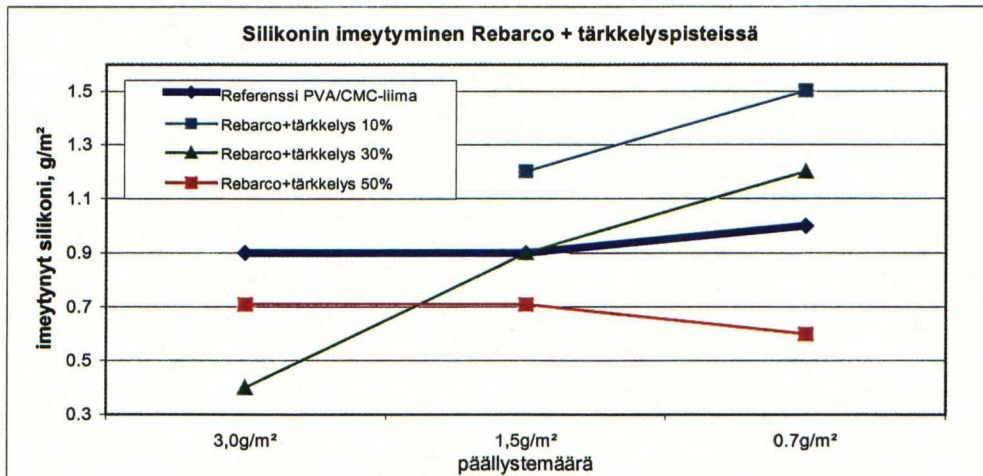
Kaikista koepisteistä koottu bekk-huokoisuuden graafinen esitys on esitetty liitteessä 11/2.

18.3.3 Unger-öljynabsorptio ja silikonin imeytyminen paperiin



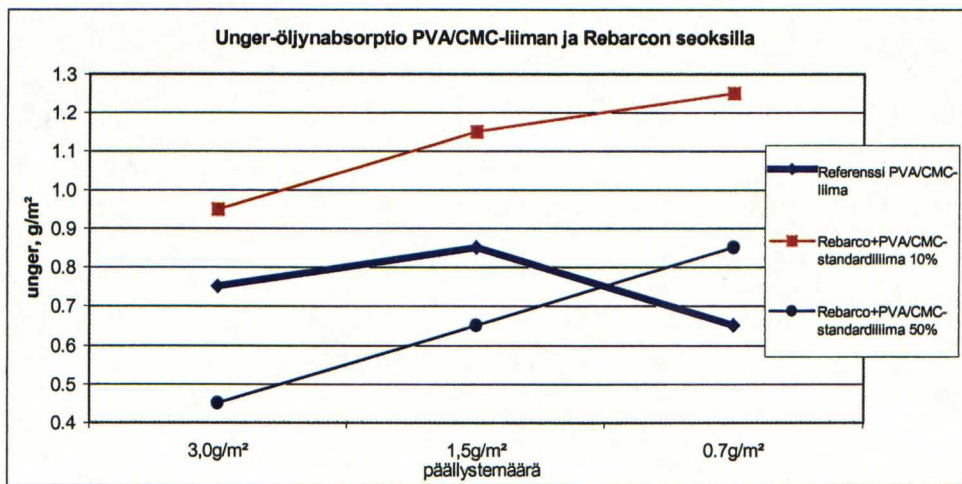
Kuva 76. Unger-öljynabsorptio Rebarco + tärkkelys –pintaliimoilla. Tärkkelys tiivistää pintaa

Kuvassa 76 esitetty Rebarco + tärkkelys –pintaliiman öljynabsorptio seuraa loogisesti huokoisuudessa havaittuja eroja. Huokoinen, vähäisellä tärkkimäärällä seostettu Rebarco pidatti öljyä huonosti ja tärkkimäärän kasvaessa öljynabsorptio väheni. Tärkkelys on hydrofiilinen aine ja antaa siksi hyvin kestävyyttä poolitonta öljyä vastaan.



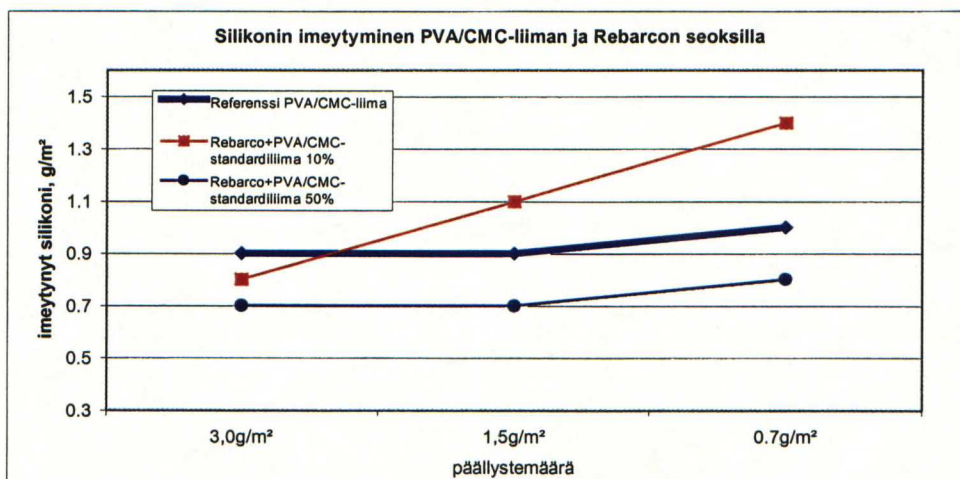
Kuva 77. Silikonin imeytyminen unger-testissä koepisteissä, joissa pintaliimana käytettiin Rebarcon ja tärkkelyksen seosta

Vertailun vuoksi tehtiin myös unger-testin kaltainen imeytymistesti silikonilla, jonka tulokset ovat nähtävissä kuvassa 77. Rebarcon joukkoon lisätyn tärkkelysmäärän kasvu on vähentänyt myös silikonin absorptiota. Tämä on luonnollista, koska huokoisuudessa näkyi selvä tason lasku. Paperin pinta tiivistyi tärkkelisäyksen avulla.



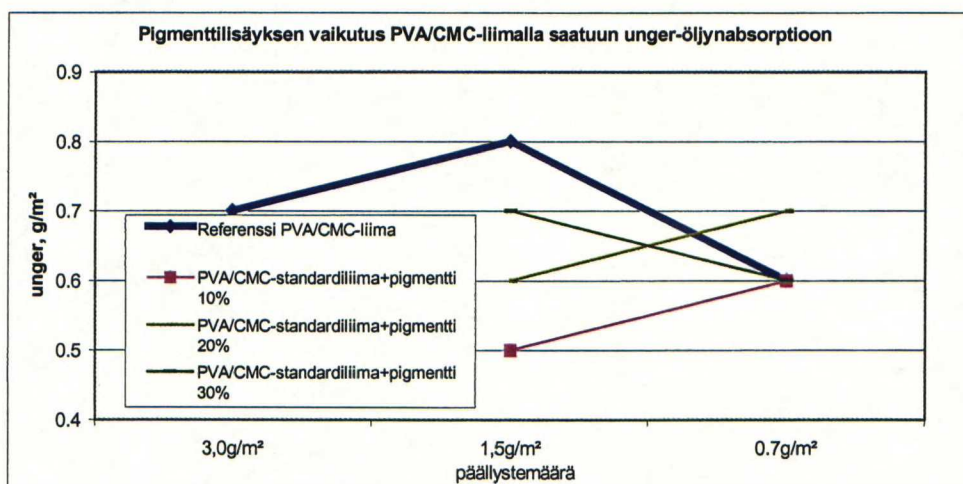
Kuva 78. Unger-öljynabsorptio koepisteissä, joissa PVA/CMC-liimaa ja Rebarcoa sekoitettiin pintaliimaksi. Polyvinyylialkoholi tiivistää paperin pintaa

Polyvinyylialkoholi antaa erittäin hyvän rasvankestävyyden. Kuvasta 78 on nähtävissä PVA/CMC(80:20)-liiman suhteen lisäyksen vaikutus öljynabsorptioon. Rebarcon läsnäolo on antanut selkeän parannuksen normaalille referenssiliimalle. Rebarcon talkki ja lateksi ovat tiivistäneet polyvinyylialkoholilta avoimiksi jääneet aukot filmissä. Öljynabsorptio korreloi jälleen loogisesti bekk-huokoisuuden kanssa. Parhaiten näistä koepisteistä on menestynyt seos, jossa oli PVA/CMC(80:20)-liimaa ja Rebarcoa suhteessa 50%/50%.



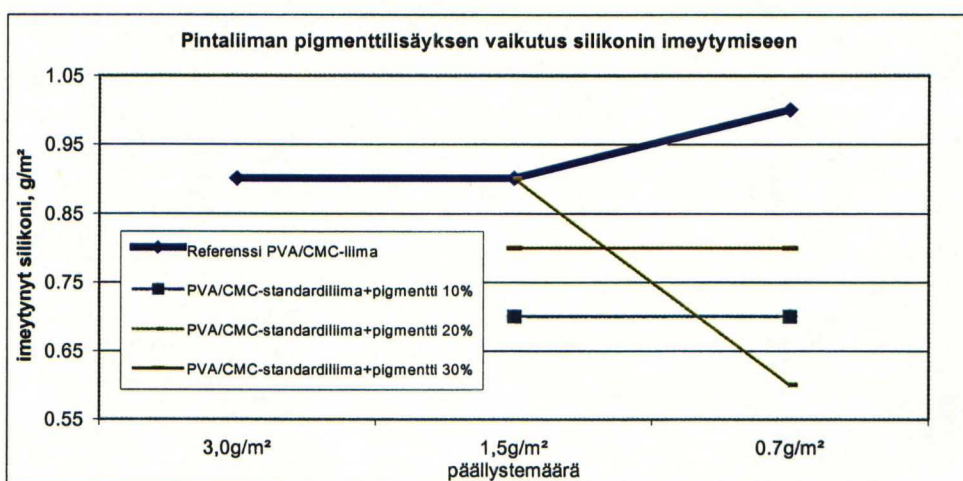
Kuva 79. Silikonin imeytyminen koepisteissä, joissa PVA/CMC-liimaa ja Rebarcoa sekoitettiin pintaliimaksi

Kuvassa 79 on nähtävissä erittäin alhainen imeytyneen silikonin määrä kaikilla päällystemäärillä käytettäessä pintaliimana muilta ominaisuuksiltaan hyväksi havaittua Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seosta suhteessa 50 %/ 50%.



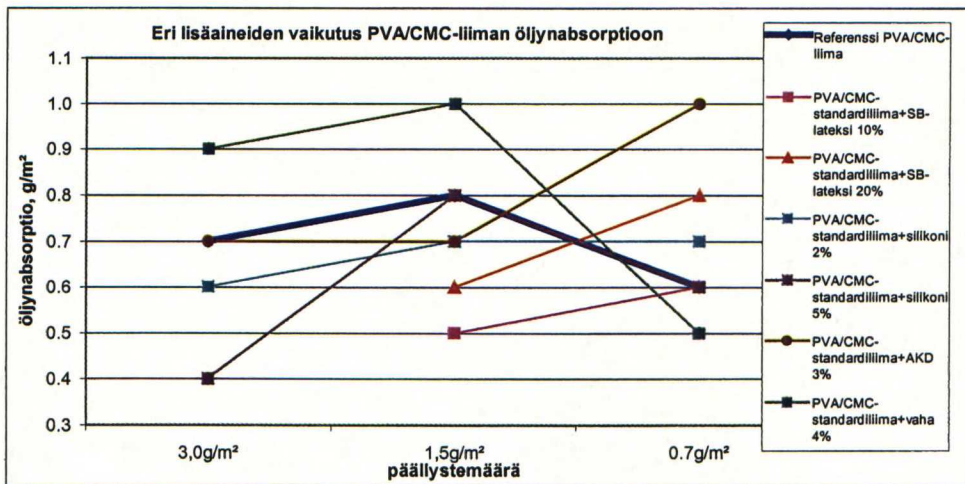
Kuva 80. Pigmenttilisäys vähentää PVA/CMC(80:20)-pintaliiman öljynabsorptiota

Kuvasta 80 voidaan nähdä kaoliinilisäyksen parantavan PVA/CMC(80:20)-pintaliiman öljynpidätyskykyä. Parhaan pidätyskyvyn antaa kuitenkin pienin lisäysmäärä. Vain 10 % kaoliinia pintaliiman kuiva-aineesta.



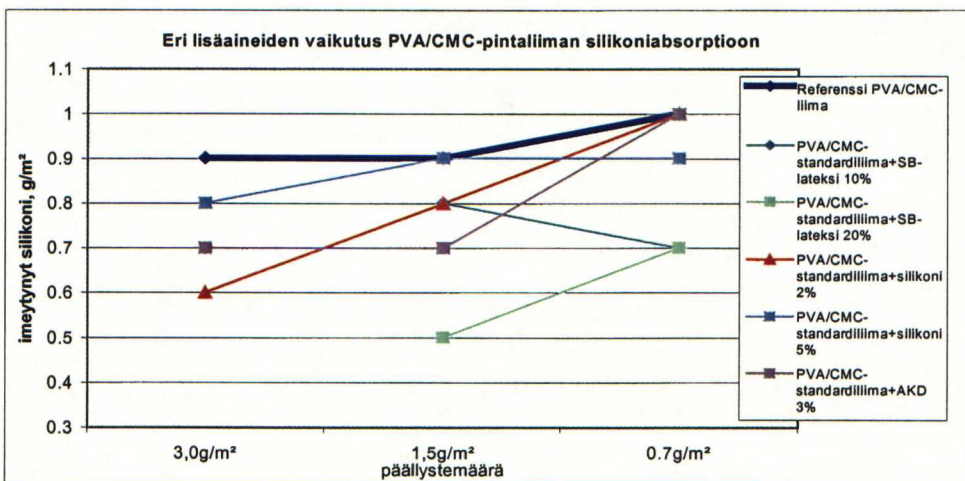
Kuva 81. Pigmenttilisäyksen vaikutus PVA/CMC-liiman silikonin imeytymiseen vastaa öljynabsorptiota

Kuvien 80 ja 81 perusteella näyttää, että silikonin absorboitumista voidaan ennustaa verraten hyvin myös öljynabsorptiota perusteella. Silikonin imeytyminen riippuu edelläolevan perusteella miltei yksinomaan huokoisuudesta. Silikoni tunkeutuu huokosiin öljyä paremmin ja siksi erot muodostuvat jyrkemmiksi.



Kuva 82. Eri lisäaineiden vaikutus PVA/CMC(80:20)-liiman öljynabsorptioon on vähäistä

Kuvasta 82 voidaan nähdä, että PVA/CMC-pintaliiman öljynabsorptio-ominaisuudet eivät merkittävästi parane silikonilla, AKD:llä, vahalla tai lateksilla.

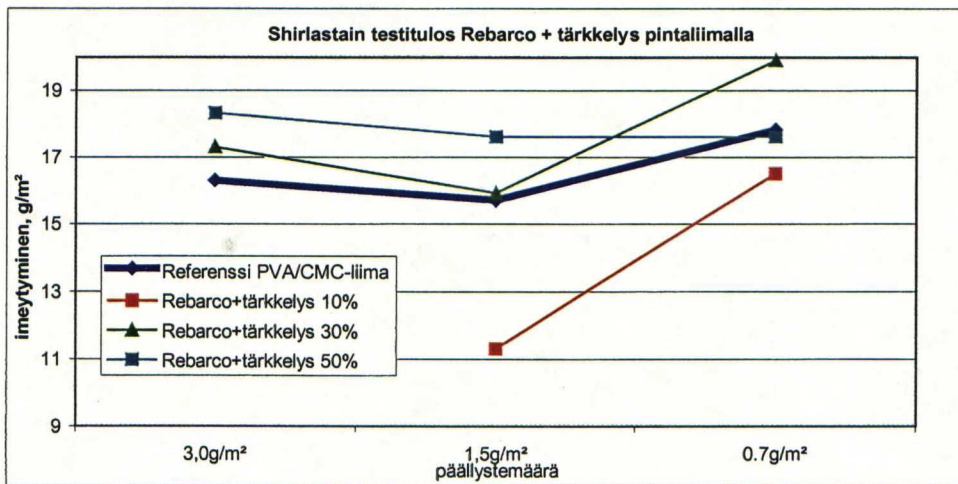


Kuva 83. Lisäaineiden vaikutus PVA/CMC-pintaliiman silikonabsorptioon

Imeytystestin tulos on silikonilla tehtynä paljon öljyllä tehdyn kaltainen. Tässä testissä lateksi erottuu hieman paremmaksi kuin muut, mutta merkittävää parannusta ei näillä aineilla ole imeytymisessä saatu aikaan. Tämä nähdään kuvasta 83.

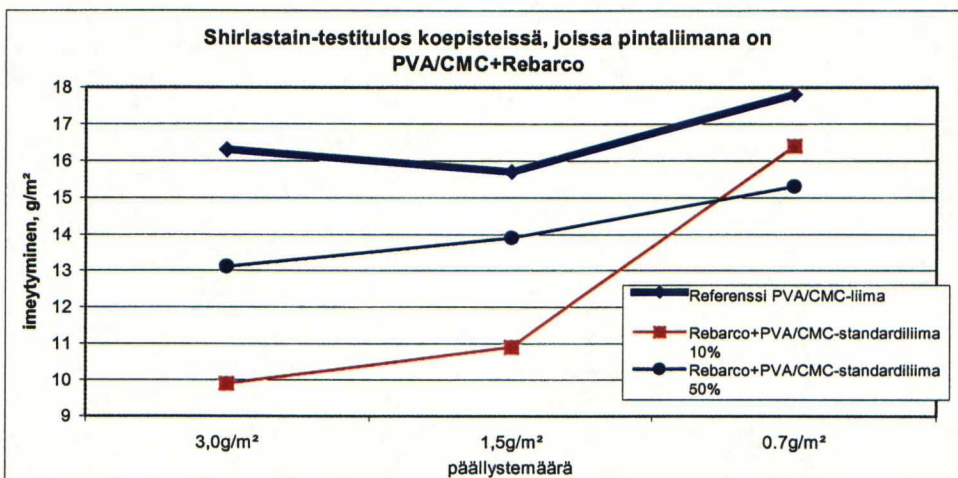
18.3.4 Shirlastain-testi

Sinällään erittäin hydrofobinen Rebarco-päällyste menettää vedenhylkiyvyyttä dramaattisesti lisättäessä tärkkiä joukkoon. Kuvasta 84 nähdään, että tärkkelysmäärän ollessa Rebarcon joukossa vain 10 % on vesipohjaisen testinesteen imeytyminen vähäistä, mutta tärkkimäärän kasvaessa imeytyminen lisääntyy.

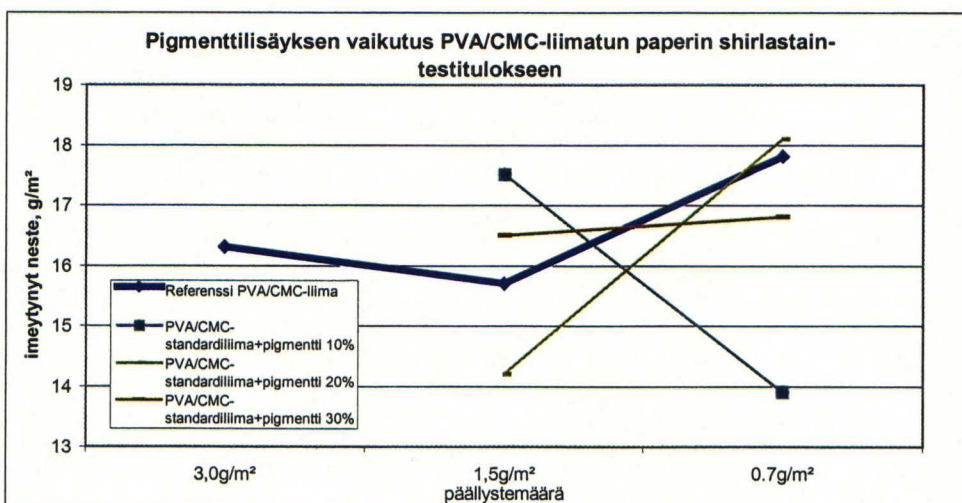


Kuva 84. Shirlastain-testitulos, Rebarco+tärkkelys -pisteet. Tärkkelys heikentää vedenhylkivyyttä

Tärkkelys heikentää Rebarco-päälysteen hydrofobisuutta PVA/CMC(80:20)-liimaa voimakkaammin. Rebarco-määrän lisäys PVA/CMC(80:20)-liiman joukossa parantaa shirlastain-testitulosta referenssiin nähden selvästi. (kuva 85)

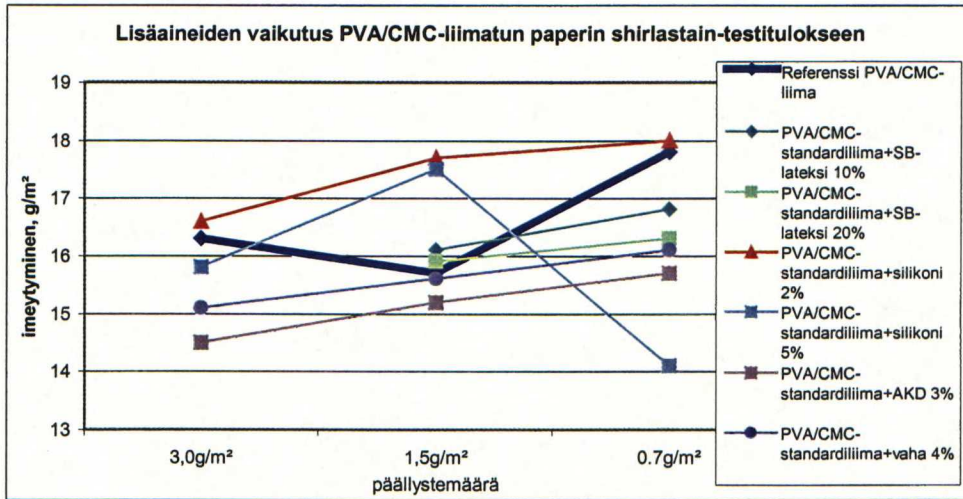


Kuva 85. Shirlastain-testitulos Rebarco + PVA/CMC(80:20)-koepisteissä



Kuva 86. Pigmenttilisäyksen vaikutus PVA/CMC-pintaliiman shirlastain-testitulokseen on vähäinen

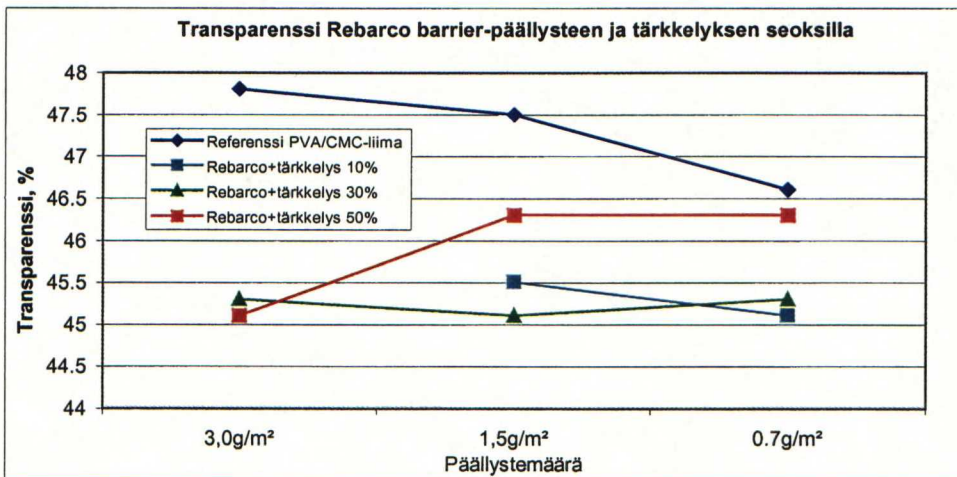
Pigmenttilisäyksen aikaansaama tiivistyminen ei ole kuvan 86 perusteella vaikuttanut shirlastain-testinesteen imeytymiseen. Tämän perusteella voidaan todeta shirlastain-testituloksen riippuvan paljolti hydrofobisuudesta. Tämä tukee esiselvityksen havaintoja huokoisuushan on näissä pisteissä erittäin alhainen.



Kuva 87. Erilaisten lisäaineiden vaikutus PVA/CMC(80:20)-liimalla saatuun shirlastain-testitulokseen

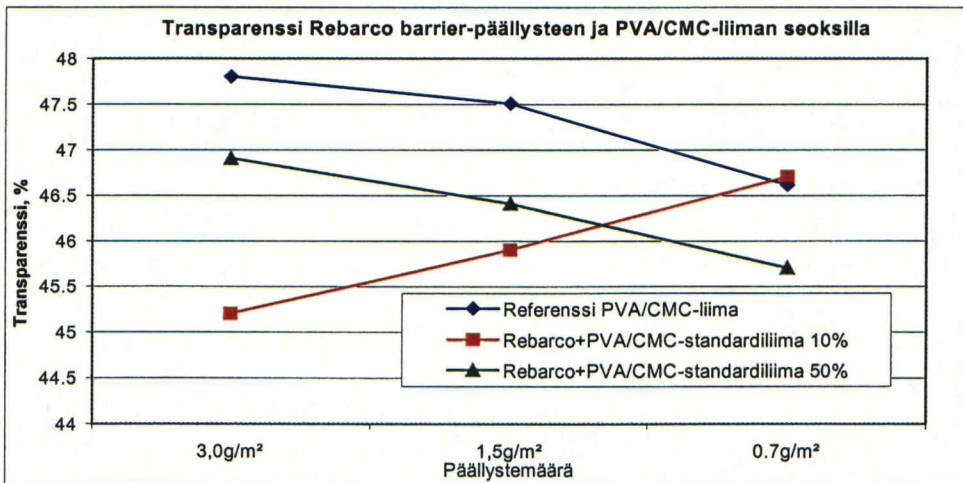
Lateksilla, AKD:llä, vahalla tai silikonilla ei voida merkittävästi parantaa shirlastain-testitulosta. Kuvan 87 kuvaajat ovat kaikki lähes referenssitasolla. AKD-lisäyksellä on tässä odotetusti saatu paras tulos sen antaman hydrofobisuuden vuoksi.

18.3.5 Transparenssi



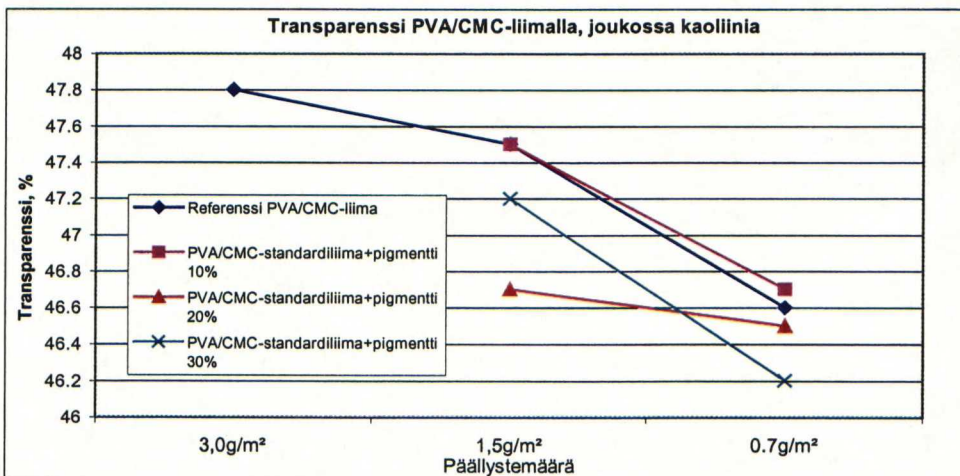
Kuva 88. Paperin transparenssi, pintaliimana Rebarcon ja tärkkelyksen seos

Rebarcon sisältämä lateksi ja talkkitäyteaine huonontavat hieman paperin transparenssia. Transparenssin alentuminen on kuitenkin melko vaatimatonta pintaliimakerroksen ohuuden vuoksi. Kuvasta 88 on nähtävissä, että transparenssi paranee, kun tärkkimäärää lisätään Rebarcon joukossa.



Kuva 89. Paperin transparenssi, pintaliimana Rebarcon ja PVA/CMC:n seos

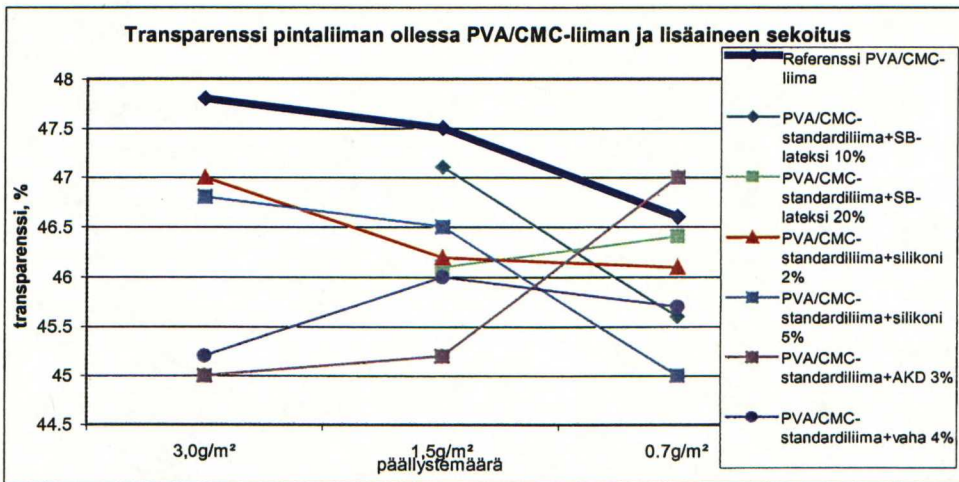
Rebarcoa PVA/CMC-liimaan sekoitettaessa tapahtuu samoin kuin tärkkelyksen tapauksessa, eli transparenssiin haitallisesti vaikuttavan täyteaineen määrä kasvaa suhteessa sideaineeseen. Tämä näkyy myös kuvassa 89.



Kuva 90. Paperin transparenssi, pintaliimana PVA/CMC-liima pigmentillä seostettuna

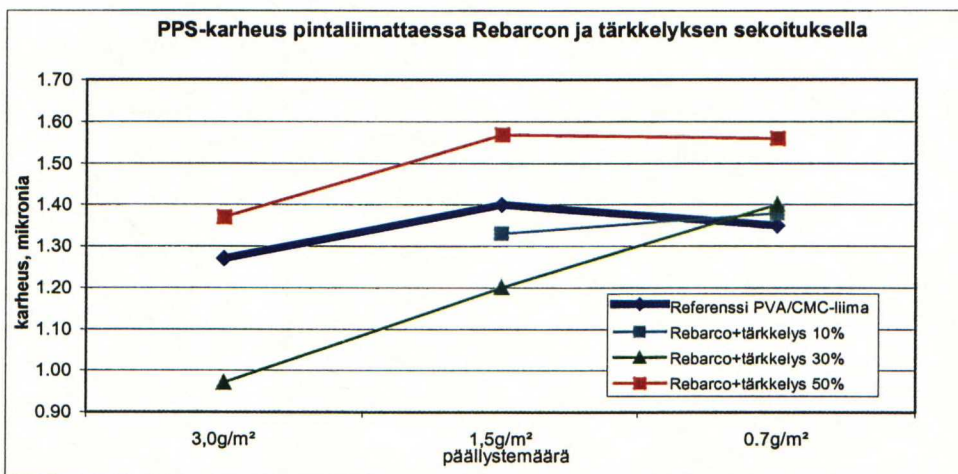
Kuvassa 90 on kuvattu tilanne, jossa paperikoneella käytössä olevan pintaliimareseptin joukkoon on lisätty kaoliinia. PVA/CMC(80:20)-liima on hyvin valoa läpäisevää ja näiden vähäisten kaoliinilisäysten vaikutus paperin transparenssiin on ollut hyvin pieni.

Pintaliiman lisäaineilla on ollut vain merkityksetön vaikutus paperin transparenssiin. Useimmat lisäaineet ovat vaikuttaneet transparenssia alentavasti. Kuvasta 91 nähdään, että referenssi-liimalla liimatun paperin transparenssi on suurin ja siten parempi kuin muiden pisteiden.



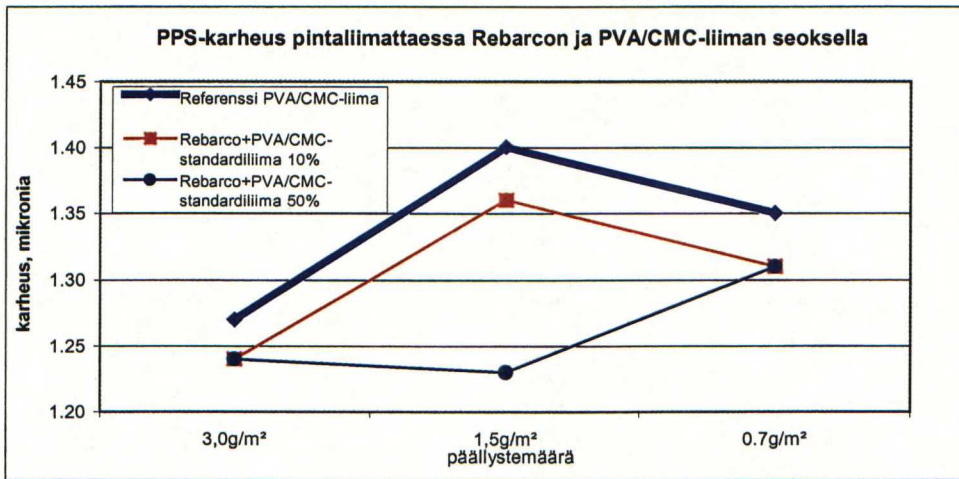
Kuva 91. Pintaliiman lisäaineet eivät vaikuta PVA/CMC-pintaliimalla saatavaan transparenssiin

18.3.6 PPS-karheus

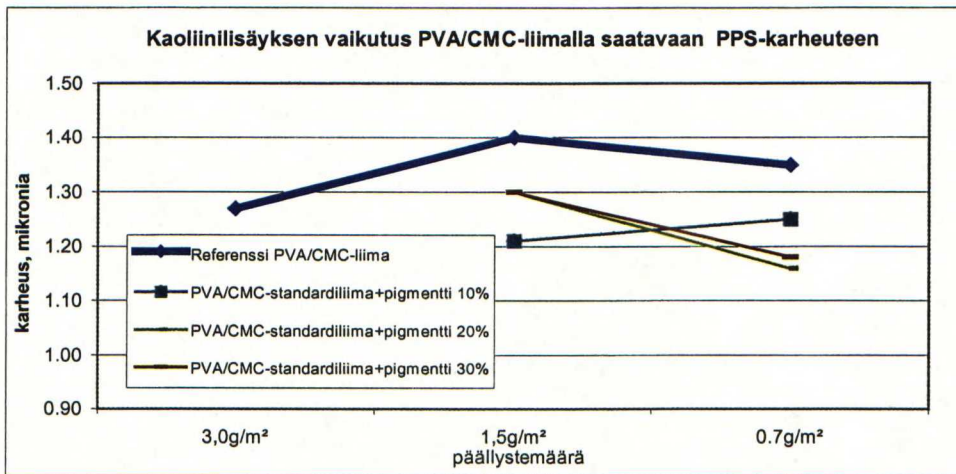


Kuva 92. PPS-karheus pintaliimattaessa paperia Rebarcon ja tärkkelyksen sekoituksella

Kuvasta 92 on nähtävissä, että Rebarcon ja tärkkelyksen seoksella pintaliimattu paperi on karheudeltaan referenssin tasolla. Rebarco tosin näyttää antavan paremman sileyden varsinkin päällystämäärän kasvaessa. Kuvasta 93 voidaan havaita, että Rebarco saa aikaan paperin karheuden vähenemistä. Mistään suuresta muutoksesta ei kuitenkaan ole kysymys.



