TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja laiteautomaatio

Tutkintotyö

Jarkko Tamminen

# ERI TAVOIN MIKRONISOIDUT TALKIT SYVÄPAINOPAPERIN PÄÄLLYSTYKSESSÄ

Työn ohjaaja Diplomi-insinööri Arto Nikkilä
Työn teettäjä Micropulva Ltd Oy / Magnesita A/S, valvojana Diplomi-insinööri Jouni Huuskonen

Tampere 2007

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja laiteautomaatio
Jarkko Tamminen
Eri tavoin mikronisoidut talkkit syväpainopaperin päällystyksessä
Tutkintotyö 39 sivua + 22 liitesivua
Työn ohjaaja Diplomi-insinööri Arto Nikkilä
Työn teettäjä Micropulva Ltd Oy / Magnesita S/A, valvojana Diplomi-insinööri Jouni Huuskonen
Huhtikuu 2007
Hakusanat talkki, vastasuihkujauhatus, mikronisointi, liettäminen, päällystys

# TIIVISTELMÄ

Talkkia käytetään paperinpäällystyksessä syväpainettavissa LWC-paperissa ja offset-painettavissa WF-paperissa sekä joissakin erikoispapereissa. Nykyiset Euroopassa yleisesti käytössä olevat paineilmalla ja 1-faasiperiaatteella toimivat päällystystalkin jauhatusmenetelmät käyttävät energiaa 700 - 800 kWh / t.

Tämän tutkintotyön tarkoituksena oli tutkia, voidaanko talkkia jauhaa päällystyshienouteen nykyistä vähemmällä energiamäärällä. Tarkoituksena oli myös tutkia, onko uudella päällystystalkilla mahdollista saavuttaa samoja ominaisuuksia paperiteknisissä kokeissa kuin nykyisellä päällystystalkilla.

Magnesita A/S on brasilialainen talkkiyhtiö, joka tutkii mahdollisuuksia aloittaa paperin päällystyksessä käytettävän talkin tuotanto. Tähän tarkoitukseen testattiin Micropulva Ltd Oy:n kehittämän 2-faasi vastasuihkujauhimen soveltuvuutta.

Micropulvalla tehdyssä jauhatustesteissä saatiin uudelle päällystystalkille jyrkempi raejakauma ja pienempi keskihienous kuin nykyisellä päällystystalkilla SediGraphilla mitattuna.
TAMK:n paperilaboratoriossa tehdyissä kuivan päällystystalkin lietoissa ei onnistuttu aivan toivotulla tavalla, sillä talkkilietteestä tuli liian paksua.
Paperitekniset kokeet tehtiin UPM:n tutkimuskeskuksessa Lappeenrannassa. Niissä ilmeni, että uusi päällystystalkki on ominaisuuksiltaan vähintään yhtä hyvä kuin nykyinen käytössä oleva päällystystalkki. Joidenkin ominaisuuksien hieman heikommat arvot selittynevät optimoimattomasta lietosta.

Lopputyön tulosta voidaan pitää onnistuneena, sillä uudella 2-faasijauhatustekniikalla tehty päällystystalkki vastaa ominaisuuksiltaan nykyistä päällystystalkkia. Uusi jauhatustekniikka on myös energiaa säästävää; energiaa kuluu miltei puolet vähemmän kuin nykyisellä menetelmällä.

TAMPERE POLYTECHNIC- UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Mechanical and Production Engineering
Machine Automation
Jarkko Tamminen

Comparison of variously micronised talc powders in the coating of papers needed in gravure printing

Engineering Thesis 39 pages + 22 appendices
Thesis Supervisor M. SC Arto Nikkilä
Commissioning Company Micropulva Ltd Oy / Magnesita S/A, supervisor M. SC Jouni Huuskonen
April 2007
Keywords talc, opposed jet milling, micronizing, slurrying, coating

# ABSTRACT

Talc is used in the coating of LWC-papers used in gravure printing, WF papers used in offset printing and some special papers. The present European 1-phase coating talc milling technologies that use compressed air consume about 700 – 800 kWh/ton of energy.

The purpose of this thesis was to study whether talc can be milled to the coating fineness using less energy. Another purpose was to study whether the coating talc milled by the new technology could achieve the same technical properties as the talc used today.
Magnesita A/S is a Brasilian talc company that studies the possibilities to start producing coating talc. For this purpose, applicability of the 2-phase opposed jet mill developed by Micropulva Ltd Oy was tested.

Milling coating talc in the Micropulva laboratory mill resulted in sharper grain size distribution and greater average fineness compared to the coating talc used today. The grain size was measured using SediGraph.
Dispersion tests made in the paper laboratory of TAMK did not succeed as was hoped, because the talc suspension became too thick.

Paper technical tests were done in the research centre of UPM in Lappeenranta. The tests proved that the properties of the new coating talc are at least as good as the properties of the talc used presently. Some slightly lower values can perhaps be explained by the fact that the suspension was not optimised.

The results of this thesis can be considered successful, because the talc milled by the new 2-phase opposed jet milling technology has comparable properties to the present coating talc. The new milling technology also saves energy; it uses only about half as much energy as the present milling technology.

# ALKUSANAT

Tutkintotyöni oli aiheeltaan erittäin mielenkiintoinen ja haastava. Työssä päästiin testaamaan Micropulvan pitkän kehitystyön tulosta käytännön sovellutukseen paperinpäällystyksessä.

Haluan kiittää saamistani neuvoista ja ohjauksesta työni valvojaa DI Jouni Huuskosta sekä asiantuntijaneuvojana toiminutta Customer Support Manager Mauno Huovista Kaolin International B.V:stä. Micropulva Ltd Oy:stä haluan kiittää toimitusjohtajaa Jouko Niemeä pitkästä yhteistyöstä. UPM:n tutkimuskeskuksen henkilöstölle kuuluu myös erityiskiitos ansiokkaasta ja asiantuntevasta yhteistyöstä. Lisäksi haluan kiitää Tampereen ammattikorkeakoululta työni valvojaa DI Arto Nikkilää työni tarkastamisesta.

Ylöjärvellä 2.4.2007

Jarkko Tamminen

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
ALKUSANAT
SISÄLLYSLUETTELO ... 5
1 JOHDANTO ... 6
2 YRITYKSEN ESITTELY ... 7
3 PULVA FP- VASTASUIHKUJAUHATUS ... 7
3.1 TYÖKAASU ... 7
3.2 JAUHIMEN TOIMINNANKUVAUS ... 8
4 PÄÄLLYSTYSTALKIN MIKRONISOINTIMENETELMÄVAIHTOEHDOT ... 9
4.1 VAPAAVIRTAUSJAUHIN ... 9
4.2 1-FAASIJAUHIN ... 10
4.3 PULVA FP -2-FAASIJAUHIN ... 11
5 TALKKI ... 12
5.1 TALKIN KÄYTTÖ ... 12
5.2 TALKKI SYVÄPAINOSSA ... 13
6 TALKIN JAUHATUS ... 13
6.1 TESTILAITTEISTO ... 13
6.2 TESTIJAUHATUKSEN KULKU ... 14
6.3 TESTIJAUHATUKSEN TULOKSET ... 14
7 TALKIN LIETTO ... 19
7.1 LIETOSSA KÄYTETYT MENETELMÄT JA AINEET ... 19
7.2 LIETON KULKU ... 20
7.3 LIETON TULOKSET ... 20
8 PÄÄLLYSTYSKOKEET ... 21
8.1 PIGMENTTILIETTEET ... 22
8.2 PASTAT ... 25
8.3 HELICOATER -PÄÄLLYSTYS ... 26
8.4 PÄÄLLYSTETTY PAPERI ... 27
8.5 PÄÄLLYSTYKSEN TULOKSET ... 28
8.5.1 Vaaleus ... 29
8.5.2 Opasiteetti ... 29
8.5.3 PPS- karheus ... 30
8.5.4 Kiilto ... 31
8.5.5 Heliotest -painettavuus ... 32
8.5.6 Huokoisuus ... 33
8.5.7 Värin absorptio ... 33
8.5.8 Peittävyys -Burnout testi ... 34
9 TULOSTEN ARVIOINTI ... 34
9.1 JAUHETTU TALKKI ... 34
9.2 JAUHATUS -ENERGIA ... 35
9.3 LIETEOMINAISUUDET ... 36
9.4 PASTAOMINAISUUDET ... 36
9.5 PAPERITEKNISET OMINAISUUDET ... 37
10 YHTEENVETO ... 37
LÄHTEET ... 39
LIITTEET

# 1 JOHDANTO

Tutkintotyön lähtökohtana on tutkia mahdollisuutta tuottaa päällystystalkkia Micropulvan kehittämällä 2-faasijauhatustekniikalla. Uudella tavalla tuotettua päällystystalkkia verrataan nykyiseen kaupalliseen 1-faasijauhatustekniikalla tuotettuun päällystystalkkiin. Työssä kiinnitettiin erityistä huomiota Micropulvan uuteen patentoituun jauhatusmenetelmään, jolla voidaan säätää raejakaumaa jyrkemmäksi sekä tuottaa erittäin hienoja lopputuotteita entistä pienemmällä energian kulutuksella.

Työn tavoitteena on selvittää, pystytäänkö uudella jauhatusmenetelmällä pääsemään paperiteollisuuden vaatimukset täyttävään päällystystalkkilaatuun, sekä vertailla jauhatuksissa syntyneitä eroja raejakaumissa, paperiteknisissä kokeissa sekä energian-kulutuksessa. Raejakauma-analyysit teetettiin ulkopuolisella asiantuntijalla ja paperinpäällystyskokeet tehtiin UPM:n tutkimuskeskuksessa Lappeenrannassa.

Talkin käyttö Suomessa paperinpäällystyksessä aloitettiin teollisesti 1970-luvun loppupuolella, jolloin käytettiin tulistetulla vesihöyryllä toimivia 1-faasijauhimia. Nykyisellä 1-faasiperiaatteella toimiva päällystystalkkijauhatustekniikka käyttää korkeapaineista paineilmaa, joka tehdään turbokompressorilla. Nykyisellä käytössä olevalla jauhatustekniikalla päällystystalkin mikronisointikustannukset nousevat huomattavan suuriksi. Tämän vuoksi oli mielenkiintoista lähteä tekemään tutkimusta, jossa vaihtoehtoisella tekniikalla pystytään säästämään energiaa. Samoin oli mielenkiintoista tutkia, pystyykö uudenlainen päällystystalkki jopa parantamaan paperinpäällystyksen ominaisuuksia.

Työ rajattiin lopputulosten osalta käsittelemään paperinpäällystystä syväpainopaperissa. Testausohjelmaksi valittiin standardin mukainen, eniten talkkia sisältävä resepti ja UPM:n tutkimuskeskuksen normaali koeohjelma.

# 2 YRITYKSEN ESITTELY

Micropulva Ltd Oy on yksityinen osakeyhtiö, jonka toimipisteet R&D Center ja toimisto sijaitsevat Pirkkalassa. Micropulva Ltd Oy:llä on laaja ja pitkäaikainen kokemus erilaisten kuivien ja kosteiden aineiden hienojauhatuksesta, mikronisoinnista, luokituksesta ja fraktioinnista. Micropulva on kehittänyt ja patentoinut tehokkaan ja energiaa säästävän hienojauhatus- ja mikronisointiteknologian. Käytettäessä Pulva FP -hienojauhatustekniikkaa ja Micronizing 2000 -teknologiaa voidaan säästää jopa 70 % energiakustannuksista verrattuna esimerkiksi konventionaalisiin suihkujauhatusprosesseihin. Tästä seuraava kustannussäästö on merkittävä kaikilla alueilla, joissa Micropulvan teknologiaa voidaan soveltaa. (Pulva FP on jauhimen kaupallinen nimi ja Micronizing 2000 on Micropulvan tuotekehitysohjelma.)

Alhainen energiankulutus, suuri tehokkuus ja lähes autogeeninen jauhatus on ominaista Micropulvan teknologialle. Pulva FP -teknologiaan perustuvia luokitus-, hienojauhatus- ja- mikronisointilaitoksia on toimitettu eri puolille maailmaa vuoden 2006 loppuun mennessä lähes kolmekymmentä kappaletta eri teollisuudenalojen käyttöön. /7/

# 3 PULVA FP- VASTASUIHKUJAUHATUS

## 3.1 Työkaasu

Hienojauhatusteknologian tarvitsema energinen ja puhdas öljyvapaa paineilma kehitetään yksi- tai kaksivaiheisissa ruuvikompressoreissa. Kompressoreissa ei yleensä käytetä jälkijäähdytystä, joten paineilma voidaan käyttää kuumana jauhatukseen ja sen energiasisältö on mahdollisimman korkea. Näin varmistetaan myös se, että kompressori toimii mahdollisimman korkealla hyötysuhteella. Kuuman työkaasun käyttö mahdollistaa myös jauhettavan materiaalin kuivaamisen mikronisointiprosessin aikana./5/

## 3.2 Jauhimen toiminnankuvaus

Jauhatusprosessi on kuvattu yksinkertaisesti kuvassa 1.

Toiminnan kuvaus

– Jauhettava materiaali (A) annostellaan syöttöruuvin avulla hopperiin, josta se siirretään kaksoisventtiilisyöttimen (B) avulla työkaasun paineeseen.

– Materiaalivirta tasoittuu tasaussäiliössä, minkä ansiosta sekoitusosassa saadaan haluttu kaasu- kiintoainesuhde.

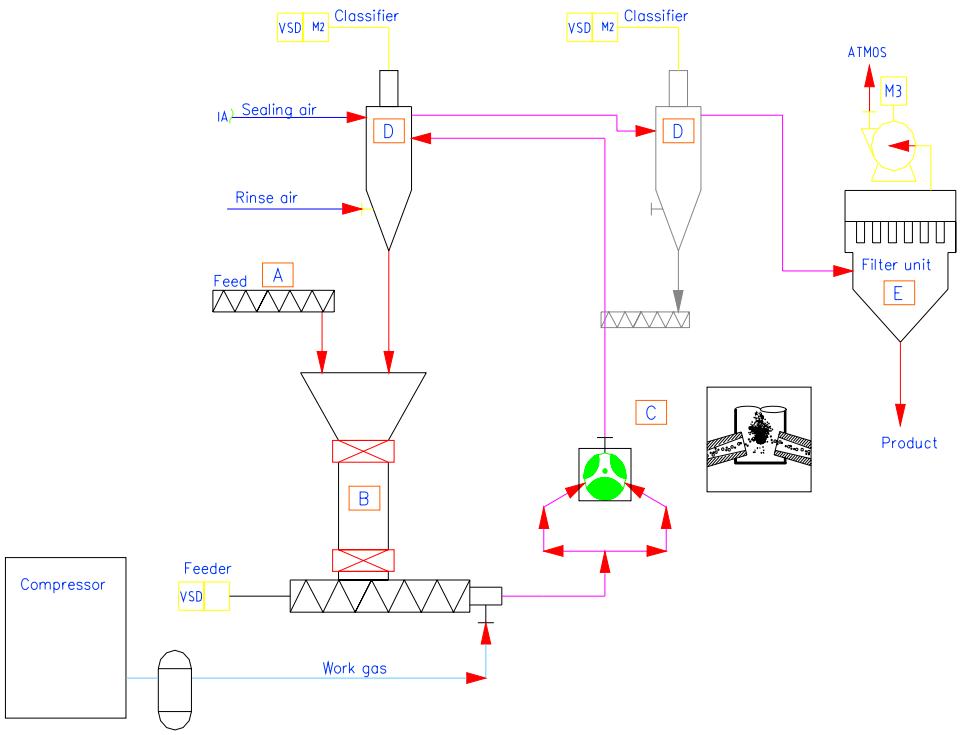
– Kiihdytyssuuttimissa partikkelit saavuttavat optiminopeuden ja törmäävät jauhinkammiossa (C), jossa partikkelit jauhautuvat lähes autogeenisesti.

– Työkaasun jauhatuksen jälkeinen energiasisältö hyödynnetään mekaanisessa luokituksessa (D).

– Erilaisia mekaanisia luokittimia (D) voidaan rakentaa sarjaan tai rinnan.

– Lopputuote ja työkaasu erotetaan toisistaan filtteriyksikössä (E).

– Prosessi on PLC ohjattu. Täydellisesti automatisoitua laitteistoa voidaan ohjata etäkäyttönä.




**Kuva 1** Vastasuihkujauhimen toiminnankuvaus

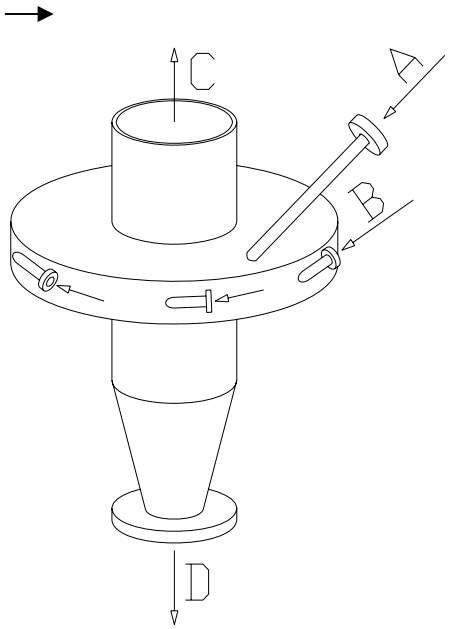
# 4 PÄÄLLYSTYSTALKIN MIKRONISOINTIMENETELMÄVAIHTOEHDOT

## 4.1 Vapaavirtausjauhin /5/

Vapaavirtausjauhin on kuvattu yksinkertaisesti kuvassa 2.

A → Talkki syötetään jauhimeen.
B → Työkaasu jauhimeen paine 10 – 16 bar.
C → Työkaasu ja tuote tulevat jauhimesta.
D → Tuote tulee jauhimesta.

Työkaasun energiasisällöstä pystytään käyttämään kineettisenä energiana jauhamiseen noin 1 %. Työkaasuna käytetään usein tulistettua höyryä.



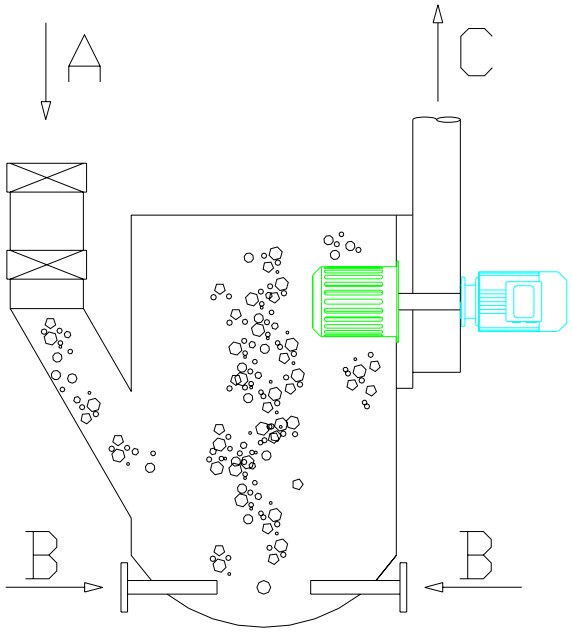

**Kuva 2** Vapaavirtausjauhin /5/

## 4.2 1-faasijauhin /5/

1-faasijauhin on kuvattu yksinkertaisesti kuvassa 3.

A → Talkki syötetään jauhimeen.
B → Työkaasu jauhimeen paine 9 – 10 bar.
C → Tuote tulee jauhimesta.

Työkaasun energiasisällöstä pystytään käyttämään kineettisenä energiana jauhamiseen 3 – 4 %. Työkaasuna käytetään korkeapaineista paineilmaa.



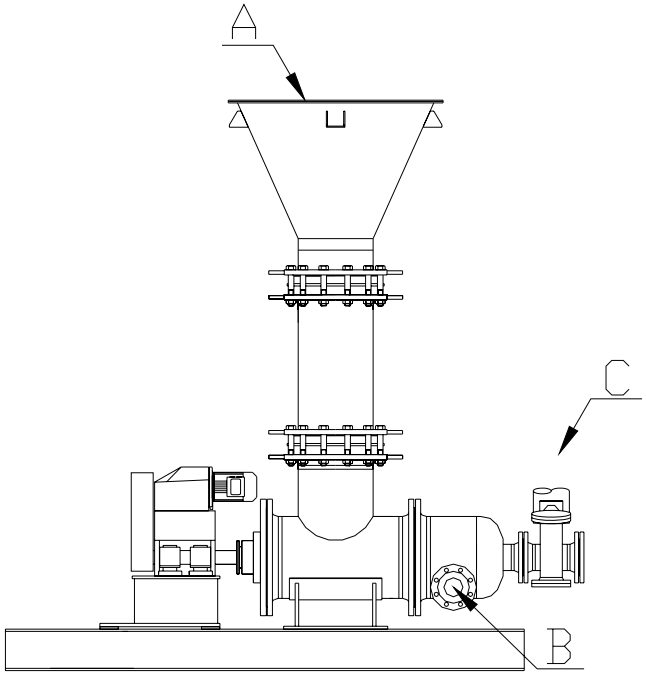

**Kuva 3** 1-faasijauhin /5/

## 4.3 Pulva FP -2-faasijauhin /5/

Pulva FP -2-faasijauhin on kuvattu yksinkertaisesti kuvassa 4.

A → Talkki syötetään jauhimeen.
B → Työkaasu jauhimeen paine 2,5 – 3,5 bar.
C → Tuote tulee jauhimesta.

Työkaasun energiasisällöstä pystytään käyttämään kineettisenä energiana jauhamiseen 30 – 35 %. Työkaasuna käytetään matalapaineista paineilmaa.




**Kuva 4** Pulva FP -2-faasi jauhin /5/

# 5 TALKKI

Talkki on kaikista mineraaleista pehmein ja levymäisin. Sen kemiallinen koostumus on $Mg_3\ Si_4O_{10}\ (OH)_2$. Oksidiprosentteina ilmoitettuna: MgO 31,9 %, $SiO_2$ 63,4 % ja $H_2O$ 4,7 %. Luonnossa magnesiumin ja piin korvaa yleisesti Fe, Ni, Cr tai Al. Väriltään talkki on useimmiten vihertävää tai sinertävää, mutta se voi olla myös vaaleanpunaista, punertavaa, valkoista tai rusahtavaa. Jauhettuna se on kuitenkin hyvin vaaleaa. Puhtaan talkin vaaleus on 80–95 %, mihin vaikuttavat epäpuhtauksien määrä ja laatu sekä raekoko. Talkki on hyvin inertti mineraali. Sen ominaisuuksiin kuuluu myös organofiilisyys ja hydrofobisuus. /1; 2 /

**Taulukko 1** Talkin ominaisuuksia

| | Talkki |
|---|---|
| Kovuus (Mosh) | 1 |
| Valontaitekerroin | 1,54–1,59 |
| Tiheys (kg/dm$^3$) | 2,7–2,8 |
| Irtotiheys jauheelle (kg/dm$^3$) | 0,6–0,1 |
| Pintaenergia (mJ/m$^2$) | 300–400 |

## 5.1 Talkin käyttö

Talkkia käytetään eri teollisuuden aloilla. Tärkeimmät käyttökohteet ovat paperi-, maali-, muovi- ja keramiikkateollisuudessa. Suomessa tuotetaan vuosittain noin 500 tuhatta tonnia talkkia. Tästä 75 % käytetään paperiteollisuudessa ja noin 20 % maaliteollisuudessa. /8/

Talkkia käytetään paperiteollisuudessa täyteaineena, paperin päällystyksessä ja pihkan torjunnassa. Paperin täyteaineena talkki parantaa lopputuotteen vaaleutta ja sileyttä sekä korvaa puukuituja. Paperinpäällystyksessä talkin sileä hydrofobinen pinta ja levymäinen muoto parantavat paperin sileyttä, lisäävät kiiltoa ja parantavat painojäljen laatua. Organofiilisyyttä käytetään hyväksi pihkantorjunnassa, jossa talkki kerää pihkan itseensä ja sitoo sen paperin sisään. Näin vältytään paperin rei`iltä ja päällystyskonekatkoilta, kun häiriöaineet retentoituvat jatkuvasti paperiin. /1; 2; 8/

## 5.2 Talkki syväpainossa

Talkkipäällystettä käytetään maailmanlaajuisesti syväpainettavissa (LWC ja MWC) painopapereissa. Erityisesti syväpainopapereihin talkki soveltuu, koska sen levymäisen muodon vuoksi talkkipäällyste on peittävää, tiivistä ja sileää. Tiiveys näkyy muun muassa pienentyneenä painoväriabsorptiona, mikä on syväpainossa toivottava ominaisuus. Talkin määrä vaihtelee syväpainopäällystyspastassa 20 ja 70 osan välillä. /1; 2/

# 6 TALKIN JAUHATUS

Talkin koejauhatus tehtiin Micropulvan R&D Centerissä Pirkkalassa 4 - 8.9.2006. Tavoitteena oli jauhaa Magnesita S.A:n brasilialaisesta talkkirikasteesta eurooppalaista päällystystalkkia vastaavaa tai hieman jyrkemmän raejakauman omaavaa päällystystalkkia.

## 6.1 Testilaitteisto

Koejauhatuslaitteistona käytettiin Micropulvan Pulva Rex -laitteistoa, joka koostuu Pulva FP -vastasuihkujauhimesta ja MPC 1 -miroluokittimesta (Kuva 5).

**Kuva 5** Pulva Rex -laitteisto

Työkaasun tuottamiseen käytettiin Atlas Copcon GA 122-kompressoria ja työkaasun kuivaimena Atlas Copcon FD 24:ää. Filtteriyksikkönä käytettiin kasettisuodatinta, jonka suodatuspinta-ala on 7 $m^2$.

## 6.2 Testijauhatuksen kulku

Brasilialainen talkkirikaste PP-325 oli varsin karkeaa, joten mikronisointi oli perusteltua suorittaa kahdessa vaiheessa seuraavasti:
Ensimmäisessä vaiheessa talkki mikronisoitiin suljetussa jauhatuspiirissä filleritalkin hienouteen (tuote T2). Näin varmistettiin se, että toisessa mikronisointivaiheessa syntyvän päällystystalkkituotteen raejakaumasta tulee riittävän jyrkkä.
Toisessa vaiheessa filleritalkin (tuote T2) hienoutta olevaa tuotetta mikronisoitiin päällystystalkin (tuote T6) hienouteen kierrätysmenetelmällä avoimessa jauhatuspiirissä. Tämä menetelmä mahdollistaa kineettisen energian käytön erittäin tehokkaasti.

Tuotteiden raejakaumat testien aikana mitattiin Micropulvan Cilas Alcatel 850 -laser analysaattorilla. SediGraph-raejakaumat ja vaaleus mitattiin ulkopuolisen asiantuntijan toimesta.

## 6.3 Testijauhatuksen tulokset

Koejauhatukset sujuivat hyvin ilman ongelmia. Tavoitteena oli tuottaa raejakaumaltaan jyrkkää päällystystalkkia, jonka keskihienous on tasolla 1,8 - 1,7 µm. Näin tuotettu päällystystalkki on selvästi nykyisiä kaupallisia laatuja hienompi: siitä puuttuu hienoin aines ja sen top cut - arvo on parempi. Tässä tavoitteessa tehtyjen analyysien mukaan onnistuttiin.

**Taulukko 2** Näytteiden raejakaumat SediGraphilla

| Diameter | | Feed % | T 2 % | T 6 % | Ref. C10* % |
|---|---|---|---|---|---|
| 20 | <µm | 88 | 100 | 100 | 99 |
| 10 | <µm | 65 | 92 | 99 | 93 |
| 5 | <µm | 44 | 75 | 93 | 77 |
| 2 | <µm | 20 | 35 | 60 | 47 |
| 1,5 | <µm | 12 | 25 | 46 | 39 |
| 1 | <µm | 5 | 14 | 28 | 30 |
| 0,5 | <µm | 0 | 1 | 5 | 14 |
| 0,2 | <µm | 0 | 0 | 1 | 5 |

* mittaukset tehty aikaisemman jauhatuksen yhteydessä

**Taulukko 3** Keskihienous

| | Feed | T2 | T6 | Ref. C10 |
|---|---|---|---|---|
| D50 µm | 6,2 | 2,86 | 1,64 | 2,05 |

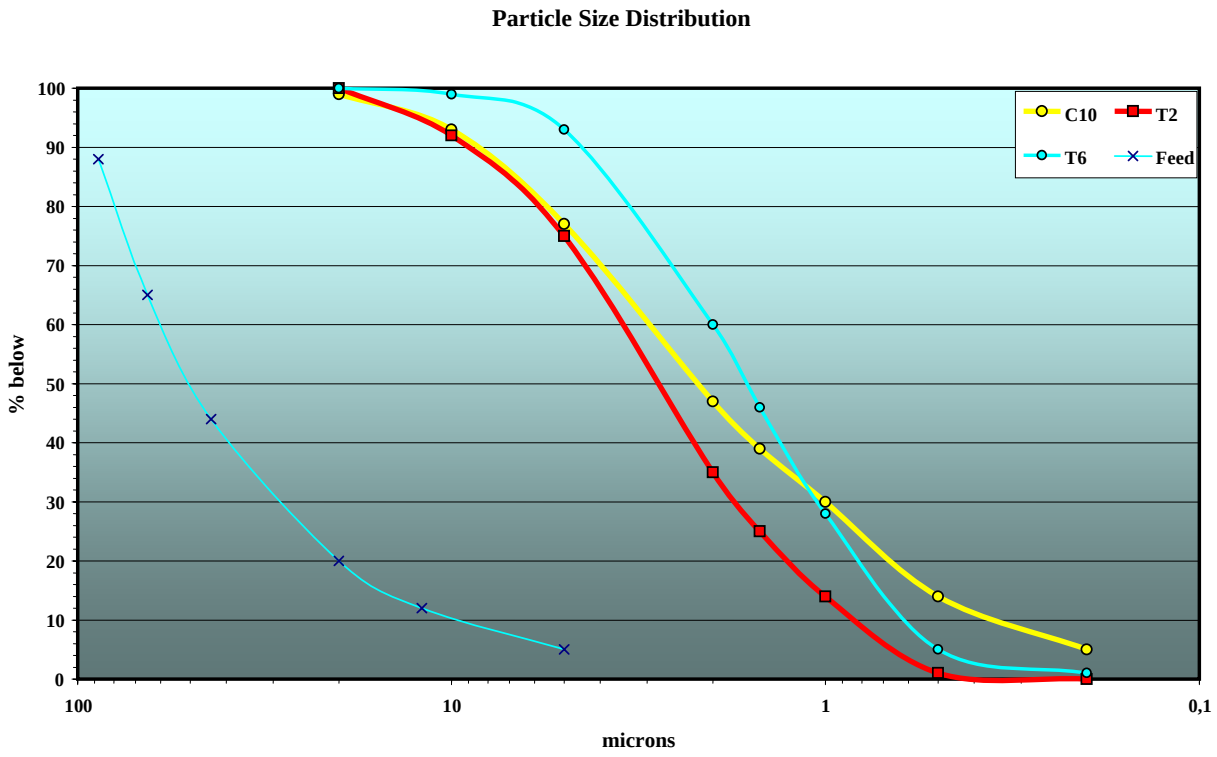
Feed = Syöte

T2 = Jauhettu filleritalkki

T6 = Koepäällystystalkki

C10 = Referenssi päällystystalkki

**Kaavio 1** Näytteiden raejakaumat



**Taulukko 4** Optiset ominaisuudet talkkijauheille 10.4.2006

| | Ref. talc | Magnesita talc T6 |
|---|---|---|
| ISO Brightness | 85.6 | 92.1 |
| Yellowness | 1.90 | 2.31 |
| | | |
| L | 94.73 | 97.61 |
| a | -0.32 | -0.09 |
| b | 1.09 | 1.23 |
| | | |