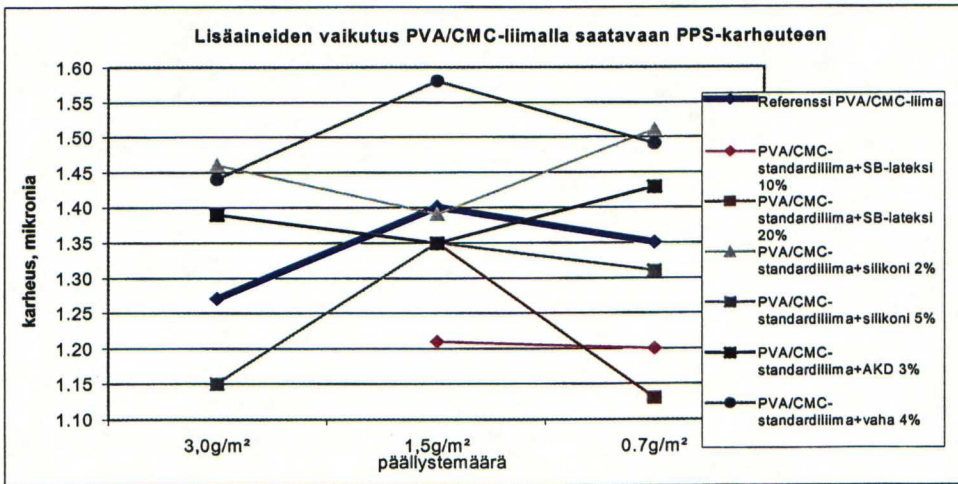
Kuva 93. PPS-karheus pintaliimattaessa paperia Rebarcon ja PVA/CMC-liiman sekoituksilla



Kuva 94. Kaoliinilisäyksen vaikutus PVA/CMC-liimatun paperin PPS-karheuteen

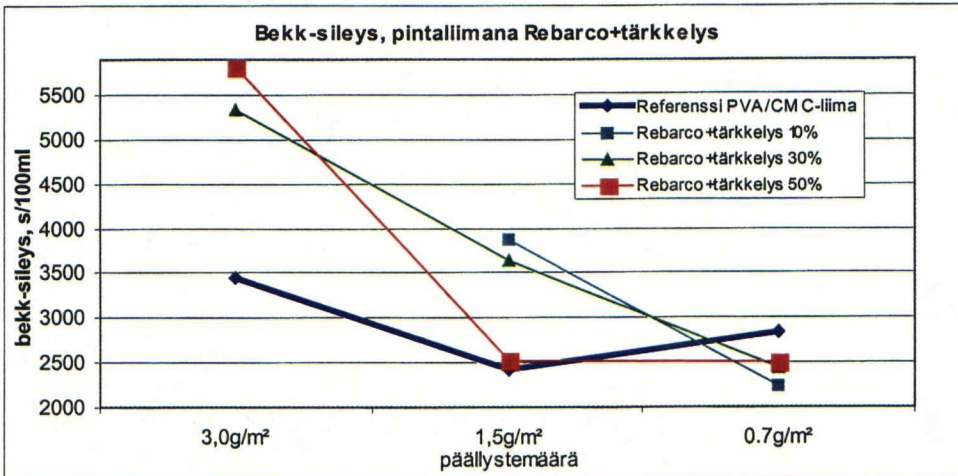
Kaoliinilisäys on kaikilla lisäsmäärillä alentanut paperin karheustasoa. Karheuden aleneminen voi johtua sekä filminhalkeamisen stabiloitumisen aikaansaamasta päälysteen tasaisuudesta että täyteainepartikkelien voitelevasta ominaisuudesta, joka vähentää pintaliiman tarttumista kuivatussylintereihin ja superkalanterin teloille.

Kuvan 95 perusteella voi sanoa, että lateksin, silikonin, AKD:n tai vahan lisäyksellä ei ole PPS-karheutta alentavaa vaikutusta.



Kuva 95. Eri lisäaineiden vaikutus PVA/CMC-liimatun paperin PPS-karheuteen

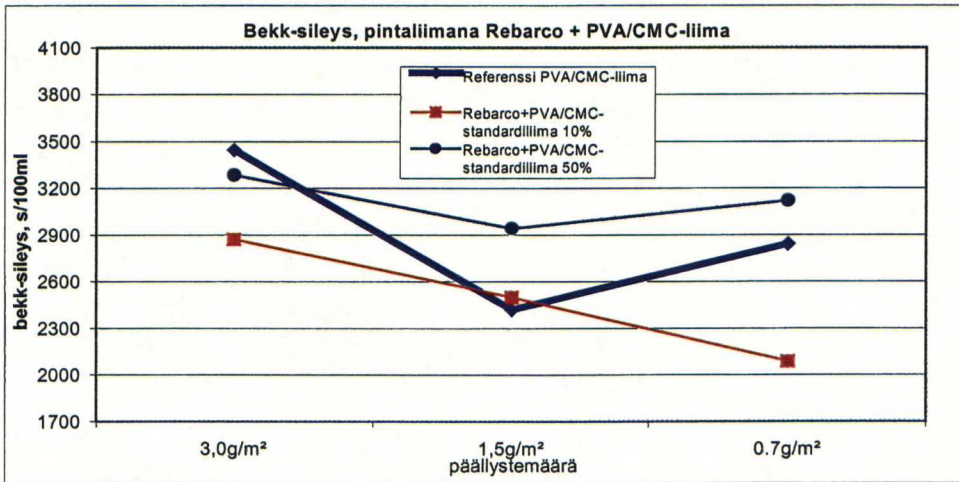
18.3.7 Bekk-sileys



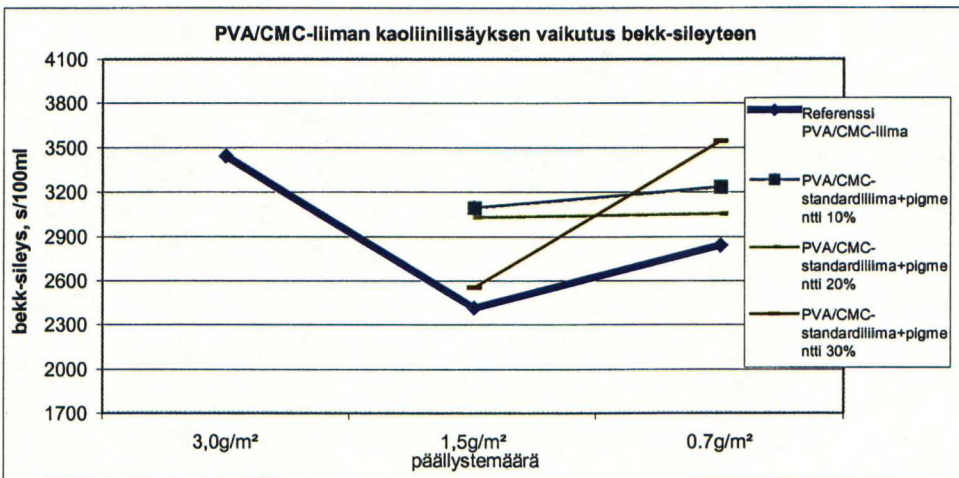
Kuva 96. Paperin bekk-sileys pintaliiman ollessa Rebarcon ja tärkkelyksen sekoitus

Kuvasta 96 nähdään, että Rebarcon ja tärkkelyksen seokset ovat antaneet tuloksiksi erittäin korkeita bekk-sileyksiä varsinkin suuremmilla päälystemäärillä. Sama ilmiö näkyi myös PPS-karheuksissa.

Kuvan 97 perusteella voidaan sanoa, että Rebarcon ja PVA/CMC-liiman sekoituksen antama sileys ei puolestaan poikkea referenssitasosta. Sileys on kuitenkin parempi, kun PVA/CMC(80:20)-liimamäärä on lisääntynyt.

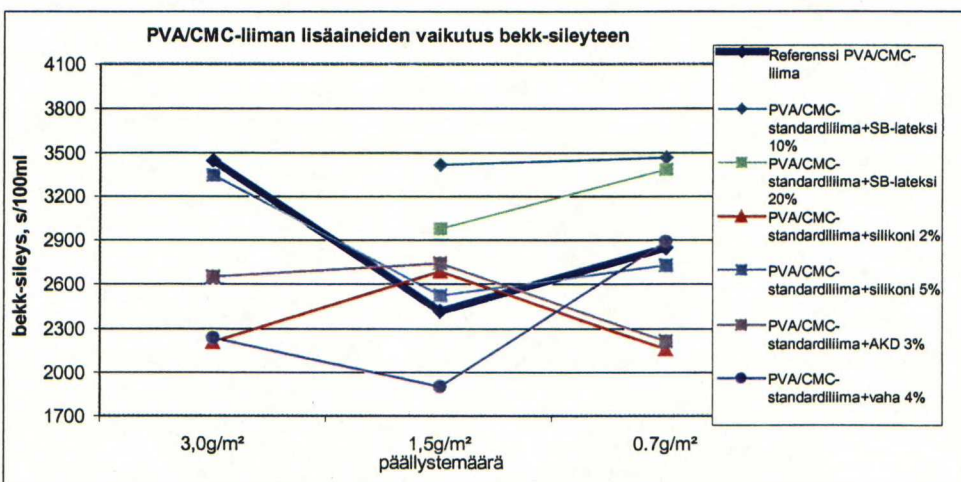


Kuva 97. Paperin bekk-sileys, kun pintaliimana on Rebarcon ja PVA/CMC-liiman seos



Kuva 98. PVA/CMC-liima lisätynä kaoliinilla, Bekk-sileys

Bekk-sileydessä on tapahtunut samanlainen parannus PPS-karheuden kanssa. Kaoliinilisäyksellä on ollut paperin pintaa silittävä vaikutus. Kuvassa 98 kaoliinilla seostetut pisteet ovat selvästi referenssiä sileämpiä.

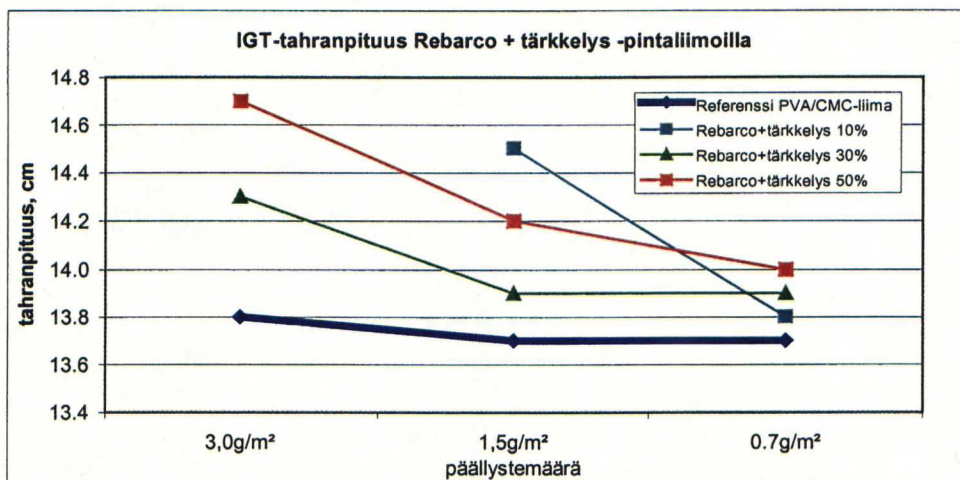


Kuva 99. PVA/CMC-liima lisätynä eri lisäaineilla, bekk-sileys

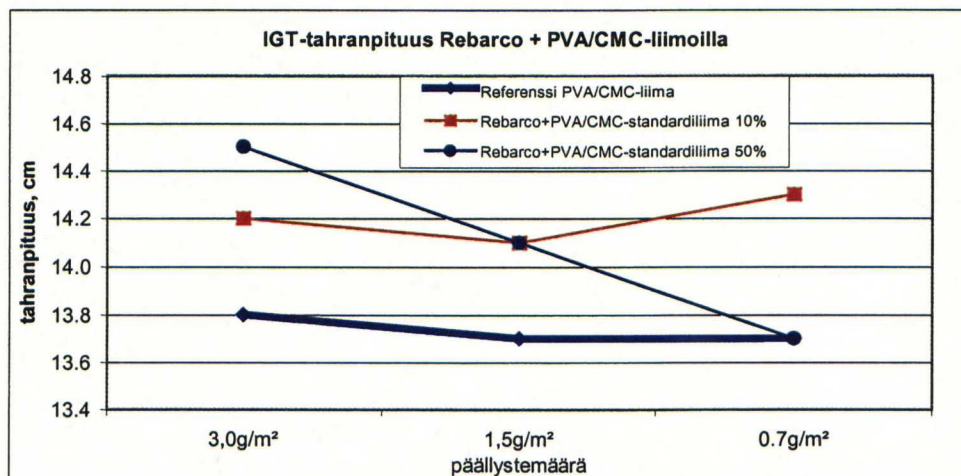
Latekseilla on ollut pinnan sileyttä parantava vaikutus. Muilla lisäaineilla ei kuvan 99 mukaan ole ollut merkittävää parannusta antavaa vaikutusta.

18.3.8 IGT-tahransuoritus

Kuvista 100 ja 101 nähdään, että IGT-tahransuoritus seuraa varsin kiinteästi paperin sileyttä, koska pisimmät tahrat ovat selkeästi myös sileyimmistä pisteistä.



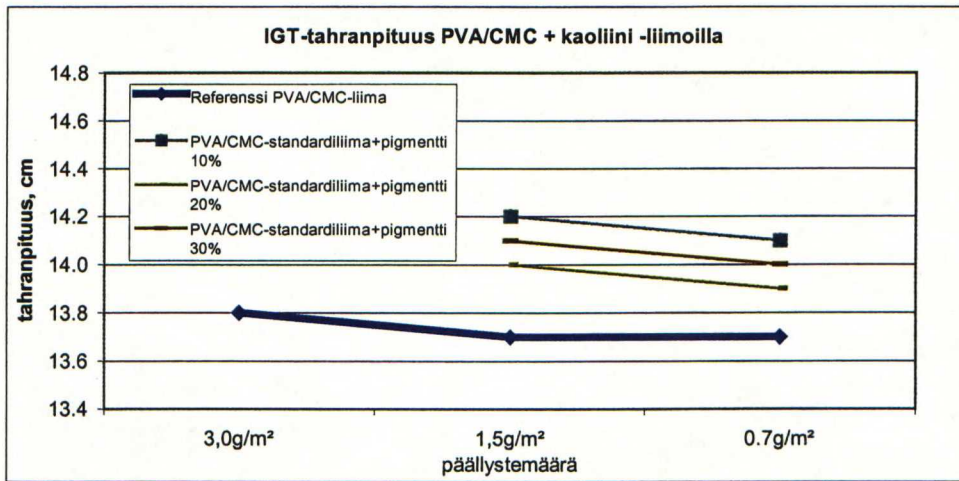
Kuva 100. IGT-tahransuoritus pintaliimattaessa Rebarcon ja tärkkelysten seoksella



Kuva 101. IGT-tahransuoritus pintaliimattaessa Rebarcon ja PVA/CMC-liiman sekoituksella

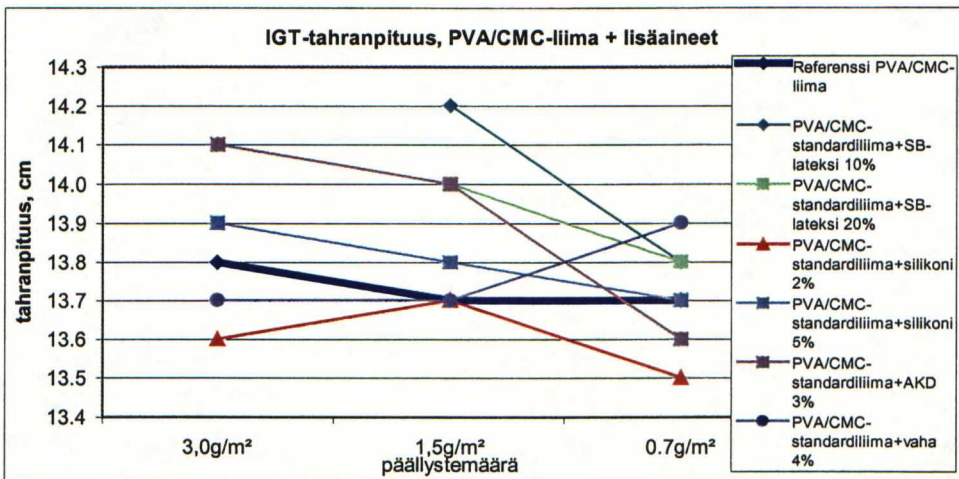
Myös Rebarcon ja PVA/CMC-liiman sekoituksella pintaliimaamalla päästiin suurempiin IGT-tahransuorituksiin kuin referenssiliimalla. Samalla sileyksin oli näissä pisteissä parempi.

Myös kuvassa 102 esitetyillä kaoliinilla sekoitetuilla liimoilla sileyks on parantunut ja tahransuoritus kasvanut. Kaoliinilisäys on siis ollut eduksi myös tahransuorituudelle. Suurimmaksi osaksi parantuneen sileyden ansiosta.



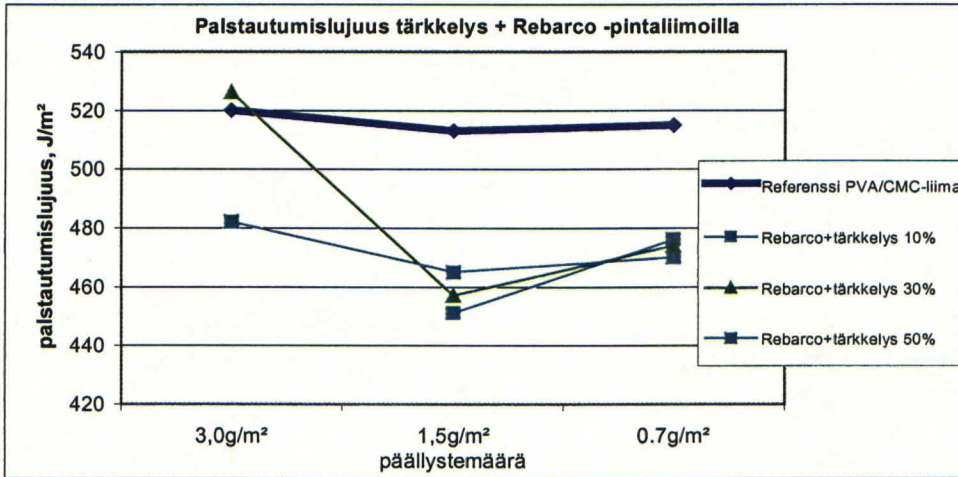
Kuva 102. IGT-tahranpituus PVA/CMC-pintaliimalla, johon on lisätty kaoliinia

Tahrnnpituutta lisäävästi ovat vaikuttaneet AKD, lateksi ja silikoni. Muista pintaliiman lisäaineista ei ole ollut hyötyä tahrnnpituudelle. Kuvassa 103 on esitetty eri lisäaineiden vaikutus tahrnnpituuteen. Bekk-sileydeltään parhaat pisteet erottuvat IGT-tahrnnpituudenkin perusteella omalle tasolleen.



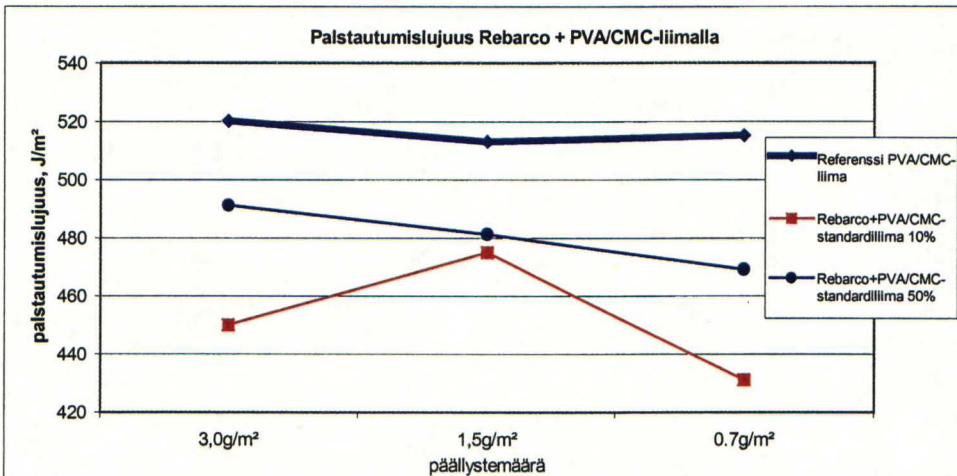
Kuva 103. IGT-tahrnnpituus PVA/CMC-pintaliimalla, johon oli lisätty eri lisäaineita

18.3.9 Palstautumislujuus



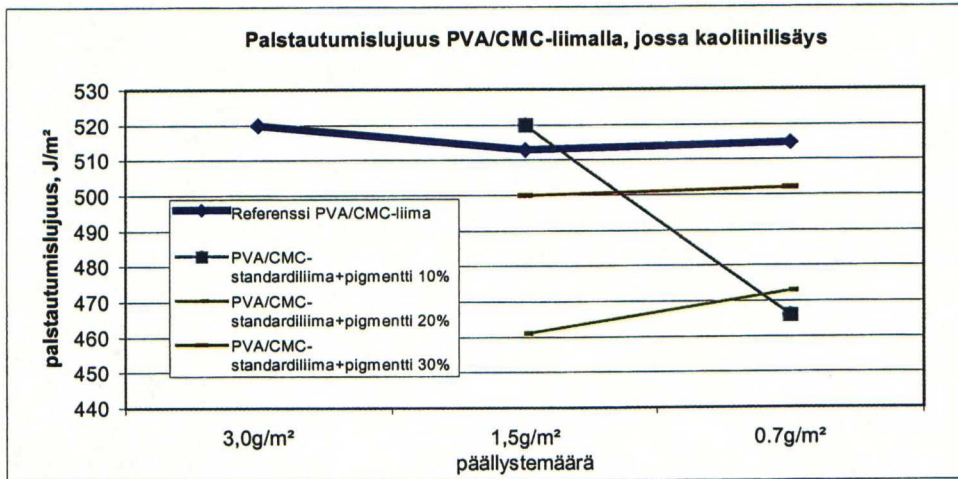
Kuva 104. Palstautumislujuus Rebarcon ja tärkkelyksen seoksilla pintaliimattaessa

Rebarcon ja tärkkelyksen seoksella pintaliimattaessa jäädyän referenssiä alhaisemmalle tasolle palstautumislujuudessa. Tämä voidaan selkeästi nähdä kuvasta 104. Tämä johtunee tärkkelyksen PVA:ta huonommasta sidostenmuodostamiskyvystä ja Rebarcon palstautumislujuutta heikentävästä luonteesta.



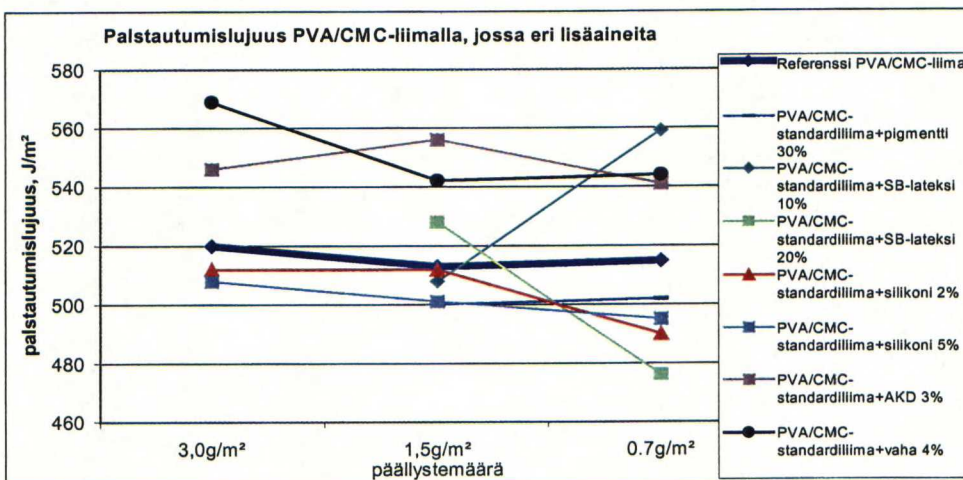
Kuva 105. Palstautumislujuus Rebarcon ja PVA/CMC-liiman seoksella pintaliimattaessa

Rebarcon sekoittamisen vaikutus PVA/CMC-liimalla saatavaan palstautumislujuuteen on paljon tärkkelysseoksen kaltainen. Rebarcon lisäys on heikentänyt saavutettua palstautumislujuutta referenssiin verrattuna. Rebarco-lisäys heikentää palstautumislujuutta vähentämällä sideaineen määrää. Rebarcon sisältämä kiviaines ja lateksi ovat sitoutuvuudeltaan PVA:ta heikompia ja myös liiman tunkeutuminen paperin runkoa vahvistamaan on heikompaa. Rebarcon käyttö pintaliiman lisäaineenan saattaa vaikuttaa myös taustapuolen tärkkipintaliimausta heikentävästi. Tilanne on esitetty kuvassa 105.



Kuva 106. Kaoliinilisäyksen vaikutus PVA/CMC(80:20)-pintaliimalla saatuun palstautumislujuuteen

Kuvan 106 perusteella voidaan todeta, että kaoliinilisäys on heikentänyt jonkin verran palstautumislujuutta. Pintaliimakerroksen lujuuteen täyteainelisäys vaikuttaa heikentävästi sideaineen suhteellisen määrän pienentyessä kaoliinia lisättäessä. Tämä ei kuitenkaan vaikuttane palstautumislujuuteen palstautumisen tapahtuessa runkokerroksessa. Mahdollisesti myös pintaliiman tunkeutuminen ei tapahdu yhtä syväälle paperin rakenteeseen. Pigmentti saattaa myös sitoa sideainetta, jolloin rainan sisäosiin tunkeutuvan sideaineen määrä jää vähäisemmäksi.



Kuva 107. Eri lisäaineiden vaikutus PVA/CMC(80:20)-liimalla saatuun palstautumislujuuteen

Kuvassa 107 on nähtävissä, ettei merkittävää muutosta palstautumislujuudessa saada aikaan näiden aineiden lisäämisellä pintaliiman joukkoon.

18.4 Toisen pilot-koeajon yhteenveto

Ensimmäisen pilot-koeajon perusteella havaittiin Rebarco-barrier-päällysteen antavan yksinään riittämättömän keston öljyä ja silikonia vastaan. Toisessa koeajossa Rebarcoa sekoitettiin tärkkelykseen ja PVA/CMC(80:20)-liimaan., jolloin molempien aineiden lisäyksillä saavutettiin huomattava parannus öljynabsorptiossa. Ensimmäisessä koeajossa pelkällä Rebarcolla saatiin unger-arvoksi yli 2,0 g/m² päällystemäärällä 3,0 g/m² ja nyt sekoittamalla Rebarcoa tärkkelykseen ja PVA/CMC-liimaan päästiin tasolle alle 0,5 g/m². Silti shirlastain-testinesteeseen imeytyminen oli selvästi referenssisitasoa alempana pisteissä, joissa Rebarcoa sekoitettiin PVA/CMC-liimaan, varsinkin suhteella 50 %/ 50 %. Paperi, joka oli näin pintaliimattu edusti absorptio-ominaisuuksiltaan selkeää parannusta nykyiseen paperikoneella saavutettavaan laatuun verrattuna.

Merkittävä parannus ja öljy- ja silikoniabsorptiossa saavutettiin koepisteistä, joissa lisättiin kaoliinia paperikoneella nykyisin käytössä olevaan pintaliimaan. Kaoliinilisäyksen tehokkuus ominaisuuksien parantamisessa näytti heikentyvän täyteainemäärää lisättäessä. Pienellä kaoliinilisäyksellä seostetulla PVA/CMC(80:20)-pintaliimalla päästiin absorptio-ominaisuuksissa huomattavaan parannukseen referenssiin verrattuna.

Kaoliinin lisäksi PVA/CMC(80:20)-pintaliiman joukkoon sekoitettiin joukko muita lisäaineita, mutta näiden vaikutus paperin mitattuihin ominaisuuksiin osoittautui vähäiseksi.

19 Kolmas pilot koeajo

19.1 Yleistä koeajosta

Kolmas koeajo toteutettiin kahden aikaisemman koeajon tapaan Raisio Yhtymän CTC-koelaitoksessa. Ajotavat ja olosuhteet asetettiin mahdollisimman samanlaisiksi aikaisempien ajojen kanssa. Kolmannessa koeajossa pintaliimattiin sekä hartsimassaliimauksella käsiteltyjä, että massaliimaamattomia papereita. Massaliimattomien papereiden pintaliimauksen tarkoituksena oli selvittää mahdollisuuksia korvata sulppuliimausta hydrofobisella pintaliimalla. Massaliimauksen pois jättämisellä on kiistaton palstautumislujuutta edistävä vaikutus.

Toisessa koeajossa saatiin rohkaisevia tuloksia pintaliimoilla, joissa Rebarco-päällysteen joukkoon sekoitettiin PVA/CMC(80:20)-liimaa tai tärkkelystä. Sekä tärkkelyksellä että PVA/CMC-liimalla veden imeytyminen oli toisessa koeajossa liian runsasta, mutta tätä ominaisuutta yritettiin kolmannessa koeajossa parantaa lisäämällä hydrofobointiaineita pintaliiman joukkoon.

Kahden aikaisemman koeajon koepisteistä valmistettiin myös rullat mahdollista pilot-mittaista superkalanterointia varten, mutta koska tulokset olivat ennakoitua selkeämmät siirryttiin suoraan tuotantomittakaavan laitteisiin. Koepisteiden näytteet voitiin pilot-rullien tarpeen poistuttua leikata giljotiinilla ja näytteet superkalanteroitettiin kostutuskaapin jälkeen laboratorioskalanterilla.

19.2 Koeajo

Kahden edellisen koeajon tuloksista nähtiin selkeästi, että pintaliimalla, joka sisälsi suunnilleen puolet Rebarcoa ja puolet PVA/CMC(80:20)-liimaa saatiin aikaan merkittävä parannus irrokepohjapaperin huokoisuudessa ja absorptio-ominaisuuksissa. Kolmannessa koeajossa tähän havaintoon haettiin lisävahvistusta ajamalla sarja papereita pintaliimoilla, joissa oli edellä mainittuja komponentteja vaihtelevissa suhteissa.

Toinen merkittävä havainto oli kaoliinilisäyksen vaikutus PVA/CMC(80:20)-liiman tiiveyteen. Kolmannessa koeajossa haettiin lisävarmistusta tälle tulokselle kattavalla sarjalla alhaisen kaoliinipitoisuuden pintaliimoja. Samalla kokeiltiin myös erilaisten pintaliiman hydrofobilisäaineiden vaikutusta paperin vedenpidätyskykyyn.

Kolmannen koeajon koesuunnitelmassa pyrittiin luotettavien referenssiarvojen saamiseen sekä massaliimatulle, että massaliimaamattomalle paperille nykyisin paperikoneella käytössä olevalla pintaliimalla (PVA/CMC 80:20). Kolmannessakaan koeajossa ei pyritty saamaan tuloksille tilastollista merkitsevyyttä, vaan kartoittamaan mahdollisen parannuksen antavia pintaliimareseptejä ja myöhemmin arvioimaan tilastollista merkitsevyyttä tuotantomitan laitteistolla saatavasta laadusta. Koepisteissä on myös verrattu kahta erilaista PVA/CMC-suhdetta ja arvioitu tämän tekijän merkitystä pintaliimakerroksen ominaisuuksiin.

Taulukko 11. Kolmannen koeajon toteutunut koesuunnitelma

Koepiste	Koepisteen nimi	Pääll.määrä	Liimattava pap.	Kalanterointi
KP 1-6	Referenssi PVA/CMC - liima 80:20	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu • Massaliimaton	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 7-9	PVA/CMC-liima+kaoliini 5%	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 10-12	PVA/CMC-liima+kaoliini 10%	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 13-15	PVA/CMC-liima+kaoliini 15%	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 16-18	PVA/CMC-liima+kaoliini 20%	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 19-21	PVA/CMC-liima 90:10	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 22-24	PVA/CMC-liima 90:10 + 5% kaoliinia	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 25-27	PVA/CMC-liima 90:10 + 10% kaoliinia	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 28-30	Rebarco+PVA/CMC- pintaliima 60:40	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 31-33	Rebarco+PVA/CMC- pintaliima 50:50	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 34-36	Rebarco+PVA/CMC- pintaliima 40:60	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 37-39	PVA/CMC(80:20)-liima + Raisio XX D 200 5 %	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 40-42	PVA/CMC(80:20)-liima + Raisio XX D 200 5 %	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimaton	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 43-45	PVA/CMC(80:20)-liima + Raisio XX D 200 10 %	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimaton	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 46-48	PVA/CMC(80:20)-liima+ Raisio XX D 200 10 %	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 49-51	PVA/CMC(80:20)-liima + Raisio XX D 200 10 + 10% kaoliinia	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 52-54	PVA/CMC(80:20)-liima+ Raisio XX D 200 10 + 10% kaoliinia	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimaton	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 55-57	PVA/CMC(80:20)-liima + Basoplast 335 D 5 %	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimaton	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 58-60	PVA/CMC(80:20)-liima+ Basoplast 335 D 10 %	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 61-63	PVA/CMC(80:20)-liima+ Basoplast 335 D 10 %	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimaton	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 64-66	PVA/CMC(80:20)-liima+ Basoplast 335 D 10 % + 10 % kaoliinia	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimaton	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 67-69	PVA/CMC(80:20)-liima + Basoplast 335 D 10 % + 10 % kaoliinia	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 70-72	Rebarco+ Filmitärkki Raisio 402 ESP 40:60 + 10 % XX D 200	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu
KP 73-75	Rebarco+ Filmitärkki Raisio 402 ESP 50:50 + 10 % XX D 200	3,0 - 1,5 - 0,7 g/m ²	• Massaliimattu	• Kalanteroimaton • Lab.kalanteroitu

Koepisteissä 1-6 ajettiin referenssit sekä massaliimatulle että massaliimaamattomalle pohjapaperille. Jokaisessa koeajossa on ajettu referenssit pelkällä PVA/CMC-liimalla uudelleen paremman vertailukelpoisuuden vuoksi.

Koepisteissä 7-18 ajettiin massaliimatulle pohjapaperille eri kaoliinipitoisuuksilla seostettuja PVA/CMC(80:20)-pintaliimoja. Tässä haettiin lisävahvistusta edellisen koeajon tuloksille, joissa kaoliinilisäys antoi selkeän parannuksen huokoisuuteen ja absorptiomittauksien tuloksiin.

Koepisteissä 19-27 kokeiltiin kaoliinin sekoittamisen vaikutusta PVA/CMC-pintaliimaan, jossa oli tavallista enemmän polyvinyylialkoholia. (90% tavallisen 80% sijasta)

Koepisteissä 28-36 pintaliimana käytettiin PVA/CMC(80:20)-liiman ja Rebarcon seoksia suhteilla 40/60, 50/50 ja 60/40. Toisessa pilot koeajossa havaittiin ominaisuuksiltaan hyväksi seos 50/50 ja tässä ajossa pyrittiin varmistamaan tulos ja mahdollisesti haarukoimaan liiman seossuhde, joka olisi ominaisuuksiltaan vielä parempi. Näissä koepisteissä käytettiin massaliimattua paperia.

Koepisteissä 37-54 kokeiltiin Raison XX D 200-hydrofobikemikaalin (SMI) vaikutusta PVA/CMC(80:20)-liiman vedenkeston. Kemikaalia sekoitettiin kaksi eri pitoisuutta ja lopuksi vielä lisättiin 10 % kaoliinia. Kaikki XX D 200 koepisteet pintaliimattiin sekä massaliimatulle, että liimattomalle paperille.

Suomen BASF Oyj:n Basoplast 335 D hydrofobointikemikaalin vaikutusta PVA/CMC(80:20)-pintaliiman vedenkeston kokeiltiin koepisteissä 55-69. Basoplastia seostettiin kahdella eri pitoisuudella ja lopuksi vielä lisättiin jälleen 10 % kaoliinia. Kaikilla liimaseoksilla pintaliimattiin sekä massaliimattua, että liimatonta paperia. Tosin matalammalla Basoplast-pitoisuudella ajettiin vain massaliimaamaton rulla.

Koepisteissä 70-75 pintaliimattiin paperia Rebarcon ja Raison filmitärkin seoksella kahdella eri seossuhteella. Kaikkiin seoksiin oli lisäksi lisätty 10 % XX D 200:aa antamaan pintaliimalle vedenkestävyyttä. Toisen pilot-koeajon tärkein+Rebarco-pisteissä öljynabsorptiossa päästiin erittäin hyvälle tasolle, mutta vesi imeytyi liian hyvin. Näissä koepisteissä oli tarkoitus korjata tämä paperin puute hydrofobilisäaineilla tärkein joukossa.