**Taulukko 5** Eurooppalaisen DIN -normin mukaiset irtotiheydet (g/l)

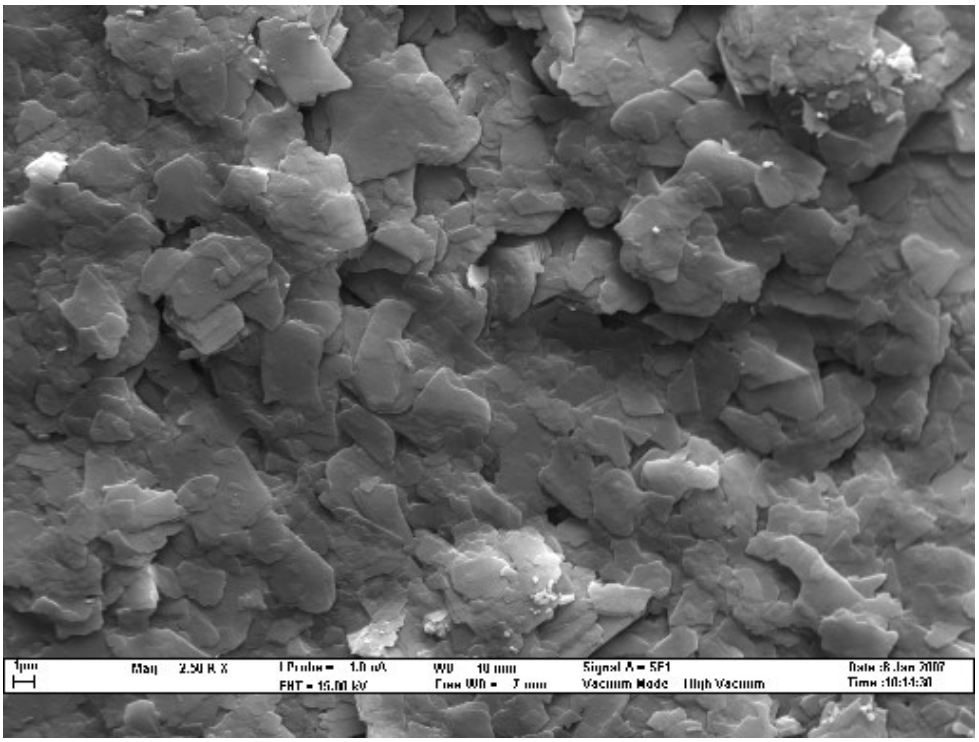
| Feed | T2 | T6 |
|---|---|---|
| 0,53 | 0,13 | 0,10 |

**Taulukko 6** Talkki T2:n tuottamiseen käytetty energia ja kapasiteetti

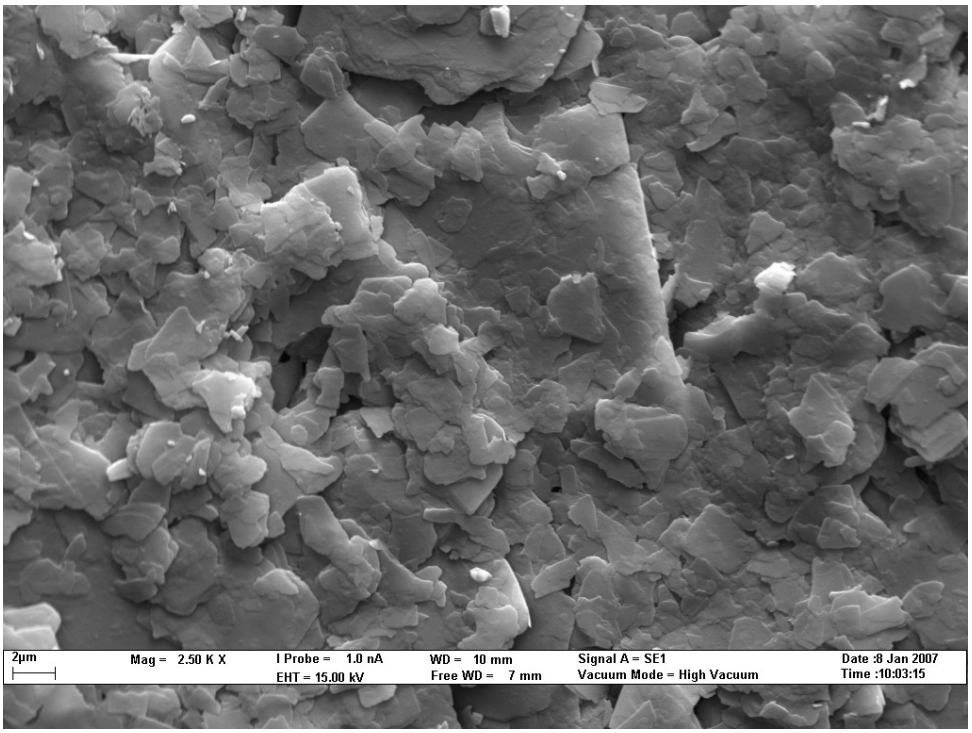
| Mikronisoinnin ensimmäinen vaihe, suljettu piiri 4.8.2006 | |
|---|---|
| **Työkaasun paine** | 3,3 bar |
| **Työkaasun määrä** | 1,6 $Nm^3$/min, 124 kg/h |
| **Työkaasun energiasisältö** | 39 kWh/1000 kg |
| **Jauhatusaika** | 40 min |
| **Tuntikapasiteetti** | 37,5 kg |
| **Energiankulutus** | n. 130 kWh/ tuotetonnille |

**Taulukko 7** Talkki T6:n tuottamiseen käytetty energia ja kapasiteetti

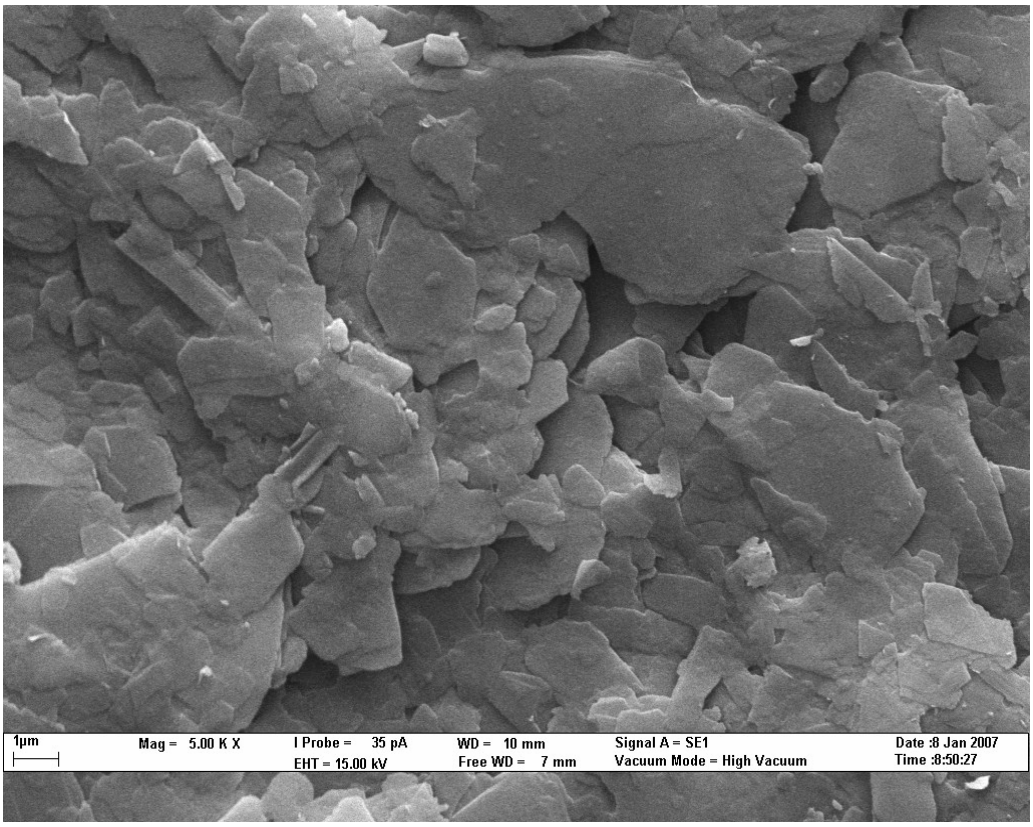
| Mikronisoinnin toinen vaihe avoinpiiri 7-8.8.2006 | |
|---|---|
| **Työkaasun paine** | 3,35 bar |
| **Työkaasun määrä** | 1,6 $Nm^3$/min, 124 kg/h |
| **Työkaasun energiasisältö** | 39 kWh/1000 kg |
| **Jauhatusaika** | 100 min, 4 jauhatusta |
| **Tuntikapasiteetti** | 14 kg |
| **Energiankulutus** | n. 350 kWh/ lopputuotetonnille |



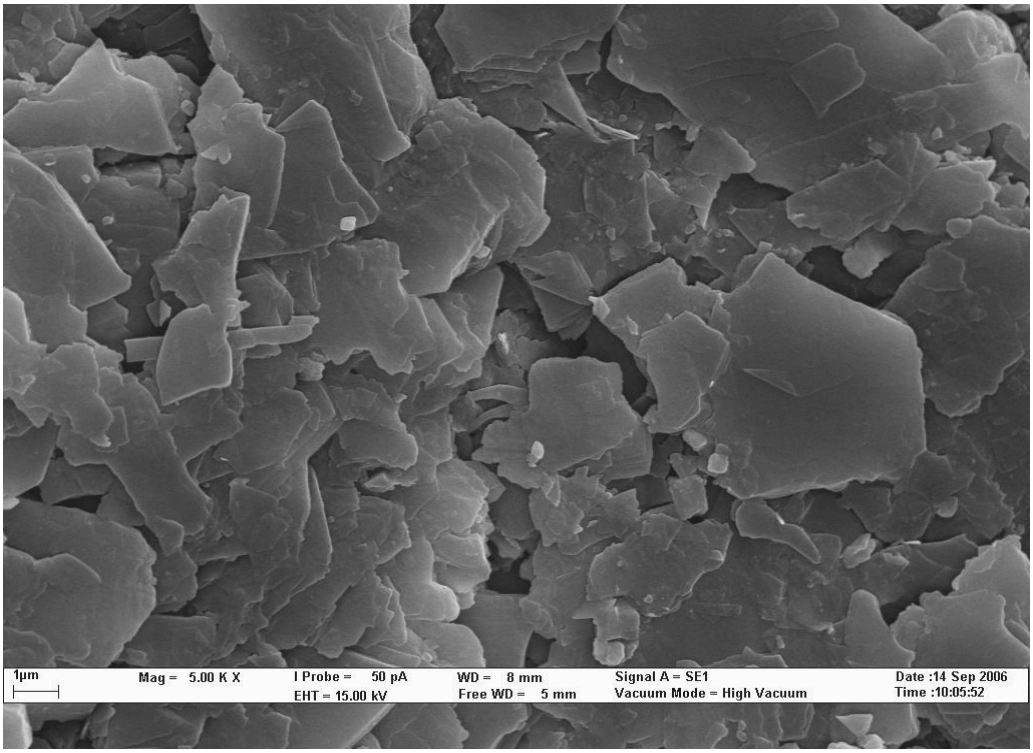

**Kuva 6** Koetalkki 2500x SE




**Kuva 7** Referenssitalkki 2500x SE




**Kuva 8** Koetalkki 5000x SE




**Kuva 9** Referenssitalkki 5000x SE

# 7 TALKIN LIETTO

Talkin liettäminen tehtiin Tampereen ammattikorkeakoulun paperilaboratoriossa 4.10–27.11.2006. Talkki pyrittiin liettämään mahdollisimman lähelle referenssilietettä, tosin kuiva-ainepitoisuudessa tavoite oli noin 63 %.

**Taulukko 8** Referenssilietteen ominaisuudet /3/

| | |
|---|---|
| Kuiva-ainepitoisuus, KAP | 65,5 % |
| pH | 10,1 |
| Brookfield-viskositeetti (100 rpm) | 210 mPas |

## 7.1 Lietossa käytetyt menetelmät ja aineet

Liettäminen tehtiin koulun vanhalla sekoittimella, joka on tarkoitettu lietteiden ja pastojen sekoitukseen (kuva 10). Sekoittimen maksimikierrokset olivat 3000 rpm ja sekoitusterän halkaisija oli noin 80 mm. Sopivaa jäähdytyksellä olevaa sekoitusastiaa ei ollut, joten se täytyi valmistaa ennen liettojen alkamista.

**Kuva 10** Sekoitin ja terä /4/

| | |
|---|---|
| Talkki: | Jauhettu T6, kuiva-ainepitoisuus 99 % |
| Kostutusaine: | Lumiten* P-F, kuiva-ainepitoisuus 50 % |
| Dispergointiaine: | Polysalz S, kuiva-ainepitoisuus 45 % |
| Lipeä: | NaOH, kuiva-ainepitoisuus 98 % |
| Vaahdonestoaine: | Etingal*S, kuiva-ainepitoisuus 40 % |
| Vaahdonestoaine: | Rasvahappopohjainen, kuiva-ainepitoisuus 40 % |
| $H_2O$: | Vesijohtovesi t ~ 25 °C |

## 7.2 Lieton kulku

Aineiden kuiva-ainepitoisuuksien mittauksien jälkeen voitiin niiden tiedot kirjata koulun lietteenlaskuohjelmaan, joka laskee liettämiseen tarvittavat ainemäärät. Lietto aloitettiin mittaamalla alkuvesi kannuun. Tästä vedestä otettiin noin 50 ml mittalasiin, johon liuotettiin lietossa tarvittava määrä natriumhydroksidia. Seuraavaksi veteen lisättiin: kostutusaineesta 100 %, NaOH liuoksesta 35 %, dispergointiaineesta 100 % ja vaahdonestoaineesta 100 %. Kemikaalit sekoitettiin veteen pienellä sekoittimella noin viidentoista minuutin ajan.

Liettäminen aloitettiin kaatamalla alkuvesi kemikaaleineen sekoittimen jäähdytykselliseen astiaan. Sekoittimen kierrokset nostettiin 3000 kierrokseen minuutissa ja alettiin varovaisesti lusikalla lisätä talkkijauhetta. Sekoituksen aikana seurattiin lietteen PH:ta ja lisättiin natriumhydroksidiliuosta pieninä annoksina. Talkin syöttövaihe kesti 2 - 4 tuntia minkä jälkeen lietettä sekoitettiin vielä tunnista kahteen lietettävän määrän mukaan.

## 7.3 Lieton tulokset

Heti alussa kävi selväksi, että kuivan ja ilmavan talkkijauheen liettäminen on erittäin vaikeaa. Lietteestä tahtoi tulla jäykkää ja laastimaista. Tämän vuoksi jouduttiin hakemaan ja kokeilemaan eri kemikaalimääriä ja -suhteita. Lopulta koeliettoja tehtiin kolmetoista, joista kahta viimeistä käytettiin päällystyskokeissa UPM:n tutkimuskeskuksessa Lappeenrannassa. Kolmannentoista lieton, resepti on liitteenä. (liite 1)

Lietteistä tehtiin heti liettämisen jälkeen mittaukset: kuiva-ainepitoisuus, pH ja Brookfield-viskositeetti. Kuiva-ainepitoisuus mitattiin laitteella, joka kuumentaa metalliastiassa näytteen sataanviiteenkymmeneen celsiusasteeseen, jolloin vesi haihtuu pois ja jäljelle jää vain kuiva-aine. Viskositeetti mitattiin standardien mukaan ja pH mitattiin yleisindikaattoripaperilla.

**Taulukko 9** Koeliete nro 12

| | |
|---|---|
| Kuiva-ainepitoisuus, KAP | 61,5 % |
| pH | 9,5 |
| Brookfield-viskositeetti (100 rpm) | 730 mPas |

**Taulukko 10** Koeliete nro 13

| | |
|---|---|
| Kuiva-ainepitoisuus, KAP | 64,5 % |
| pH | 10 |
| Brookfield-viskositeetti (100 rpm) | 1150 mPas |

Ilmapitoisuus lietteillä oli 30 - 40 % välillä

# 8 Päällystyskokeet

Helicoater -päällystyskokeet tehtiin joulukuussa 2006 UPM:n tutkimuskeskuksessa Lappeenrannassa. Päällystyskokeet tehtiin suunnitellun koeohjelman mukaisesti. Pastareseptiksi valittiin käytössä olevista resepteistä se, jossa talkin pitoisuus on suurin eli 70 %. Pohjapaperina oli Kaukaan syväpainopaperi. Koetalkin huonon ajettavuuden vuoksi molemmat pastat jouduttiin laimentamaan 50 %:n kuiva-ainepitoisuuteen. Päällystettäessä koetalkilla jouduttiin käyttämään 0,4 bar korkeampaa kammiopainetta, sekä myös teräpaine oli hieman korkeampi kuin referenssitalkilla. Kaikki mittaustulokset ovat liitteissä 2 - 12.

## 8.1 Pigmenttilietteet

Tässä kappaleessa on esitetty koelietteen, referenssilietteen sekä pastassa käytetyn kaoliinin mittaustulokset.

**Taulukko 11** Pigmenttien ominaisuudet

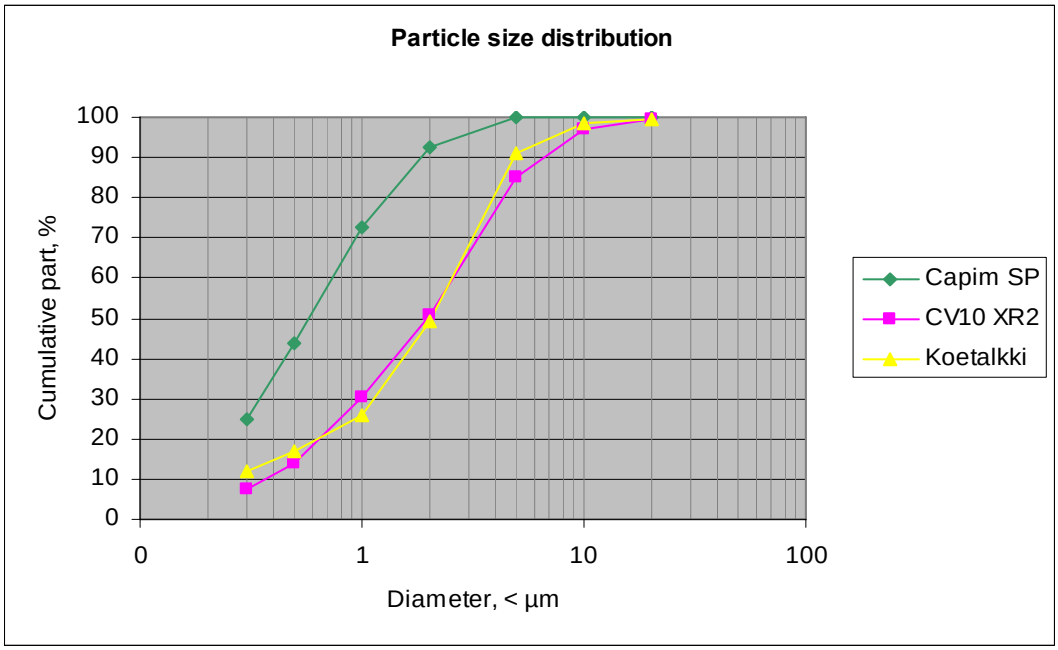
| **Sample name** | | **Capim SP** | **CV10 XR2** | **Koetalkki** |
|---|---|---|---|---|
| Sample date | | 6.11.2006 | 6.11.2006 | 27.11.2006 |
| Supplier | | Imerys | Mondo Minerals | |
| Sample type | | kaolin | talc | talc |
| Pilot trial/Mill sample | | LPR | LPR | Micropulva |
| **Pigment properties, slurry** | | | | |
| Solids | % | 68,2 | 61,1 | 62,5 |
| pH | | 7,3 | 10,1 | 10,8 |
| Brookfield 100 | mPas | 178 | 222 | 430 |
| Screen residue >45µm | % | 0,001 | 0,004 | 0,017 |
| Brightness ISO | % | 87,15 | 86,15 | 89,10 |
| Yellowness | % | 6,35 | 2,41 | 4,05 |
| L* D65 | | 96,6 | 95,1 | 96,8 |
| a* D65 | | -0,01 | -0,34 | 0,11 |
| b* D65 | | 3,47 | 1,44 | 2,13 |

**Taulukko 12** Raejakaumat mitattuna SediGraph 5100:lla

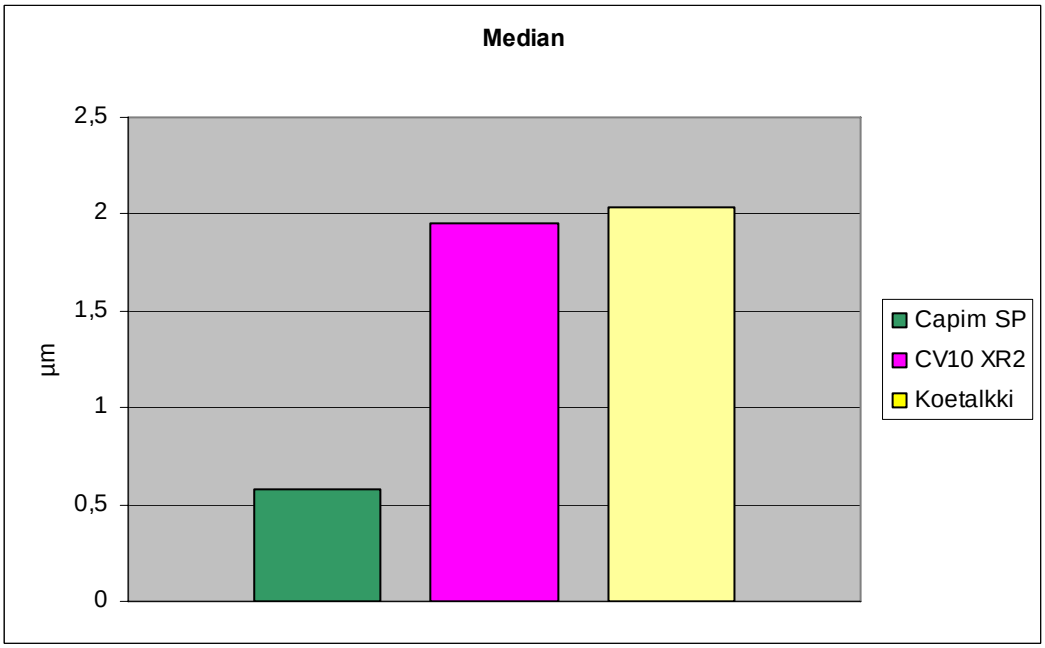
| **Sample name** | | **Capim SP** | **CV10 XR2** | **Koetalkki** |
|---|---|---|---|---|
| Sample date | | 6.11.2006 | 6.11.2006 | 27.11.2006 |
| Supplier | | Imerys | Mondo Minerals | |
| Sample type | | kaolin | talc | talc |
| Pilot trial/Mill sample | | LPR | LPR | Micropulva |
| Running phase | | water | water | water |
| Baseline/Full Scale | kc/s | 138/91 | 138/89 | 138/91 |
| **Results** | | | | |
| Median | µm | 0,58 | 1,95 | 2,03 |

| Diameter | | % | % | % |
|---|---|---|---|---|
| 20,00 | <µm | 100 | 99,4 | 99,6 |
| 10,00 | <µm | 100 | 97,2 | 98,5 |
| 5,00 | <µm | 100 | 85,1 | 90,9 |
| 2,00 | <µm | 92,6 | 50,9 | 49,2 |
| 1,00 | <µm | 72,5 | 30,4 | 25,7 |
| 0,50 | <µm | 43,7 | 13,8 | 16,7 |
| 0,30 | <µm | 25,1 | 7,6 | 12,0 |

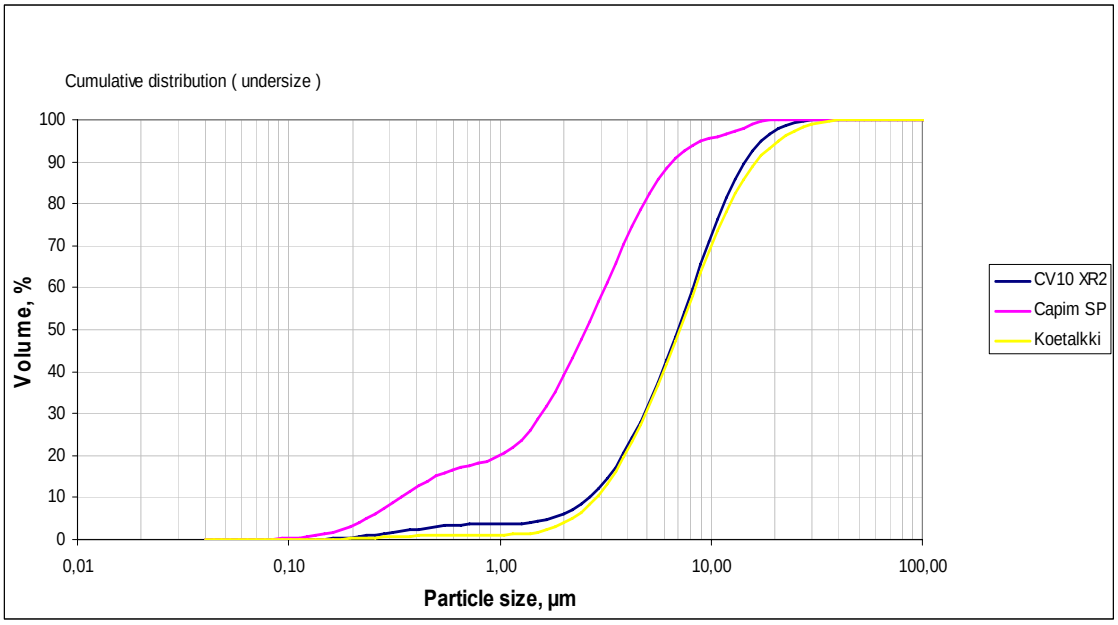
**Kaavio 2** Näytteiden raekokojakaumat



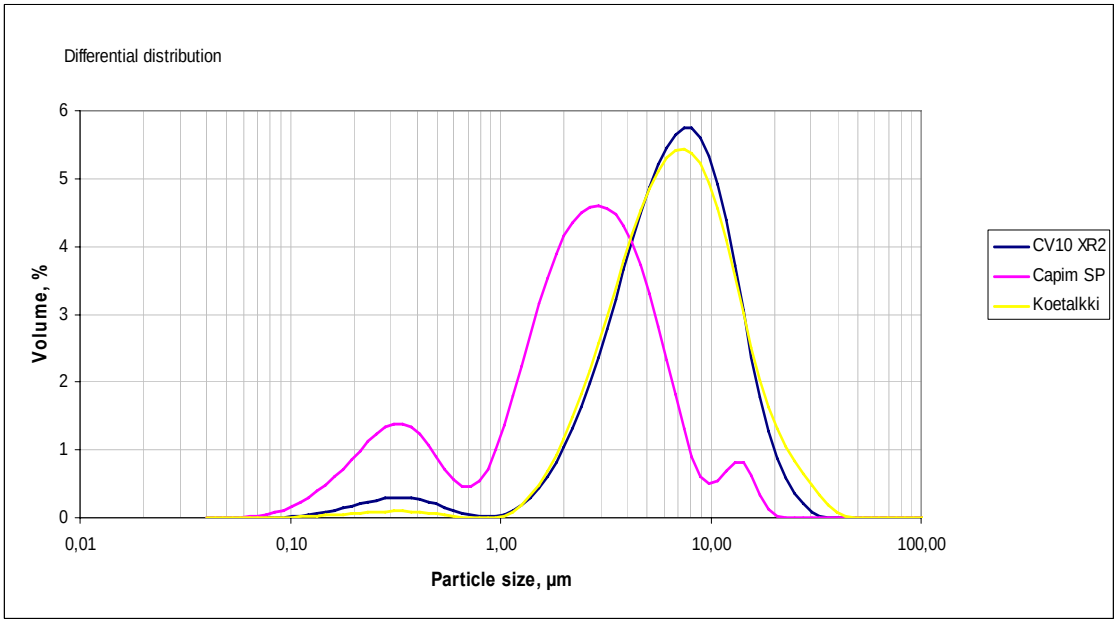

**Kaavio 3** Näytteiden keskihienous



**Kaavio 4** Näytteiden kumulatiiviset raekokojakaumat mitattuna Coulter LS:llä




**Kaavio 5** Näytteiden prosentuaaliset raekokojakaumat mitattuna Coulter LS:llä



## 8.2 Pastat

Pasta tehtiin yleisesti käytössä olevan reseptin mukaisesti (taulukko 13). Muut pastoille tehdyt mittaukset ja ominaisuudet on esitetty taulukoina ja kaavioina. Referenssitalkista käytetään merkintää 1 ja koetalkista 2.