19.3 Koeajon tulosten tarkastelu

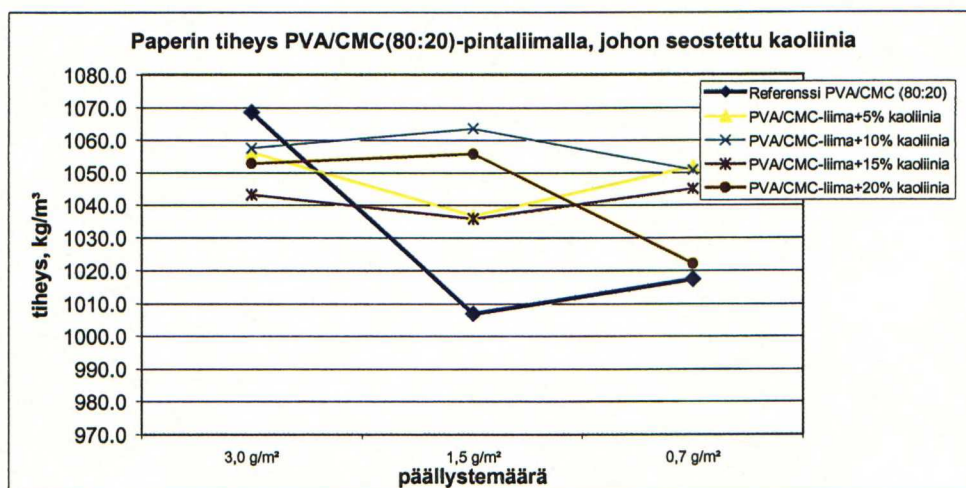
Pintaliimatuista papereista mitattiin aikaisempien koeajojen tapaan, ennen ja jälkeen laboratoriokalanteroinnin neliömassa, paksuus, tiheys, bekk-huokoisuus, unger-öljynabsorptio (60s), shirlastain (30s), palstautumislujuus, bekk-sileys, PPS-karheus, IGT-tahransuoritus ja transparenssi. Mittausten tulokset on taulukoitu liitteeseen 15. Absorptio-ominaisuuksia silikonia vastaan testattiin tässäkin koeajossa myös silikoniabsorptiotestillä. Eri ominaisuuksia esittävässä kuvaajissa on tavallista paperikoneella käytössä olevaa pintaliimaa edustava referenssi esitetty muita paksummalla tummansinisellä käyrällä. Massaliimaamattoman paperin referenssi on muita paksumpi vaaleanpunainen käyrä.

Tulokset on seuraavassa esitetty ominaisuus kerrallaan, erikseen kullekin pintaliimatyyppille

19.3.1 Tiheys

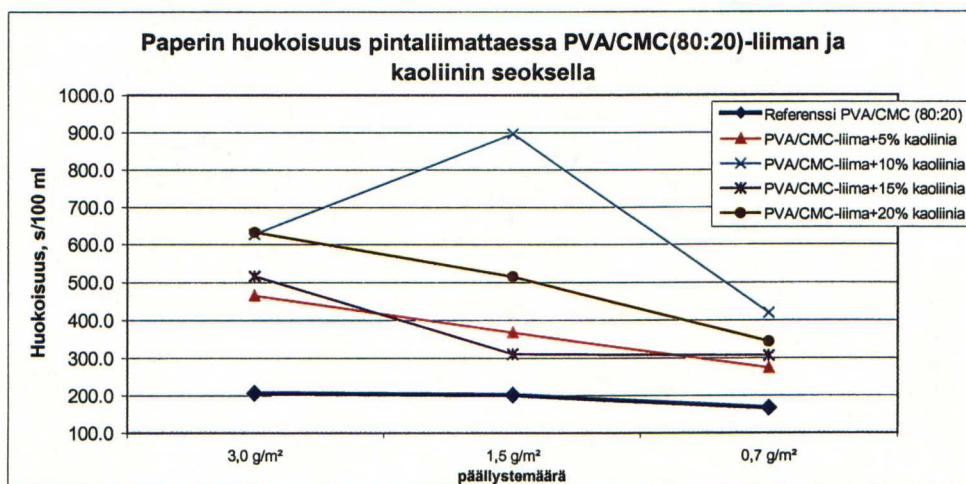
Kuvassa 108 on esimerkin vuoksi esitetty laboratoriokalanteroitujen, kaoliinilla seostetulla PVA/CMC(80:20)-pintaliimalla päällystettyjen papereiden tiheys kolmella

eri liimamäärällä. Kuvasta voidaan havaita, että kaoliinilisäyksellä on tiheyttä kasvattava vaikutus. Vaikutus on kuitenkin vähäinen ja kaikilla pintaliimoilla tiheys on kasvanut päällystemäärän kasvaessa pohjapaperista riippumatta. Pintaliima on siis kuitumateriaalia tiheämpää. Kaikkien laboratoriakalanteroitujen näytteiden keskimääräinen tiheys oli n. 1044 kg/m³.



Kuva 108. Paperin tiheys pintaliimoilla, joissa PVA/CMC(80:20)-liiman joukossa eri määriä kaoliinia

19.3.2 Bekk-huokoisuus



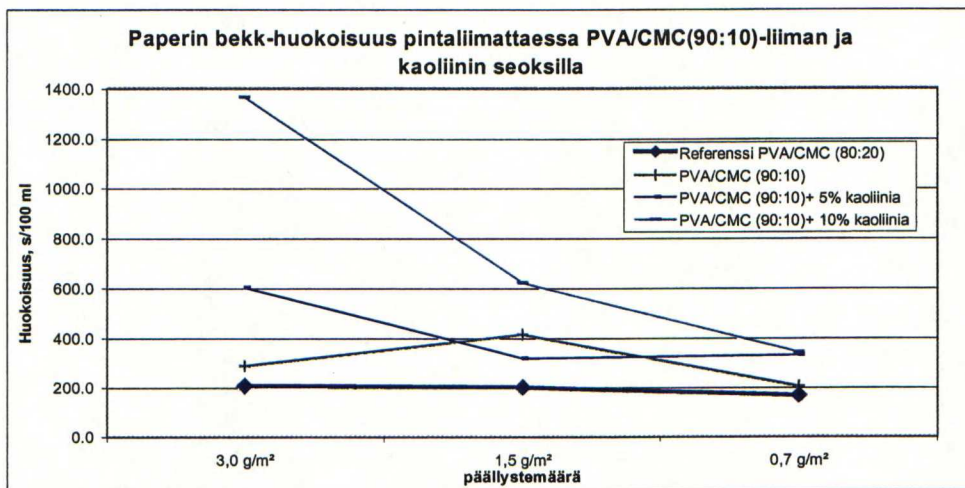
Kuva 109. Paperin huokoisuus pintaliiman ollessa PVA/CMC(80:20)-liiman ja kaoliinin seos

Kuvassa 109 on esitetty kaoliinilisäyksen vaikutus PVA/CMC(80:20)-pintaliimalla saatavaan huokoisuuteen. Tässä kolmannessa pilot-koeajossa haluttiin varmistaa toisen koeajon hyvät tulokset, jotka saatiin 10 % kaoliinilisäyksellä. Yllä olevasta kuvasta on helposti nähtävissä, että kolmannessakin koeajossa kaoliinin lisäysmäärästä juuri 10 % lisäys antoi suurimman parannuksen bekk-huokoisuuteen.

Tämä optimipitoisuuden löytyminen selittyy ilmeisesti sillä, että suuremmilla pitoisuuksilla sinänsä huokoinen kiviaines *alkaa häiritä* jatkuvan PVA-filmin

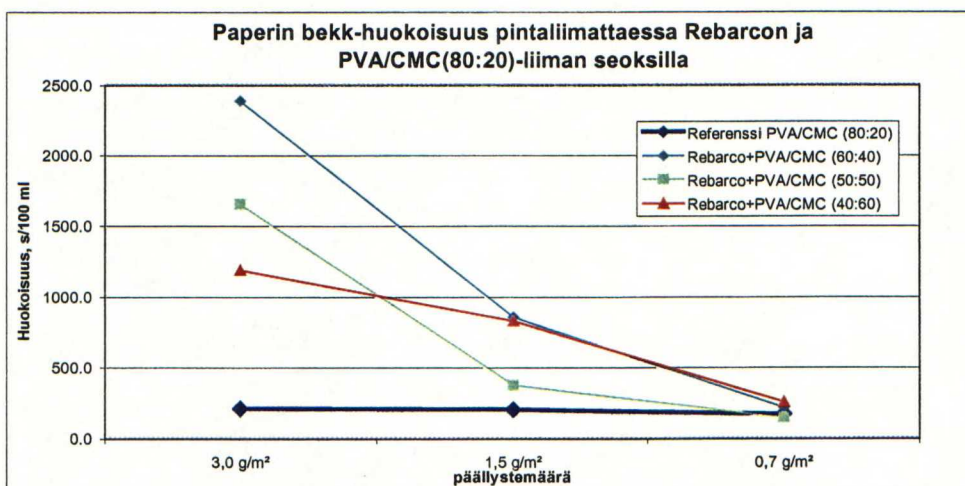
muodostumista ja alhaisemmat pitoisuudet taas eivät riitä tukkimaan pohjapaperin huokosia. Kaoliinipartikkelit eivät suuremmilla pitoisuuksilla enää ole täysin sideaineen peittämiä vaan muodostavat sinällään sisällään huokostilavuutta sekä lisäävät hienojakoisena materiaalina kostutettavaa pinta-alaa.

Kuvassa 110 on esitetty vastaavan kaoliiniannostelun vaikutus hieman enemmän polyvinyylialkoholia sisältävän PVA/CMC(90:10)-liiman joukossa. Tässäkin tapauksessa 10% kaoliiniannos on antanut parhaan tuloksen. Ilmiö perustuu tässäkin tapauksessa samoihin ilmiöihin kuin vähemmän PVA:ta sisältävällä liimalla.



Kuva 110. Paperin huokoisuus pintaliiman ollessa PVA/CMC(90:10)-liiman ja kaoliinin seos

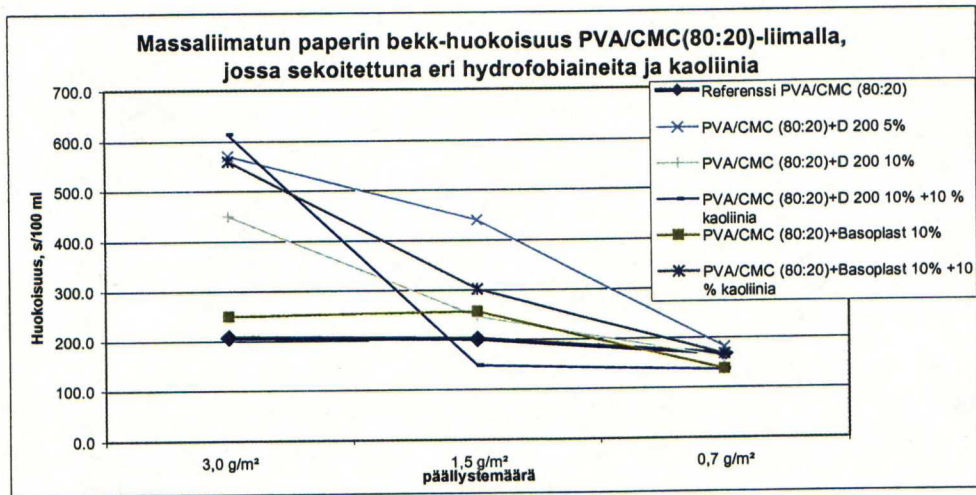
Kuvassa 111 esitetään massaliimattujen Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seoksilla pintaliimattujen papereiden bekk-huokoisuus. Kuvasta on selvästi nähtävissä Rebarcon kunnollisen toiminnan vaatima suuri päälystemäärä. Päälysteen tiiveys kasvaa nopeasti päälystemäärän kasvaessa. Lateksiin ja täyteainetalkkiin perustuva barrier-päälyste on täysin kaasutiivis jo hieman yli 10 g/m²:n päälystemäärällä. Sen sijaan pienellä päälystemäärällä Rebarco-lisäyksen vaikutus ei nosta paperin tiiveyttä referenssitasosta.



Kuva 111. Paperin bekk-huokoisuus paranee Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seoksilla päälystemäärän kasvaessa

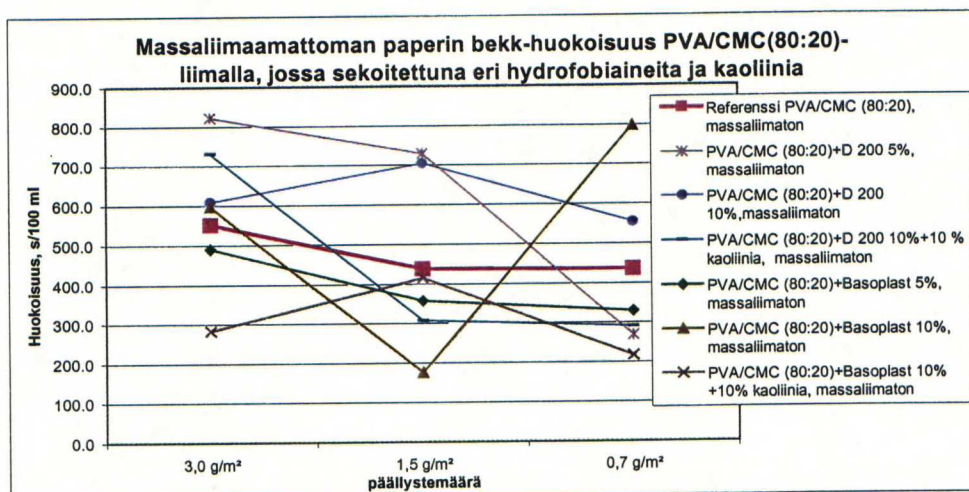
Kuvassa 112 esitetään kahden eri hydrofobiaineen (Raisio XX D 200 ja BASF Basoplast 335 D) vaikutus paperin huokoisuuteen sekoitettuna PVA/CMC(80:20)-liiman joukkoon. Lisäksi osaan liimoista on sekoitettu yksi pitoisuus kaoliinia.

Raision XX D 200 vaikutti polyvinyylialkoholin ristositoutumiseen siten, että pintaliima jäi hieman tahmeaksi. Ilmeisesti osittain siitä johtuvat hyvät huokoisuusmittaustulokset. Tässäkin kuvassa kaoliinilisäyksen huokoisuutta vähentävä vaikutus on nähtävissä.



Kuva 112. Massaliimatun paperin bekk-huokoisuus pintaliimalla, jossa tavallisen PVA/CMC(80:20)-liiman joukossa on erilaisia hydrofobiaineita

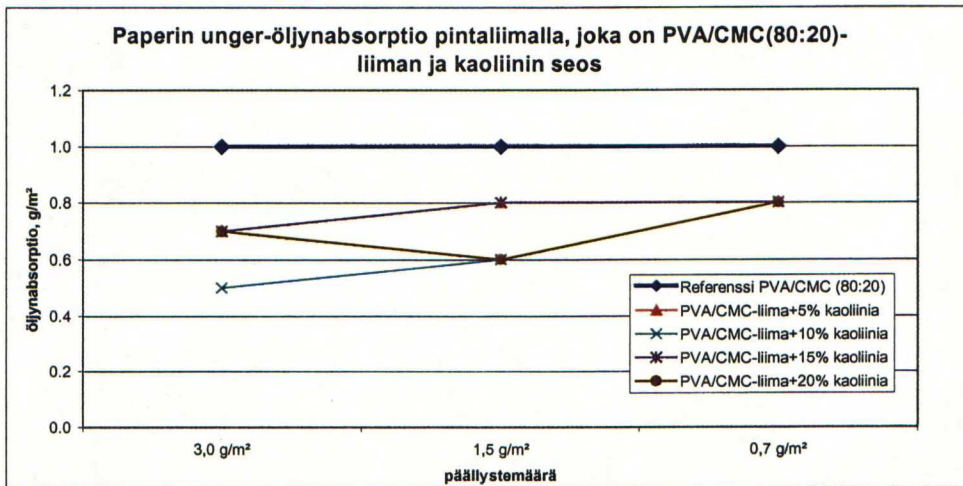
Kuvassa 113 on esitetty XX D 200:lla ja Basoplastilla lisätyillä pintaliimoilla päälystettyjen massaliimattomien papereiden bekk-huokoisuus. XX D 200 vähensi paperin huokoisuutta. XX D 200:n vaikutus perustui ilmeisesti massaliimaamattomallakin paperilla sen taipumukseen jättää liima hieman kovettumattomaksi. Muiden aineiden lisäysten vaikutus oli vaatimaton.



Kuva 113. Massaliimaamattoman paperin bekk-huokoisuus pintaliimalla, jossa tavallisen PVA/CMC(80:20)-liiman joukossa on erilaisia hydrofobiaineita

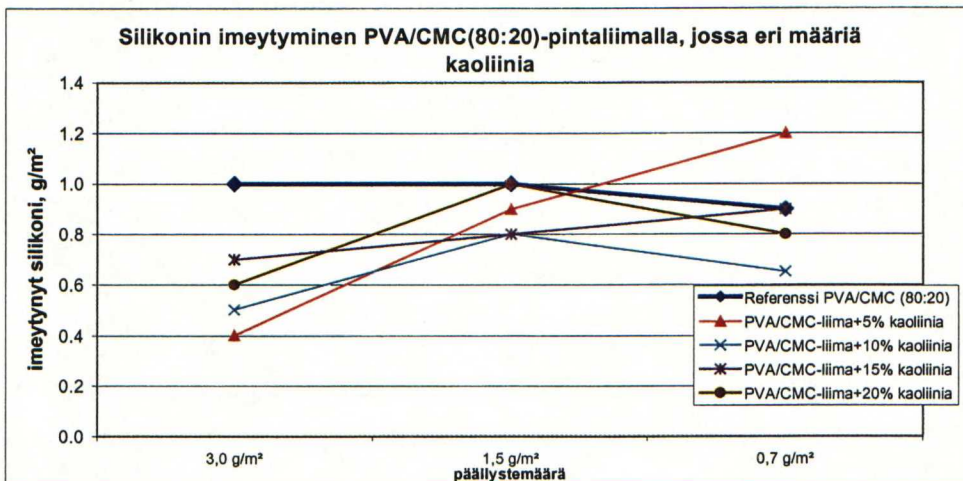
19.3.3 Unger-öljynabsorptio ja silikonin imeytyminen paperiin

Kuvassa 114 on esitetty öljynabsorptio papereilla, jotka on pintaliimattu tavallisen PVA/CMC(80:20)-liiman ja kaoliinin seoksilla. Kaoliinilisäyksen aikaansaama parannus bekk-huokoisuudessa näkyy myös parantuneina unger-arvoina. Pienentyneen huokoskoon ja -määrän vaikutus öljynabsorptioon on ilmeinen. Tässäkin tapauksessa 10 % kaoliinilisäys antoi parhaat tulokset. Tämäkin tukee toisen pilot-koeajon tuloksia, joissa havaittiin sama ilmiö.



Kuva 114. Paperin unger-öljynabsorptio vähenee, kun PVA/CMC(80:20)-liimaan lisätään sopiva määrä kaoliinia

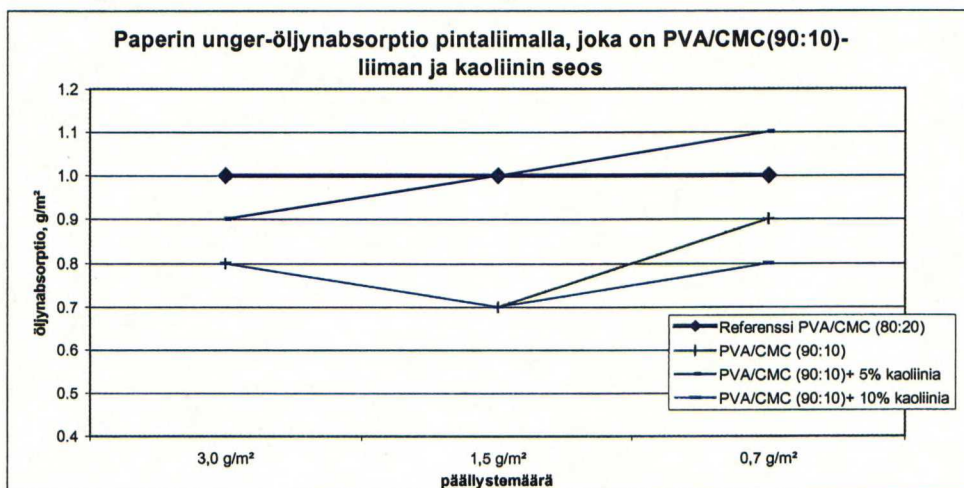
Silikonin imeytymistä vastaaviin koepisteisiin esitetään kuvassa 115. Myös silikonin imeytyminen on ollut vähäisintä pintaliimalla, jossa kaoliiniosuus on ollut 10 %.



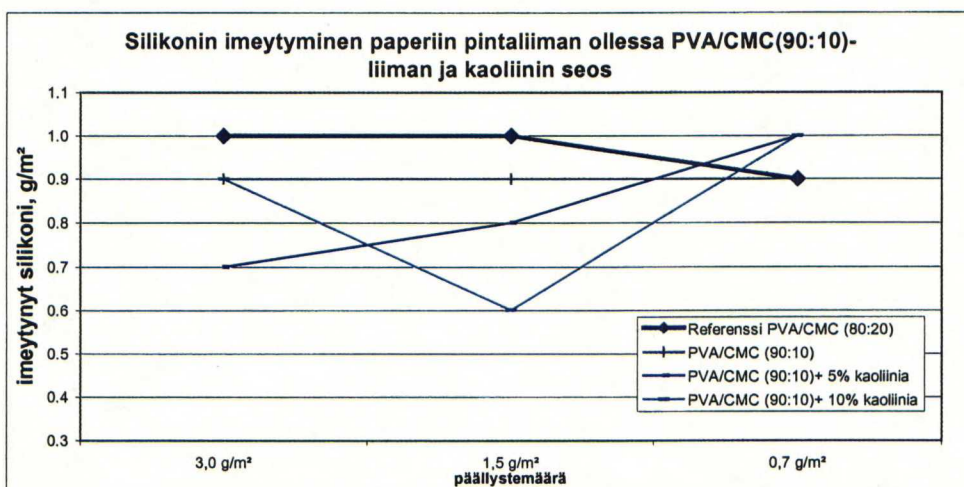
Kuva 115. Myös silikonin imeytyminen paperiin vähenee, kun PVA/CMC(80:20)-liimaan lisätään kaoliinia

Kuvassa 116 on esitetty tilanne, jossa PVA/CMC(90:10)-liiman joukkoon on sekoitettu kaoliinia. Suurempi PVA-osuus on pienentänyt öljynabsorptiota ilmeisesti parantuneen filminmuodostuksen ansiosta. Kaoliinilisäyksellä ei tässä tapauksessa enää ole ollut suurta vaikutusta. Kuitenkin tässäkin tapauksessa 10% kaoliinilisäys on

ollut 5% lisäystä parempi. Kuvassa 117 esitetyssä, samoilla pintaliimoilla tehdyssä, silikonin imeytystestissä tulos on ollut samansuuntainen.



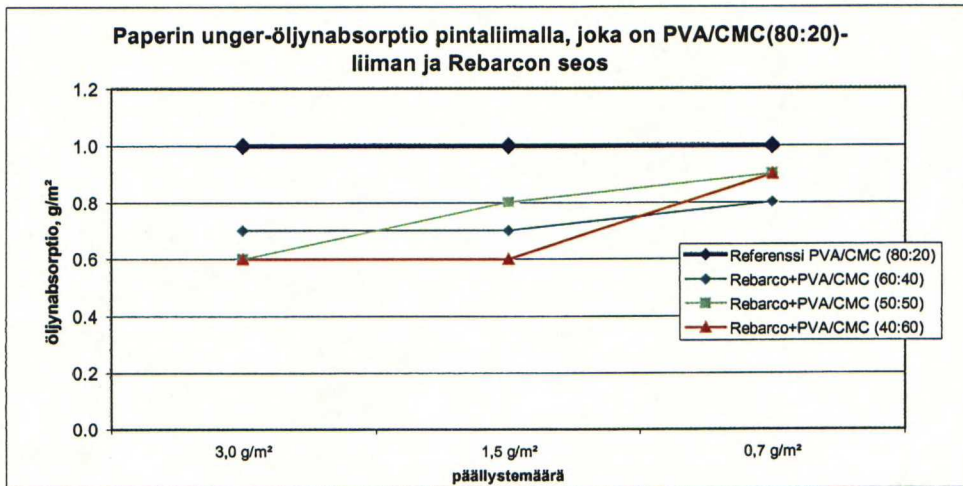
Kuva 116. Paperin unger-öljynabsorptio pienenee sekä kaoliinilisäyksen, että suuremman PVA-osuuden vaikutuksesta



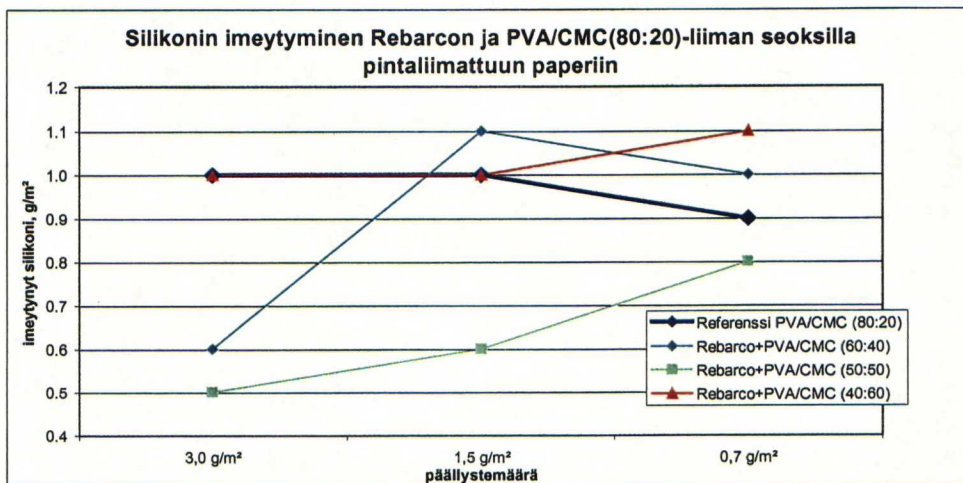
Kuva 117. Paperin kyky pidättää silikonia paranee kaoliinilisäyksen ansiosta

Kuvassa 118 esitetyt paperit on pintaliimattu Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seoksilla. Unger-arvo korreloi hyvin bekk-huokoisuuden kanssa ja tämän voi havaita näistäkin koepisteistä. Erittäin vähän huokoiset suuren päälystemäärän pisteet näillä Rebarcolla seostetuilla pintaliimoilla antavat myös erittäin matalat unger-arvot.

Pelkkä Rebarco ei antanut ensimmäisessä pilot-koearjoissa kovin tiivistä päälystettä ja sama havainto voidaan tehdä myös kuvan 121 pisteistä, joissa silikonia on imeytetty paperiin. Mitä enemmän Rebarcoa on läsnä, sitä suurempi on imeytynyt silikonin määrä. Eri koostumukset asettuvat tässä mielessä oikeaan järjestykseen.



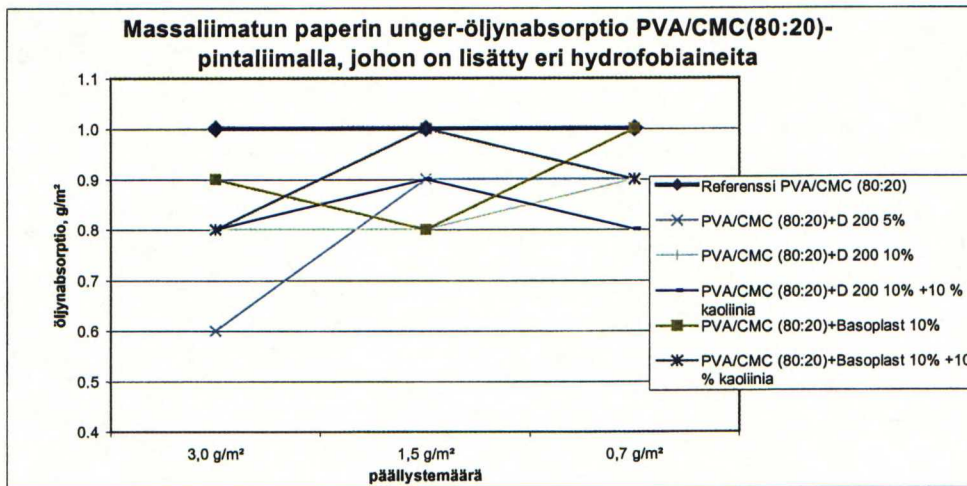
Kuva 118. Paperin unger-öljynabsorptio pintaliimalla, joka on Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seos



Kuva 119. Silikonin imeytyminen pintaliimalla, joka on Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seos

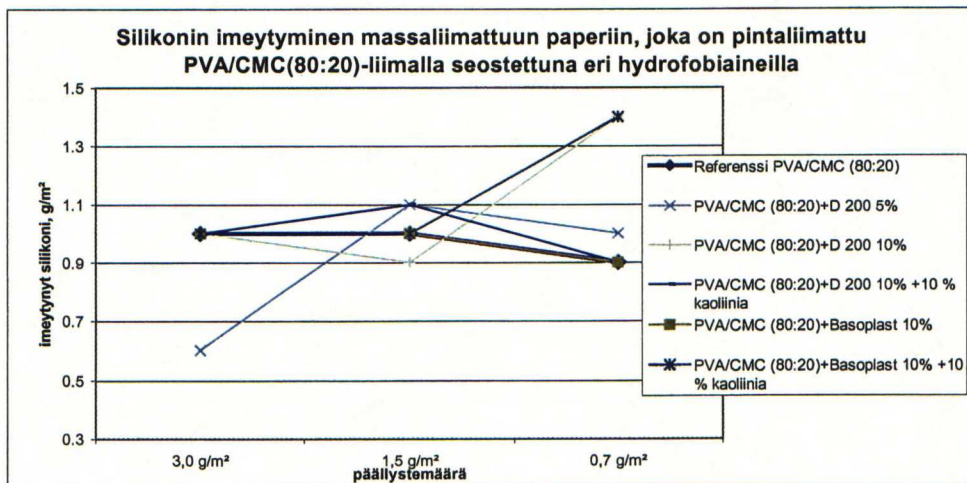
Kuvasta 119 voidaan nähdä silikonin imeytymisen olevan vähäisintä koepisteissä, joissa pintaliima koostui Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seoksesta, jossa molempia oli yhtä paljon. Sama havainto tehtiin jo toisen pilot-koekäytön tuloksista. Päällystemäärän kasvattaminen parantaa unger-tulosta. Sama parannus nähtiin myös bekk-huokoisuudessa.

Kuvassa 120 tarkastellaan öljyn imeytymistä massaliimattuun paperiin, joka on pintaliimattu PVA/CMC(80:20)-liiman ja hydrofobointikemikaalien seoksilla. Kuvasta nähdään, että Raision XX D 200 ja kaoliini PVA/CMC(80:20)-pintaliiman joukossa ovat alentaneet öljynabsorptiota massaliimatulla paperilla. Sen sijaan Basoplastin lisäys ei ole vaikuttanut öljyn imeytymiseen.



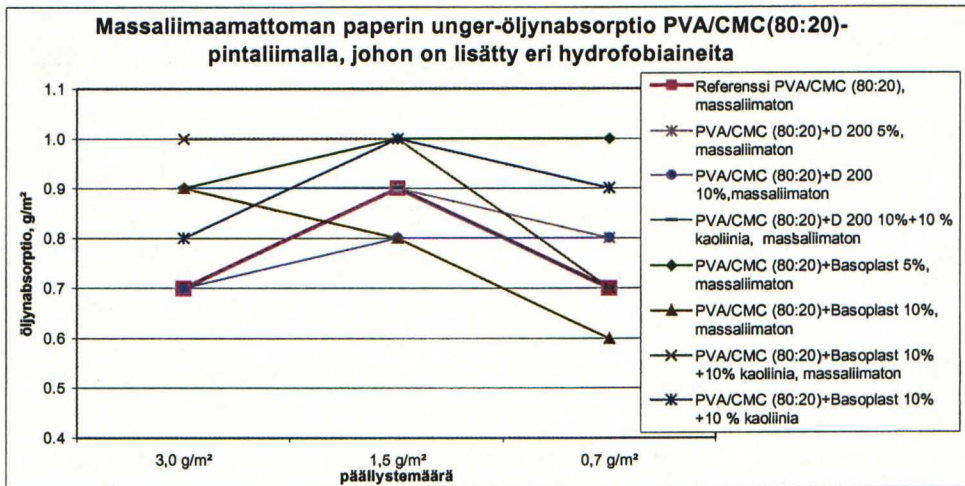
Kuva 120. Massaliimatun paperin unger-öljynabsorptio PVA/CMC(80:20)-pintaliimalla, jossa on sekoitettuna eri hydrofobiaineita

Kuvassa 121 on esitetty silikonin imeytymistä PVA/CMC(80:20)-liiman ja hydrofobiaineiden seoksella pintaliimattuihin papereihin. Hydrofobiaineet eivät ole vaikuttaneet silikoninkaan imeytymiseen.



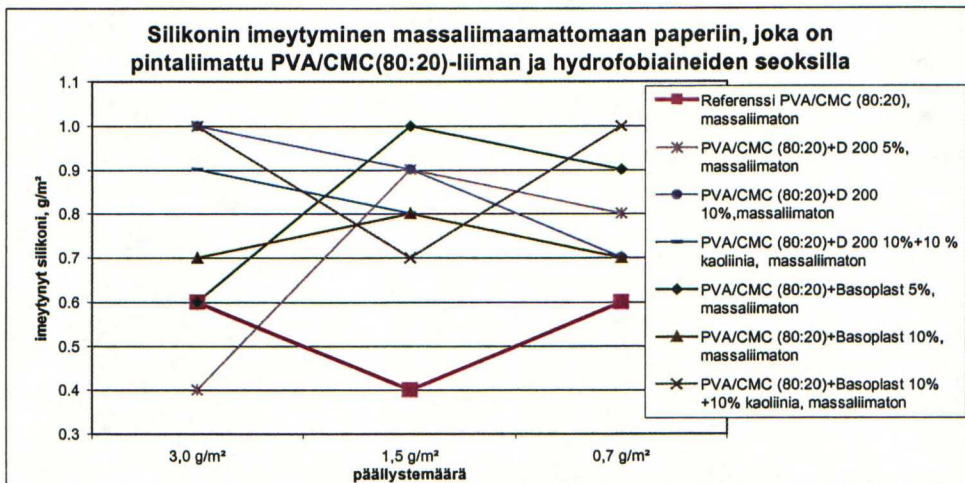
Kuva 121. Silikonin imeytyminen massaliimattuun paperiin, joka on pintaliimattu PVA/CMC(80:20)-liimalla ja hydrofobiaineiden seoksilla

Kuvassa 122 esitetään eri pintaliimaan sekoitettujen hydrofobiaineiden vaikutusta massaliimaamattoman paperin öljynabsorptioon. Tässäkin tapauksessa parhaan öljynpidätyskyvyn antavat ne pintaliimat, joilla saatiin alhaisin huokoisuus.



Kuva 122. Unger-öljynabsorptio massaliimattomalla paperilla, joka on pintaliimattu PVA/CMC(80:20)-liiman ja hydrofobiaineiden seoksilla

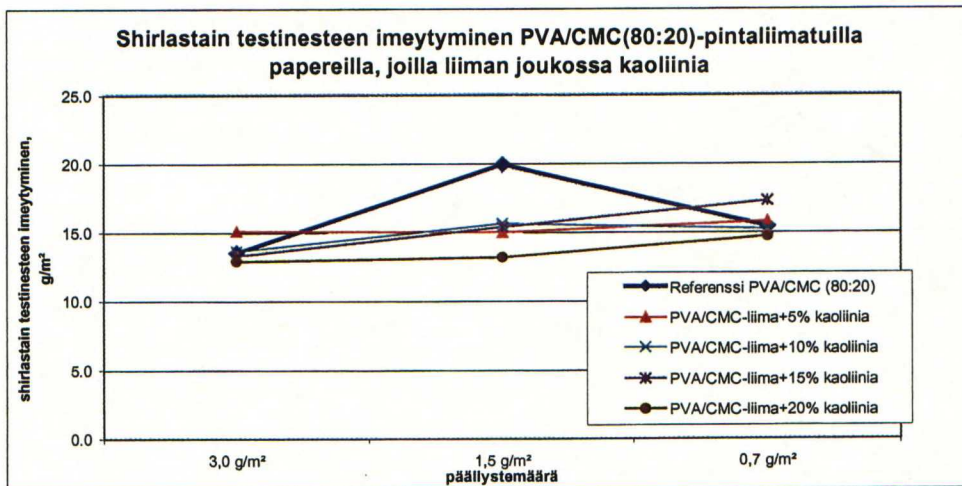
Kuvassa 123 nähdään vastaavat imeytyneet määrät silikonilla. Silikonin tapauksessa kaikki hydrofobiaineet ovat lisänneet silikonin imeytymistä massaliimaamattomaan paperiin. Tämä johtunee pienemmästä kosketuskulmasta paperin ja silikonin välillä, joka mahdollistaa paremman pinnan kastumisen silikonilla ja siten suuremman tunkeutumisen.