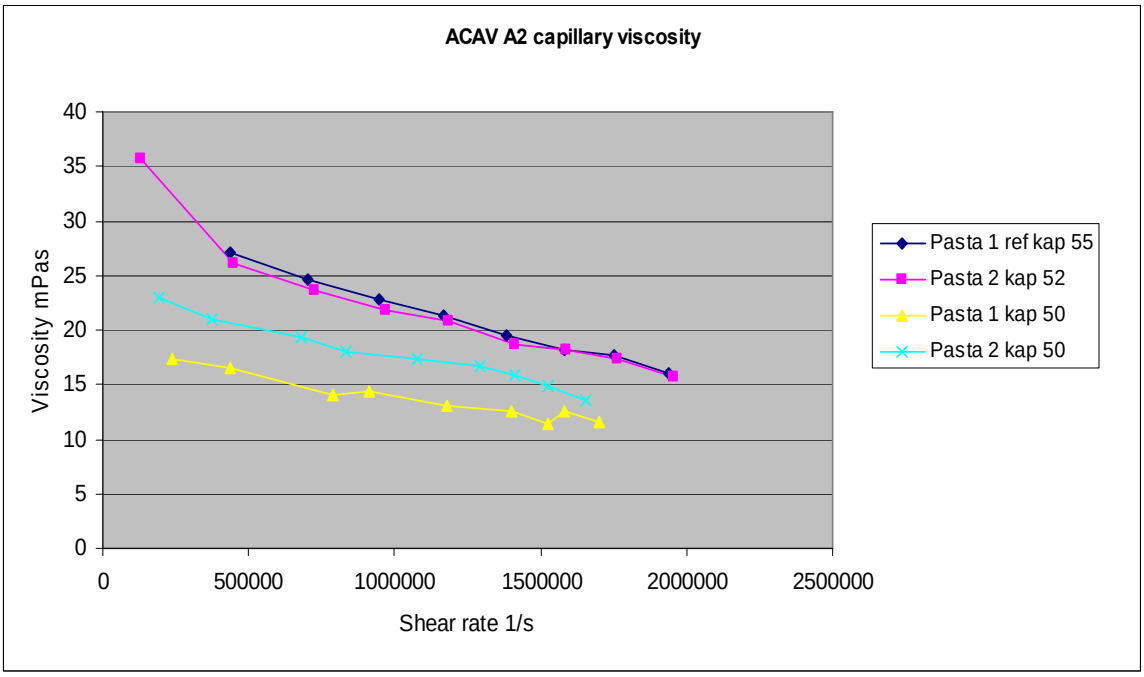
**Taulukko 13** Pasta resepti

| **COATING COLOUR ID** | **1** | **2** |
|---|---|---|
| **FORMULATION** | | |
| CV10 XR2 | 70 [1] | |
| Test talc | | 70 [1] |
| Capim SP | 30 [1] | 30 [1] |
| Latexia 211 | 5,5 [2] | 5,5 [2] |
| NaOH | 0,26 [3] | 0,26 [3] |

**Taulukko 14** Pastan ominaisuudet

| **COATING COLOUR PROPERTIES** | | **1** | **2** |
|---|---|---|---|
| Solids content, BR-viscosity target 2000mPas | % | 54,9 | 52,0 |
| pH | | 9,5 | 9,5 |
| Temperature | °C | 26 | 25 |
| Brookfield 100 rpm | mPas | 1920 | 1900 |
| Brookfield 50 rpm | mPas | 3160 | 3240 |
| Acav A2 1 000 000 1/s | mPas | 22 | 22 |
| Solids content, target 50 | % | 50,1 | 50,3 |
| pH | | 9,5 | 9,6 |
| Temperature | °C | 20 | 21 |
| Brookfield 100 rpm | mPas | 405 | 1400 |
| Brookfield 50 rpm | mPas | 610 | 2400 |
| Acav A2 1 000 000 1/s | mPas | 14 | 18 |
| ÅAGWR Static Water Retention | g/m² | 31,3 | 27,2 |

**Kaavio 6** ACAV A2 -viskositeetti pastoille eri kuiva-ainepitoisuuksissa




## 8.3 Helicoater -päällystys

Päällystyskokeet tehtiin tutkimuskeskuksen HeliCoater 1500 -päällystyskoneella käyttäen lyhytviipymämenetelmää. Pohjapaperina oli syväpainopaperi, jonka nopeutena oli 1200 m/min (taulukko 15).

**Taulukko 15** Pohjapaperi

| **BASE PAPER** | | |
|---|---|---|
| Quality | | LPR PM2 RG |
| Grade | | 9151 Sep - 05 |
| Grammage | g/m² | 34,3 |

**Taulukko 16** Pilot -päällystimen muuttujat

| **COATING** | | **1** | **2** |
|---|---|---|---|
| Coater | | HeliCoater 1500 | |
| Coating method | | SDTA | |
| Speed | m/min | 1200 | |
| Pre-stress of the blade | mm | 0,4 | |
| Chamber pressure | bar | 0,7 | 1,1 |
| Blade pressure, run 1 | bar | 1,3 | 1,6 |
| Blade pressure, run 2 | bar | 1,0 | 1,3 |
| Blade pressure, run 3 | bar | 0,7 | 1,0 |
| Blade pressure, run 4 | bar | 0,85 | 1,15 |
| Room humidity | % | 50 | |
| Room temperature | °C | 22 | |

## 8.4 Päällystetty paperi

Taulukkoon 17 on koottu tiedot paperien päällystysmääristä.

Päällystykset tehtiin neljällä eri päällystemäärällä interpolointien vuoksi.

Kokeessa kalanterointi tehtiin samaan kiiltotavoitteeseen 60 %:iin (6g/m² päällystemäärällä) ja molemmilla papereilla oli sama viivakuorma ja lämpötila.

**Taulukko 17** Päällystemäärät ja kalanteroijan muuttujat

| **COATED PAPER** | | **1** | **2** |
|---|---|---|---|
| Coated side | | ts | |
| Coat weight, run 1 | g/m² | 5,6 | 6,5 |
| Coat weight, run 2 | g/m² | 7,1 | 7,5 |
| Coat weight, run 3 | g/m² | 10,0 | 9,8 |
| Coat weight, run 4 | g/m² | 7,5 | 8,0 |
| **CALENDERING** | | | |
| Room humidity | % | 50 | |
| Room temperature | °C | 22 | |
| Calender temperature | °C | 50 | |
| Target, Gloss | % | 60 | |
| Line load | kN/m | 156 | |
| Number of nips | | 5 | |
| Coated side against steel cylinder | times | 3 | |
| Coated side against paper cylinder | times | 2 | |

## 8.5 Päällystyksen tulokset

Eri päällystemäärät interpoloitiin 5,5 g/m² ja 7,0 g/m², jotta tulokset olisivat paremmin vertailukelpoisia (taulukko 20).

**Taulukko 18** Referenssi talkilla päällystetyn paperin paperiominaisuudet

| **Test point ref talkki** | | 1/1 | 1/2 | 1/3 | ¼ |
|---|---|---|---|---|---|
| Grammage | g/m² | 40,0 | 41,0 | 43,0 | 41,2 |
| Coat weight/weighed | g/m² | 5,2 | 6,2 | 8,2 | 6,4 |
| Brightness ISO ts | % | 70,80 | 71,20 | 71,75 | 71,25 |
| Opacity ts | % | 80,0 | 80,5 | 81,1 | 80,4 |
| Roughness PPS 1 MPa ts | µm | 0,88 | 0,83 | 0,76 | 0,83 |
| Gloss ts | % | 58 | 60 | 65 | 60 |
| Heliotest ts | mm/20pp | 80 | 85 | 83 | 79 |
| Porosity G-H | s/100ml | 470 | 580 | 720 | 650 |
| Ink absorption K&N | % | 6,5 | 6,5 | 6,4 | 6,8 |

**Taulukko 19** Koetalkilla päällystetyn paperin paperiominaisuudet

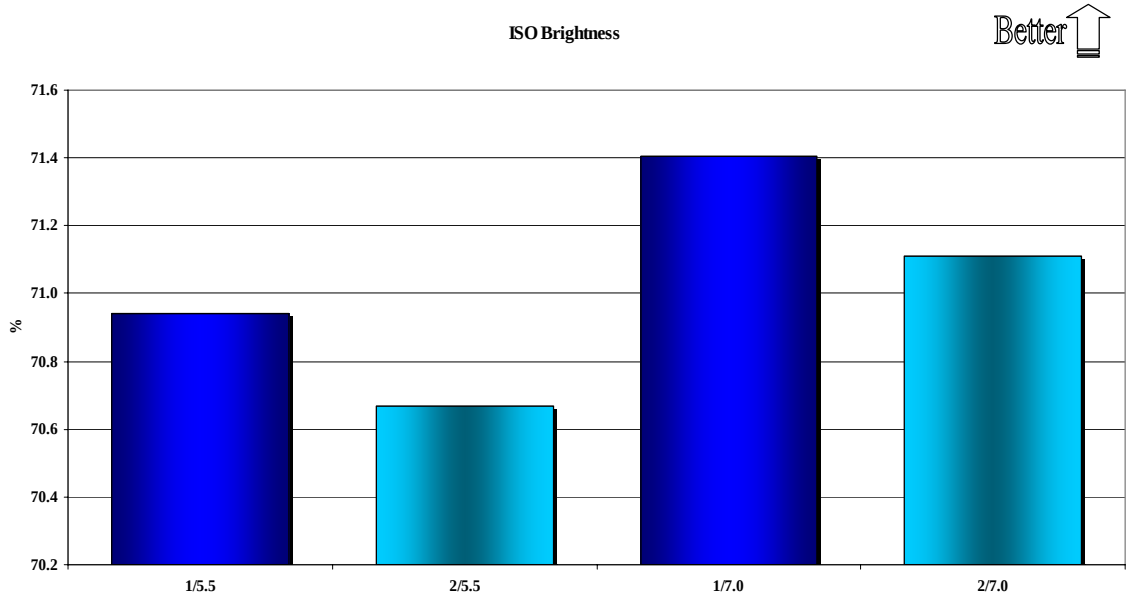
| **Test point koe talkki** | | 2/1 | 2/2 | 2/3 | 2/4 |
|---|---|---|---|---|---|
| Grammage | g/m² | 40,3 | 41,5 | 44,1 | 41,9 |
| Coat weight/weighed | g/m² | 5,5 | 6,8 | 9,3 | 7,1 |
| Brightness ISO ts | % | 70,60 | 71,10 | 71,75 | 71,20 |
| Opacity ts | % | 79,5 | 80,2 | 81,1 | 80,4 |
| Roughness PPS 1 MPa ts | µm | 0,79 | 0,75 | 0,66 | 0,73 |
| Gloss ts | % | 61 | 63 | 69 | 65 |
| Heliotest ts | mm/20pp | 83 | 86 | 92 | 91 |
| Porosity G-H | s/100ml | 580 | 770 | 1490 | 1070 |
| Ink absorption K&N | % | 4,7 | 4,6 | 4,1 | 4,7 |

**Taulukko 20** Interpoloidut päällystemäärät

| **Test point** | | ref. | ref. | koe | koe |
|---|---|---|---|---|---|
| Coat weight/weighed | g/m² | 5,5 | 7,0 | 5,5 | 7,0 |
| Brightness ISO ts | % | 70,94 | 71,40 | 70,67 | 71,11 |
| Opacity ts | % | 80,1 | 80,7 | 79,6 | 80,2 |
| Roughness PPS 1 MPa ts | µm | 0,86 | 0,81 | 0,79 | 0,74 |
| Gloss ts | % | 58 | 62 | 61 | 64 |
| Heliotest ts | mm/20pp | 81 | 82 | 84 | 88 |
| Porosity G-H | s/100ml | 525 | 645 | 568 | 935 |
| Ink absorption K&N | % | 6,6 | 6,5 | 4,8 | 4,6 |