Kuva 123. Silikonin imeytyminen massaliimattomalla paperilla, joka on pintaliimattu PVA/CMC(80:20)-liiman ja hydrofobiaineiden seoksilla

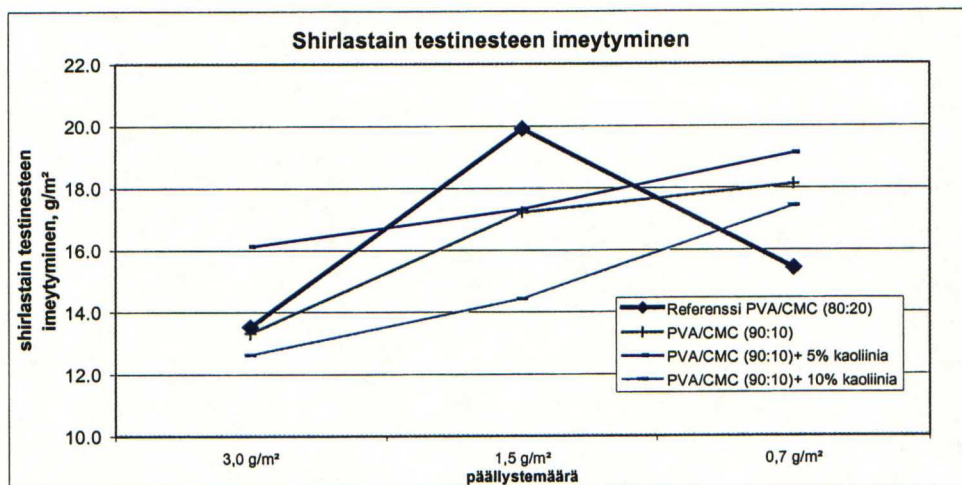
19.3.4 Shirlastain-testi

Kuvasta 124 voidaan selvästi nähdä, että kaoliinilisäys PVA/CMC-liiman joukossa ei vähennä testinesteen imeytymistä paperiin. Testineste on vesipohjainen ja kaoliini ei paranna paperin vedenpidätyskykyä



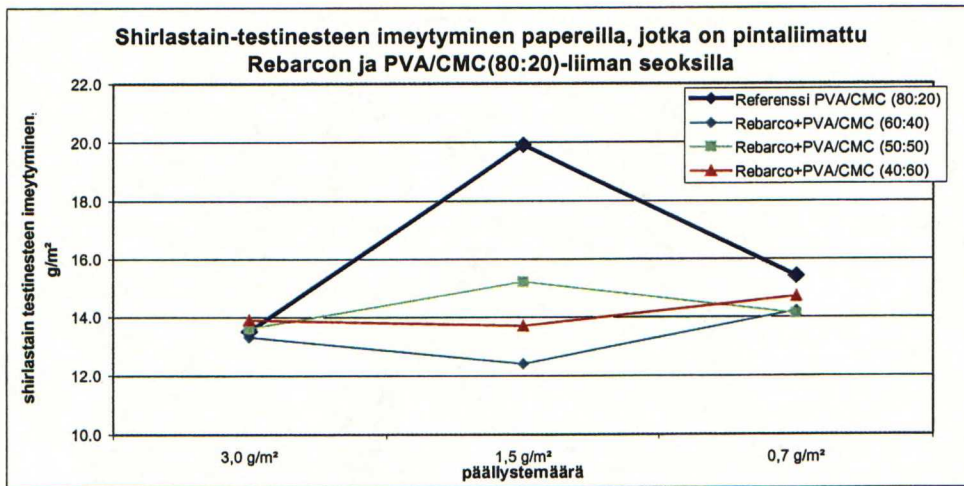
Kuva 124. Kaoliinilisäys PVA/CMC-liiman joukossa ei vaikuta shirlastain testinesteen imeytymiseen

Kuvassa 125 on esitetty shirlastain testinesteen imeytyminen papereihin, jotka on pintaliimattu suhteessa enemmän PVA:ta sisältävällä pintaliimalla, johon on vielä seostettu kaoliinia kahdella eri pitoisuudella. PVA-määrän muutoksen ei voi sanoa vaikuttaneen testinesteen imeytymiseen. Kaoliinin aikaansaama tiivistyminen on kuitenkin hieman vähentänyt imeytymistä.



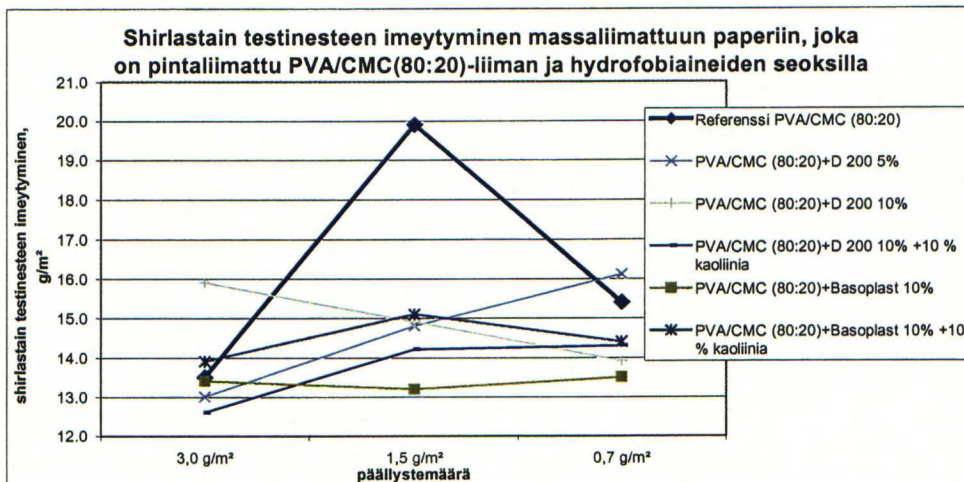
Kuva 125. Shirlastain-testinesteen imeytyminen PVA/CMC(90:10)-liiman ja kaoliinin seoksilla pintaliimatuilla papereilla

Kuvassa 126 on esitetty shirlastain-testinesteen imeytyminen papereihin, jotka on pintaliimattu Rebarcon ja PVA/CMC-liiman seoksilla. Rebarco antaa paperille vedenkestävyyttä verrattuna pelkkään PVA:han. Referenssiliimalla saavutettu pieni imeytyminen suurimmalla päällystämäärällä ei tunnu uskottavalta. Ilmeisesti päällystämäärä on ollut haluttua suurempi.



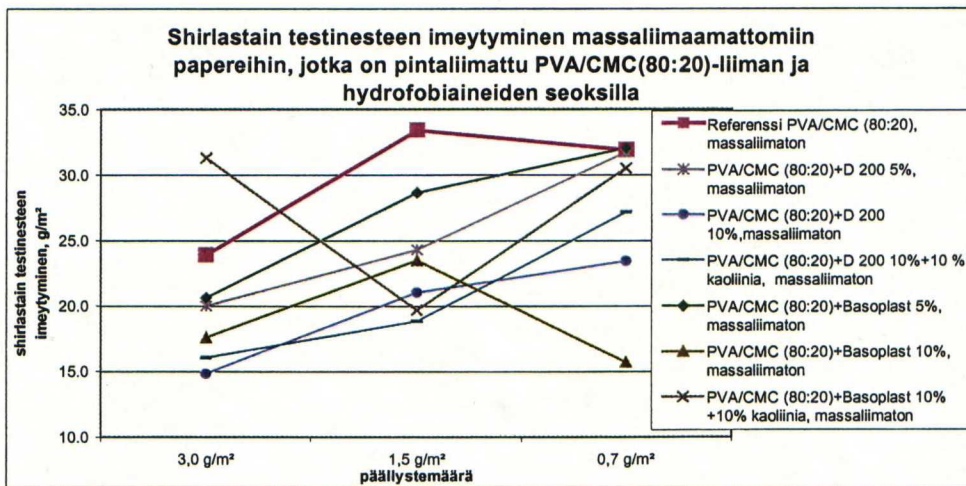
Kuva 126. Shirlastain testinesteen imeytyminen vähenee Rebarco-osuuden kasvaessa PVA/CMC-liiman joukossa

Kuvasta 127 on nähtävissä, että hydrofobointiaineina näissä testeissä käytetyillä Raisio D 200:lla ja BASF Basoplast 335 D:llä voidaan parantaa paperin menestymistä shirlastain testissä. Tässä suhteessa Basoplast on ollut tehokkaampi. Samoin Basoplastin toimivuus kalanteroinnissa oli parempi, eikä se johtanut tarttumaongelmiin. Kaoliinilisäyksen vaikutus on shirlastain-liuoksen imeytymiseen vähäinen.



Kuva 127. Shirlastain testinesteen imeytyminen massaliimattuun paperiin pintaliiman ollessa PVA/CMC-liiman ja hydrofobiaineiden sekoitus

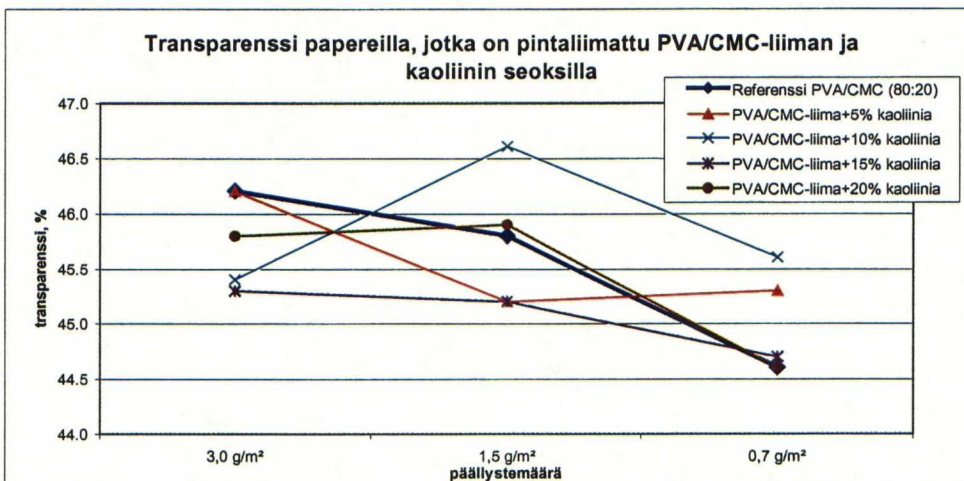
Kuvasta 1128 nähdään, että hydrofobiaineilla voidaan pintaliiman joukossa parantaa paperin vedenkestävyyttä ja siten menestystä shirlastain-testissä. Ilman massaliimaa ajetuilla papereilla testineste menee kuitenkin liian helposti paperin läpi riippumatta imeytyneestä määrästä.



Kuva 128. Shirlastain testinesteen imeytyminen massaliimaamattomiin papereihin pintaliiman ollessa PVA/CMC-liiman ja hydrofobiaineiden sekoitus

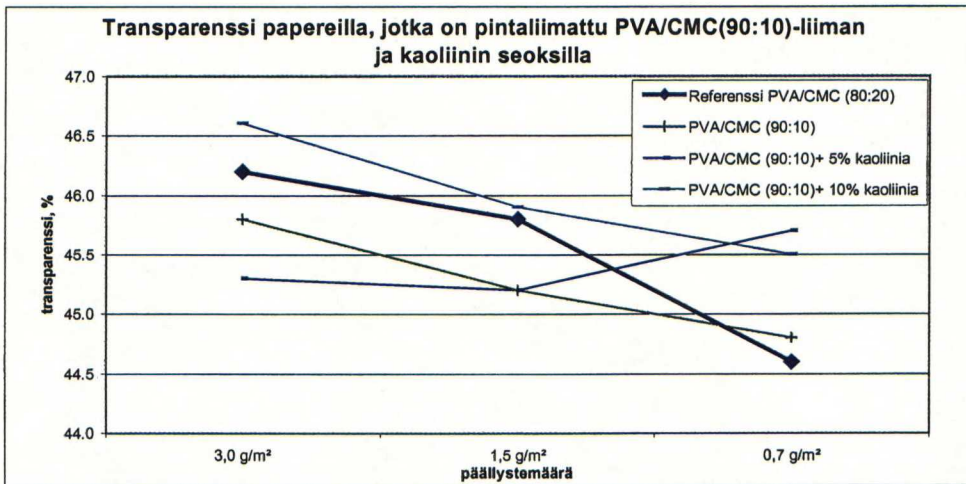
19.3.5 Transparenssi

Kuvassa 129 on nähtävissä, ettei kaoliinilisäys tavallisen PVA/CMC-liiman joukossa aiheuta menetystä paperin läpinäkyvyydessä. Suurinkaan pitoisuus (20%) ei ole vaikuttanut transparenssiin. Ilmeisesti pintaliiman joukossa kaoliinin määrä suhteessa koko paperiarkin materiaaliin on niin vähäinen, ettei sen valoa sirottava ominaisuus riitä vaikuttamaan paperin läpinäkyvyyteen näillä päällystemäärillä.



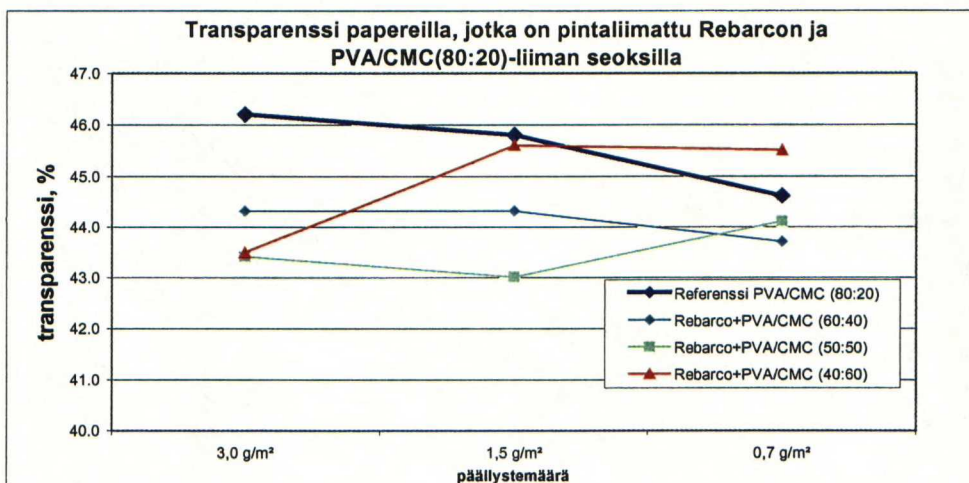
Kuva 129. Transparenssi papereilla, jotka on pintaliimattu PVA/CMC(80:20)-liiman ja kaoliinin seoksilla

Kuvasta 130 nähdään, että kaoliini ei vaikuta transparenssiin suuremmakaan PVA-määrän joukossa.



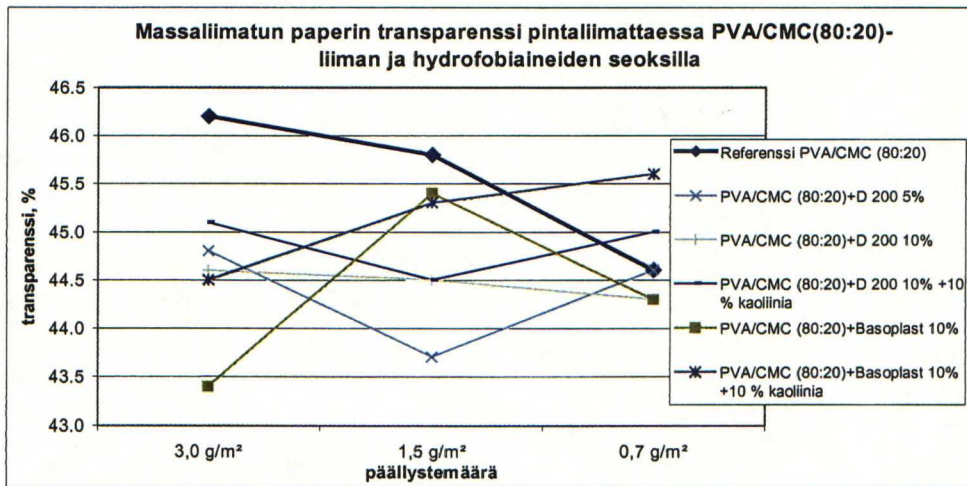
Kuva 130. Transparenssi papereilla, jotka on pintaliimattu PVA/CMC(90:10)-liiman ja kaoliinin seoksilla

Rebarcon lisäys tavallisen PVA/CMC-liiman joukkoon alentaa transparenssia. Tämä sama havainto voitiin tehdä jo toisen koeajon tuloksista. Ilmeisesti Rebarcon sisältämä täyteaine sirottaa valoa niin voimakkaasti, että se aiheuttaa transparenssin alentumista. Tämä voidaan havaita kuvan 131 kuvaajista



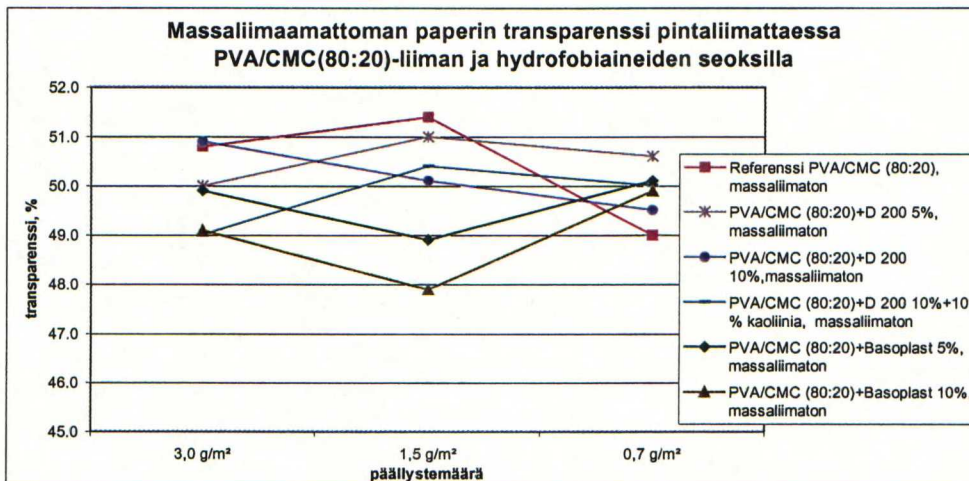
Kuva 131. Transparenssi papereilla, jotka on pintaliimattu Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seoksilla

Hydrofobisuutta antamaan tarkoitettut Basoplast ja D 200-lisäykset alensivat paperin transparenssia varsinkin suuremmilla päällystämäärillä. Tämä voidaan havaita kuvasta 132.



Kuva 132. Massaliimatun paperin transparenssi pintaliiman ollessa PVA/CMC(80:20)-liiman ja hydrofobiaineiden sekoitus

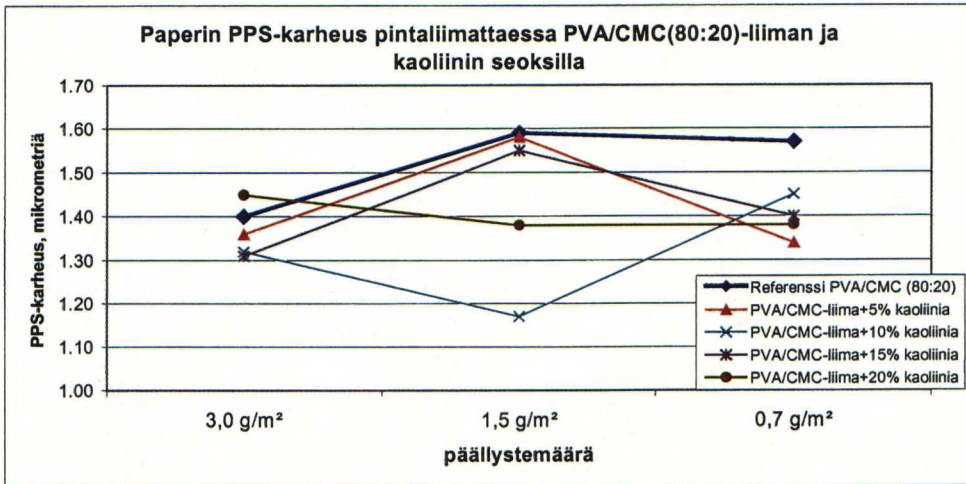
Massaliimaamattomilla papereilla saavutettiin kauttaaltaan massaliimattuja papereita suurempi läpinäkyvyys, mutta tässäkin tapauksessa hydrofobiaineiden lisäys alensi transparenssia, kuten kuvasta 133 nähdään.



Kuva 133. Massaliimaamattoman paperin transparenssi pintaliimattaessa PVA/CMC(80:20)-liiman ja hydrofobiaineiden seoksilla

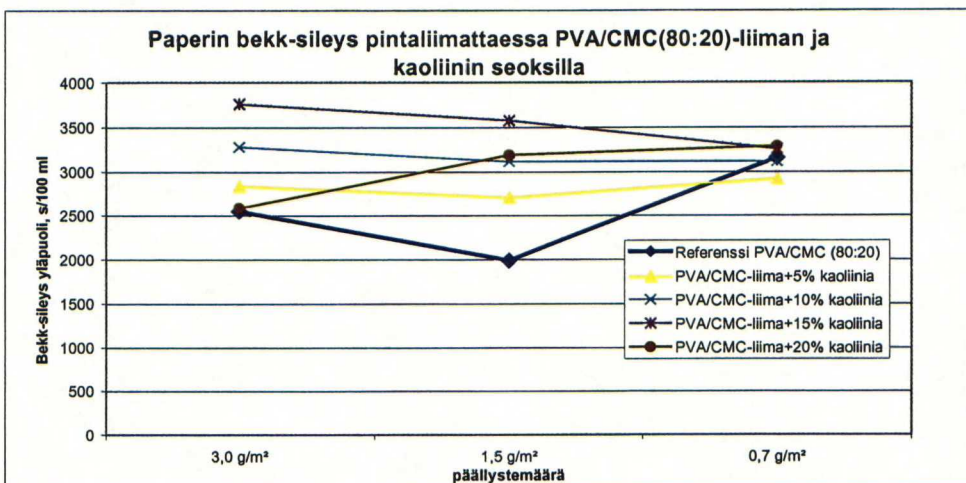
19.3.6 PPS-karheus ja bekk-sileys

Kuvissa 134 ja 135 on kuvattu paperin pinnan karheutta kahdella eri mittaustavalla. Molemmissa mittauksissa on havaittavissa kaoliinilisäyksen pintaa silittävä vaikutus. Tämä johtuu todennäköisesti tasaisemmasta filminhalkeamisesta ja paremmasta irtoamisesta telapinnoilta. Myös paperin kalanteroitavuus paranee kaoliinilisäyksen ansiosta. Pintaliiman taipumus tarttua superkalanterin telapinnoille vähenee. Parhaan sileyden on antanut molemmilla mittaustavoilla yli 10 % kaoliinipitoisuus.



Kuva 134. Paperin PPS-karheus pintaliimattaessa PVA/CMC(80/20)-liiman ja kaoliinin seoksilla

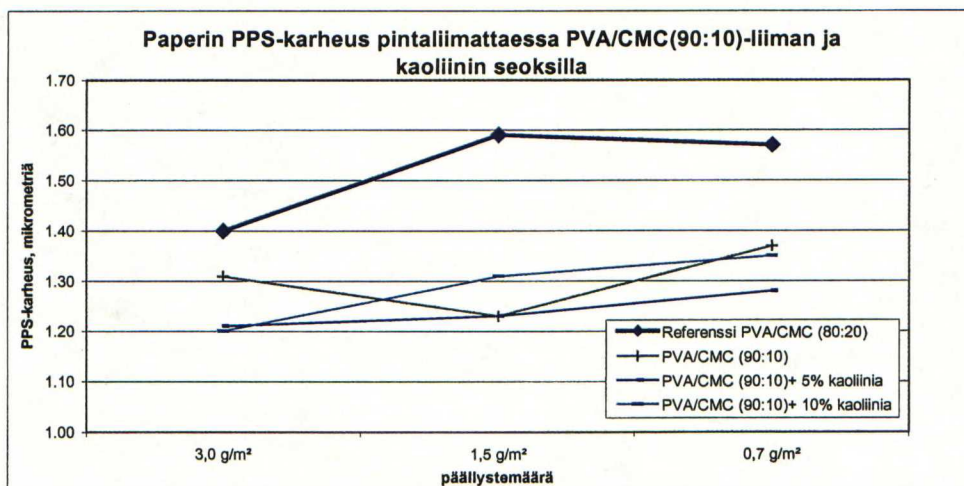
Kahden pinnan sileyden mittaustavan keskinäinen korrelaatio on näiden kuvien perusteella hyvä.



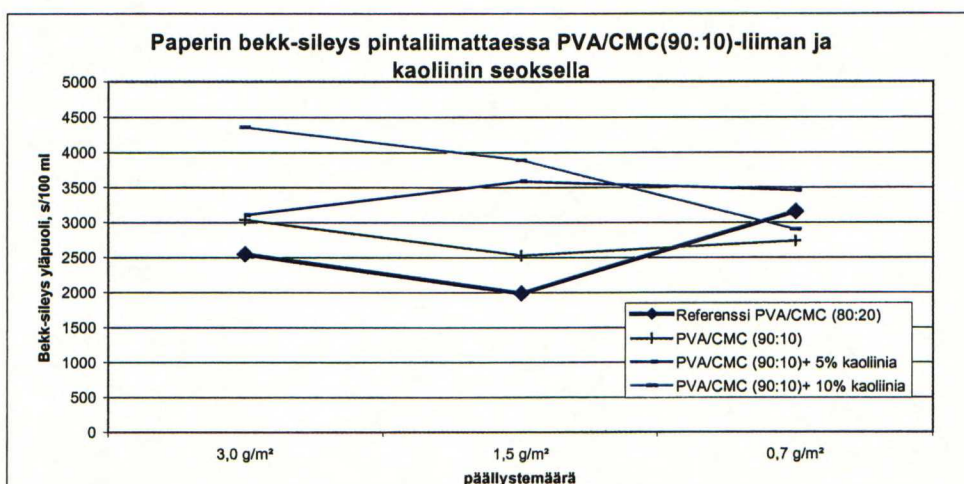
Kuva 135. Paperin bekk-sileys pintaliiman ollessa PVA/CMC(80:20)-liiman ja kaoliinin seos

Kuvista 136 ja 137 nähdään, että käyttämällä enemmän PVA:ta sisältävää pintaliimaa saadaan paperin pinnan sileyttä parannettua. Näissä papereissa kaoliinin sileyttä antava vaikutus ei ole ollut merkittävä.

Kaoliinilisäyksen antama sileyden parantuminen näkyy bekk-sileysmittauksessa paremmin kuin PPS-karheusmittauksessa.



Kuva 136. Paperin PPS-karheus pintaliimattaessa PVA/CMC(90:10)-liiman ja kaoliinin seoksilla

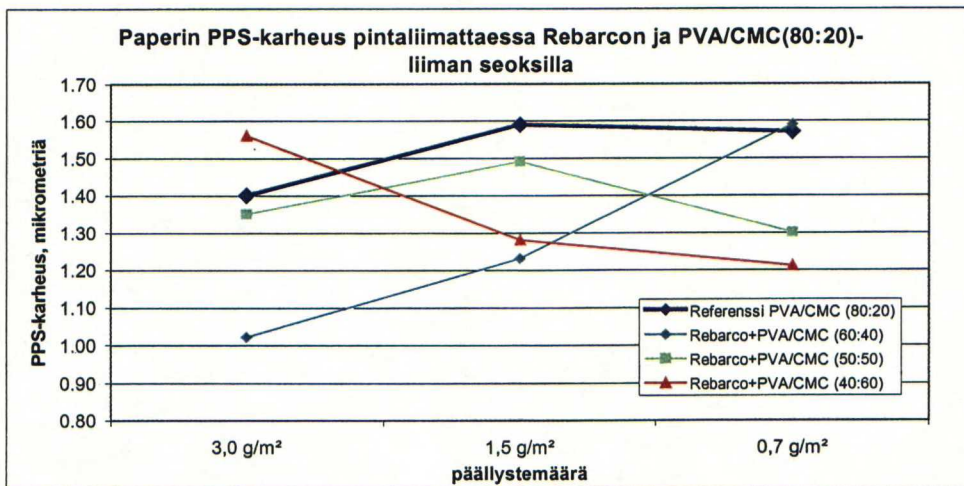


Kuva 137. Paperin bekk-sileys pintaliimattaessa PVA/CMC(90:10)-liiman ja kaoliinin seoksilla

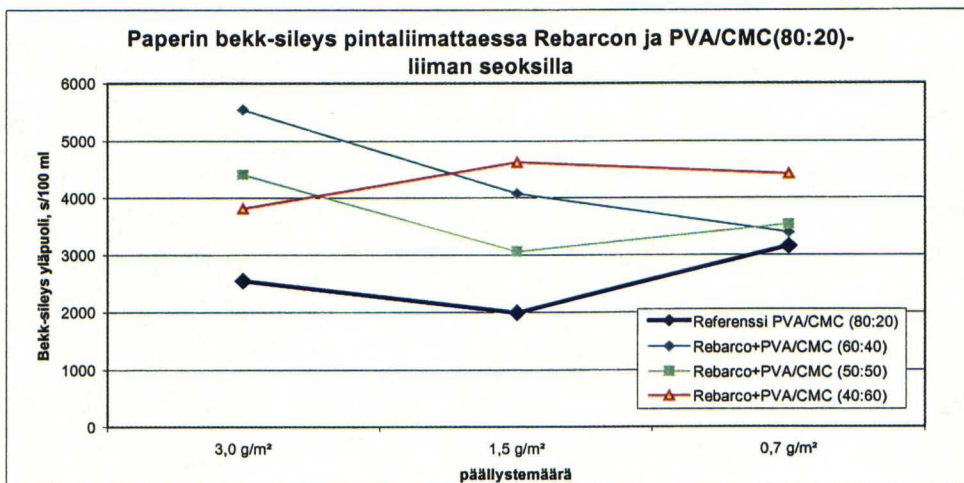
Päällystemäärän kasvaessa sileys on molemmilla mittaustavoilla parantunut. Tämä liittyy päällystemäärän kasvun aikaansaamaan parempaan peittoon.

Paperin pinnan sileyteen ei kuvien perusteella vaikuta PVA-osuuden kasvattaminen

Kuvissa 138 ja 139 tarkastellaan Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seoksella pintaliimattujen papereiden pinnan karheutta. Tässäkin tapauksessa sekä PPS-karheuden että bekk-sileyden voi havaita paranevan päällystemäärän kasvaessa kaikilla liimoilla ja samalla Rebarco parantaa sileyttä verrattuna referenssiin.

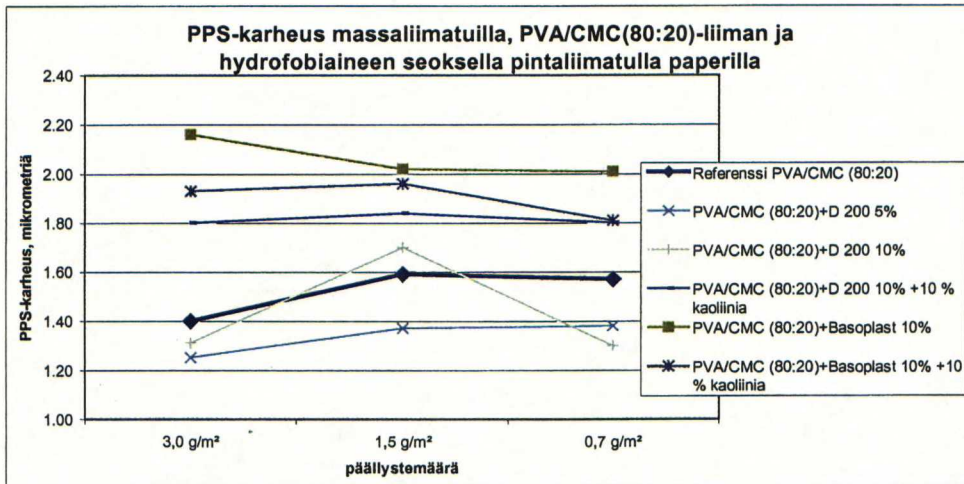


Kuva 138. Paperin PPS-karheus pintaliimattaessa Rebarcon ja PVA/CMC-liiman seoksilla

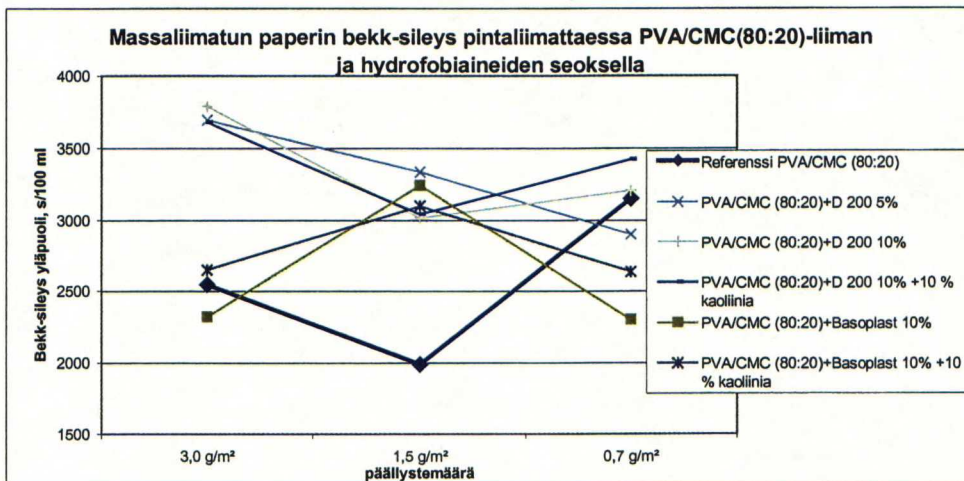


Kuva 139. Paperin bekk-sileys pintaliimattaessa Rebarcon ja PVA/CMC-liiman seoksilla

Kuvissa 140 ja 141 kuvataan massaliimattujen papereiden pinnan karheutta, kun paperit on pintaliimattu PVA/CMC(80:20)-liiman ja hydrofobointiaineiden seoksilla. Massaliimattujen papereiden karheus on samalla tasolla myöhemmin tekstissä esiintyvien massaliimaamattomien näytteiden kanssa. Basoplast erityisesti on antanut näytepapereille sileän pinnan.



Kuva 140. Massaliimattujen papereiden PPS-karheus PVA/CMC(80:20)-liiman ja hydrofobiaineiden seoksella pintaliimattaessa

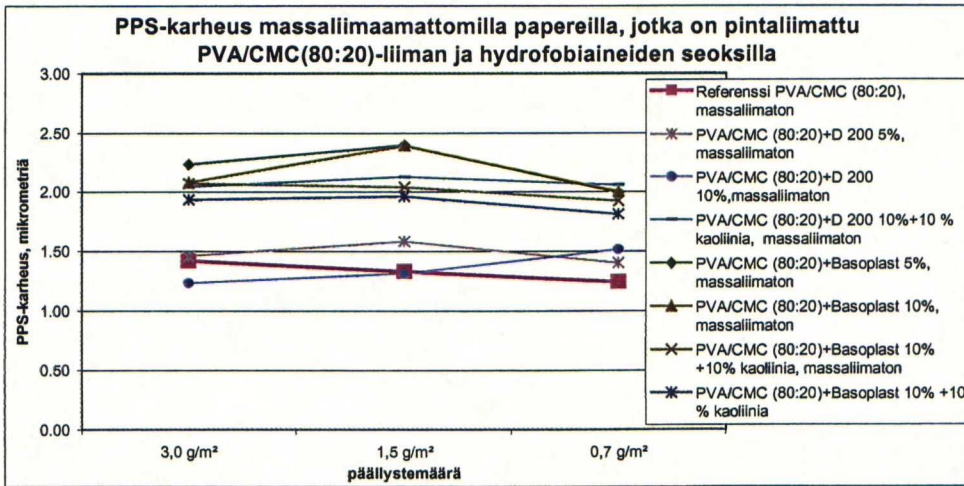


Kuva 141. Massaliimattujen papereiden bekk-sileys PVA/CMC(80:20)-liiman ja hydrofobiaineiden seoksella pintaliimattaessa

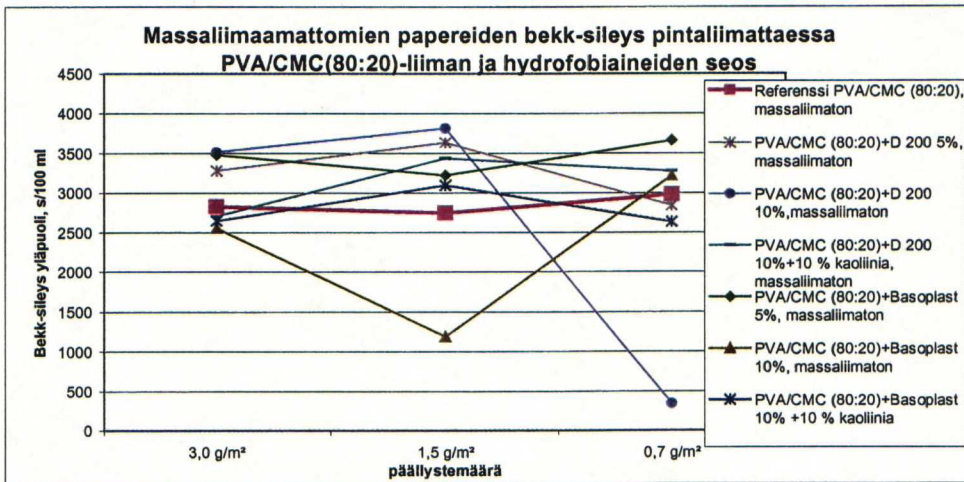
Kuvissa 142 ja 143 esitetään massaliimaamattomien papereiden pinnan karheudet, kun pintaliimoina käytetään samoja reseptejä kuin kuvissa 140 ja 141.

Massaliimaamattomien papereiden karheudet poikkeavat vähemmän toisistaan ja tässäkin tapauksessa Basoplast on antanut sileämmän pinnan.

PPS-karheus ja bekk-sileysmittaukset ovat antaneet osassa koepisteitä toisistaan poikkeavia tuloksia. Irrokepaperi on niin sileää, että PPS-karheusmittauksen tulokset eivät aina ole luotettavia.



Kuva 142. Massaliimaamattomien papereiden PPS-karheus PVA/CMC(80:20)-liiman ja hydrofobiaineiden seoksella pintaliimattaessa

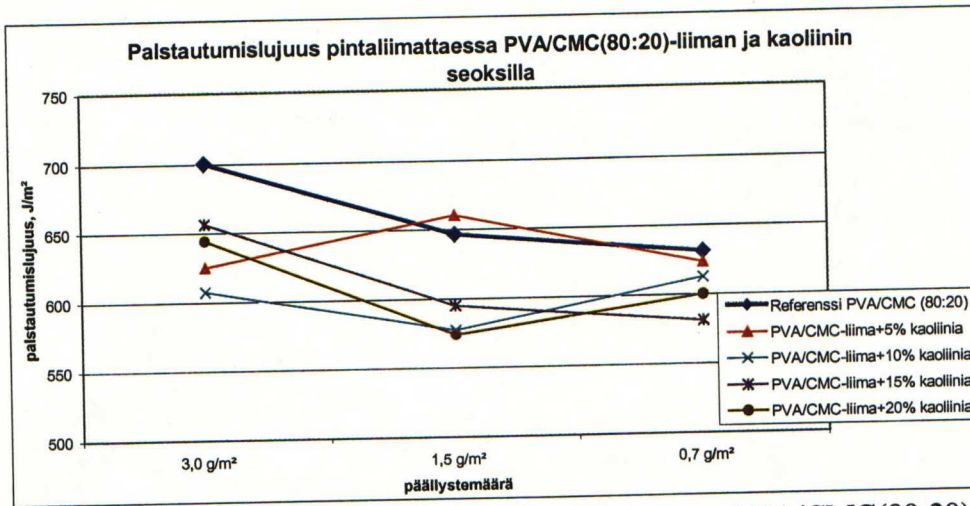


Kuva 143. Massaliimaamattomien papereiden bekk-sileys PVA/CMC(80:20)-liiman ja hydrofobiaineiden seoksella pintaliimattaessa

Massaliimaamattomilla pohjapapereilla pinnan karheus kasvaa, kun PVA/CMC-liimaan lisätään hydrofobointiaineita. Tämän näyttävät kuvien 142 ja 143 kuvaajat molemmilla mittaustavoilla.

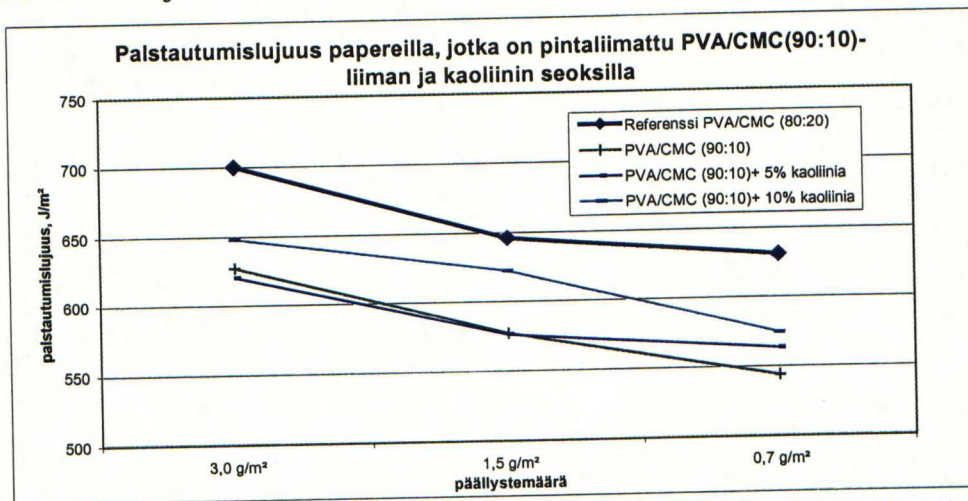
19.3.7 Palstautumislujuus

Kuvan 144 perusteella voidaan arvioida, että kaoliinilisäys ole vaikuttaa PVA/CMC-liimatun paperin palstautumislujuuteen hieman sitä laskevasti.



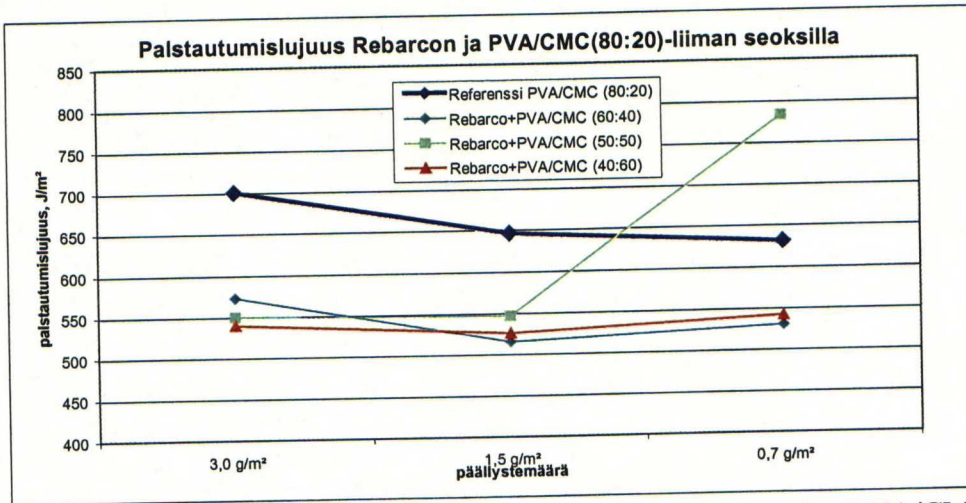
Kuva 144. Paperin palstautumislujuus pintaliimattaessa PVA/CMC(80:20)-liiman ja kaoliinin seoksilla

Myös tilanteessa, jossa PVA/CMC-liima sisältää hieman enemmän PVA:ta näyttää kaoliinilisäys kuvan 145 perusteella heikentävän jonkin verran paperin palstautumislujuutta.



Kuva 145. Palstautumislujuus pintaliiman ollessa PVA/CMC(90:10)-liiman ja kaoliinin seos

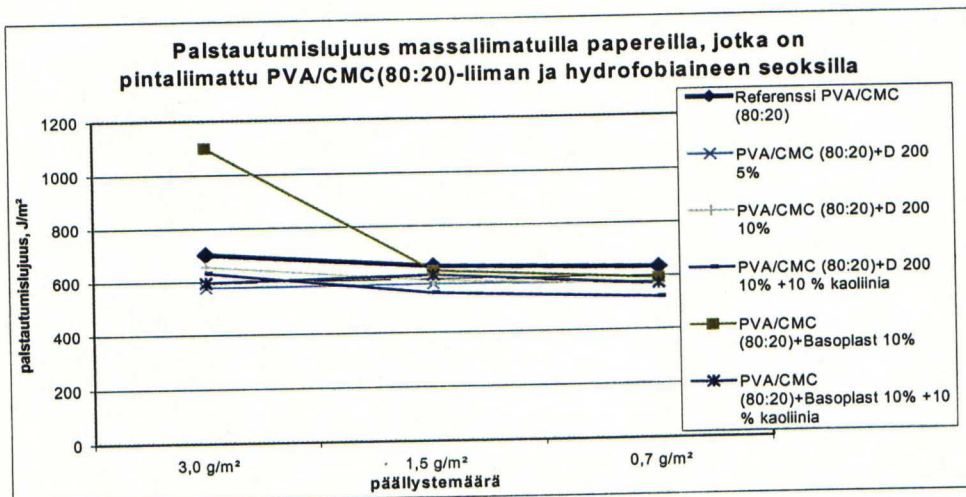
Kuvassa 146 on esitetty paperin palstautumislujuus pintaliimattaessa Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seoksella. Kuvan perusteella nähdään referenssi-liiman antavan keskimäärin paremman palstautumislujuuden. Rebarcon suhteellinen osuus ei näytä paljon vaikuttavan palstautumislujuuteen näillä suhteilla.



Kuva 146. Palstautumislujuus pintaliiman ollessa Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seos

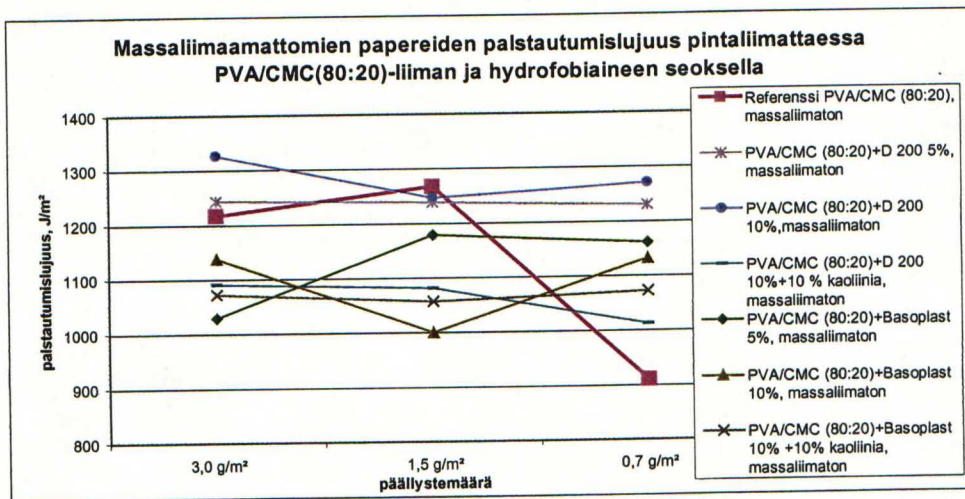
Suurimmat erot paperin palstautumislujuudessa saatiin aikaan jättämällä pintaliimattavasta pohjapaperista massan hartsiliimaus kokonaan pois. Kuitujen paremman sitoutuneisuuden vuoksi palstautumislujuus kasvaa suunnilleen kaksinkertaiseksi. Tämä tekee kiinnostavaksi sellaisen paperilaadun kehittämisen, jolla massaliimausta on voitu korvata hydrofobisella pintaliimalla.

Massaliimatuilla papereilla ei kuvan 147 perusteella palstautumislujuuden kannalta ole merkitystä millä hydrofobiaineella pintaliimaa parannetaan.



Kuva 147. Palstautumislujuus pintaliiman ollessa Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seos

Kuvan 148 massaliimaamattomilla papereilla osa lisäaineista on aiheuttanut heikennyksen palstautumislujuudessa, mutta tästä huolimatta liikutaan paljon massaliimatun paperin tasoa ylempänä.



Kuva 148. Massaliimaamattomien papereiden palstautumisluku pintaaliimattaessa PVA/CMC(80:20)-liiman ja hydrofobiaineiden seoksilla

19.4 Kolmannen pilot-koeajon yhteenveto

Kahteen aikaisempaan pilot-koeajoon perustuen kolmannen koeajon aihepiiriksi valittiin tarkentavat kokeet PVA/CMC(80:20)-liiman kaoliinilisäyksen ja Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seoksien vaikutuksesta irrokepaperin laatua parantavasti.

Kaikissa kaoliinilisäyksen vaikutuksia tutkivissa koepisteissä havaittiin edelleen kaoliinin merkittävä suotuisia ominaisuuksia edistävä vaikutus. Erityisesti huokoisuuden väheneminen ja sen aikaansaamat parannukset absorptio-ominaisuuksissa olivat huomattavat.

Rebarcon potentiaalin havaittiin aikaisemmissa koeajoissa olevan seoksissa polyvinyylialkoholin kanssa. Tässä kolmannessa koeajossa vahvistettiin käsitys siitä, että sekä veden että öljynabsorptiossa on mahdollista saavuttaa nykyistä paperikoneella käytössä olevaa pintaaliimaa alhaisempi taso käyttämällä pintaaliimana Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seoksia.

Koeajojen perusteella erottuvat selvästi muita pintaaliimareseptejä paremmiksi PVA/CMC(80:20)-liiman ja Rebarcon seokset, joissa Rebarcoa on 40%-50% seoksesta ja PVA/CMC(80:20) ja kaoliinin seos, jossa kaoliinia on 10%.

Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seoksilla pintaaliimatuilla papereilla saavutettiin bekk-huokoisuudessa n. 200 %:n, unger-öljynabsorptiossa n. 20%:n, bekk-sileydessä n. 30%:n parannus shirlastain-testituloksen myös parantuessa ja testinesteen imeytyneen määrän laskiessa noin 5%. Testien mukaan tällä reseptillä paperin palstautumisluku laski samalla noin 15 %. Myös paperin läpinäkyvyys heikkeni koepisteissä noin 4 %.

PVA/CMC(80:20)-liiman kaoliinilisäyksen vaikutus paperin ominaisuuksiin oli hyvin samanlainen Rebarco-seoksen kanssa. Bekk-huokoisuus parani referenssitason verrattuna n. 200%, unger-öljynabsorptio parani n. 20%, bekk-sileyys parani n. 20%.

Luonnollisesti kaoliinilisäys ei parantanut paperin shirlastain-testitulosta, koska tämä reseptimuunnos ei lisännyt paperin hydrofobisuutta.

20 Pilot-kokeiden tulosten luotettavuuden arviointi

Pilot-koeajojen koepisteiden suuren määrän vuoksi rinnakkaismittausten määrästä oli pakko tinkiä. Koeajojen tarkoituksena oli kuitenkin selvittää nykyistä paremman pintaliimareseptin koostumusta ja tämä edellytti suurta erilaisten pintaliimojen määrää ja katsottiin näin saatavan tarkkuuden olevan riittävä. Löydettyjen, selkeästi lupaavan tuloksen antaneiden pintaliimojen kehitystä on tarkoitus jatkaa tuotantolaitteistolla ajamalla, jolloin saadaan tuloksille tilastollinen merkitsevyys riittävän suuren otannan ja rinnakkaismittausten ansiosta.

Toinen tulosten tarkkuutta heikentävä seikka on pilot-laitteiston rakenneparametrien säädöstä aiheutuva vaihtelu eri koeajojen välillä sekä liimakierron lämpötilan vaikea vakioitavuus, joka ainakin polyvinyylialkoholilla muodostuu helposti kriittiseksi. Myös varsinkin koepisteissä, joissa ei liiman joukossa ollut täyteainetta oli pintaliimamäärän tarkka mittaus mahdotonta, koska on-line-mittarit eivät ”näe” pelkkää sideainetta (suurin osa koepisteistä).

Laboratoriokalanteroinnissa kokillitelan lämpötilan säädön tarkkuus oli huono. Tämän takia kalanterointituloksessa voi olla pisteiden välillä vaihtelua.

Suuren osan tulosten epätarkkuuksista selittää inhimillinen työ, joka liittyy mittausmenetelmiin, näytteiden käsittelyyn ja tulosten raportointiin.

21 Tuotantokoeajot

Tuotantokoeajoihin valittiin kaksi pilot-kokeissa parhaiten menestynyttä pintaliimareseptiä. Ensimmäisessä tuotantokoeajossa kokeiltiin 10% kaoliinilisäyksen ja toisessa Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman 50%/50% -seoksen vaikutusta paperin pintaominaisuuksiin. Tuotantokoeajojen tulokset tukivat pilot-laitteistolla saatuja tuloksia. Taulukossa 12 on esitetty tuotantokoeajoissa saadut paperin pinta-arvot verrattuna vastaavan normaalin Honey 60 g/m²-laadun tasoon hajontoineen.

Taulukko 12. Tuotantokoeajojen tulokset

Paperin ominaisuus	Honey-60 g/m ² , vuoden 1999 k.a.	Keski- hajonta	10 %-kaoliinia PVA/CMC(80:20) -liiman joukossa	Rebarco + PVA/CMC(80:20) -liima, 50%/50%
Unger yp	0.88	0.14	0.8	0.7
IGT yp	13.9	0.2	13.8	14.4
Transparenssi	51.4	0.8	50.9	52.6
IR-transparenssi, min	0.174	0.007	0.176	0.188
IR-transparenssi	0.204	0.008	0.208	0.22
Palstautumislujuus ka.	1092	129	1602	837
Bekk-sileyys, yp	1364	245	960	1629
Bekk-sileyys, ap	634	99	489	702
Bekk-huokoisuus	133	39	197	486
Käyritymä	35	9	40	44
PPS-karheus, yp	1.67	0.19	1.73	1.48
PPS-karheus, ap	1.99	0.12	2.16	1.94

Kaoliinilisäyksen vaikutus paperin pintalaatuun oli pilot-kokeiden mukainen. Bekk-huokoisuus parantui ajatussa koerullassa normaaliin verrattuna noin 40 %. Muiden ominaisuuksien muutokset olivat vähäisempiä. Parantunut bekk-huokoisuus näkyy myös lievästi pienentyneessä unger-öljynabsorptiossa. Kaoliinilisäys ei ole heikentänyt tuotantoajossakaan paperin läpinäkyvyyttä. Sama havainto tehtiin myös pilot-kokeissa. Kaoliinilisäys paransi pintaliiman kuivumista kuivatusosalla ja vähensi pintaliiman tarttuvuutta superkalanterin teloille. Näyttääkin siltä, että kaoliinilisäys mahdollistaa jonkin verran suuremman päällystemäärän sivelyn ilman tarttumaongelmia. Kaoliinilla lisätyllä pintaliimalla saatu hyvä palstautumislujuus johtunee muista syistä johtuvasta pohjapaperin aikaisempaa suuremmasta sitoutuneisuudesta.

Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman 50%/50%-seoksella saavutettiin parannus tavalliseen laatuun verrattuna lähes kaikissa paperin ominaisuuksissa. Paperin bekk-huokoisuus parani keskimääräiseen laatuun verrattuna kolminkertaiseksi. Paperin erittäin suuri tiiveys johti myös selvään parannukseen öljynabsorptiossa. Bekk-sileyden referenssitaso selkeästi suurempi tulos näkyy myös erittäin hyvässä IGT-tahranpituudessa. Parantunut sileyys johtunee stabiilimmasta filminhalkeamisesta aj erityisen hyvästä liimafilmistä SymSizerin telapinnoilla. Pintaliiman hyvä ajettavuus kuivatusosalla vähensi myös kuivatussylinteritartunnan aiheuttamaa karhentumista. Pilot-kokeisiin verrattuna yllävä tulos on IR-transparenssin ja transparenssin kasvu verrattuna normaalilaatuun. Ilmeisesti kalanteroituminen on tällä pintaliimalla tehokkaampaa. Toisinsanoen leikkausvoimien siirtyminen paperin muodonmuutokseksi on tehokkaampaa. Palstautumislujuus on jäänyt pilot-kokeiden tapaan hieman vertailutasoa alhaisemmaksi. Ilmeisesti sideainepitoisuuden lasku ja osittainen PVA:n korvautuminen Rebarcon sisältämällä SB-lateksilla johtavat

heikentyneeseen sitoutumiseen ja siten alhaisempaan z-suunnan lujuuteen. Tämän koeajon paperit menestyivät erittäin hyvin myös shirlastain testissä.

22 Kokeellisen osan yhteenveto

Kokeellisen osan tavoitteena oli uusia pintaliimareseptejä kehittämällä saada paperin pinta tiiviimmäksi ja vettä paremmin kestäväksi noin 1 g/m²:n päällystemäärällä tai mahdollistamalla suuremman päällystemäärän aplikointi ilman pintaliiman irtoamista paperin jälkikäsitelyssä tai jalostuksessa.

Kokeellisen osan alussa selvitettiin paperin silikonoinnin kannalta tärkeät mittaussuureet ja niiden keskinäiset suhteet. Tässä vaiheessa kartoitettiin ne ominaisuudet, joita kehittämällä saavutettaisiin paperin parempi toimivuus silikonipäällystyksessä.

Ensimmäisessä pilot-koeajossa havaittiin, ettei Rebarco-barrierpäällyste yksinään anna paperille tarvittavaa ominaisuuslisää lukuunottamatta selkeää parannusta shirlastain-testissä. Toisessa koeajossa Rebarcoa sekoitettiin käytössä oleviin pintaliiman pääkomponentteihin ja havaittiin tiettyjen sekoitusten antavan parempia mittaustuloksia kuin kumpikaan komponentti erikseen. Toisessa koeajossa havaittiin myös PVA/CMC(80:20)-liiman ja kaoliinilisäyksen pintalaatua parantava vaikutus. Näiden kahden useisiin ominaisuuksiin selviä parannuksia antaneiden pintaliimareseptien löytyminen muodostui tämän tutkimuksen keskeiseksi anniksi. Kolmannessa pilot-koeajossa ja tuotantoajossa tarkennettiin näillä kahdella reseptillä saatuja tuloksia.

Kaoliinilisäyksen vaikutuksesta bekk-huokoisuus parantui tavalliseen laatuun verrattuna noin 40 %. Vaikutus muihin ominaisuuksiin oli vähäisempää. Parantunut bekk-huokoisuus näkyi myös alentuneena unger-öljynabsorptiona. Kaoliinilisäys ei heikentänyt pilot- ja tuotantoajossa paperin läpinäkyvyyttä. Kaoliinilisäys paransi pintaliiman kuivumista kuivatusosalla ja vähensi pintaliiman tarttuvuutta superkalanterin teloille. Vaikutti siltä, että kaoliinilisäys mahdollistaa jonkin verran suuremman päällystemäärän sivelyn ilman tarttumaongelmia. Suuri päällystemäärä paransi pilot ajoissa ominaisuuksia lähes pintaliimareseptistä riippumatta.

Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman 50%/50%-seoksella saavutettiin parannus normaalilaatuun verrattuna melkein kaikissa paperin ominaisuuksissa. Paperin bekk-huokoisuus tiivistyi kolminkertaiseksi. Paperin erittäin suuri tiiveys johti myös selkeään parannukseen öljynabsorptiossa. Bekk-sileyden referenssitaso selkeästi suurempi tulos näkyi myös erittäin hyvässä IGT-tahranpituudessa. Palstautumislujuus jäi pilot- ja tuotantoajoissa vertailutasoa alhaisemmaksi. Rebarcon ja PVA/CMC-liiman seoksella pintaliimatut paperit menestyivät erittäin hyvin myös shirlastain testissä ja testituloksia aikaisemmin vaivannut punertavaa sävyä ei ollut nähtävissä.

Kaoliinireseptin optimoimiseksi on tarpeen jatkossa selvittää pigmenttityypin vaikutus pintaliiman ominaisuuksiin sekä vielä optimoida pigmenttipitoisuus nyt parhaaksi todetun 10 % pitoisuuden ympäriltä. Edelleen shirlastain-testituloksen parantamiseksi kaoliiniliiman joukossa on harkittava jonkin sopivan hydrofobiaineen sekoittamista pintaliimaan.

Rebarcon ja PVA/CMC(80:20)-liiman seoksen kehittämiseksi on selvitettävä tarkemmin Rebarcon ja PVA/CMC-liiman seossuhteen vaikutus pintaliiman ominaisuuksiin, sekä tuotantokoeajossa havaittujen tarttumaongelmien ratkaisemiseksi harkittava kovemman lateksisysteemin käyttöä saatuja ominaisuuksia menettämättä.

Lähdeluettelo

1. Reinhardt, B, Hochsatinierte Silikonrohnpapier-Herstellung, Anforderungen, Eigenschaften und Trends. Coating 7(1986) s.218-268
2. Klein, H., Die Herstellung von Trennpapieren durch die Beschichtung geeigneter Rohpapiere mit einem Silikonsystem. Die relevanten Auftragsverfahren und Design Features in einer bewusst kritischen Fragestellung, 2. Teil Coating 9(1989) s. 326-327.
3. Farrand, J.C. & Ferguson, V.R., Requirements for base paper for coating with silicone. Pulp & Paper 51(1977)8, s. 102-105.
4. Reinhardt, B., Hochsatinierte Silikonrohnpapiere –Herstellung, Anforderungen, Eigenschaften und Trends, Coating 8(1986), s. 262-268.
5. Toepsch, H., Papierveredlung mit Silikon. Wochenblatt für Papierfabrikation 104(1976)13, s 498-500.
6. Reinhardt, B., Frilund, L., Herstellung und Eigenschaften hochsatiniertes Silikonrohnpapier, Wochenblatt für Papierfabrikation 11/12(1989), s. 487-495.
7. Lamminmäki, T., Semialkaalisen massan soveltuvuus glassiinityyppisen tarran taustapaperin raaka-aineeksi. Pohjapaperin luonnehtiminen ja kehittäminen, Lisensiaattityö, TKK Puunjalostustekniikan laitos, Espoo
8. Patrakka, P., Tarralaminaatin rotaatiostanssaus, Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu, Puunjalostustekniikan laitos, Espoo, 1995, 51 s.
9. Grundke, K., Bogumil, T., Gietzelt, T., Jacobash, H. J., Kwok, D. Y., Neumann, A. W., Wetting measurements on smooth, rough, and porous solid surfaces. Prog. Coll. Sci. Vol. 101, 1996, s. 58-68.

10. Klein, H., Die Herstellung von Trennpapieren durch die Beschichtung geeigneter Rohpapiere mit einem Silikonsystem. Die relevanten Auftragsverfahren und Design Features in einer bewusst kritischen Fragestellung, 1. Teil Coating 8(1989) s.266-268.
11. Eckberg, P. R., Chemistry and technology of thermally cured silicone release agents, 1987 Polymers, Laminations and Coatings conference, San Francisco, California, Sept 9.-11., 1987, s. 21-25.
12. Reti, R., Environmentally acceptable silicone coatings, 3 rd Asia Pacific Conference – Advances in coatings, inks and adhesives technology. 17.-19. May 1993 Singapore, 20 s.
13. Brooke, C. M., Silicone systems today and tomorrow, FINAT News no.3, 1987, s. 34-41.
14. Reinhardt. B., Feldkamp, H., Herstellung von Trennröhpapieren unter chemischen Aspekten, Allgemeine Papier-Rundschau (1986)14, s. 367-368.
15. Hombergsmeier, G., Solventless silicone coating and the quality control of silicone release paper, (FINAT Seminar on Pressure-Sensitive Technology, held in Düsseldorf), Conference publication, 30 Sept.- 1. Oct. 1981, 14 s.
16. Hombergsmeier, G., Lösungsmittelfreie Silikonbeschichtung und qualitätskontrolle bei Silikontrennpapieren, Papier+Kunststoff-verarbeiter 3(1982), s. 30-32.
17. Brus, H., New possibilities with catalyst free radiation curable silicones, Release liner-Advances Extend Pressure Sensitive Markets, Amsterdam, Netherlands, 6-7 April 1995, 10 s.
18. Reinhardt, B., Hottenträger, M., Viehmeyer, V., Die Bestimmung der Silikonbeschichtung satiniertes Rohpapiere mittels verschiedener Farbtests, Coating vol. 27, no. 5, May 1994, s. 179-184

19. Reinhardt, B., Schulte, J., Viehmeyer, V., Möglichkeiten der Bewertung von Silikonbeschichtungen auf hochsanierten Trägerpapieren, Coating, vol 22. No. 5, May 1989, s. 142-144, s. 145-147.
20. Bachi, A., Silicone coating of release products- Machine conversions, Coating vol. 24, no. 1, Jan. 1991, s 2, 4-5.
21. Konkarikoski, J., Päälystyskoneen prosessiparametrien vaikutus silikonoidun pinnan laatuun. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Korkeakoulu, Konetekniikan osasto, 1998, 86 s.
22. Baldwin, P. R., Filmic release liner developments, FINAT Technical seminar, Amsterdam, 16-17 Oct. 1996, RAI Congress centre, Amsterdam, 19 s.
23. Rantanen, R., Pintaliimaus ja pigmentointi, Lappeenrannan Teknillinen Korkeakoulu, Täydennyskoulutuskeskus, Paperitekniikan täydennyskoulutusohjelma, 5321T Paperikoneen rakenne ja toiminta, 34 s.
24. Klass, C. P., Economic retrofit of standard size presses to metering size presses, PIMA vol. 75, no. 12, Dec. 1993, s. 61-64.
25. Aarnikoivu, P-L, New film coated/surface sized paper grades, PITA coating conference 1997, 8 s.
26. Dobbs, D., Starching at the size press – a compromise between economy and runnability, Paper Technology 34(1993)2: s. 16-18.
27. Grön, J., Sym-Sizer and Symcoat-Coating with the Film Press Technique, Valmet paper finishing days, Heidelberg, Germany, Oct. 24, 1996. 14 s.
28. Valmet Oyj, Sym-Sizer & SymCoat, Markkinointiesite, 1996, 8 s.
29. Bassett, W., Knowles, T., Hynnek, P., Solutions to high speed film coating, TAPPI filmcoating conference 1997, s. 119-123.

30. Triantafillopoulos, N., G., Troubleshooting rheology problems in metered size press, TAPPI filmcoating conference 1997, s. 13-26.
31. Glittenberg, D., Improved Runnability of Film Press Coatings, PITA coating conference 1997, s. 27-34.
32. Trefz, M., Seiz, R., Investigation of film transfer in metered size press as related to base paper and coating color properties, TAPPI filmcoating conference 1997, s. 85-103.
33. Grön, J., Sunde, H., Nikula, E., Runnability Aspects in High Speed Film-Transfer Coating, Valmet paper finishing days, Heidelberg, Germany, Oct. 24, 1996. 19 s.
34. Burri, P., Rieben, F., Drechsel, J., Spielmann, D., Gane, P.A.C. Gane, Principles of Formulation and Pigment Design for High Speed Runnability of Pigmented Coatings on the Metered Sizepress, PITA coating conference 1997, s. 7-12.
35. Huang, T., LePoutre, P., Effect of basestock absorbency on coating hold-out and coated paper properties, 1996 Coating conference, Nashville, TN, U.S.A., TAPPI press, 1996, s. 167-175.
36. Salminen, P., Studies of water transport during short contact times, Tohtorin väitöskirja, Paperikemian laboratorio, Kemiantechniikan osasto, Åbo Akademi 1988, 90 s.
37. Miller, G. D., Jones, R. B., Boylan, J. R., Polyvinyl alcohol - a special polymer for paper and paperboard, 1996 TAPPI coating binders Short Course, Baton Rouge, LA, U.S.A., 9.-10. Jan. 1996.
38. Boylan, J. R., Air Products and Chemicals Inc. 7201 Hamilton Boulevard, Allentown, Pennsylvania, U.S.A., Leading application chemist, Suullinen tiedonanto, 25. 11. 1998
39. Anon., Finnfix esite, Metsa Chemicals Oy.

40. Plitt, A. K., Wax emulsions for paper & paperboard applications, TAPPI 1980 Sizing short course notes, April 16.-18. 1980, Colony square hotel, Atlanta, GA, s. 65-67.
41. Giatti, R., New fluorochemicals for greaseproof papers, Eucepa Symposium 1996, Palma de Mallorca s. 49-54.
42. Vähä-Nissi, M., Kuusipalo, J., Wetting and adhesion in paper and paperboard converting, Chapter 3, Paper and Paperboard Converting, Papermaking science and technology, Antti Savolainen, SPIYTTA/TAPPI 199, s. 25-56.
43. Pask, M., D., Polyurethanes for surface sizing, TAPPI 1980 Sizing short course notes, April 16.-18. 1980, Colony square hotel, Atlanta, GA, s. 73-77.
44. Moser, S., Physikalische Eigenschaften einer Silikonroh papier –Oberfläche und deren Einfluss auf die Silikonisierung, Allgemeine Papier-Rundschau. vol. 110, no. 16, 21. April 1986, s. 452, 454-456.
45. Su, C. C., Low VOC coatings – surface energy considerations, 1993 Polymers, Laminations and Coatings Conference, held at Chicago, IL, U.S.A., 29. Aug.- 2. Sept. 1993, Book 2, s. 491-499.
46. Etzler, F. M., Buche, M., Bobalek, J. F., Weiss, M. A. Surface free energy of paper and inks : printability issues, 1995 Papermakers conference, Chicago, IL, U.S.A., 23.-26. Apr. 1995, s. 383-394.
47. Toussaint, A. F., Luner, P., The Wetting properties of grafted cellulose films, J. Adh. Sci, Technol, vol.7, no. 6, 1993, s. 635-648.

LIITELUETTELO

- Liite 1 Mittaustulokset eri tavoin shirlastain-testissä menestyneistä paperinäytteistä
- Liite 2 Rullakartta tuotantoajossa tapahtuneesta shirlastain-testin arvioinnista
- Liite 3 Taulukkomuotoiset mittaustulokset shirlastain-testitulokset vs. paperitekniset ominaisuudet
- Liite 4 Ensimmäisen pilot-koeajon tulokset
- Liite 5 Shirlastain-testausmenettelyn esittely
- Liite 6 IGT-testaus
- Liite 7 Raision CTC:n päällystyslaitteisto
- Liite 8 Ensimmäisen pilot-koeajon liima-analyysien tulokset
- Liite 9 Ensimmäisen pilot-koeajon tulokset graafisesti
- Liite 10 Kosketuskulmamittausten tulokset
- Liite 11 Toisen pilot-koeajon tulokset graafisesti
- Liite 12 Toisen pilot-koeajon tulokset taulukoituna
- Liite 13 Toisen pilot-koeajon liima-analyysien tulokset
- Liite 14 Käytetyt standardimenetelmät
- Liite 15 Kolmannen pilot-koeajon tulokset taulukoituna
- Liite 16 Kolmannen pilot-koeajon liima-analyysien tulokset

Laboratory report

18.01.1999

R&D

Reported: *mk*

Analyzed: *V-, IV-vuoro*

m\pk8\8om\981210

Hyvät, huonot ja erittäin huonot shirlastainit

Department: *PK8* Type: *own*
Orderer: *Mikko Rissanen* Paper manufacturer: *TE*

Sample specification:
Customer: *Nyacmelt*
Grade: *Honey 60*

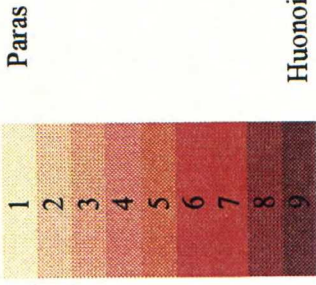
Size of the sample:
Additional information: *Tummennetuista ominaisuuksista piirretty kuvaajat*

Sample identification			ERITTÄIN HUONO SHIRLASTAIN				
			82/15	82/18	82/21	82/22	82/23
Property	Unit						
Base	Grammage		62.8	62.6	61.0	60.7	60.2
	Thickness	Average	56.6	54.8	56.4	56.3	54.9
	"	Std. Dev.	1.96	2.10	2.46	1.49	1.52
	Density		1110	1142	1082	1079	1096
	Porosity Bekk		69.1	65.8	49.1	37.5	31.6
Absorption	Oil abs. Unger 60 s	Top	0.9	1.1	1.5	1.5	1.5
	Cobb	Top	20.0	17.0	22.0	24.0	24.0
Strength	Internal Bond Strength	MD	373	161.9	388	427	371
Surface	β-Formation		3.90	4.40	4.40	4.90	4.20
	Smoothness Bekk	Top	1341	1468	1325	1140	1108
	"	Wire	605	691	604	599	496
	Roughness PPS 10	Top	1.49	1.50	1.49	1.65	1.56
	"	Wire	1.95	1.80	1.99	2.04	2.12
	IGT stain length	MD Top	14.0	14.1	13.9	13.3	13.4
	Gloss Hunter 75 °	Top	60.6	61.4	59.5	58.1	57.7
	"	Wire	48.4	45.5	43.7	44.6	45.5
	Optical	IR-transparency	Average	0.164	0.173	0.164	0.165
		Min	0.148	0.156	0.148	0.152	0.152

Sample identification			HUONO SHIRLASTAIN					
			24934		24937			
Property	Unit		3-4	3-6	1-2	4-2	4-3	4-6
Base	Grammage		63.8	64.1	63.1	63.0	63.3	63.7
	Thickness	Average	57.4	56.3	57.5	58.2	57.1	57.2
	"	Std. Dev.	1.71	1.70	1.18	3.68	0.99	1.40
	Density		1111	1139	1097	1082	1109	1114
	Porosity Bekk		126.2	175.8	87.3	81.8	92.6	79.5
Absorption	Oil abs. Unger 60 s	Top	1.0	0.7	0.9	0.8	0.9	0.8
	Cobb	Top	13.6	16.3	15.3	15.1	15.0	15.5
Strength	Internal Bond Strength	MD	493	141.2	819	494	463	836
Surface	β-Formation		4.30	4.20	4.40	4.40	4.40	4.10
	Smoothness Bekk	Top	794	1084	746	1123	924	1189
	"	Wire	495	641	443	483	412	489
	Roughness PPS 10	Top	1.81	1.58	1.82	1.74	1.78	1.56
	"	Wire	2.10	1.90	2.19	2.21	2.29	2.10
	IGT stain length	MD Top	13.6	13.7	13.9	13.6	13.6	14.3
	Gloss Hunter 75 °	Top	47.8	36.2	52.1	56.9	54.4	58.0
	"	Wire	41.3	44.3	47.3	39.3	38.0	43.5
	Optical	IR-transparency	Average	0.165	0.183	0.170	0.162	0.159
		Min	0.156	0.176	0.156	0.152	0.148	0.172

Sample identification			HYVÄ SHIRLASTAIN									
			24936		24937			24938				
Property	Unit		1-1	1-5	3-1	3-2	3-4	4-1	4-5	1-3	1-4	1-6
Base	Grammage		63.3	64.2	63.4	64.0	63.3	64.2	62.6	63.6	63.2	64.0
	Thickness	Average	57.1	56.7	55.7	57.3	56.8	57.6	57.8	56.4	56.1	56.8
	"	Std. Dev.	2.02	1.57	2.63	2.00	1.23	2.22	1.81	1.51	1.29	1.48
	Density		1109	1132	1138	1117	1114	1115	1083	1128	1127	1127
	Porosity Bekk		131.6	120.1	164.3	137.6	122.4	189.8	96.9	122.9	90.6	138.1
Absorption	Oil abs. Unger 60 s	Top	0.6	0.9	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7
	Cobb	Top	15.7	16.2	15.0	14.3	15.3	16.0	14.8	15.4	15.6	15.0
Strength	Internal Bond Strength	MD	1714	1419	2060	820	947	1107	498	797	475	2000
Surface	β-Formation		4.30	4.20	4.10	4.20	4.30	4.10	4.30	4.20	4.20	4.00
	Smoothness Bekk	Top	998	1104	1101	992	848	1360	931	731	829	973
	"	Wire	607	627	534	536	502	594	425	523	513	532
	Roughness PPS 10	Top	1.77	1.72	1.58	1.68	1.73	1.60	1.78	1.82	1.85	1.67
	"	Wire	2.01	2.08	2.07	2.12	2.05	2.08	2.34	2.15	2.25	2.04
	IGT stain length	MD Top	13.8	13.9	14.1	13.7	13.7	13.8	13.7	13.3	13.4	13.3
	Gloss Hunter 75 °	Top	58.0	57.2	53.0	54.2	54.1	56.9	55.3	50.2	49.7	58.9
	"	Wire	51.1	49.8	49.5	48.2	48.0	41.9	46.0	45.3	44.4	49.9
	Optical	IR-transparency	Average	0.172	0.184	0.218	0.175	0.177	0.183	0.168	0.172	0.164
		Min	0.164	0.168	0.196	0.168	0.164	0.164	0.156	0.156	0.156	0.164

Tilaus	Konerulla	Muutto	1/6	2/6	3/6	4/6	5/6	6/6	PK Cobb
8530/2040/82	24497	1	30	27	29	26	28	25	32 / 35
8530/2040/82	24497	2	35	32	34	36	33	31	
8530/2040/83	24497	3	3	4	6	2	5	1	
8530/2040/83	24497	4	12	9	11	8	10	7	
8530/2040/81	24498	3					1		31 / 33
8530/2040/81	24498	4	9	12				10	
8530/2040/83	34499	1	15	18	14	17	13	16	31 / 36
8530/2040/81	24500	1	15		14				36 / 37
8530/2040/81	24500	3		30	26				
8530/2040/82	24501	1	3	5	2	4	1	6	
8530/2040/82	24501	2	12	9	11	8	10	7	
8530/2040/82	24501	3	18	15	17	14	16	13	
8530/2040/82	24501	4	24	21	23	20	22	19	38 / 40



Ohessa visuaaliseen arvioon perustuva kartta Nyacmeltin rullakohtaista Shirlastaintuloksista.