## 8.5.1 Vaaleus

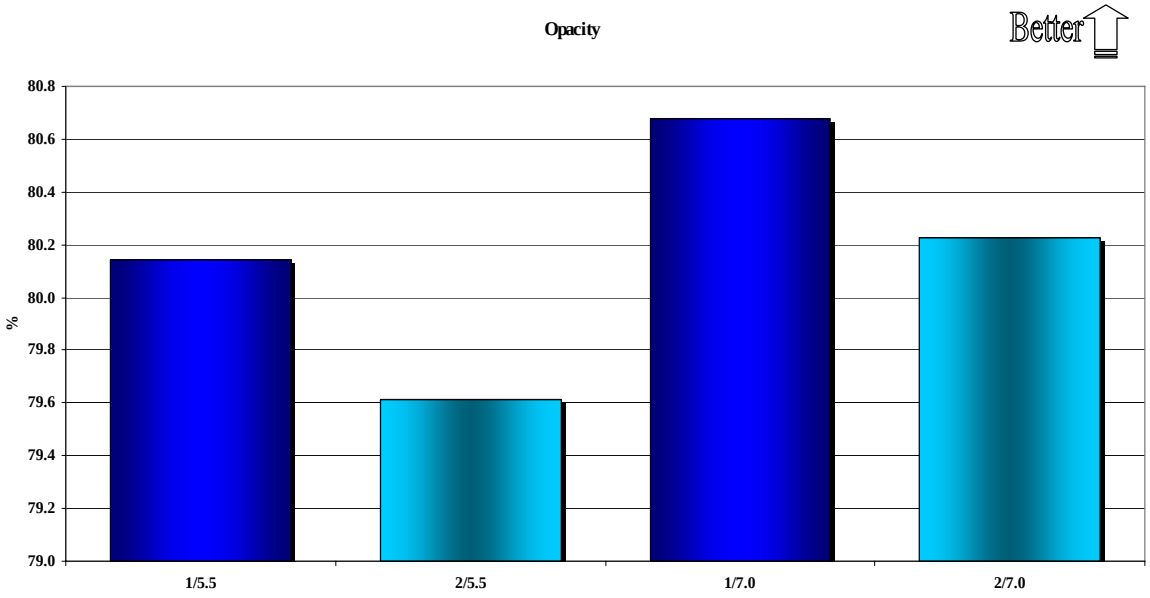
**Kaavio 7** Vaaleus




1 = reference / coat weight
2 = test product / coat weight

## 8.5.2 Opasiteetti

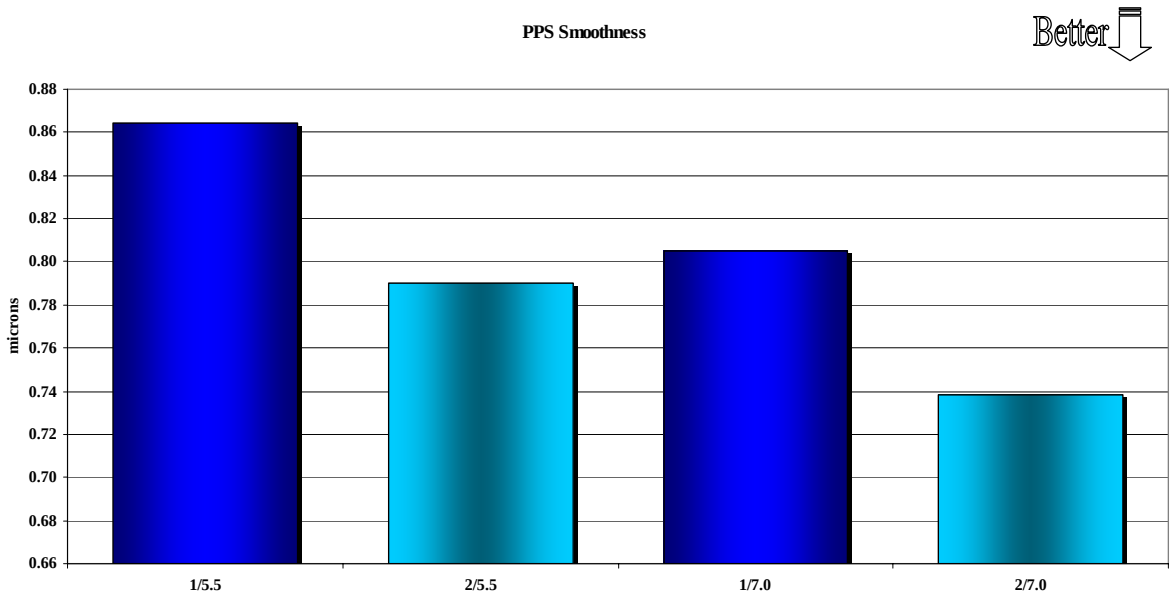
**Kaavio 8** Opasiteetti




1 = reference / coat weight
2 = test product / coat weight

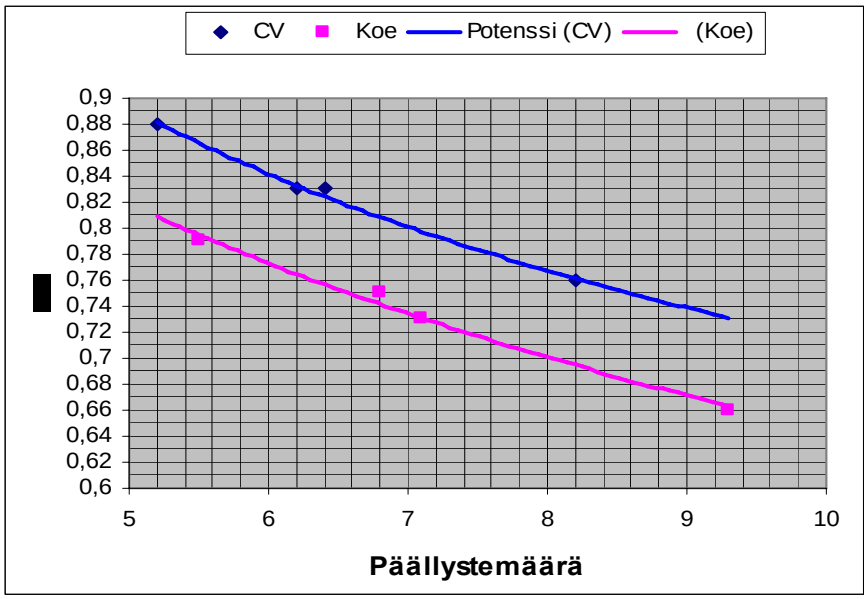
### 8.5.3 PPS- karheus

**Kaavio 9** Pinnan karheus



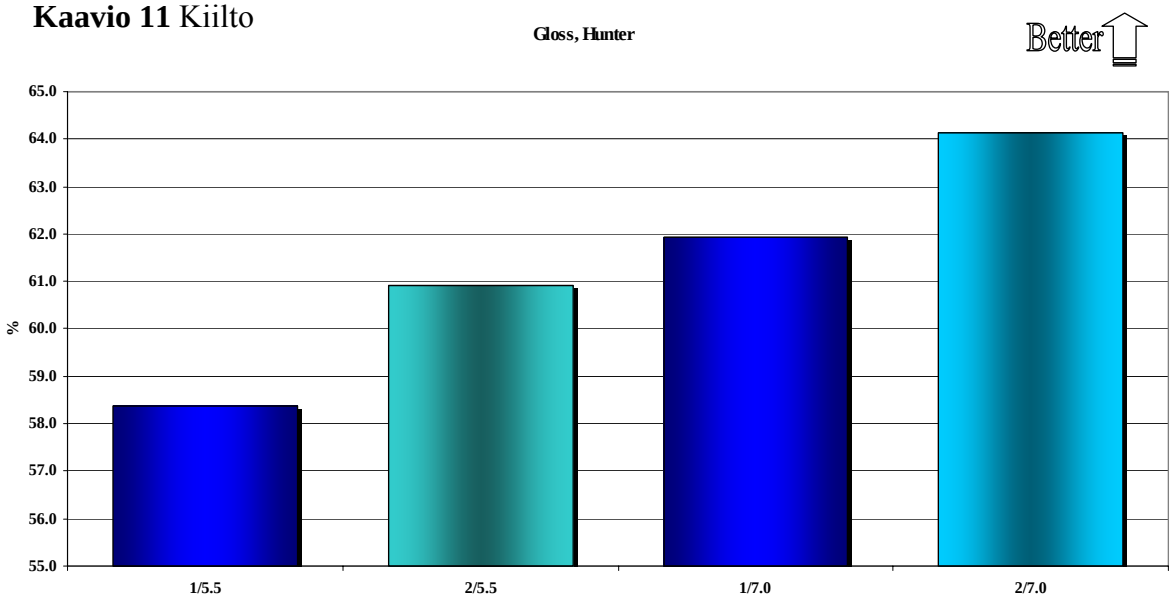

1 = reference / coat weight
2 = test product / coat weight

**Kaavio 10** Pinnan karheus suhteessa päällystemäärään



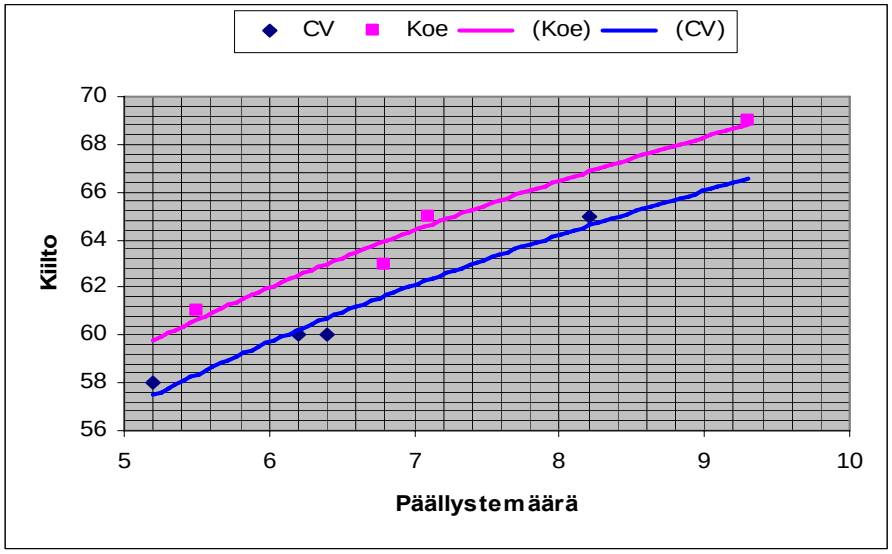
## 8.5.4 Kiilto

**Kaavio 11** Kiilto



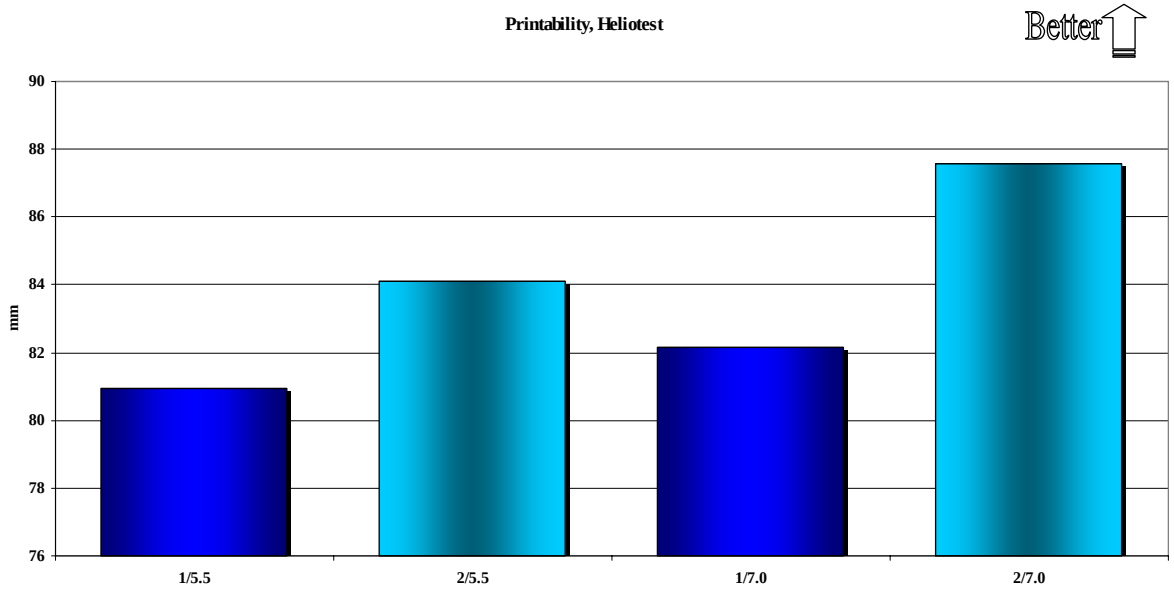

1 = reference / coat weight
2 = test product / coat weight

**Kaavio 12** Kiilto suhteessa päällystemäärään



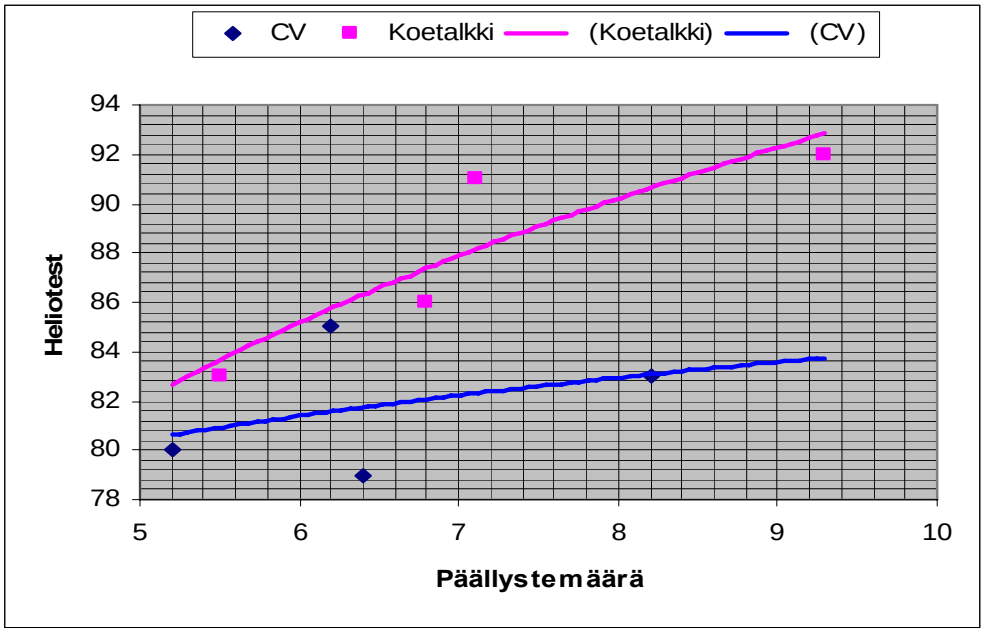
### 8.5.5 Heliotest -painettavuus

**Kaavio 13** Heliotest



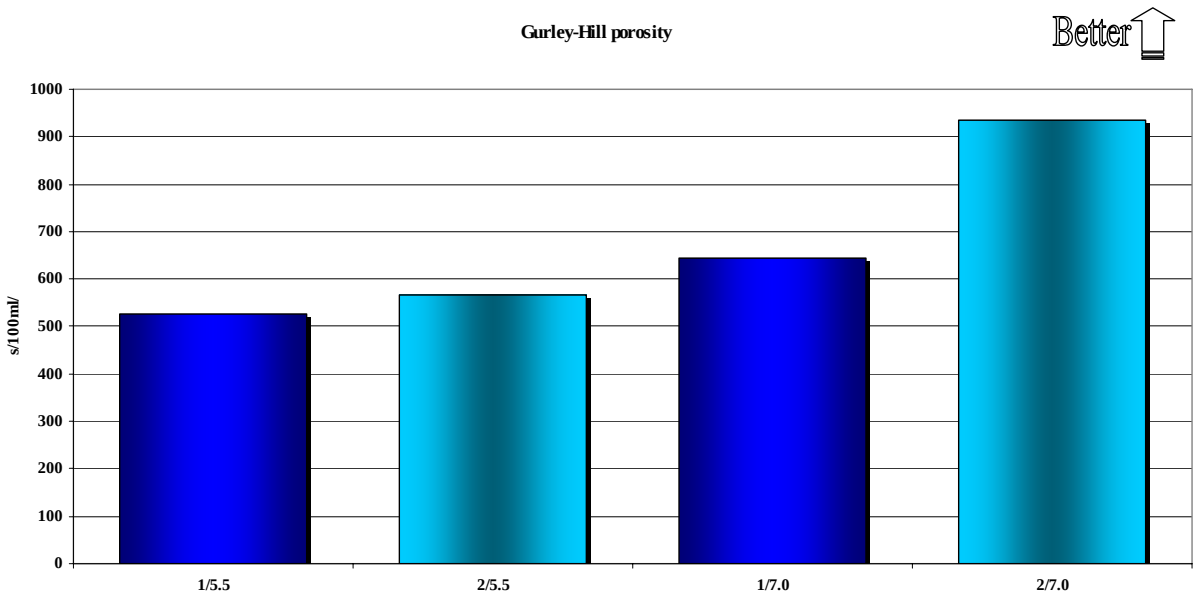

1 = reference / coat weight
2 = test product / coat weight

**Kaavio 14** Heliotest suhteessa päällystemäärään



## 8.5.6 Huokoisuus

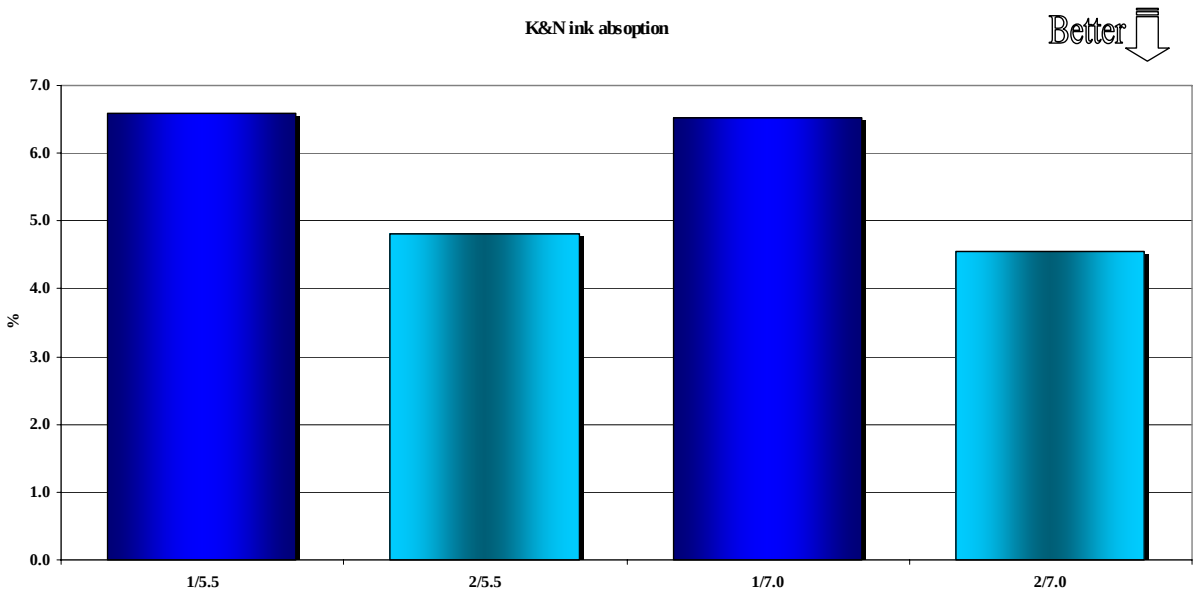
**Kaavio 15** Gurley-Hill -huokoisuus




1 = reference / coat weight
2 = test product / coat weight

## 8.5.7 Värin absorptio

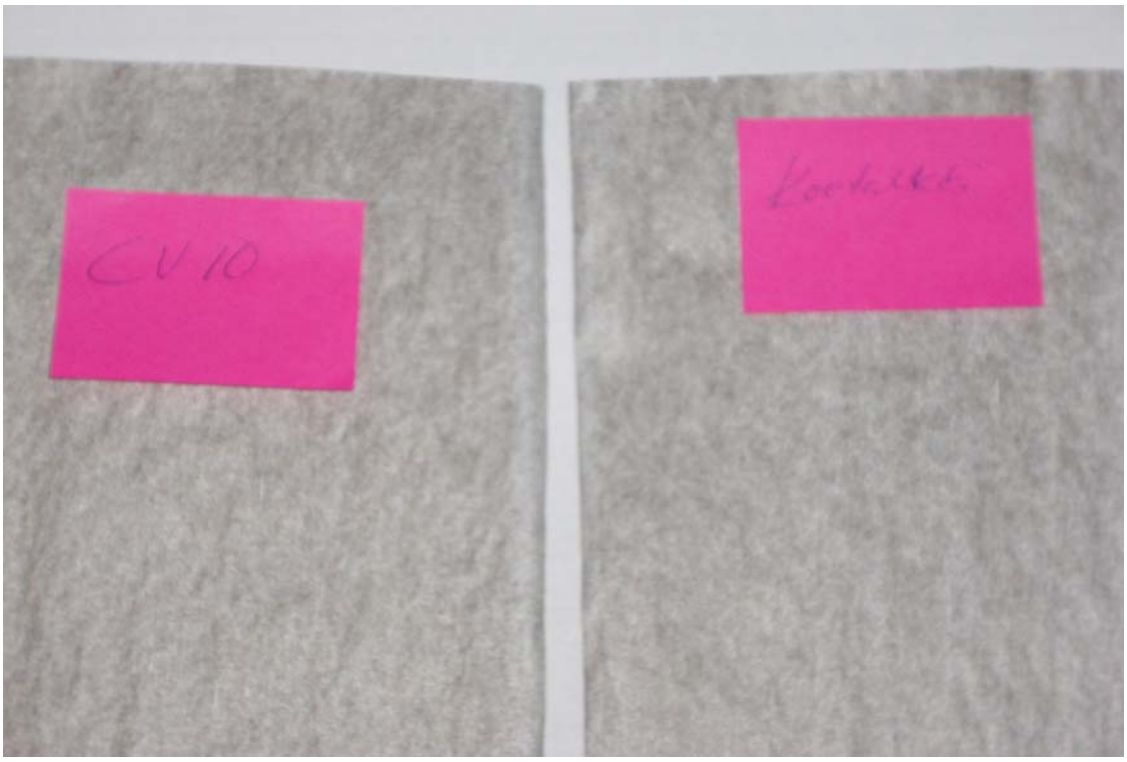
**Kaavio 16** K&N -musteabsorptio




1 = reference / coat weight
2 = test product / coat weight

### 8.5.8 Peittävyys -Burnout testi

Peittävyystesti tehtiin burnout menetelmällä, jossa paperiarkit käsitellään hapolla ja kuivataan. Kuivia arkkeja verrataan visuaalisesti ja peittokyky todetaan vaaleuserona. Burnout-testiä käytettäessä saadaan selville päällystyksessä tulleet mahdolliset peittokykyvirheet.




**Kuva 11** Arkit burnout-testin jälkeen

# 9 Tulosten arviointi

## 9.1 Jauhettu talkki

Suomalaiseen referenssinä toimineeseen talkkiin verrattuna koetalkilla oli jyrkempi raejakauma ja hienompi keskihienous. Raejakauma on lähellä paperiteollisuuden toivomaa päällystystalkkia eli yläpäästä hieman hienompaa ja alapäästä niin sanotut nollahiukkaset puuttuvat.

Optisilta ominaisuuksiltaan koetalkki oli selvästi vaaleampaa kuin referenssitalkki. Keltaisuus koetalkilla oli hieman suurempi, mutta kuitenkin selvästi kaoliinin keltaisuutta alhaisempi. Osa optisista eroista selittynee mineralogisilla eroilla.

Elektromikroskooppikuvissa näkyy selvästi, että koetalkki on säilyttänyt levymäisen ominaismuotonsa. Talkki levyjen rajapinnoissa saattaa olla hieman eroavaisuuksia, mutta muuten talkit näyttävät hyvin samanlaisilta.

## 9.2 Jauhatus -energia

Suomessa tuotetaan noin 40 tuhatta tonnia päällystystalkkia vuodessa. Tämä talkki tehdään 1-faasijauhatustekniikalla joka käyttää 9,5 baarin paineista työkaasua. Työkaasu tehdään turbokompressorilla, jonka akseliteho on 1500 kW ja työkaasun lämpötila on noin 150 °C. Mikronisointikapasiteetti on noin 5000 kg/h. /5/

Jauhatusenergian laskemista varten tehtiin taulukkolaskuohjelma, joka laskee työkaasun komprimointiin tarvittavan energian./6/

Ohjelmaan syötetään seuraavat arvot:

- kompimoitavan ilman lämpö, °C
- komprimoidun ilman paine, Bar
- kompressorin hyötysuhde
- komprimoidun ilman määrä, $Nm^3$/min
- lopputuotteen tuntikapasiteetti, kg/h

Energia vertailussa käytettiin 1-faasitekniikalle ja 2-faasitekniikalle samoja arvoja, ainoastaan työkaasun painetasossa on eroa. Energia laskut ovat liitteinä (liite 13 ja liite 14).

Energian osalta käsiteltiin vain viimeistä jauhatusta eli päällystystalkin jauhamista (taulukko 21). Tämä siksi, että 1-faasijauhatustekniikka tarvitsee tähän vaiheeseen fillerihienoutta olevan raaka-aineen, kun taas 2-faasijauhimella voidaan mikronisoida karkeammasta raaka-aineesta päällystystalkkia.

**Taulukko 21** Viimeisen jauhatusvaiheen energiankulutus

| | 1-faasi jauhatus, ref talkki | 2-faasi jauhatus, koetalkki |
|---|---|---|
| työkaasun paine, Bar | 9,5 | 4,0 |
| työkaasun määrä, $Nm^3$/min | 200 | 200 |
| tuntikapasiteetti, kg/h | 5000 | 5000 |
| | | |
| energiankulutus, kWh/t | 245 | 132 |
| energiankulutus, MWh/a | 1960 | 1056 |

## 9.3 Lieteominaisuudet

Lieteominaisuuksien vertailu on vaikeaa, koska liettämistapahtumat ovat niin erilaiset. Koetalkki on lietetty käyttäen kuivaa talkkijauhetta pienellä sekoittajalla laboratoriossa, kun taas referenssitalkki on lietetty teollisesti käyttäen granuloitua talkkia. Liettovaiheessa käytettyjen kemikaalien optimointi oli myös tekemättä ja liete sisälsi runsaasti ilmaa, jonka vuoksi se oli laastimaista. Koetalkki onnistuttiin kuitenkin liettämään kuiva-ainepitoisuudeltaan referenssitalkin tasolle.

Optiset ominaisuudet olivat samankaltaiset kuin kuivista näytteistä mitatut arvot. Raejakaumamittauksissa on eroa, sillä kuivista talkkijauheista tehdyt mittaukset poikkesivat lietteistä tehdyistä mittauksista. Raejakaumakäyrien muodot olivat kyllä samanlaisia, mutta erot olivat pienentyneet.

## 9.4 Pastaominaisuudet

Koetalkin epäonnistunut lietto näkyi myös luonnollisesti pastassa. Koetalkista tehty pasta oli jäykempää kuin referenssitalkin pasta. Tämä näkyi selvästi myös samassa kuiva-ainepitoisuudessa tehdyssä viskositeettimittauksessa.

## 9.5 Paperitekniset ominaisuudet

Optiset ominaisuudet vaaleus ja opasiteetti ovat koetuotteella päällystetyssä paperissa hieman huonompia kuin vastaavat ominaisuudet referenssillä päällystetyssä paperissa. Erot ovat kuitenkin hyvin pienet. Optimoimaton lietto on todennäköisin syy tähän eroavaisuuteen.

Burnout-peittävyystestissä ei visuaalisessa tarkastelussa voinut nähdä eroa.

Muissa paperiteknisissä mittauksissa koetalkki osoittautui referenssitalkkia paremmaksi. Koetalkilla päällystetty paperi on kiilloltaan 2 - 3 % yksikköä korkeampi ja päällysteen pinta on referenssiä suljetumpi. Painettavuusominaisuuksia kuvaavat suureet, PPS -karheus ja Heliotest -painettavuus, ovat molemmat referenssiä paremmalla tasolla.

# 10 Yhteenveto

Koetuotteen valmistus on onnistunut erinomaisesti: jauhatustulos vastaa referenssin raekokojakaumaa. Huolimatta optimoimattomasta lietosta koetuotteella on saatu erinomaisia paperiteknisiä tuloksia, joiden perusteella tiedetään että, uuden talkkituotteen pystyvän laadullisesti kilpailemaan markkinoilla jo olevien tuotteiden kanssa ja tarjoavan selvän taloudellisen edun, koska mikronisointikustannukset ovat pienentyneet.

Päällystyskokeista voi päätellä, että syystä tai toisesta koetalkilla päällystetty paperi on mahdollisesti kalanteroitunut tiheämmäksi vaikka tiheysmittauksia ei tehtykään. Alempi vaaleus ja opasiteetti, korkeampi kiilto ja tiiviimmät päällystearvot voivat olla ainakin osittain seurausta tästä. Mahdollisuutta, että lietto selittäisi ainakaan yksin näitä eroavaisuuksia, pidetään epätodennäköisenä.

Seuraavassa koejauhatuksessa voisi kokeilla toisen talkkitoimittajan raaka-ainetta, jotta nähtäisiin, onko mineralogisilla ominaisuuksilla vaikutusta lopputulokseen. Olisi myös hyvä ottaa käyttöön Micropulvan uusin jauhinkammio -kiihdytys-suutin-yhdistelmä, jota on testattu menestyksekkäästi eräässä tuotantoyksikössä Suomessa. Seuraavassa testissä voisi tehdä myös lisäksi kaksi hieman erilaista raejakaumaltaan olevaa päällystystalkkilaatua. Laatu A olisi keskihienoudeltaan hieman karkeampaa, mutta 0-hiukkaset puuttuisivat ja katkaisuraja yläpäässä pidettäisiin nykyisellä tasolla. Laatu B olisi tässä testissä käytetyn koetalkin tasoista ja laatu C olisi edellisestä laatu B:stä hieman pidemmälle jauhettua.

Jauhettava talkki määrä tulisi olla suurempi, jotta lietto voitaisiin suorittaa pilot -lietto laitteistolla. Paperiteknisissä kokeissa pitäisi kalanterointi tehdä myös samaan kiiltoon. Tällä menettelyllä saataisiin todennäköisesti vielä suuremmat eroavaisuudet testattavien päällystystalkkien ominaisuuksista.

Tutkimuksesta käy hyvin selväksi, että Micropulvan kehittämä 2-faasi-jauhatustekniikka sopii hyvin päällystystalkin jauhatukseen. Energiansäästö jauhatusprosessissa on merkittävä. Jauhatustapahtuman säädettävyys tuo paljon uusia mahdollisuuksia kehittää uudentyyppisiä talkkijauheita eri tarkoituksiin.

# LÄHTEET

Painetut lähteet

1 Lehtinen, Esa, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper. 2000 S.107- 119.

2 Häggblom-Ahnger, Ulla – Komulainen, Pekka, Paperin ja Kartongin valmistus. Opetushallitus 2001.

3 Riuttamäki, Aki, Talkin liettäminen laboratorio-olosuhteissa. Insinöörityö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Paperitekniikka. Tampere 2006. 29 s. + 7 liites.

4 Suutari, Jussi, The effects of filler on the properties of SCO paper. Insinöörityö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Paperitekniikka. Tampere 2006. 57 s. + 19 liites.

Painamattomat lähteet

5 Micropulva Ltd Oy: tiedostot. [viitattu 10.3.2007]

6 Öhman, Torolf, yliopettaja, haastattelu 27.10.2006 Tampereen ammattikorkeakoulu.

Sähköiset lähteet

7 Micropulva Ltd Oy. [www-sivu]. [viitattu 10.3.2007] Saatavissa: http://www.micropulva.fi

8 Yleistä talkista. [www-sivu]. [viitattu 10.3.2007] Saatavissa: http://www.maol.fi/frames/dimensio/D403kansio/Talkki.pdf.