Värjätyille alueille merkattu tilausten kollinumerot. Värjäämättömät alueet testaamatta.

Shirlastain	Cobb (Shir)	Huokoisuus	Unger yp	PPS yp	Cobb yp	Cobb ap
1	12.5	71.2	0.8	1.41	32	35
1	12.1	62.7	0.9	1.52	32	35
1	11.7	51.5	0.8	1.36	32	35
1	11.9	74.2	0.8	1.52	32	35
1	12.3	71.7	1.1	1.5	32	35
1	11.4	58.7	1	1.53	32	35
1	11.7	85.2	0.7	1.41	32	35
1	12.4	62.3	1.1	1.43	31	36
1	11.8	39.6	1	1.52	31	36
2	12.5	49.7	1	1.56	38	40
2	13.8	67	0.9	1.56	32	35
2	12.7	74.8	0.7	1.32	32	35
2	12.5	49.9	1	1.58	32	35
2	10.8	83.2	0.9	1.47	32	35
2	11.3	60	0.7	1.39	32	35
2	11.4	50.4	0.9	1.37	31	36
2	12.5	32.4	1.3	1.51	31	36
3	12.2	77	0.9	1.51	38	40
3	12.1	72.6	0.9	1.41	38	40
3	12.8	61.3	0.9	1.48	38	40
3	10.2	56.8	1.3	1.48	32	35
3	11.3	47.6	0.9	1.49	32	35
3	11.1	49	0.9	1.45	32	35
3	11.9	50.1	1	1.43	32	35
3	12.6	61.5	0.9	1.47	32	35
3	11.8	53.1	0.9	1.49	32	35
3	12	29	1.2	1.47	31	36
4	12	77.8	1	1.36	38	40
4	11.1	57.1	1.3	1.61	38	40
4	11.5	46.4	1	1.53	32	35
4	11.9	86.4	0.7	1.35	32	35
4	12.3	94.7	0.9	1.47	32	35
5	9.7	65.2	0.9	1.55	38	40
5	13.8	94	0.8	1.39	38	40
5	12.1	59.2	1	1.62	32	35
5	12	77.2	0.8	1.57	32	35
6	12.5	48.9	1	1.55	32	35
6	13.5	88.9	0.9	1.42	38	40
6	11.4	46	0.9	1.5	38	40
6	12.5	57.7	0.9	1.5	38	40
6	13.5	76.8	0.9	1.37	38	40
7	13.1	40.5	1.2	1.49	31	33
7	12.3	52	1	1.53	36	37
7	13.1	63.7	1	1.57	36	37
7	12.3	46.8	1	1.62	36	37
7	13.2	61.8	0.8	1.51	38	40
7	13.3	55	0.9	1.64	38	40
7	13.8	58.9	1.1	1.57	38	40
7	13.6	55.2	1.1	1.58	38	40
7	13.4	52.2	1.1	1.54	38	40
7	14	56.6	0.9	1.52	38	40
7	13.1	33	1.2	1.46	31	36
8	16	64.8	0.9	1.6	31	33
8	15.2	62.6	0.9	1.51	36	37
8	15.4	76.2	0.9	1.32	38	40
8	15.8	58	0.9	1.43	38	40
8	15.1	38.2	1.3	1.68	38	40
9	21.1	36.4	1	1.51	31	33
9	18.7	34.5	1.2	1.47	31	33
9	18.6	59.3	1	1.52	38	40
9	19.7	46.2	1.1	1.53	38	40
9	18.3	31.9	1.2	1.57	38	40

Laboratory report
 22.01.1999
 R&D
 Reported: *rn*
 Analyzed: *lab.workers*
 m:\pk8\8ko981201

Päällystyskoeajo Raisio Yhtymän koelaitoksessa

Department: *PM8* Type: *trial*
 Orderer: *Mikko Rissanen* Paper manufacturer: *TE*
 Sample specification: *PK8:n pintaliimaamatonta paperia*
 Customer:
 Grade: *SC HON*
 Size of the sample:
 Additional information: *Raisio Yhtymän koelaitoksessa CTC päällystettiin PK 8:n pintaliimaamatonta paperia sekä nykyisin käytössä olevalla pintaliimalla että uudella barrier-päällysteellä*

Sample identification			P1	P1	P2	P2	KP1	KP1	KP1	KP2	
			pohjapaperi- rulla- pinta- liimaton	pohjapaperi- rulla- pintaliimaton lab.kalante- roitu	pohjapaperi- rulla- pintaliimaton	koepisterulla pinta- liimaton lab.kalante- roitu	kalante- roimaton referenssi	lab.kalante- roitu referenssi	CTC- super- kalante- roitu	kalante- roimaton VA/CMC 50/50	
Property		Unit									
Base	Grammage		g/m ²	57.4	58.1	57.0	57.8	59.5	59.8	59.5	60.2
	Thickness	Average	µm	90.2	56.8	90.8	58.4	92.4	56.7	62.2	91.5
	"	Std. Dev.	"	1.7	1.6	1.2	1.6	1.4	1.6	1.4	1.5
	Density		kg/m ³	637	1024	628	991	644	1054	957	658
	Porosity Bekk		s	1	13	1	11	2	191	24	244
Absorption	Oil abs. Unger 60 s	Top	g/m ²	20.3	3.1	20.6	3.7	5.5	0.7	2.0	4.8
	"	Wire	"	20.9	4.6	21.8	4.9	16.7	3.5	7.9	15.6
	Shirlastain 30 s	Top	g/m ²	22.8	20.4	20.4	20.2	23.3	19.3	28.1	25.7
	"	Wire	"	23.2	24.1	18.7	20.8	24.9	19.5	23.4	22.7
Surface	Smoothness Bekk	Top	s	5	921	5	969	3	935	261	982
	"	Wire	"	11	368	10	318	7	256	211	279
	Roughness PPS 10	Top	µm		1.90		1.82		2.01	2.98	
	"	Wire	"		2.24		2.39		2.45	3.54	
	IGT stain length	MD Top	cm	5.0	11.8	5.0	11.7	5.9	13.4	10.0	6.0
"	MD Wire	"	4.6	10.0	4.4	9.8	4.7	10.1	7.7	4.8	
Optical	Transparency		%	37.2	47.0	36.9	46.0	38.5	46.9	41.1	37.5
Additional	Thickness single values	1	µm	91	57	92	58	93	60	62	91
		2	"	89	56	89	56	93	55	64	93
		3	"	89	59	92	61	91	55	65	89
		4	"	91	55	90	60	92	57	61	89
		5	"	88	57	92	60	94	56	61	92
		6	"	93	60	91	58	92	56	62	91
		7	"	92	56	91	57	92	58	61	93
		8	"	91	56	89	59	92	56	62	93
		9	"	90	57	90	57	95	56	61	92
		10	"	88	55	92	58	90	58	63	92
	Average	µm	90.2	56.8	90.8	58.4	92.4	56.7	62.2	91.5	
	Std.Dev	"	1.7	1.6	1.2	1.6	1.4	1.6	1.4	1.5	
	Min	"	88	55	89	56	90	55	61	89	
	Max	"	93	60	92	61	95	60	65	93	
	Density single values	1	kg/m ³	631	1019	620	997	640	996	960	661
2		"	645	1038	640	1032	640	1087	930	647	
3		"	645	985	620	948	654	1087	915	676	
4		"	631	1056	633	963	647	1049	975	676	
5		"	652	1019	620	963	633	1067	975	654	
6		"	617	968	626	997	647	1067	960	661	
7		"	624	1038	626	1014	647	1031	975	647	
8		"	631	1038	640	980	647	1067	960	647	
9		"	648	1019	633	1014	626	1031	975	654	
10		"	652	1056	620	997	661	1054	944	654	
Average	kg/m ³	637	1024	628	991	644	1054	957	658		
Std.Dev	"	11.8	28.6	8.2	26.6	10.0	28.1	21.0	10.9		
Min	"	617	968	620	948	626	996	915	647		
Max	"	652	1056	640	1032	661	1087	975	676		

Laboratory report
 22.01.1999
 R&D
 Reported: *rn*
 Analyzed: *lab.workers*
 m:\pk8\8ko981201

Päällystyskoeejo Raisio Yhtymän koelaitoksessa

Department: *PM8* Type: *trial*
 Orderer: *Mikko Rissanen* Paper manufacturer: *TE*
 Sample specification: *PK8:n pintaliimaamatonta paperia*
 Customer:
 Grade: *SC HON*
 Size of the sample:
 Additional information: *Raisio Yhtymän koelaitoksessa CTC päällystettiin PK 8:n pintaliimaamatonta paperia sekä nykyisin käytössä olevalla pintaliimalla että uudella barrier-päällysteellä.*

KP2 CTC-super- kalanteroitu	KP2 Lab.kalan- teroitu PVA/CMC 50/50	KP3 kalante- roimaton Rebarco	KP3 CTC-super- kalanteroitu	KP3 Lab.kalan- teroitu Rebarco suurin määrä	KP4 Kalanteroi- maton Rebarco	KP4 CTC- superkalan- teroitu	KP4 Lab.kalan- teroitu Rebarco keskinkert. määrä	KP5 Kalanteroi- maton Rebarco	KP5 CTC- superkalan- teroitu	KP5 Lab.kalan- teroitu Rebarco plenin määrä
58.6	60.3	62.0	61.3	60.7	59.4	58.7	59.6	59.1	59.5	58.0
62.8	56.9	91.8	64.2	58.4	91.8	64.1	58.5	90.4	64.4	57.1
0.9	1.3	1.4	0.9	1.1	1.4	0.9	1.8	1.5	1.4	2.2
933	1060	676	954	1039	647	916	1020	654	924	1017
36	232	2	11	32	1	5	16	1	4	15
1.7	0.7	8.6	3.5	1.8	13.9	6.1	2.4	15.4	7.8	2.8
7.6	3.3	18.2	8.9	5.0	19.2	9.9	3.6	18.9	10.4	3.0
24.4	*	11.2	9.1	7.7	16.5	12.9	11.3	17.1	15.7	13.5
21.0	*	21.5	20.0	18.4	20.9	20.4	17.8	22.1	20.3	17.6
288	973	5	227	402	4	176	524	4	150	638
233	341	8	231	216	3	205	258	9	194	260
3.55	1.65		1.14	2.56		3.71	2.34		3.87	2.64
2.92	2.25		3.04	2.72		3.36	2.71		3.48	3.24
10.5	13.3	6.2	10.7	11.6	5.8	9.8	11.0	5.5	9.1	12.0
8.0	10.6	4.6	7.7	9.6	4.6	7.5	9.5	4.6	7.3	9.7
41.3	49.9	37.3	40.1	44.2	37.7	39.7	44.9	37.9	39.6	45.1
63	56	91	63	58	94	64	61	93	63	54
63	57	94	65	59	90	65	59	92	64	56
63	59	91	65	58	90	65	57	89	67	55
63	57	90	65	60	92	64	62	89	64	56
64	56	93	65	59	92	63	59	89	66	56
61	57	92	65	56	93	63	57	91	65	56
63	57	91	64	59	92	65	58	89	64	59
62	55	90	63	58	93	63	59	90	62	59
62	56	93	64	59	90	65	57	90	65	60
64	59	93	63	58	92	64	58	92	64	60
62.8	56.9	91.8	64.2	58.4	91.8	64.1	58.5	90.4	64.4	57.1
0.9	1.3	1.4	0.9	1.1	1.4	0.9	1.8	1.5	1.4	2.2
61	55	90	63	56	90	63	57	89	62	54
64	59	94	65	60	94	65	62	93	67	60
930	1076	681	972	1046	631	917	977	635	944	1074
930	1057	659	942	1028	660	903	1046	642	930	1036
930	1022	681	942	1046	660	903	1046	664	888	1055
930	1057	688	942	1011	645	917	961	664	930	1036
916	1076	666	942	1028	645	932	1010	664	902	1036
961	1057	673	942	1083	638	932	1046	650	915	1036
930	1057	681	957	1028	645	903	1028	664	930	983
945	1096	688	972	1046	638	932	1010	657	960	983
945	1076	666	957	1028	660	903	1046	657	915	967
916	1022	675	972	1046	645	917	1028	642	930	967
933	1060	676	954	1039	647	916	1020	654	924	1017
13.7	23.5	9.8	13.8	19.4	10.2	12.7	30.5	11.0	20.5	38.7
916	1022	659	942	1011	631	903	961	635	888	967
961	1096	688	972	1083	660	932	1046	664	960	1074

UPM-Kymmene Oyj

Työohje

1 (1)

26.01.1999

UPM-Kymmene Tervasaari

SHIRLASTAIN-TESTI

- Määritelmä:** Shirlastain-neste värjää paperikuidut ja tärkkelyspäällysteen, CMC:n, PVA:n jne tummanruskeiksi, silikonipinta värjäytyy kirkkaan keltaiseksi.
- Tarkoitus:** Kalvonmuodostuksen, silikonipeiton, ja silikonimäärän arviointi. Myös silikonoimattoman paperin arviointi
- Tarvittavat aineet:** Testinäyte
Shirlastain liuos
Cobb-testilaite
- Shirlastain liuos
1 osa Shirlastain A
3 osaa tislattua vettä
- Suoritus 1:** Leikataan Cobb-sapluunalla näytteet, joista kukin vuorollaan punnitaan ja laitetaan testattava puoli ylöspäin Cobb-laitteeseen. Laitteeseen kaadetaan 25 ml Shirlastain-testiliuosta ja annetaan vaikuttaa 30 s. Kaadetaan neste pois ja kuivataan soft-pyyhkeellä, punnitaan ja laske-
taan Cobb-arvo g/m^2 . Neste voidaan käyttää uudelleen.
Säästetään testatut näytteet ja merkitään tulos näytteeseen
- Suoritus 2:** Menetellään samoin kuin kohdassa 1, mutta lasketaan läpimenneiden nestepisteiden lukumäärää.

PAPERIN PINNAN KUVAAMINEN ÖLJYNABSORPTIONA IGT-TAHRANPITUUSMITTAUKSELLA

Laitteen käytön periaate

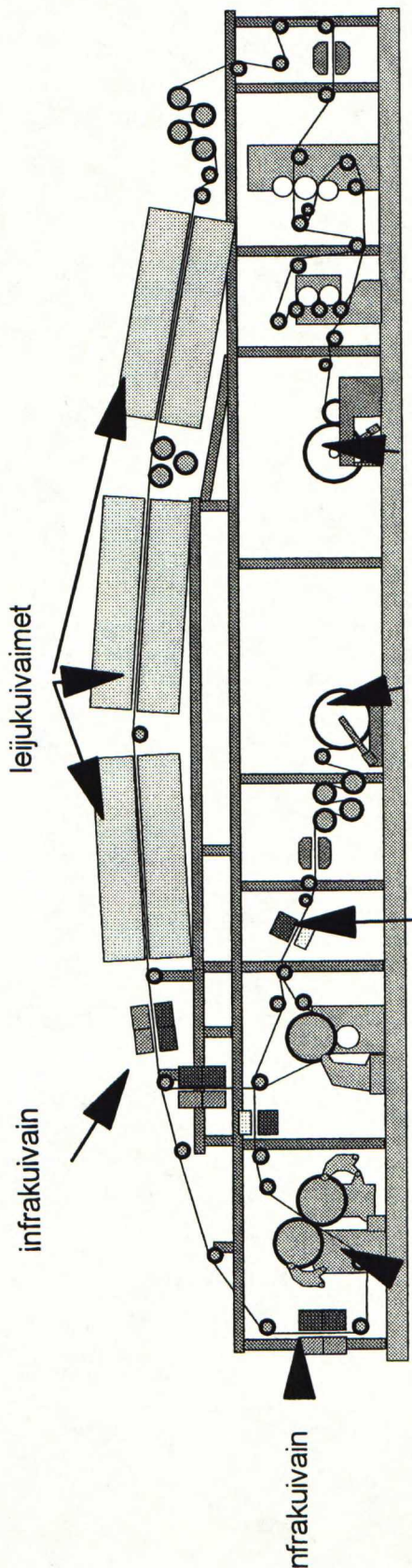
Normaaliin IGT-painokelpoisuuslaitteeseen on kiinnitetty kumipeite ja tämän päälle tutkittava paperinäyte painosektoriin. Koje laitetaan aloitusasentoon. Puhdas, musteeton tai öljytön painamiskiekkko asetetaan paikoilleen. Laitteeseen lisätystä ruiskusta tiputetaan värjätty öljypisara tarkalleen painamiskiekkon keskikohtaan. Välittömästi vapautetaan heilurikiekkko, jolloin öljy siirtyy paperin pinnalle. Tuloksena on oheisen kuvan mukainen tahra. Tahran päätepisteiden välinen etäisyys mitataan millimetreinä.



Painamisnopeus ja paperin laatu vaikuttavat tahran pituuteen. Mitä karheampaa paperi on ja mitä suuremmat pintahuokokset sillä on, sitä lyhyemmäksi tahra jää.

Kokeessa painamispainne on 70 kg/cm^2 ja nopeus $0,5 \text{ m/s}$. Painamiskiekkko on 2 cm leveä. Öljy on dibutyylipftalaattia, jonka viskositeetti 20°C on $0,203$ poisea ja pintajännitys $32,4 \text{ dyne/cm}$. Öljyyn on lisätty sunred IV-väriainetta. Pisarakoko on säädetty ruiskun neulakoolla vakioksi. Testi tehdään huoneenlämmössä 23°C , ja ilman suhteellisessa kosteudessa $50\% \text{ RH}$.

CTC Pilot Coater



Pääli asema: SymSizer

-kaksipuolinen

-tehojen kovuus 37 P&J

-sauvat: ylä 10 mm, 0,15 mm uritus

ala 35 mm sileä

-nopeus 800 m/min

-karheampi (yp) alatelele (silikonoituva puoli jalostuksessa

-päälystymäärä atatela vaihtelee

-päälystymäärä ylätele, vakio tarkkiliimamäärä, n 1,0 g/m²

-2-3 pastaa/huilia

Kuivatus: Loppukosteus 6,0 %

Raisio Yhtymä, CTC pilot-päälystyskone

RAISIO YHTYMÄ, CTC
Ensimmäinen Pilot-koeajo

Coating colour no.	1	2	3	4
Name	Rebarco	Reference	PVA/CMC 50/50	Background
Rebarco 736	100			
Raisamyl 302				
CMC		20	50	
PVA		80	50	
Raisamyl 402				100
Target solids %	max	14 max		11
Target pH	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	

ANALYSES**Slurry samples****RB-736**

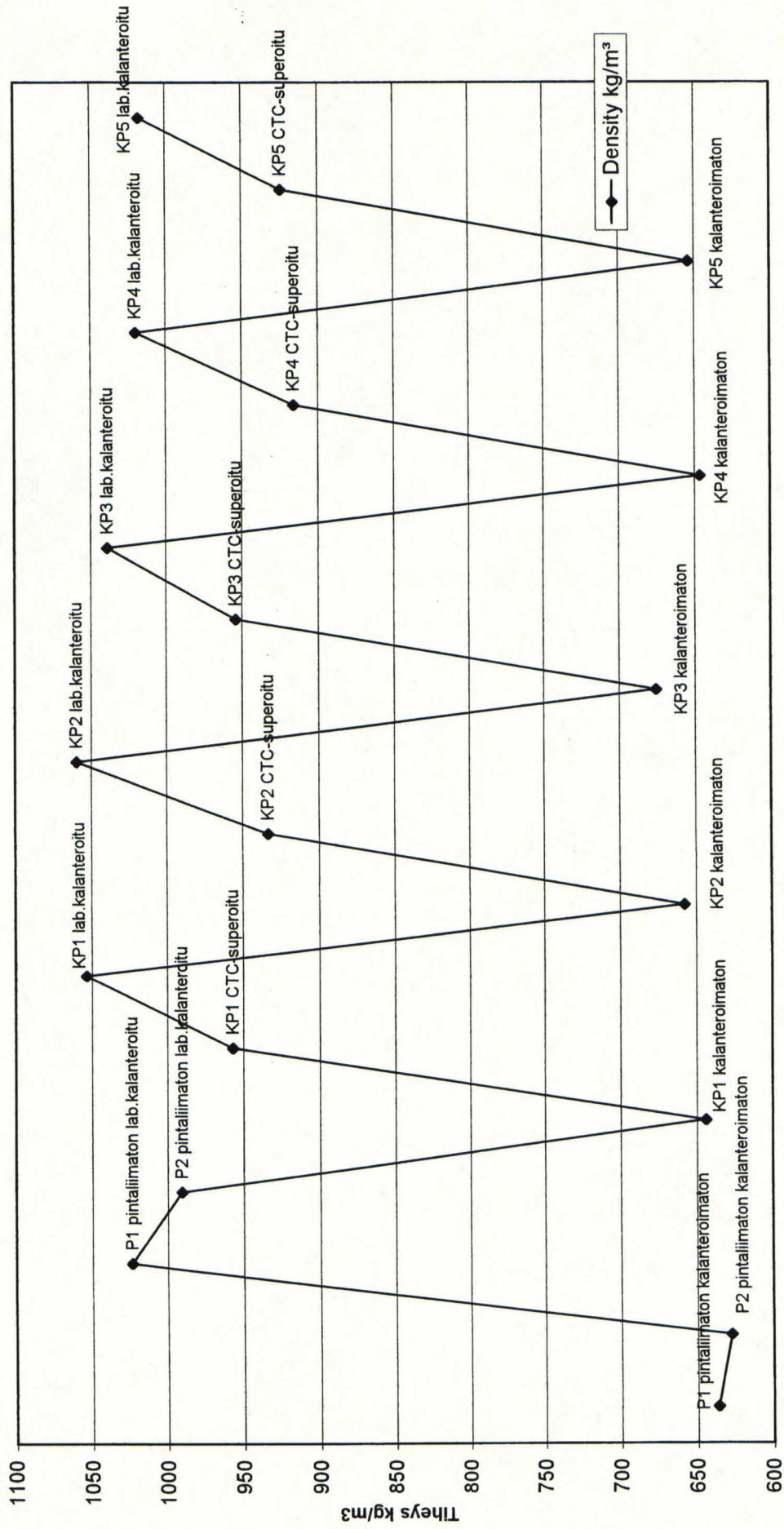
Br 100 rpm	mPas	1360
Br 50 rpm	mPas	1920
Temperature	Celsius	21
pH		8.5
Solid content	%	56.5
Ash content	%	0

Coating colour no.	1	2	3	4	
Name	Rebarco	Reference	PVA/CMC 50/50	Background	
Mitattu sekoituksen jälkeen					
Br 100 rpm	mPas	1070	151	316	22
Br 50 rpm	mPas	1520	142	332	14
Temperature	Celsius	21	53	45	46
pH		8.4	5.9	5.8	6.2
Solid content	%	56.1	12.1	11.4	10.5

Coating colour no.	1	2	3	4	
Name	Rebarco	Reference	PVA/CMC 50/50	Background	
Mitatut Haake-viskositeetit					
Br 100 rpm	mPas	688	197	386	23
Br 50 rpm	mPas	968	190	404	16
Haake 25 C 1	mPas	16.1			
Haake 25 C 2	mPas	16.1			
Temperature	Celsius	25	42	39	44
pH		8.4	5.9	5.8	6.4
Solid content	%	55.3	11.9	11.3	10.6

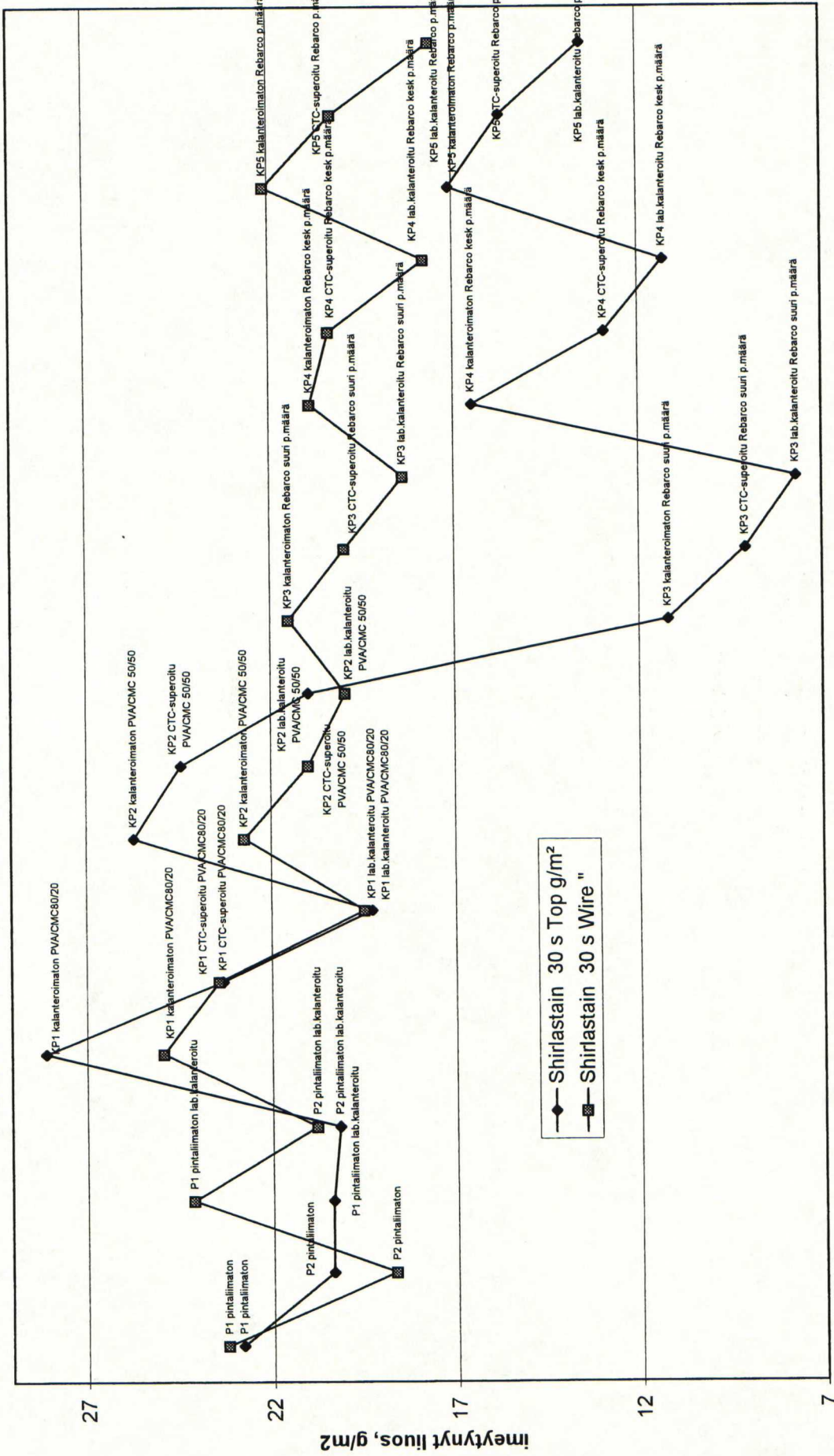
Coating colour no.	1	2	3	4
Name	Rebarco	Reference	PVA/CMC 50/50	Background
Mitattu päällystyksen jälkeen				
Br 100 rpm	mPas	344		25
Br 50 rpm	mPas	556		18
Temperature	Celsius	26		40
pH		8.4		6.4
Solid content	%	50		10.5

Coating colour no.	1	2	3	4
Name	Rebarco	Reference	PVA/CMC 50/50	Background
Näyte taustan tärkistä kaikkien pisteiden jälkeen				
Br 100 rpm	mPas			26
Br 50 rpm	mPas			18
Temperature	Celsius			36
pH				6.5
Solid content	%			10.6



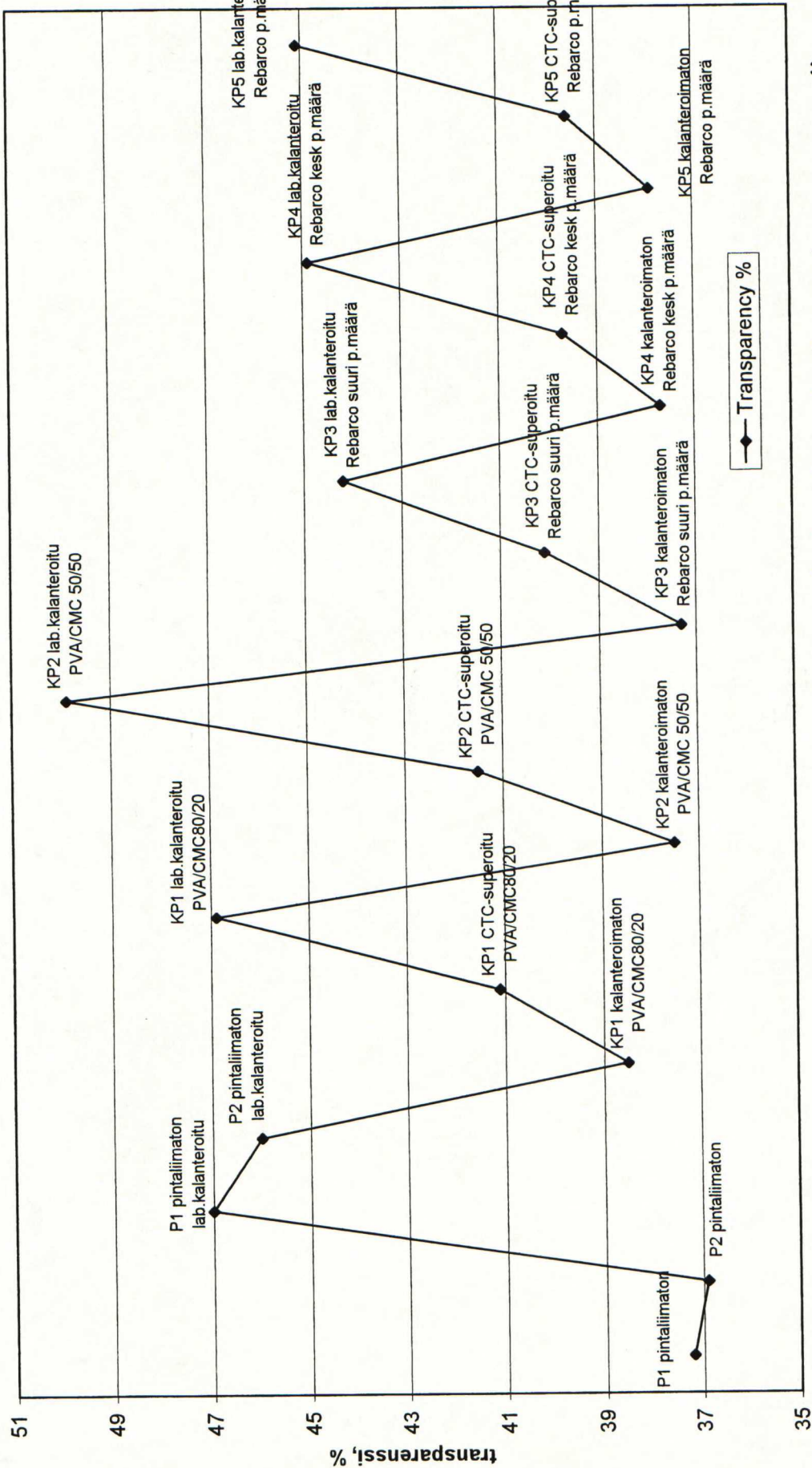
Irrokepaperin tiheys eri pintaliimoilla ja superkalanteroimissa. P1 ja P2 ovat pintaliimaamattomia papereita

Shirlastain-testiliiuoksen imeytyminen irrokepaperiin, g/m², KP 1-5



Erilaisten pintallimojen ja pintallimamäärien, sekä superkalanteroimien vaikutus shirlastain-testinesteeseen imeytymiseen

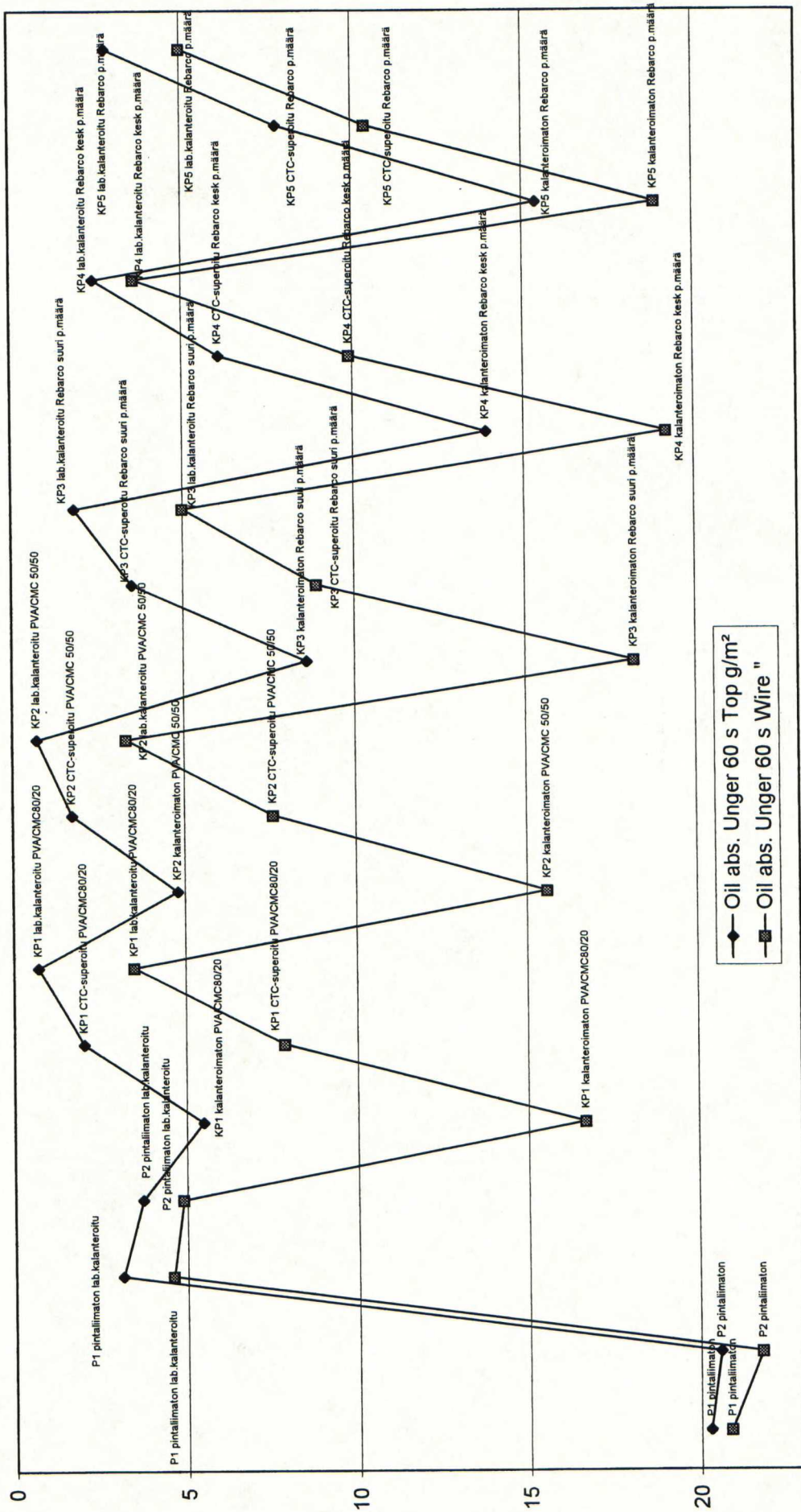
Transparenssi, %



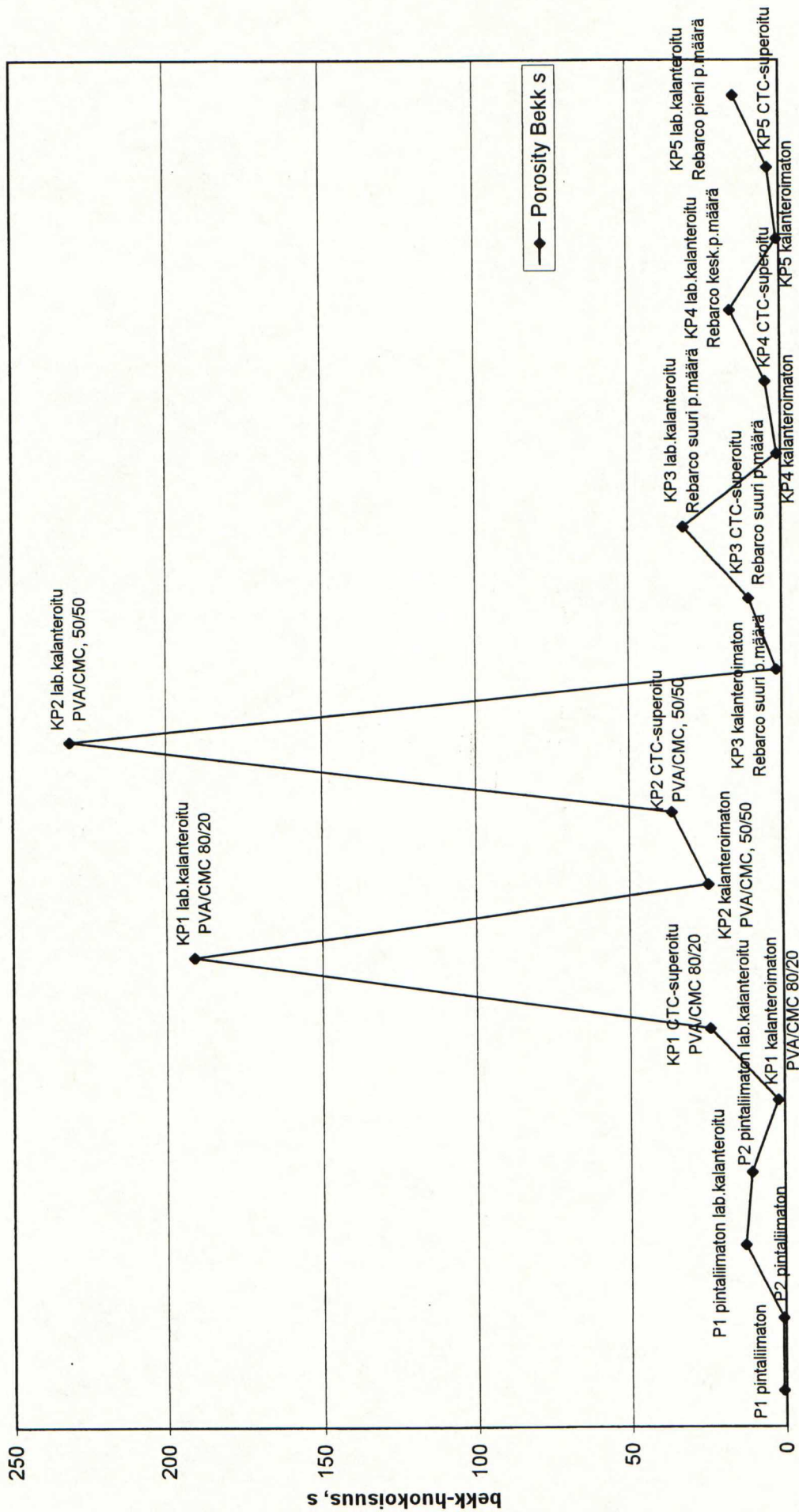
Erilaisten pintaliimojen ja pintaliimamäärien, sekä superkalanteroinnin vaikutus irrokepaperin transparenssiin

Irrokepaperin unger-öljynabsorptio, g/m², KP 1-5

Liite 9/5



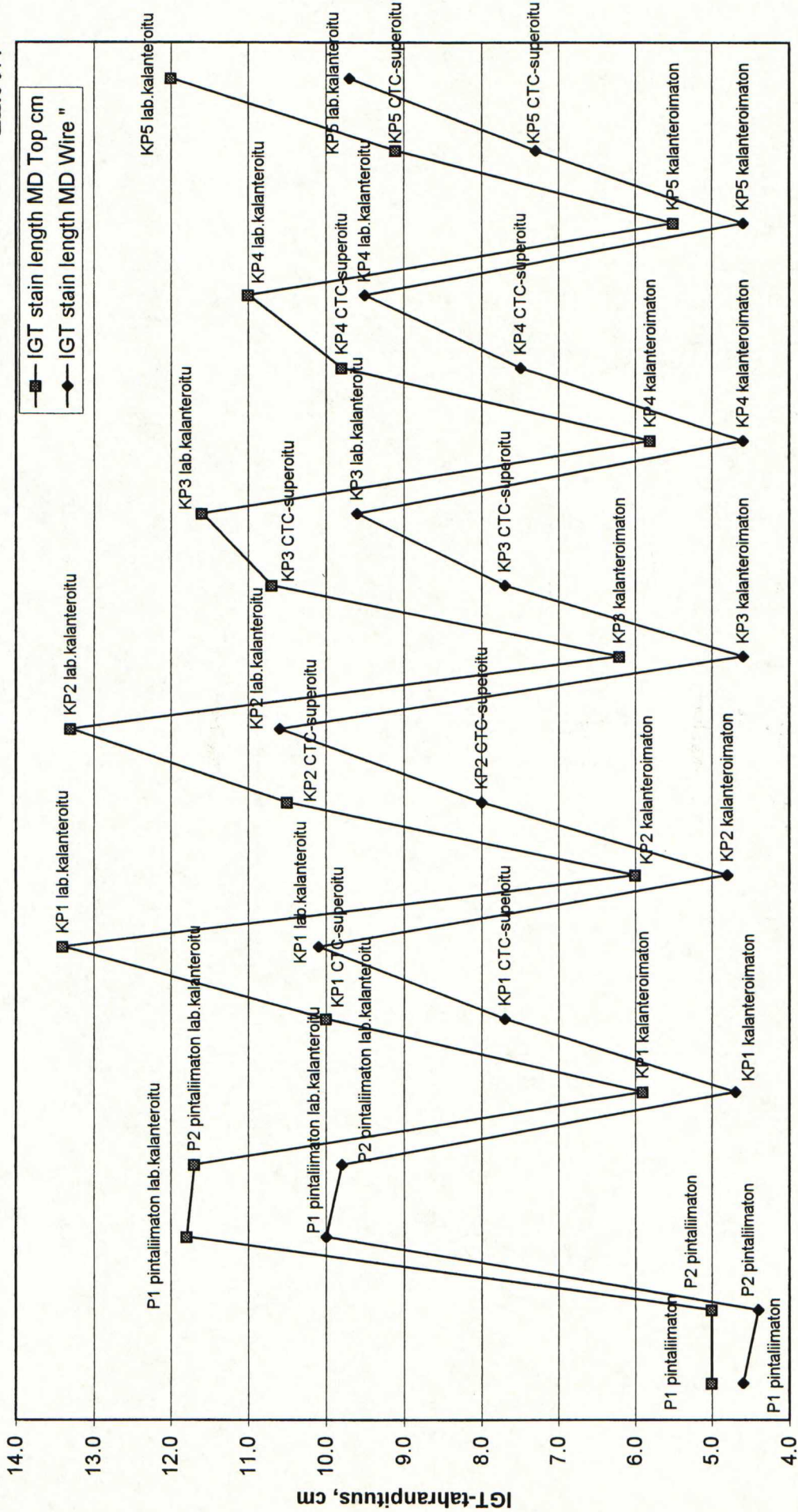
Erialaisten pintallimoiden ja pintallimamäärien, sekä superkalanteroimien vaikutus unger-öljynabsorptioon



Erilaisten pintaliimojen ja pintaliimamäärien, sekä superkalanteroimien vaikutus shirlastain-testinesteeseen imeytymiseen

Irrokepaperin IGT-tahranpituus, KP 1-5

Liite 9/7



Erilaisten pintaliimojen ja pintaliimamäärien, sekä superkalanteroimin vaikutus IGT-tahranpituuteen

Happo- ja emäs-komponentit

Näyte	Kosketuskulmat					
	Vesi		Di-iodometaani, DIM		Formamidi	
	kulma	hajonta	kulma	hajonta	kulma	hajonta
7. lokakuuta 1996 Kr. 20823	70.1	3	45.9	5	53.3	3
5. marraskuuta 1996, Kr. 21004	68.6	3	42.6	2	49.8	4
6. helmikuuta 1997, Kr. 20478	63.7	4	42.6	1	49.7	3
29. syyskuuta 1997, Kr. 23235	64.7	5	43	2	45.4	2
6. tammikuuta 1998, Kr. 20072	72.1	4	44.3	3	49.6	3
10. syyskuuta 1998, Kr. 23552	67.7	4	42.6	2	48.6	3

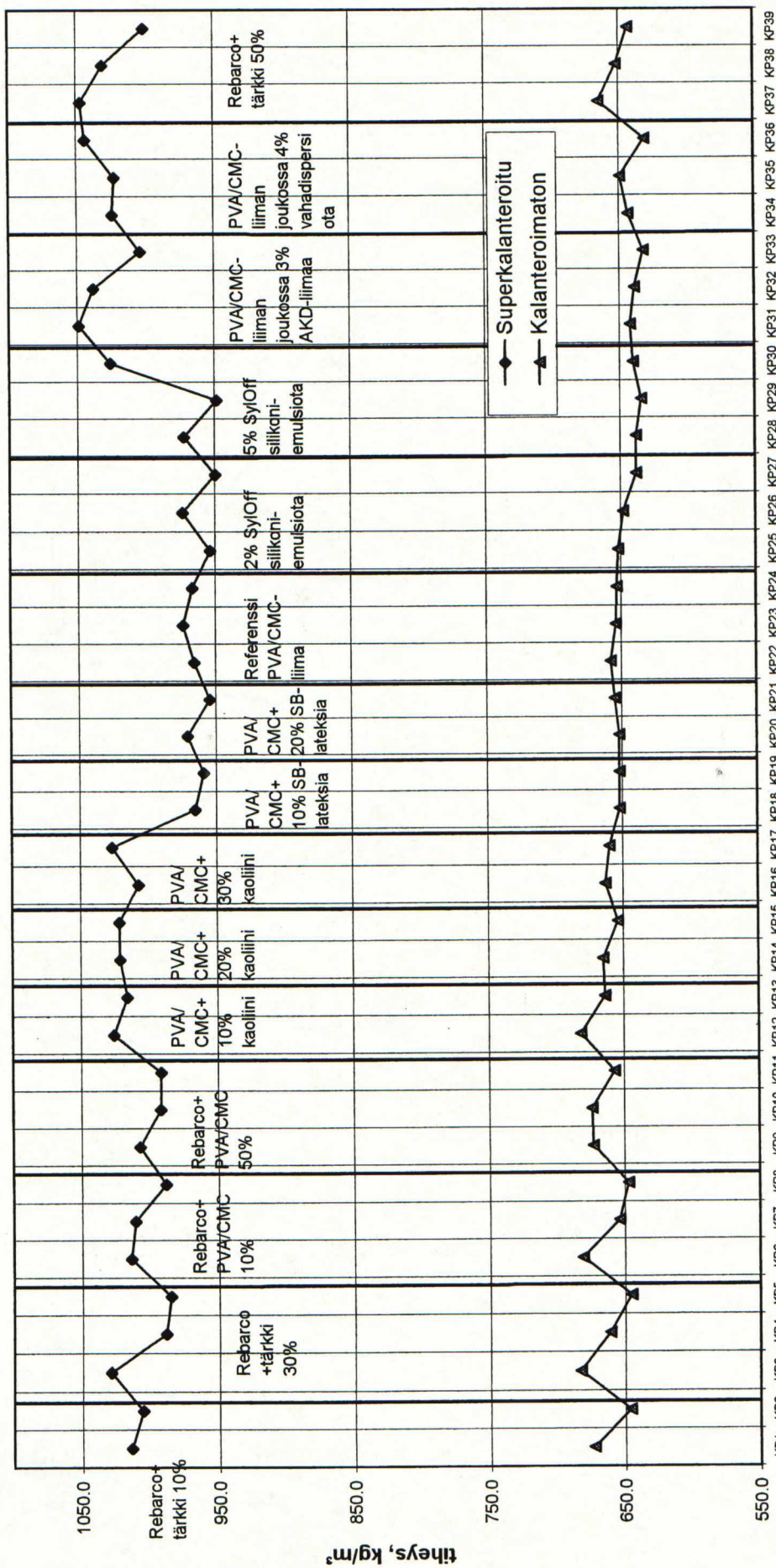
Pintaenergia ja poolisuus

Näyte	Kosketuskulmat						Suht. poolisuus		
	Vesi		Di-iodometaani, DIM		Pintaenergia			Poolisuusosuus	
	kulma	hajonta	kulma	hajonta	[mJ/m ²]	hajonta			
7. lokakuuta 1996 Kr. 20823	70.1	3	45.9	5	44.82	0.9	8.3	0.71	18.5
5. marraskuuta 1996, Kr. 21004	68.6	3	42.6	2	46.76	0.69	8.48	0.69	18.1
6. helmikuuta 1997, Kr. 20478	63.7	4	42.6	1	49.24	0.89	8.92	0.86	18.9
29. syyskuuta 1997, Kr. 23235	64.7	5	43	2	48.58	1.26	10.51	1.25	21.6
6. tammikuuta 1998, Kr. 20072	72.1	4	44.3	3	44.49	0.99	7.11	0.91	16
10. syyskuuta 1998, Kr. 23552	67.7	4	42.6	2	47.2	0.89	8.92	0.86	18.9

Pintaenergian happo- ja emäs-komponentit

Näyte	γ_{LW}		γ^+		γ^-		γ_{AB}		γ	
	haj.	haj.	haj.	haj.	haj.	haj.	haj.	haj.	haj.	
	[mJ/m ²]	[mJ/m ²]	[mJ/m ²]	[mJ/m ²]	[mJ/m ²]	[mJ/m ²]	[mJ/m ²]	[mJ/m ²]	[mJ/m ²]	
7. lokakuuta 1996 Kr. 20823	36.53	0.91	0.26	0.14	12.7	1.67	3.63	0.83	40.16	0.76
5. marraskuuta 1996, Kr. 21004	38.28	0.32	0.36	0.16	12.39	1.78	4.21	0.65	42.49	0.65
6. helmikuuta 1997, Kr. 20478	38.28	0.15	0.18	0.1	18.09	2.44	3.65	0.77	41.92	0.79
29. syyskuuta 1997, Kr. 23235	38.07	0.33	0.67	0.17	14.19	2.73	6.16	0.38	44.23	0.31
6. tammikuuta 1998, Kr. 20072	37.38	0.5	0.67	0.22	8.71	2.16	4.84	0.44	42.22	0.44
10. syyskuuta 1998, Kr. 23552	38.28	0.35	0.41	0.14	12.85	2.23	4.57	0.53	42.85	0.54

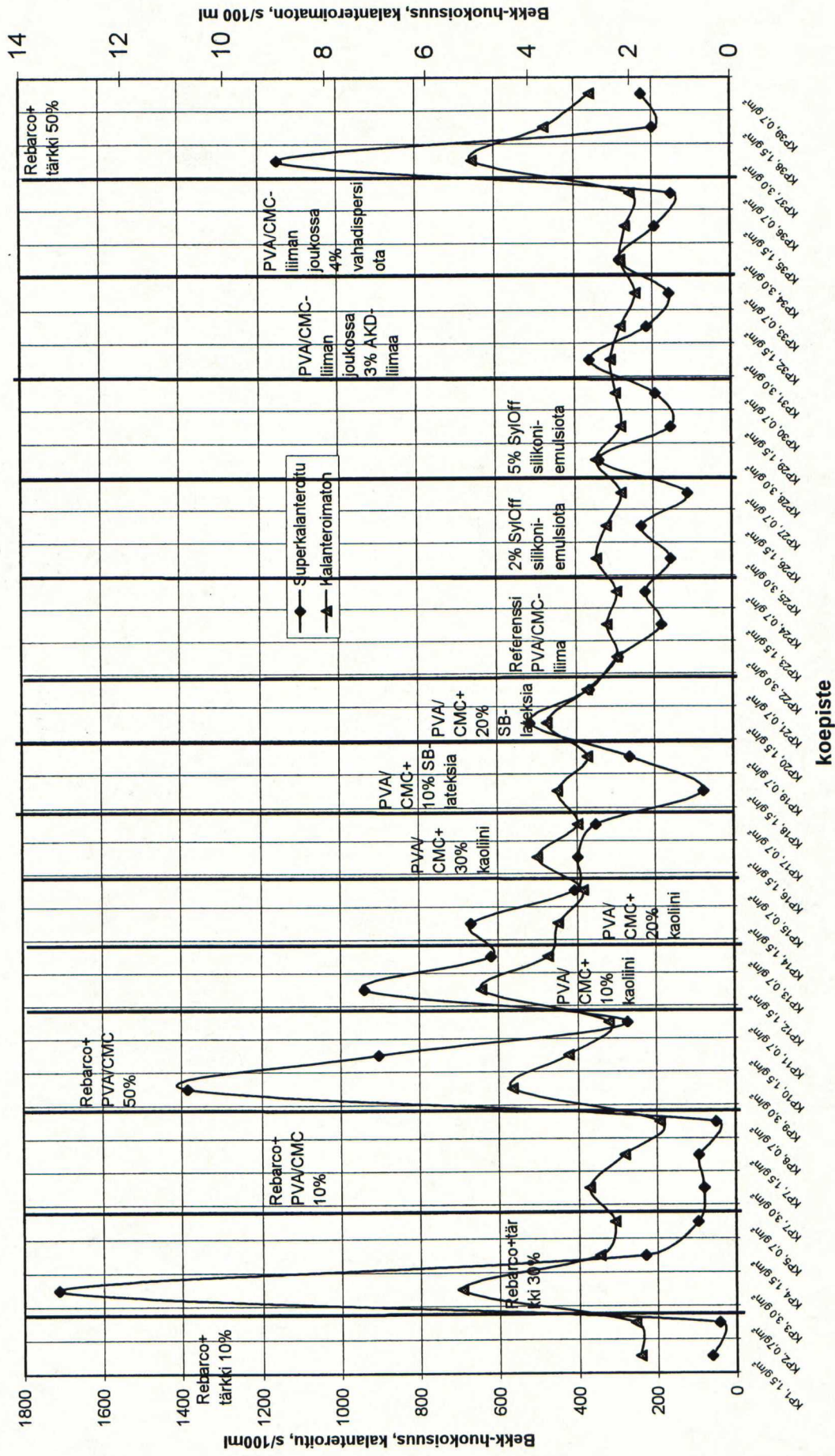
Superkalanteroidun ja kalanteroimattoman paperin tiheys



koepiste

Tiheyden muuttuminen kalanteroinnissa eri pintaliimoilla ja eri liimamääratasoilla. Jokaisella reseptillä ajettu päällystemäärät suurimmasta pienimpään.

Kalanteroimattoman ja kalanteroidun paperin huokoisuus



Bekk-huokoisuuden muuttuminen eri laisilla kalanteroinnissa eri laisilla pintaliimaresepteillä

Laboratory report

LIITE 12/1

R&D
Reported: *MRI*
Analyzed: *lab.workers*
m:\pk\8\koc\990201

CTC-koejon kalanteroidut näytteet

Department: *PM 8* Type: *trials*
Orderer: *Mikko Rissanen* Paper manufacturer: *Tervasaari*
Sample specification: *Raisio CTC-koeajon kalanteroidut näytteet*
Customer: *Omat*
Grade: *SC HON*
Size of the sample: *39 KP*
Additional information: *Laboratoriokalanteroidut näytteet CTC-Raisio*

Kalanteroitujen näytteiden tulokset:

		Unit	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Ka.pohjaj	1	2	3	4	
Sample identification											Tärkki+Rebarco		Tärkki+Rebarco		
Pohjapaperirullat P1-P7											10 % / 90 %		30 % / 70 %		
											1,5 g/m ² 0,7 g/m ²		3,0 g/m ² 1,5 g/m ²		
Base	Property														
	Sihkoniasorptio	g/m ²	56.5	56.9	56.5	56.8	56.8	56.6	57.0	56.7	59.9	59.0	60.9	59.3	
	Grammage	g/m ²	60.8	59.5	60.4	58.8	59.2	56.4	58.2	59.0	59.1	58.7	59.2	60.0	
	Thickness	Average μm	1.32	1.43	1.58	1.55	1.75	0.84	1.48	1.4	1.66	1.34	1.62	1.56	
	"	Std. Dev. "													
Density		kg/m ³	929	936	937	946	939	1004	979	961	1014	1005	1029	998	
	Porosity Bekk	s	8.3	9.3	11.7	8.2	10.9	12.6	11.3	10.3	63.3	43.5	1712.4	230.1	
Absorption	Oil abs. Unger 60 s	Top g/m ²	5.2	4.3	3.9	4.4	3.6	3.4	4.1	4.1	1.0	1.4	0.7	1.0	
	Shirlastain 30 s	Top g/m ²	18.5	18.7	20.2	19.5	22.6	20.4	22.7	20.4	13.3	16.5	17.3	17.9	
Strength	Internal Bond Strength	MD J/m ²	432	485	444	451	466	450	463	461.0	451	476	526	457	
Surface	Smoothness Bekk	Top s	1187	1703	2327	1792	2069	2013	2344	2055.0	3874	2241	5439	3649	
	"	Wire "	73	132	130	138	134	166	161	133.4	133	114	129	115	
	Roughness PPS 10	Top μm	1.46	1.43	1.31	1.51	1.17	1.30	1.43	1.4	1.33	1.36	0.97	1.20	
	"	Wire "	3.17	3.26	3.08	3.25	3.38	3.04	3.11	3.2	3.28	3.48	3.37	3.16	
	IGT stain length	MD Top cm	11.7	12.2	11.8	12.4	12.7	12.6	12.7	12.3	14.5	13.5	14.3	13.9	
Optical	Transparency	%	44.5	44.5	45.7	45.5	44.8	46.3	44.3	45.1	45.5	45.1	45.3	45.1	
Additional	Thickness single values	1	μm	62	59	59	61	59	57	58	59	58	59	61	60
		2	"	59	60	64	57	59	56	59	59	62	59	57	62
		3	"	63	61	59	58	57	57	60	59	60	60	60	57
		4	"	62	59	61	60	59	55	57	59	60	60	59	61
		5	"	59	62	59	56	57	56	57	58	56	58	60	59
		6	"	60	57	60	60	59	57	56	58	59	59	59	59
		7	"	61	58	62	59	59	56	58	59	58	57	58	62
		8	"	61	60	60	60	63	56	57	60	60	59	59	61
		9	"	60	60	60	58	61	58	60	60	60	60	62	60
		10	"	61	59	60	59	59	56	60	59	58	56	57	59
		Average	μm	60.8	59.5	60.4	58.8	59.2	56.4	58.2	59.0	59.1	58.7	59.2	60
Std.Dev	"	1.3	1.4	1.6	1.5	1.8	0.8	1.5	1.4	1.7	1.3	1.6	1.6		
Min	"	59	57	59	56	57	55	56	57	56	56	57	57		
Max	"	63	62	64	61	63	58	60	62	62	60	62	62		

Kalanteroitamattomien näytteiden tulokset:

		Property	Unit	1	2	3	4
Base	Grammage		g/m ²	61.3	59.22	62.43	60.2
	Thickness	Average	μm	91.1	91.7	91.4	91.1
		Std. Dev.	"	1.6	1.1	1.3	1
	Density		kg/m ³	673	646	683	661
Porosity Bekk		s	1.9	2	5.4	2.7	
Absorption	Oil abs. Unger 60 s	Top	g/m ²	15.3	17.9	20	22
	Shirlastain 30 s	Top	g/m ²	449	455	474	465
Strength	Internal Bond Strength	MD	J/m ²	449	455	474	465
Surface	Smoothness Bekk	Top	s	4.7	4.9	5.3	4.3
		Wire	"	9.7	10.3	8.8	9.2
	Roughness PPS 10	Top	μm				
		Wire	μm				
	IGT stain length	MD Top	cm	6.6	6.5	7.6	6.8
Optical	Transparency		%	38.3	37.9	38.3	38.1
Additional	Thickness single values	1	μm	90	91	91	91
		2	"	90	93	90	93
		3	"	92	91	91	92
		4	"	92	91	91	91
		5	"	88	93	91	90
		6	"	93	92	91	92
		7	"	90	93	92	90
		8	"	92	92	90	90
		9	"	91	91	93	91
		10	"	93	90	94	91
		Average	μm	91.1	91.7	91.4	91.1
Std.Dev	"	1.6	1.1	1.3	1.0		
Min	"	88	90	90	90		
Max	"	93	93	94	93		

5	6			7			8			9			10			11			12		13		14		15		16		17		18		19		20		21	
	PVA/CMC + Rebarco 10 % / 90 %						PVA/CMC + Rebarco 50 % / 50 %						PVA/CMC + kaoliini 10%		PVA/CMC + kaoliini 20%		PVA/CMC + kaoliini 30%		PVA/CMC + SB-lateksi 10%		PVA/CMC + SB-lateksi 20%																	
0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²			
1,2	0,8	1,1	1,4	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,9	0,6	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8		
58.5	60.5	59.4	58.8	60.0	59.2	57.9	60.2	59.0	59.2	57.9	60.2	59.0	59.2	57.9	60.2	59.0	59.2	57.9	60.2	59.0	59.2	57.9	60.2	59.0	59.2	57.9	60.2	59.0	59.2	57.9	60.2	59.0	59.2	57.9	60.2	59.0	59.2	
59.4	59.7	58.8	59.5	59.6	59.7	58.4	58.7	58.1	58.4	58.7	58.1	58.4	58.7	58.1	58.4	58.7	58.1	58.4	58.7	58.1	58.4	58.7	58.1	58.4	58.7	58.1	58.4	58.7	58.1	58.4	58.7	58.1	58.4	58.7	58.1	58.4		
1.84	1.89	1.23	2.01	0.84	2.16	1.07	2.71	1.66	1.25	1.62	1.45	1.70	1.76	1.55	1.20	1.51	1.84	1.89	1.23	2.01	0.84	2.16	1.07	2.71	1.66	1.25	1.62	1.45	1.70	1.76	1.55	1.20	1.51	1.84	1.89	1.23		
985	1013	1010	988	1007	993	991	1026	1013	1021	1007	1026	1013	1021	1007	1026	1013	1021	1007	1026	1013	1021	1007	1026	1013	1021	1007	1026	1013	1021	1007	1026	1013	1021	1007	1026	1013	1021	
96.3	80.9	93.3	50.5	1305	903.5	274	940	619	668	408	398	352	27.1	265.2	518.4	367.8	474	450	475	431	491	481	469	520	466	461	473	500	502	508	559	520	476	2441	2871	2498	2083	
1.0	0.9	1.1	1.2	0.4	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6		
10.9	9.9	10.9	16.4	13.1	13.9	15.3	17.5	13.9	14.2	19.1	16.5	16.8	16.1	16.8	13.9	16.3	474	450	475	431	491	481	469	520	466	461	473	500	502	508	559	520	476	2441	2871	2498	2083	
112	126	124	138	160	163	123	128	129	124	112	119	118	127	134	122	128	112	126	124	138	160	163	123	128	129	124	112	119	118	127	134	122	128	112	126	124	138	
1.40	1.24	1.36	1.31	1.24	1.23	1.31	1.21	1.25	1.30	1.16	1.30	1.18	1.21	1.20	1.33	1.13	3.37	3.35	3.27	3.32	3.08	3.46	3.24	3.18	3.31	3.36	3.33	3.29	3.28	3.30	3.41	3.17	3.22	13.9	14.2	14.3	14.5	
13.9	14.2	14.1	14.5	14.5	14.1	13.7	14.2	14.1	14.0	13.9	14.1	13.8	14.0	13.8	14.0	13.8	45.3	45.1	46.1	46.3	45.2	45.9	46.7	46.9	46.4	45.7	47.5	46.7	46.7	46.3	47.2	46.2	47.8	45.3	45.1	46.1	46.3	
61	62	60	64	59	63	59	56	58	60	58	59	60	61	61	60	63	61	62	60	64	59	63	59	56	58	60	58	59	60	61	61	60	63	61	62	60	64	
58	58	58	59	60	58	58	63	58	57	58	60	56	62	56	62	56	59	60	61	58	59	60	59	57	56	57	57	59	65	57	61	61	61	61	61	61	61	
59	60	61	58	59	63	56	62	56	58	56	60	59	61	61	60	63	59	60	61	58	59	60	59	57	56	57	57	59	65	57	61	61	61	61	61	61	61	
61	59	58	60	60	61	59	55	57	58	54	61	55	59	62	60	63	59	60	61	58	59	60	59	57	56	57	57	59	65	57	61	61	61	61	61	61	61	
60	61	58	60	60	61	59	56	57	57	57	61	57	60	61	60	63	59	60	61	58	59	60	59	57	56	57	57	59	65	57	61	61	61	61	61	61	61	
57	59	58	60	61	60	58	59	62	57	56	61	57	60	61	60	63	59	60	61	58	59	60	59	57	56	57	57	59	65	57	61	61	61	61	61	61	61	
58	60	60	58	60	60	57	59	59	59	58	59	55	59	62	60	63	59	60	61	58	59	60	59	57	56	57	57	59	65	57	61	61	61	61	61	61	61	
62	58	59	61	60	60	58	57	58	59	58	59	55	59	62	60	63	59	60	61	58	59	60	59	57	56	57	57	59	65	57	61	61	61	61	61	61	61	
57	57	57	57	59	59	59	61	59	59	60	57	58	61	61	60	63	59	60	61	58	59	60	59	57	56	57	57	59	65	57	61	61	61	61	61	61	61	
59.4	59.7	58.8	59.5	59.6	59.7	58.4	58.7	58.1	58	57.2	59.1	57.3	61	60.8	60.9	61.4	1.8	1.9	1.2	2.0	0.8	2.2	1.1	2.7	1.7	1.2	1.6	1.4	1.7	1.8	1.5	1.2	1.5	1.2	1.5	1.2	1.5	
1.8	1.9	1.2	2.0	0.8	2.2	1.1	2.7	1.7	1.2	1.6	1.4	1.7	1.8	1.5	1.2	1.5	57	57	57	57	58	57	56	55	56	56	54	57	55	59	57	59	57	59	57	59		
57	57	57	57	58	57	56	55	56	56	54	57	55	59	57	59	60	61	63	61	60	60	58	57	56	55	59	57	55	59	57	59	57	59	57	59	57	59	
62	63	61	64	61	63	60	63	62	60	60	61	60	65	63	63	64	65	63	61	64	61	60	60	60	60	60	60	61	60	65	63	63	64	65	63	63	64	

5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
59.19	61.95	60.72	59.44	61.01	60.03	58.49	61.54	59.61	59.93	59.24	59.97	59.58	59.16	59.55	59.7	59.56
91.8	91	92.8	91.8	90.6	89	89	90.3	89.8	90.1	90.6	90.5	90.3	90.8	91.4	91.5	90.9
1.1	1.2	1	1.1	1.6	1.2	1.2	1.1	0.6	0.9	0.8	1.6	1.5	1.8	1.4	1.5	1.7
645	681	654	647	673	674	657	682	664	665	654	663	660	652	652	652	655
2.4	2.9	2.2	1.5	4.4	3.3	2.5	5	3.7	3.5	3	3.9	3.1	3.5	2.9	3.7	2.9
21.3	16	17.6	18.7	17	17.2	18.5	18.8	17.6	18	17.8	17.8	18.4	18.3	18	18.5	17.8
468	460	456	467	472	509	472	484	487	477	476	476	475	484	464	475	481
4.2	4.5	4	3.6	4.1	3.6	3.6	5.3	4.3	4.7	4.6	4.1	4.1	4.7	4.1	4.4	4.2
9.1	8.9	8.6	8.9	9.1	8.7	8.7	8.8	9.6	9.2	10.1	9.8	9	9	9.3	9.5	9.7
6.8	6.9	6.5	6.3	6.8	6.6	5.8	6.8	6.7	6.4	6.5	6.5	6.4	6.6	6.4	6.7	6.4
38.3	38.1	38.4	37.2	37.4	38.7	37.9	37.8	38.2	38.1	37.3	37.6	37.8	39.1	38.1	38.6	37.4
92	90	93	91	94	89	87	89	90	90	91	87	93	89	91	91	93
92	89	93	93	89	90	89	90	90	89	91	92	89	93	90	90	89
89	90	93	90	92	90	87	92	90	90	91	92	89	92	89	89	88
92	90	93	93	89	87	91	90	89	89	90	89	91	89	92	92	92
91	91	94	92	90	89	89	91	90	91	90	92	90	90	91	92	91
92	92	93	91	91	89	89	90	91	89	91	90	92	94	93	93	91
93	93	93	91	90	89	89	90	89	90	90	90	90	89	93	94	89
92	91	93	93	91	89	90	92	90	91	89	91	88	90	90	92	93
92	92	93	93	89	87	89	90	89	91	92	91	91	92	93	92	91
93	92	90	91	91	91	90	89	90	91	91	91	90	90	92	90	92
91.8	91.0	92.8	91.8	90.6	89.0	89.0	90.3	89.8	90.1	90.6	90.5	90.3	90.8	91.4	91.5	90.9
1.1	1.2	1.0	1.1	1.6	1.2	1.2	1.1	0.6	0.9	0.8	1.6	1.5	1.8	1.4	1.5	1.7
89	89	90	90	89	87	87	89	89	89	89	87	88	89	89	89	88
93	93	94	93	94	91	91	92	91	91	92	92	93	94	93	94	93

22			23			24			25			26			27			28			29			30			31			32			33			34			35			36			37			38			39		
Referenssi									PVA/CMC + silikoni 2%						PVA/CMC + silikoni 5%						PVA/CMC+ AKD 3%						PVA/CMC+vaha 4 %						Rebarco + tärkkelys 50/50																				
3,0 g/m ²			1,5 g/m ²			0,7 g/m ²			3,0 g/m ²			1,5 g/m ²			0,7 g/m ²			3,0 g/m ²			1,5 g/m ²			0,7 g/m ²			3,0 g/m ²			1,5 g/m ²			0,7 g/m ²			3,0 g/m ²			1,5 g/m ²			0,7 g/m ²											
0,9	0,9	1	0,6	0,8	1	0,8	0,9	0,9	0,7	0,7	1	0,9	0,9	0,8	0,71	0,71	0,6	58,6	58,4	58,1	59,2	58,5	58,1	59,0	58,8	60,2	60,6	60,4	59,2	60,5	59,6	59,9	62,8	61,3	60,5																		
58,6	58,4	58,1	59,2	58,5	58,1	59,0	58,8	60,2	60,6	60,4	59,2	60,5	59,6	59,9	62,8	61,3	60,5	60,7	60,0	60,1	62,1	60,1	61,2	60,7	62,0	58,7	57,8	58,2	59	59,1	58,3	57,4	60,0	59,5	60,5																		
60,7	60,0	60,1	62,1	60,1	61,2	60,7	62,0	58,7	57,8	58,2	59	59,1	58,3	57,4	60,0	59,5	60,5	2,00	0,94	1,52	1,20	1,10	1,81	1,34	1,89	1,49	1,03	1,55	1,15	0,88	1,34	1,07	1,49	1,35	1,43																		
965	973	967	953	973	949	972	948	1016	1045	1038	1003	1024	1022	1044	1047	1030	1000	293,2	181,8	222,0	157,4	230,8	113,4	339,0	155,5	193,6	362,1	215,9	158,2	285,2	193,7	152,1	1151	199,9	227,6																		
0,7	0,8	0,6	0,6	0,7	0,7	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	1,0	0,9	1,0	0,5	0,5	0,7	0,8	16,3	15,7	17,8	16,6	17,7	18,0	15,5	17,5	14,1	14,5	15,2	13,7	15,1	13,6	16,1	15,3	17,6	17,6	17,6	17,6																
520	513	515	512	512	490	508	501	493	546	556	541	569	542	544	482	465	470	3441	2413	2840	2202	2684	2198	3339	2520	2722	2648	2739	2211	2233	1896	2886	5810	2525	2586																		
141	123	126	93	143	122	140	150	152	179	175	158	125	133	145	121	125	144	1,27	1,40	1,35	1,46	1,39	1,51	1,15	1,35	1,31	1,39	1,35	1,43	1,44	1,58	1,49	1,37	1,57	1,56																		
3,36	3,36	3,25	3,65	3,30	3,27	3,18	3,07	3,19	2,98	2,91	2,91	3,17	3,07	3,08	3,26	3,21	3,36	13,8	13,7	13,7	13,6	13,7	13,7	13,9	13,8	13,7	14,1	14,0	13,6	13,7	13,7	13,9	14,7	14,2	14,0																		
47,5	46,6	47,1	45,6	46,1	46,4	47,0	46,2	46,1	46,8	46,5	45,0	45,0	45,2	47,0	45,2	46,0	45,7	47,5	46,6	47,1	45,6	46,1	46,4	47,0	46,2	46,1	46,8	46,5	45,0	45,0	45,2	47,0	45,2	46,0	45,7																		
61	59	59	61	58	61	60	64	58	57	59	61	60	59	59	61	59	61	61	60	61	61	60	60	62	64	58	57	62	59	58	58	58	56	57	61	59	61																
61	60	61	62	60	60	62	64	58	57	62	59	59	59	58	58	63	57	62	60	61	61	60	60	60	62	64	58	57	62	59	58	58	56	57	61	59	61																
62	59	58	62	61	60	60	59	61	59	58	58	58	57	59	58	58	60	62	60	61	61	60	60	60	62	64	58	57	62	59	58	58	56	57	61	59	61																
64	62	62	61	60	60	59	62	57	58	57	58	60	57	57	59	59	60	62	60	61	61	60	60	60	62	64	58	57	62	59	58	58	56	57	61	59	61																
62	60	59	62	61	60	63	63	58	58	57	59	60	57	57	59	60	60	62	60	61	61	60	60	60	62	64	58	57	62	59	58	58	56	57	61	59	61																
58	59	59	62	61	65	59	60	60	59	59	58	60	57	57	59	60	60	62	60	61	61	60	60	60	62	64	58	57	62	59	58	58	56	57	61	59	61																
57	60	63	61	61	61	62	60	59	57	57	59	60	57	57	59	60	60	62	60	61	61	60	60	60	62	64	58	57	62	59	58	58	56	57	61	59	61																
60	60	60	62	59	60	61	64	61	56	58	61	60	58	58	61	60	60	62	60	61	61	60	60	60	62	64	58	57	62	59	58	58	56	57	61	59	61																
61	61	60	65	59	64	61	63	58	59	58	58	58	61	56	58	61	60	62	60	61	61	60	60	60	62	64	58	57	62	59	58	58	56	57	61	59	61																
61	60	60	63	61	61	60	61	57	58	57	59	59	58	59	59	60	60	62	60	61	61	60	60	60	62	64	58	57	62	59	58	58	56	57	61	59	61																
60,7	60	60,1	62,1	60,1	61,2	60,7	62	58,7	57,8	58,2	59	59,1	58,3	57,4	60	59,5	60,5	2,0	0,9	1,5	1,2	1,1	1,8	1,3	1,9	1,5	1,0	1,5	1,2	0,9	1,3	1,1	1,5	1,4	1,4																		
2,0	0,9	1,5	1,2	1,1	1,8	1,3	1,9	1,5	1,0	1,5	1,2	0,9	1,3	1,1	1,5	1,4	1,4	57	59	58	61	58	60	59	59	57	56	57	58	58	56	56	58	57	58																		
57	59	58	61	58	60	59	59	57	56	57	58	58	56	56	58	57	58	64	62	63	640	642	639	632	643	649	631	665	652	643	665	652	643	665	652	643																	
64	62	63	65	61	65	63	64	61	59	62	61	60	61	61	60	62	62	64	62	63	63	640	642	639	632	643	649	631	665	652	643	665	652	643	665	652	643																

22			23			24			25			26			27			28			29			30			31			32			33			34			35			36			37			38			39		
59,9	59,63	59,07	59,63	59,64	58,74	59,1	58,88	58,94	59,87	58,77	58,96	60,22	60,06	58,98	61,96	59,95	59,61	91	91,2	90,5	91,4	92	92,1	92,6	92,8	92,1	93,2	92	93,3	93,7	92,6	93,5	93,2	92	92,7																		
1,5	1,2	1,1	1,3	0,5	1,3	1,2	0,8	1,5	1,2	1,4	0,9	1,4	1,3	1,1	1,2	1,8	0,9	658	654	653	652	648	638	638	634	640	642	639	632	643	649	631	665	652	643																		
2,3	2,5	2,3	2,7	2,5	2,2	2,7	2,2	2,3	2,4	2,2	1,9	2,2	2,1	2	5,1	3,7	2,8	19	19,9	20,9	18,2	18,5	19,2	17,4	17,8	18,1	17,2	17,9	17,8	18,9	18,2	19,8	21,9	22,4	20,3																		
517	510	501	508	502	526	525	492	493	525	492	493	508	502	526	508	502	526	4,3	4,5	4,2	4,3	4	3,6	4,4	3,6	4,1	2,9	3,1	3,1	2,8	2,7	3,2	5,4	3,8	3,7																		
9	9,7	9	8,9	8,8	8,5	9,6	9	9,2	7,3	7,3	7,8	7,1	7,4	7,8	8,2	9,3	9	6,2	6,2	5,9	6,2	6,3	6,1	6,5	6,3	6,2	6,3	6	5,9	6,3	6,1	5,8	7,4	6,9	6,5																		
38	37,8	37,3	37,7	39,2	38,1	38,2	38,2	38,7	39,2	38,2	39,2	38,5	39,3	38,6	38,1	38,5	38,7	92	91	90	93	92	93	93	93	94	95	93	93	92	92	93	91	94	92																		
92	91	90	93	92	93	93	93	94	95	93	93	93	93	94	94	93	93	91	92	93	93	91	92	91	92	91	93	93	93	95	92	95	95	94	92																		
91	92	93	90	93	91	94	92	94	93	94	92	93	93	94	94	93	93	90	90	90	92	93	93	91	92	91	93	93	95	91	94	92	93	94	92																		
90	90	90	92	93	93	91	92	91	93	93	93	95	92	95	95	94	92	91	91	90	89	92	93	92	94	90	92	92	95	91	94	92	93	94	92																		
91	91	90	89	92	93	92	94	90	92	92	95	95	91	94	92	93	94	89	91	89	93	92	94	92	92	91	91	91	93	93	93	92	91	93	92																		
89	91	89	93	92	94	92	92	91	91	91	93	93	93	93	93	93	93	92	94	90	91	93	91	94	90	92	91	91	93	96	95	91	94	95	93																		
92	94	90	91	93	91	94	92	90	92	91	93	95	92	94	93	93	93	92	94	90	91	93	91	94	90	92	91	91	93	95	92	94	93	89	94																		
94	90	91	92	92	92	94	93	92	94	95	94	95	92	94	93	93	93	89	90	91	92	93	90	93	94	93	94	94	93	91	93	93	92	92	92																		
89	90	91	91	93	90	93	94	93	94	94	92	93	91	93	93	93	93	91	92	91	92	93	93	91	93	93	94	92	93	94	94	94	94	94	94	91																	
91	92	91	92	93	93	91	93	93	94	92	94	92	93	94	94	94	94	91	92	91	92	93	93	91	93	93	94	92	93	94	94	94	94	94	94	91																	
91	91	90	91	92	91	92	93	93	94	94	94	93	94	94	94	94	94	91	92	91	92	93	93	91	93	93	94	92	93	94	94	94	94	94	94	91																	
91,0	91,2	90,5	91,4	92,0	92,1	92,6	92,8	92,1	93,2	92,0	93,3	93,7	92,6																																								

Coating colour	no.	1	2	3	4	5	6	7	8
Rebarco RB 736			90	70	90	50			
SPS							10	20	30
Raisamyl 302 ESP			10	30					
CMC					2	10	18	16	14
PVA					8	40	72	64	56
Styronal FX 8736									
Syl-off 7950									
Aquapel 320									
Wükonil PW									
Raisamyl 402 SP		100							
Target solids	%	11	max	max	max	max	max	max	max
Target ph		ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.
Coating colour	9	10	11	12	13	14	15	16	
Rebarco RB 736								50	
SPS									
Raisamyl 302 ESP								50	
CMC	18	16	19.6	19	19.4	19.2	20		
PVA	72	64	78.4	76	77.6	76.8	80		
Styronal FX 8736	10	20							
Syl-off 7950			2	5					
Aquapel 320					3.5				
Wükonil PW						4			
Raisamyl 402 SP									
Target solids	max	max	max	max	max	max	max	max	
Target ph	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	
ANALYSES									
Slurry samples		SPS	SylOff	7950	7924				
Br 100 rpm	mPas	284							
Br 50 rpm	mPas	360							
Temperature	°C	13							
pH		6.7							
Solid content	%	65.3		42.0	40.3				
Ash content	%	87.6							

Coating colour	no.	1	2	2	4	3	6	5	9	7	8	10	1	15	15	11	12	13	14	16
Sample A=Mikseristä			start										A/2		start					
Br 100 rpm	mPas	23	1030	980	1510	1210	530	540	512	900	990	668	22	474	472	560	542	378	456	832
Br 50 rpm	mPas	16	1710	1600	2380	1820	532	580	512	900	1000	684	14	472	472	560	544	376	456	1200
Temperature	°C	45	36	37	32	44	43	43	46	39	39	43	45	44	42	40	40	47	43	46
pH		6.8	8.0	7.9	7.5	7.6	5.1	5.7	5.2	5.3	5.3	5.3	6.8	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	7.3
Solid content	%	10.2	52.1	51.9	44.9	45.7	16.7	22.2	16.1	19.2	20.6	17.5	9.6	14.6	14.3	14.6	15.1	14.9	14.7	40.2
Ash content	%	-	54.6	-	54.9	42.8	14.2	29.7	-	25.4	32.1	-	-	-	-	-	-	-	-	31.4
Sample B=Konekierron paluu, ennen pääll.																				
Br 100 rpm	mPas	25	928	928	768	386	794	570	554	920	1030	766		476	476	558	538	496	546	218
Br 50 rpm	mPas	18	1520	1520	1160	536	792	612	548	920	1060	784		476	476	556	536	496	548	268
Water retention	g/m ²	-	43.9	43.9	67.3	33.4	-	38.0	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	64.3
Temperature	°C	42	39	39	43	40	40	42	46	39	38	42		42	42	40	39	40	41	36
pH		7.0	7.9	7.9	7.0	7.7	5.2	5.8	5.2	5.3	5.3	5.3		5.0	5.0	5.0	5.0	4.9	5.0	7.2
Solid content	%	10.1	51.6	51.6	42.1	39.8	17.6	22.1	16.4	19.1	20.6	17.3		14.2	14.2	14.6	14.9	14.6	14.7	32.2
Ash content	%	-	55.0	55.0	55.0	43.3	17.8	30.1	-	25.8	32.3	-		-	-	-	-	-	-	30.7
Sample C=Konekierron paluu, ennen pääll. taustapuolen liima																				
Br 100 rpm	mPas	25																		
Br 50 rpm	mPas	18																		
Temperature	°C	42																		
pH		7.3																		
Solid content	%	10.1																		
Ash content	%	-																		
Sample D=Konekierron paluu, pääll. jälk.																				
Br 100 rpm	mPas	26	27	27	28	28	28	29	22	22	22	23	23	24	24					
Br 50 rpm	mPas	18	18	18	20	20	20	20	14	14	14	16	16	16	16					
Temperature	°C	42	42	43	40	43	42	40	45	44	43	42	42	41	40					
pH		7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	6.8	7.0	7.1	7.1	7.1	6.7	7.1					
Solid content	%	10.1	10.1	10.2	10.2	10.1	10.1	10.0	9.6	9.2	9.2	9.2	9.1	9.2	9.2					
Ash content	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					

Käytetyt standardimenetelmät

Näytteiden ilmastointi testausta varten	SCAN-P 2:75
Paperin neliömassa	SCAN-P 6:75
Paperin paksuus ja tiheys	SCAN-P 7:75
Paperin vetolujuus ja murtovenymä	SCAN-P 38:80
Paperin öljynabsorptio	SCAN-P 37:77
Hunter-kiilto	Tappi T480 om-90
Paperin valonläpäisevyys	SFS 3517-1976
Bekk-sileys	DIN 53107
Bekk-huokoisuus	DIN 53107
Palstautumislujuus	Tappi T541
PPS-karheus	ISO 8791/4

Laboratory report
17-maalis-99
R&D
Reported: **MRI**
Analyzed: **lab.workers**
m:\pk8\8koe990201

CTC-koejon kalanteroidut näytteet

Department: **PM 8** Type: **trial**
Order: **Mikko Rissanen** Paper manufacturer: **Te**
Sample specification: **Raisio CTC-koejon kalanteroidut näytteet**
Customer:
Grade: **SC HON**
Size of the sample: **39 KP**
Additional information: **Laboratorikalanteroidut näytteet CTC-Raisio**

Superkalanteroidut näytteet

Sample identification	Property	Unit	Referenssi PVA/CMC (80 20) Massalimattu paperi			Referenssi PVA/CMC (80 20) Massalimattu paperi			PVA/CMC-liima+5% kaoliinia Massalimattu paperi			PVA/CMC-liima+10% kaoliinia Massalimattu paperi		
			3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Base	Grammage	Average	59.4	59.1	59.0	59.2	58.0	57.8	60.3	59.5	58.9	60.9	60.4	60.2
	Thickness	Std. Dev.	56.0	58.0	61.0	56.0	58.0	56.0	56.0	58.0	58.0	56.0	57.0	55.0
	"		55.6	58.7	58.0	56.3	56.7	56.2	57.1	57.4	56.0	57.6	56.8	57.3
	Density		1060.7	1019.0	967.2	1057.1	1000.0	1032.1	1076.8	1025.9	1015.5	1087.5	1059.6	1094.5
	Porosity Bekk		206.0	200.8	167.0	550.1	436.2	434.7	464.1	366.8	272.7	626.2	894.8	417.7
Absorption	Oil abs. Unger 60 s	Top	1.0	1.0	1.0	0.7	0.9	0.7	0.7	0.8	0.8	0.5	0.6	0.8
	Silicon absorption	Top	1.0	1.0	0.9	0.6	0.4	0.6	0.4	0.9	1.2	0.5	0.8	0.7
	Shirlastain 30 s	Top	13.5	19.9	15.4	23.9	33.4	31.9	15.1	15.0	15.8	13.6	15.6	15.2
Strength	Internal Bond Strength	MD	700	646	631	1217	1268	911	625	660	623	607	577	612
Surface	Smoothness Bekk	Top	2547	1988	3153	2831	2749	2983	2838	2709	2919	3275	3109	3111
	"	Wire	227	236	238	196	115	104	219	206	181	233	200	196
	Roughness PPS 10	Top	1.40	1.59	1.57	1.42	1.33	1.24	1.36	1.58	1.34	1.32	1.17	1.45
	"	Wire	2.68	2.45	2.61	2.93	3.00	3.32	2.65	2.65	2.71	2.70	2.49	2.61
	IGT stain length	MD Top	13.9	13.5	13.9	14.1	14.0	13.8	14.1	14.4	14.5	14.6	14.4	14.7
Optical	Transparency	%	46.2	45.8	44.6	50.8	51.4	49.0	46.2	45.2	45.3	45.4	46.6	45.6
Additional	Thickness single values	1	55	57	59	55	52	58	57	58	55	58	60	57
		2	56	58	57	58	55	58	58	58	55	56	56	57
		3	55	59	59	56	58	55	59	58	55	60	59	57
		4	54	59	56	56	59	57	56	59	53	58	56	57
		5	56	58	59	57	56	55	58	55	57	56	55	58
		6	57	59	57	57	56	55	58	59	57	59	57	56
		7	55	60	58	56	55	57	55	60	56	56	55	57
		8	55	60	57	57	59	56	56	55	57	60	56	61
		9	57	59	57	55	59	55	58	54	57	57	57	58
		10	56	58	61	56	58	56	56	58	58	56	57	55
	Average	µm	55.6	58.7	58.0	56.3	56.7	56.2	57.1	57.4	56.0	57.6	56.8	57.3
	Std.Dev	"	1.0	0.9	1.5	0.9	2.3	1.2	1.3	2.0	1.5	1.6	1.6	1.6
	Min	"	54	57	56	55	52	55	55	54	53	56	55	55
	Max	"	57	60	61	58	59	58	59	60	58	60	60	61

Superkalanteroidut näytteet

Sample identification	Property	Unit	PVA/CMC-liima+15% kaoliinia Massalimattu paperi			PVA/CMC-liima+20% kaoliinia Massalimattu paperi			PVA/CMC (90 10) Massalimattu paperi			PVA/CMC (90 10)+ 5% kaoliinia Massalimattu paperi		
			3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²
			13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Base	Grammage	Average	60.5	60.9	60.5	61.9	60.6	60.3	61.3	60.8	60.3	61.4	60.8	60.4
	Thickness	Std. Dev.	60.0	56.0	59.0	59.0	58.0	57.0	56.0	56.0	59.0	61.0	59.0	57.0
	"		58.0	58.8	57.9	58.8	57.4	59.0	58.5	59.3	59.2	59.9	58.8	58.7
	Density		1008.3	1087.5	1025.4	1049.2	1044.8	1057.9	1094.6	1085.7	1022.0	1006.6	1030.5	1059.6
	Porosity Bekk		515.8	309.0	305.6	632.4	513.9	342.6	286.3	413.4	203.8	601.9	316.9	329.0
Absorption	Oil abs. Unger 60 s	Top	0.7	0.8	0.8	0.7	0.6	0.8	0.8	0.7	0.9	0.9	1.0	1.1
	Silicon absorption	Top	0.7	0.8	0.9	0.6	1.0	0.8	0.9	0.9	0.9	0.7	0.8	1.0
	Shirlastain 30 s	Top	13.3	15.4	17.3	12.9	13.2	14.7	13.3	17.2	18.1	16.1	17.3	19.1
Strength	Internal Bond Strength	MD	656	595	581	644	574	600	627	577	544	620	576	563
Surface	Smoothness Bekk	Top	3762	3578	3258	2583	3189	3288	3037	2527	2731	3103	3582	3457
	"	Wire	215	214	207	218	232	225	182	164	195	199	218	174
	Roughness PPS 10	Top	1.31	1.55	1.40	1.45	1.38	1.38	1.31	1.23	1.37	1.21	1.23	1.28
	"	Wire	2.56	2.32	2.41	2.59	2.44	2.49	2.87	2.61	2.61	2.64	2.53	2.65
	IGT stain length	MD Top	14.2	14.0	14.0	14.1	14.0	14.1	14.1	14.0	13.7	14.2	14.0	13.9
Optical	Transparency	%	45.3	45.2	44.7	45.8	45.9	44.6	45.8	45.2	44.8	45.3	45.2	45.7
Additional	Thickness single values	1	56	60	58	60	57	58	60	60	59	62	57	60
		2	58	60	59	60	58	58	61	61	61	60	58	60
		3	57	58	56	59	58	57	58	60	61	61	57	60
		4	59	59	59	56	57	56	58	59	59	59	59	57
		5	58	61	57	59	55	64	58	61	58	61	60	60
		6	57	60	58	61	56	60	61	59	58	59	60	59
		7	58	58	57	58	60	58	57	61	59	59	58	59
		8	59	58	58	59	58	60	58	59	59	58	59	58
		9	58	58	58	57	57	62	58	57	59	59	61	57
		10	60	56	59	59	58	57	56	56	59	61	59	57
	Average	µm	58.0	58.8	57.9	58.8	57.4	59.0	58.5	59.3	59.2	59.9	58.8	58.7
	Std.Dev	"	1.2	1.5	1.0	1.5	1.3	2.5	1.6	1.7	1.0	1.3	1.3	1.3
	Min	"	56	56	56	56	55	56	56	56	58	58	57	57
	Max	"	60	61	59	61	60	64	61	61	61	62	61	60

Superkalanteroidut näytteet

Sample Identification Property			FVA/CMC (90.10)+ 10% kaoliuma Massalimattu paperi			Rebarco+FVA/CMC (60.40) Massalimattu paperi			Rebarco+FVA/CMC (90.50) Massalimattu paperi			Rebarco+FVA/CMC (40.60) Massalimattu paperi		
			3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²
		Unit	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Base	Grammage		62.0	61.2	60.8	63.4	61.9	61.5	62.5	61.3	61.1	62.6	61.6	61.0
	Thickness	Average	58.0	57.0	59.0	58.0	60.0	61.0	58.0	58.0	56.0	58.0	58.0	59.0
	"	Std. Dev.	58.1	57.6	58.4	59.5	59.8	59.7	57.2	57.9	57.3	60.5	59.8	58.5
	Density		1069.0	1073.7	1030.5	1093.1	1031.7	1008.2	1077.6	1056.9	1091.1	1079.3	1062.1	1033.9
	Porosity Bekk		1363.0	620.8	340.0	2383.0	850.1	209.0	1649.9	367.4	141.7	1185.9	826.1	255.1
Absorption	Oil abs. Unger 60 s	Top	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	0.6	0.8	0.9	0.6	0.6	0.9
	Silicon absorption	Top	0.9	0.6	1.0	0.6	1.1	1.0	0.5	0.6	0.8	1.0	1.0	1.1
	Shirlastain 30 s	Top	12.6	14.4	17.4	13.3	12.4	14.2	13.6	15.2	14.1	13.9	13.7	14.7
Strength	Internal Bond Strength	MD	648	622	574	572	515	530	549	546	783	540	526	542
Surface	Smoothness Bekk	Top	4353	3884	2898	5538	4078	3390	4408	3058	3535	3808	4625	4413
	"	Wire	202	192	181	194	176	175	205	191	224	177	168	165
	Roughness PPS 10	Top	1.20	1.31	1.35	1.02	1.23	1.59	1.35	1.49	1.30	1.56	1.28	1.21
	"	Wire	2.81	2.66	2.77	2.85	2.73	2.75	2.79	2.86	2.82	2.96	3.00	2.91
	IGT stain length	MD Top	14.4	14.4	14.0	15.0	14.5	14.1	14.1	14.2	13.9	14.3	14.3	13.9
Optical	Transparency	%	46.6	45.9	45.5	44.3	44.3	43.7	43.4	43.0	44.1	43.5	45.6	45.5
Additional	Thickness single values	1	58	57	57	58	58	58	61	56	57	61	60	59
		2	57	57	57	61	60	59	59	59	53	64	60	58
		3	59	61	60	62	62	63	57	59	59	58	59	57
		4	60	58	60	61	61	58	56	57	62	58	60	57
		5	59	58	58	59	58	58	56	57	56	63	60	58
		6	58	56	58	61	62	61	55	58	57	61	61	60
		7	56	56	58	58	59	63	56	59	55	60	60	59
		8	56	59	57	58	59	58	57	58	58	61	61	59
		9	60	57	60	59	59	58	57	58	60	61	59	59
		10	58	57	59	58	60	61	58	58	56	58	58	59
		Average	µm	58.1	57.6	58.4	59.5	59.8	59.7	57.2	57.9	57.3	60.5	59.8
Std.Dev	"	1.4	1.5	1.3	1.6	1.5	2.1	1.8	1.0	2.6	2.1	0.9	1.0	
Min	"	56	56	57	58	58	58	55	56	53	58	58	57	
Max	"	60	61	60	62	62	63	61	59	62	64	61	60	

Superkalanteroidut näytteet

Sample Identification Property			FVA/CMC (80.20)+D 200.5%			FVA/CMC (80.20)+D 200.5%			FVA/CMC (80.20)+D 200.10%			FVA/CMC (80.20)+D 200.10%			
			Massalimattu paperi			Massalimattu paperi			Massalimattu paperi			Massalimattu paperi			
		Unit	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	
Base	Grammage		61.7	60.6	60.7	60.6	59.9	59.4	60.9	59.6	59.3	61.8	60.9	60.5	
	Thickness	Average	58.0	59.0	59.0	54.0	57.0	57.0	55.0	58.0	58.0	61.0	60.0	63.0	
	"	Std. Dev.	58.8	58.1	59.7	56.1	57.4	56.0	57.4	56.9	57.2	60.4	60.3	60.2	
	Density		1063.8	1027.1	1028.8	1122.2	1050.9	1042.1	1107.3	1027.6	1022.4	1013.1	1015.0	960.3	
	Porosity Bekk		568.4	437.8	180.4	821.5	727.3	266.8	606.8	702.7	552.4	447.7	245.4	159.4	
Absorption	Oil abs. Unger 60 s	Top	0.6	0.9	0.9	0.7	0.9	0.8	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	
	Silicon absorption	Top	0.6	1.1	1.0	0.4	0.9	0.8	1.0	0.9	0.7	1.0	0.9	1.4	
	Shirlastain 30 s	Top	13.0	14.8	16.1	20.0	24.3	31.7	14.8	21.0	23.4	15.9	14.9	13.9	
Strength	Internal Bond Strength	MD	574	578	574	1243	1238	1230	1326	1246	1270	654	593	568	
Surface	Smoothness Bekk	Top	3692	3335	2900	3281	3638	2843	3514	3813	337.6	3786	3014	3208	
	"	Wire	183	190	165	155	166	160	150	134	107	148	154	159	
	Roughness PPS 10	Top	1.25	1.37	1.38	1.46	1.58	1.40	1.23	1.31	1.51	1.31	1.70	1.30	
	"	Wire	2.80	2.72	2.73	3.00	3.10	2.92	3.19	3.30	3.57	3.01	3.21	3.14	
	IGT stain length	MD Top	14.0	13.7	13.5	13.5	13.7	13.7	14.2	13.9	14.0	14.0	13.7	13.6	
Optical	Transparency	%	44.8	43.7	44.6	50.0	51.0	50.6	50.9	50.1	49.5	44.6	44.5	44.3	
Additional	Thickness single values	1	58	57	59	57	57	55	57	58	57	60	61	62	
		2	60	58	61	55	59	56	58	57	56	60	59	59	
		3	59	56	59	56	58	57	59	57	57	59	61	60	
		4	58	60	60	57	57	55	59	57	57	59	61	57	
		5	57	57	57	56	59	55	57	57	57	57	60	60	
		6	64	57	60	57	56	58	56	56	56	58	60	61	59
		7	59	59	60	56	55	55	56	57	58	60	60	63	
		8	58	60	61	56	58	57	60	56	57	61	61	60	
		9	57	58	61	57	58	55	57	56	57	64	59	59	
		10	58	59	59	54	57	57	55	58	58	61	60	63	
		Average	µm	58.8	58.1	59.7	56.1	57.4	56.0	57.4	56.9	57.2	60.4	60.3	60.2
Std.Dev	"	2.0	1.4	1.3	1.0	1.3	1.2	1.6	0.7	0.6	1.4	0.8	1.9		
Min	"	57	56	57	54	55	55	55	56	56	59	59	57		
Max	"	64	60	61	57	59	58	60	58	58	64	61	63		

Superkalanteroidut näytteet

Sample Identification			PVA/CMC (80:20)+D 200 10% + 10 % kaoliuma Massalimittu paperi			PVA/CMC (80:20)+D 200 10% + 10 % kaoliuma Massalimittu paperi			PVA/CMC (80:20)+Basoplast 5% + Massalimittu paperi			PVA/CMC (80:20)+Basoplast 10% + Massalimittu paperi			
			3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	
			49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
Base	Grammage	Average	g/m ²	60.7	61.2	60.2	60.3	59.3	58.7	60.5	59.5	59.0	62.1	61.0	60.4
	Thickness	Std. Dev.	µm	58.0	61.0	58.0	58.0	56.0	57.0	58.0	57.0	56.0	59.0	60.0	58.0
			"	59.3	61.2	59.6	59.1	57.4	57.0	57.2	56.8	56.1	59.5	58.6	58.3
	Density		kg/m ³	1046.6	1003.3	1037.9	1039.7	1058.9	1029.8	1043.1	1043.9	1053.6	1052.5	1016.7	1041.4
	Porosity Bekk		s	612.1	148.0	135.0	728.5	305.4	288.9	488.2	355.9	328.2	249.6	256.1	137.0
Absorptio	Oil abs. Unger 60 s	Top	g/m ²	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9	0.7	0.9	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0
	Silicon absorption	Top	g/m ²	1.0	1.1	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	1.0	0.9	1.0	1.0	0.9
	Shirlastain 30 s	Top	g/m ²	12.6	14.2	14.3	16.0	18.8	27.1	20.6	28.6	32.0	13.4	13.2	13.5
Strength	Internal Bond Strength	MD	J/m ²	630	546	520	1090	1081	1012	1029	1178	1160	1099	630	591
Surface	Smoothness Bekk	Top	s	3680	3040	3423	2702	3438	3276	3485	3225	3667	2319	3247	2299
		Wire	"	151	93	165	140	109	120	166	152	161	168	174	163
	Roughness PPS 10	Top	µm	1.80	1.84	1.80	2.04	2.12	2.05	2.23	2.39	1.99	2.16	2.02	2.01
		Wire	"	3.25	3.46	2.99	3.54	3.70	3.49	3.27	3.29	3.26	2.97	3.03	3.07
	IGT stain length	MD Top	cm	13.9	13.7	13.6	13.8	13.8	13.6	13.9	13.7	13.6	13.7	13.9	13.8
Optical	Transparency		%	45.1	44.5	45.0	49.0	50.4	50.0	49.9	48.9	50.1	43.4	45.4	44.3
Additional	Thickness single value	1	µm	58	59	59	57	58	57	58	59	56	59	59	58
		2	"	59	63	62	61	57	57	56	54	55	60	58	58
		3	"	59	61	59	60	55	59	57	56	56	57	57	59
		4	"	59	61	59	59	59	57	57	56	55	63	57	58
		5	"	59	64	60	60	58	57	57	58	56	60	61	60
		6	"	62	60	58	59	59	57	58	59	54	59	59	58
		7	"	60	59	61	58	56	55	57	55	57	57	57	56
		8	"	57	62	61	59	58	56	56	58	58	61	59	60
		9	"	62	62	59	60	58	58	58	56	58	60	59	58
		10	"	58	61	58	58	56	57	58	57	56	59	60	58
	Average		µm	59.3	61.2	59.6	59.1	57.4	57.0	57.2	56.8	56.1	59.5	58.6	58.3
	Std.Dev		"	1.6	1.6	1.3	1.2	1.3	1.1	0.8	1.7	1.3	1.8	1.3	1.2
	Min		"	57	59	58	57	55	55	56	54	54	57	57	56
	Max		"	62	64	62	61	59	59	58	59	58	63	61	60

Superkalanteroidut näytteet

Sample Identification			PVA/CMC (80:20)+Basoplast 10% + Massalimittu paperi			PVA/CMC (80:20)+Basoplast 10% + 10 % kaoliuma Massalimittu paperi			PVA/CMC (80:20)+Basoplast 10% + 10 % kaoliuma Massalimittu paperi			
			3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	3,0 g/m ²	1,5 g/m ²	0,7 g/m ²	
			61	62	63	64	65	66	67	68	69	
Base	Grammage	Average	g/m ²	60.0	59.5	60.9	59.6	59.9	59.3	61.8	61.2	60.4
	Thickness	Std. Dev.	µm	57.0	58.0	60.0	57.0	57.0	57.0	60.0	59.0	60.0
			"	57.0	59.4	58.0	57.4	58.6	58.1	60.7	60.3	59.3
	Density		kg/m ³	1052.6	1025.9	1015.0	1045.6	1050.9	1040.4	1030.0	1037.3	1006.7
	Porosity Bekk		s	596.2	174.7	797.6	281.5	415.2	216.1	558.7	301.3	166.8
Absorptio	Oil abs. Unger 60 s	Top	g/m ²	0.9	0.8	0.6	1.0	1.0	0.7	0.8	1.0	0.9
	Silicon absorption	Top	g/m ²	0.7	0.8	0.7	1.0	0.7	1.0	1.0	1.0	1.4
	Shirlastain 30 s	Top	g/m ²	17.6	23.5	15.7	31.3	19.7	30.5	13.9	15.1	14.4
Strength	Internal Bond Strength	MD	J/m ²	1138	1000	1132	1072	1057	1072	594	613	569
Surface	Smoothness Bekk	Top	s	2558	1192	3220	2837	2953	2541	2650	3101	2636
		Wire	"	150	126	149	161	163	206	204	193	144
	Roughness PPS 10	Top	µm	2.08	2.39	2.00	2.07	2.04	1.92	1.93	1.96	1.81
		Wire	"	3.20	3.34	3.34	2.93	3.12	3.23	3.05	3.01	2.96
	IGT stain length	MD Top	cm	13.7	13.8	14.0	13.6	14.0	13.6	14.1	13.9	13.6
Optical	Transparency		%	49.1	47.9	49.9	51.6	49.7	50.6	44.5	45.3	45.6
Additional	Thickness single value	1	µm	58	60	58	56	57	58	60	59	59
		2	"	57	59	59	57	58	60	62	61	60
		3	"	56	60	57	57	59	60	60	62	60
		4	"	58	60	59	57	61	57	61	59	58
		5	"	59	60	57	59	59	57	62	62	59
		6	"	56	60	58	58	59	58	61	61	60
		7	"	56	60	57	58	59	57	60	61	61
		8	"	57	59	57	58	60	59	61	58	59
		9	"	56	58	58	57	57	58	60	61	57
		10	"	57	58	60	57	57	57	60	59	60
	Average		µm	57.0	59.4	58.0	57.4	58.6	58.1	60.7	60.3	59.3
	Std.Dev		"	1.1	0.8	1.1	0.8	1.3	1.2	0.8	1.4	1.2
	Min		"	56	58	57	56	57	57	60	58	57
	Max		"	59	60	60	59	61	60	62	62	61

Coating colour	no.	1	2	3	4	5	6	7	8
CMC/PVA 80/20		100	95	90	85	80			
CMC/PVA 90/10							100	95	60
SPS			5	10	15	20		5	10
Rebarco RB 736									
Raisio XX D 200									
Basoplast 335 D									
Raisamyl 402 SP									
Target solids	%	11	max	max	max	max	max	max	max
Target ph		ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.
Coating colour	9	10	11	12	13	14	15	16	17
CMC/PVA 80/20	40	50	60	95	90	80	95	90	80
CMC/PVA 90/10									
SPS						10			10
Rebarco RB 736	60	50	40						
Raisio XX D 200				5	10	10			
Basoplast 335 D							5	10	10
Raisamyl 402 SP									
Target solids	max	max	max	max	max	max	max	max	max
Target ph	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.	ei sääd.
Coating colour	18	19							
CMC/PVA 80/20									
CMC/PVA 90/10									
SPS									
Rebarco RB 736	60	50							
Raisio XX D 200									
Basoplast 335 D									
Raisamyl 402 SP	40	50							
Target solids	max	max							
Target ph	ei sääd.	ei sääd.							