**Lietteen laskeminen** **Nimi:** MA

**Tuotteen nimi:** **Talkki** **Lietto 13** 27.11.2006

| **Lähtötiedot** | Resepti | Kuivana, g | Vettä, ml |
|---|---|---|---|
| Määrä / ml | 2600 | | 975 |
| Liuoksen KAP /% | 62,5 | 1625 | |

| **Pigmentti (100 osaa)** | Osaa | KAP % | Koko määrä, g |
|---|---|---|---|
| Talkki jauhe | 100,0 | 99,00 | 1605,3 |

| **Muu aine( 0 - 5)** | Osaa | KAP % | Koko määrä, g |
|---|---|---|---|
| Kostutusk | 1,60 | 50 | 50,9 |

| **Apuaineet ( 0-3osaa)** | Osaa | KAP % | Koko määrä, g |
|---|---|---|---|
| Dispergointiaine PS | 0,40 | 39 | 16,2375 |
| NaOH | 0,13 | 98 | 2,1082 |
| Vaahdonesto ES | 0,03 | 40 | 1,1919 |
| Vaahdonesto | 0,09 | 40 | 3,5758 |
| | **102,3** | | **1679,3** |

**Yhteensä**

54,3

Aineiden mukana vettä

**920,7**

**Lisävesi**

UPM

**UPM RC**

MLi / SAh
2.1.2007

PAPER PROPERTIES
**Micropulvalla jauhettu koetalkki**

Client of the testing program: Leena Kunnas
Samples arrived to RC:
Invoicing number: E1106
Testing was started: 19.12.2006

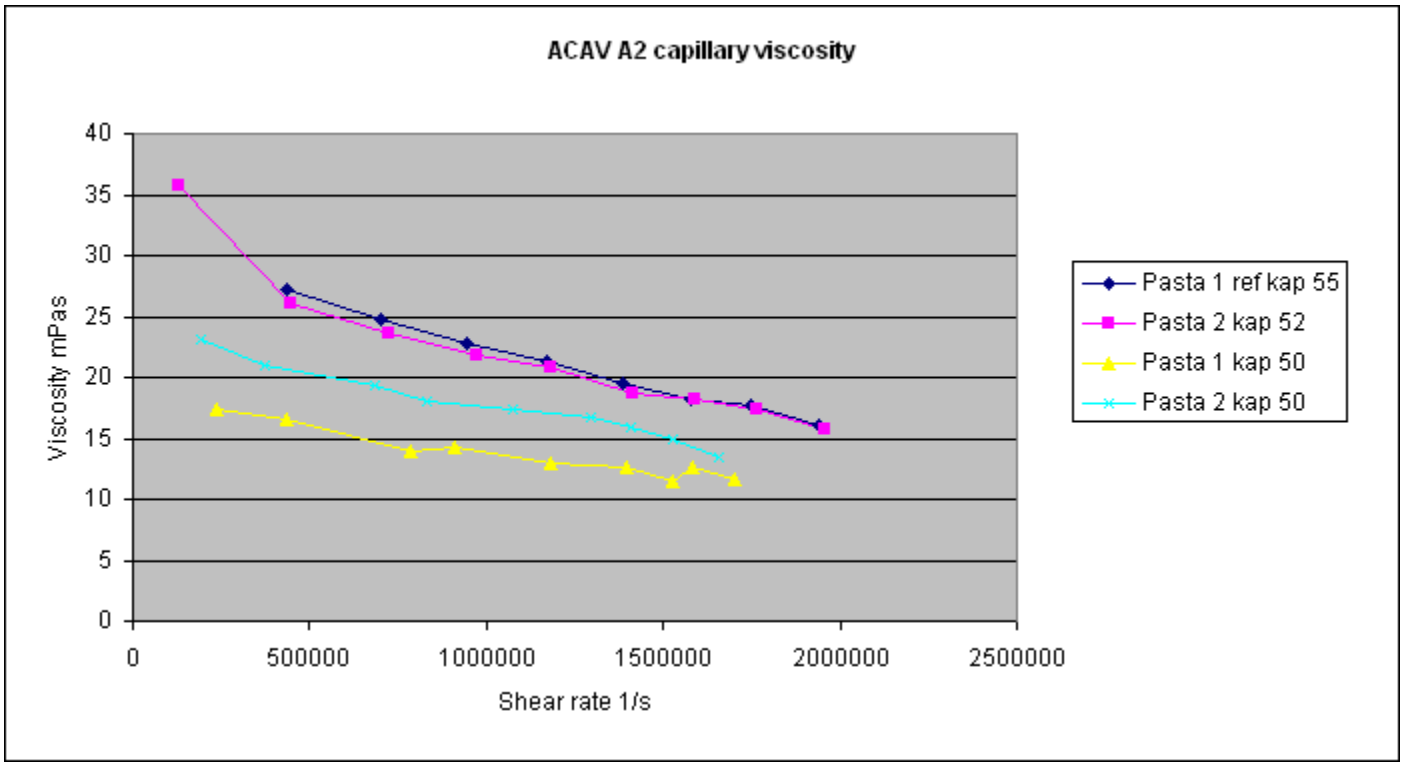
| **Test point** | | 1/1 | 1/2 | 1/3 | 1/4 |
|---|---|---|---|---|---|
| Grammage | g/m² | 40,0 | 41,0 | 43,0 | 41,2 |
| Coat weight/weighed | g/m² | 5,2 | 6,2 | 8,2 | 6,4 |
| Brightness ISO ts | % | 70,80 | 71,20 | 71,75 | 71,25 |
| Opacity ts | % | 80,0 | 80,5 | 81,1 | 80,4 |
| Roughness PPS 1 MPa ts | µm | 0,88 | 0,83 | 0,76 | 0,83 |
| Gloss ts | % | 58 | 60 | 65 | 60 |
| Heliotest ts | mm/20pp | 80 | 85 | 83 | 79 |
| Porosity G-H | s/100ml | 470 | 580 | 720 | 650 |
| Ink absorption K&N | % | 6,5 | 6,5 | 6,4 | 6,8 |

COMMENTS:

| **Test point** | | 2/1 | 2/2 | 2/3 | 2/4 |
|---|---|---|---|---|---|
| Grammage | g/m² | 40,3 | 41,5 | 44,1 | 41,9 |
| Coat weight/weighed | g/m² | 5,5 | 6,8 | 9,3 | 7,1 |
| Brightness ISO ts | % | 70,60 | 71,10 | 71,75 | 71,20 |
| Opacity ts | % | 79,5 | 80,2 | 81,1 | 80,4 |
| Roughness PPS 1 MPa ts | µm | 0,79 | 0,75 | 0,66 | 0,73 |
| Gloss ts | % | 61 | 63 | 69 | 65 |
| Heliotest ts | mm/20pp | 83 | 86 | 92 | 91 |
| Porosity G-H | s/100ml | 580 | 770 | 1490 | 1070 |
| Ink absorption K&N | % | 4,7 | 4,6 | 4,1 | 4,7 |

| Test point | | 1/1 | 1/2 | 1/3 | 1/4 |
|---|---|---|---|---|---|
| Grammage | g/m² | 40,0 | 41,0 | 43,0 | 41,2 |
| Coat weight/weighed | g/m² | 5,2 | 6,2 | 8,2 | 6,4 |
| Brightness ISO ts | % | 70,80 | 71,20 | 71,75 | 71,25 |
| Opacity ts | % | 80,0 | 80,5 | 81,1 | 80,4 |
| Roughness PPS 1 MPa ts | µm | 0,88 | 0,83 | 0,76 | 0,83 |
| Gloss ts | % | 58 | 60 | 65 | 60 |
| Heliotest ts | mm/20pp | 80 | 85 | 83 | 79 |
| Porosity G-H | s/100ml | 470 | 580 | 720 | 650 |
| Ink absorption K&N | % | 6,5 | 6,5 | 6,4 | 6,8 |

| Test point | | ref. | ref. | koe | koe |
|---|---|---|---|---|---|
| Coat weight/weighed | g/m² | 5,5 | 7,0 | 5,5 | 7,0 |
| Brightness ISO ts | % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Opacity ts | % | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Roughness PPS 1 MPa ts | µm | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Gloss ts | % | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Heliotest ts | mm/20pp | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Porosity G-H | s/100ml | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ink absorption K&N | % | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |




| Flow | Pressure | Reynolds | ShearRate | ShearStress | Viscosity | Euler | MeasurementNbr | 3494 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24,111 | 123,818 | 5271,659 | 1941351,88 | 31078,33 | 16,009 | | ProjectNbr | 98 |
| 21,722 | 123,154 | 4301,829 | 1748996,13 | 30911,566 | 17,674 | | Name | Pasta 1 ref kap 55 |
| 19,625 | 114,834 | 3765,743 | 1580151,38 | 28823,264 | 18,241 | | Description | |
| 17,2 | 108,061 | 3073,885 | 1384897 | 27123,387 | 19,585 | | User | |
| 14,535 | 99,282 | 2389,25 | 1170318,5 | 24919,711 | 21,293 | | Brookfield | 1 |
| 11,759 | 86,117 | 1802,817 | 946802,5 | 21615,414 | 22,83 | | Kinetic val. | 1 |
| 8,74 | 69,19 | 1239,589 | 703720,875 | 17366,787 | 24,679 | | Couette val. | 0 |
| 5,414 | 47,192 | 697,375 | 435920,469 | 11845,258 | 27,173 | | Constant3 | 0 |
| | | | | | | | CorrType | K |
| | | | | | | | Density | 1,38 |
| | | | | | | | DeviceDiameter | 0,502 |
| | | | | | | | DeviceLength | 50 |
| | | | | | | | DeviceWidth | 0 |
| | | | | | | | ExternalTemp | 1 |
| | | | | | | | MeasDate | 20061204 |
| | | | | | | | PH | 1 |
| | | | | | | | SolidContent | 1 |
| | | | | | | | Temperature | 22,7 |

| Flow | Pressure | Reynolds | ShearRate | ShearStress | Viscosity | Euler | MeasurementNbr | 3495 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24,297 | 122,519 | 5370,858 | 1956328,13 | 30752,307 | 15,719 | | ProjectNbr | 98 |
| 21,901 | 121,941 | 4384,492 | 1763408,63 | 30607,27 | 17,357 | | Name | Pasta 2 kap 52 |
| 19,706 | 115,12 | 3760,013 | 1586673,25 | 28895,057 | 18,211 | | Description | |
| 17,534 | 104,712 | 3272,704 | 1411789,75 | 26282,783 | 18,617 | | User | |
| 14,707 | 98,225 | 2454,529 | 1184167,38 | 24654,486 | 20,82 | | Brookfield | 1 |
| 12,071 | 84,295 | 1926,758 | 971923,938 | 21158,041 | 21,769 | | Kinetic val. | 1 |
| 8,981 | 68,169 | 1318,882 | 723125,563 | 17110,367 | 23,662 | | Couette val. | 0 |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,568 | 46,573 | 742,01 | 448320,125 | 11689,729 | 26,075 | | **Constant3** | 0 |
| 1,622 | 18,572 | 157,902 | 130599,008 | 4661,551 | 35,694 | | **CorrType** | K |
| | | | | | | | **Density** | 1,37 |
| | | | | | | | **DeviceDiameter** | 0,502 |
| | | | | | | | **DeviceLength** | 50 |
| | | | | | | | **DeviceWidth** | 0 |
| | | | | | | | **ExternalTemp** | 1 |
| | | | | | | | **MeasDate** | 20061204 |
| | | | | | | | **PH** | 1 |
| | | | | | | | **SolidContent** | 1 |
| | | | | | | | **Temperature** | 24,4 |

| **Flow** | **Pressure** | **Reynolds** | **ShearRate** | **ShearStress** | **Viscosity** | **Euler** | **MeasurementNbr** | 3506 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21,138 | 78,863 | 6176,803 | 1701938 | 19794,564 | 11,631 | | **ProjectNbr** | 98 |
| 19,663 | 79,639 | 5292,932 | 1583203,25 | 19989,377 | 12,626 | | **Name** | Pasta 1 kap 50 |
| 18,954 | 69,479 | 5637,075 | 1526091 | 17439,311 | 11,427 | | **Description** | |
| 17,377 | 69,946 | 4706,62 | 1399141,5 | 17556,436 | 12,548 | | **User** | |
| 14,651 | 61,145 | 3827,285 | 1179648,88 | 15347,475 | 13,01 | | **Brookfield** | 0 |
| 11,324 | 52,012 | 2687,856 | 911764,25 | 13055,134 | 14,319 | | **Kinetic val.** | 1 |
| 9,783 | 43,973 | 2373,017 | 787711,5 | 11037,121 | 14,012 | | **Couette val.** | 0 |
| 5,389 | 28,525 | 1109,853 | 433884,438 | 7159,869 | 16,502 | | **Constant3** | 0 |
| 2,935 | 16,404 | 572,525 | 236318,047 | 4117,387 | 17,423 | | **CorrType** | K |
| | | | | | | | **Density** | 1,34 |
| | | | | | | | **DeviceDiameter** | 0,502 |
| | | | | | | | **DeviceLength** | 50 |
| | | | | | | | **DeviceWidth** | 0 |
| | | | | | | | **ExternalTemp** | 0 |
| | | | | | | | **MeasDate** | 20061207 |
| | | | | | | | **PH** | 0 |
| | | | | | | | **SolidContent** | 50 |
| | | | | | | | **Temperature** | 22,019 |

| **Flow** | **Pressure** | **Reynolds** | **ShearRate** | **ShearStress** | **Viscosity** | **Euler** | **MeasurementNbr** | 3505 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20,562 | 89,184 | 5091,407 | 1655596 | 22385,27 | 13,521 | | **ProjectNbr** | 98 |
| 18,968 | 90,617 | 4264,138 | 1527251,5 | 22744,752 | 14,893 | | **Name** | Pasta 2 kap 50 |
| 17,508 | 89,32 | 3685,685 | 1409696,25 | 22419,414 | 15,904 | | **Description** | |
| 16,076 | 86,145 | 3221,986 | 1294395,63 | 21622,291 | 16,705 | | **User** | |
| 13,351 | 74,51 | 2569,264 | 1074986 | 18702,01 | 17,397 | | **Brookfield** | 0 |
| 10,354 | 59,754 | 1926,837 | 833675,813 | 14998,255 | 17,991 | | **Kinetic val.** | 1 |
| 8,48 | 52,537 | 1470,016 | 682786,375 | 13186,789 | 19,313 | | **Couette val.** | 0 |
| 4,642 | 31,2 | 741,737 | 373761,156 | 7831,228 | 20,952 | | **Constant3** | 0 |
| 2,372 | 17,538 | 344,542 | 190986,953 | 4402,07 | 23,049 | | **CorrType** | K |
| | | | | | | | **Density** | 1,32 |
| | | | | | | | **DeviceDiameter** | 0,502 |
| | | | | | | | **DeviceLength** | 50 |
| | | | | | | | **DeviceWidth** | 0 |
| | | | | | | | **ExternalTemp** | 0 |
| | | | | | | | **MeasDate** | 20061207 |
| | | | | | | | **PH** | 0 |
| | | | | | | | **SolidContent** | 50 |
| | | | | | | | **Temperature** | 23,6 |

UPM

**UPM RC**

M Lindeman/ANe
13.12.06

**Micropulvalla jauhettu koetalkki**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Client of the testing program: | Leena Kunnas | Samples arrived to RC: | |
| Invoicing number: | E1106 | Testing was started: | 29.11.06 |

| **Sample name** | | **Capim SP** | **CV10 XR2** | **Koetalkki** |
|---|---|---|---|---|
| Sample date | | 6.11.2006 | 6.11.2006 | 27.11.2006 |
| Supplier | | Imerys | Mondo Minerals | |
| Sample type | | kaolin | talc | talc |
| Pilot trial/Mill sample | | LPR | LPR | Micropulva |
| **Pigment properties, slurry** | | | | |
| Solids | % | 68,2 | 61,1 | 62,5 |
| pH | | 7,3 | 10,1 | 10,8 |
| Brookfield 100 | mPas | 178 | 222 | 430 |
| Screen residue >45µm | % | 0,001 | 0,004 | 0,017 |
| Brightness ISO | % | 87,15 | 86,15 | 89,10 |
| Yellowness | % | 6,35 | 2,41 | 4,05 |
| L* D65 | | 96,6 | 95,1 | 96,8 |
| a* D65 | | -0,01 | -0,34 | 0,11 |
| b* D65 | | 3,47 | 1,44 | 2,13 |
| **Pigment properties, dry pigment** | | | | |
| Brightness ISO, dry | % | | | |
| Yellowness | % | | | |
| L* D65 | | | | |
| a* D65 | | | | |
| b* D65 | | | | |

COMMENTS:

UPM

**UPM RC**

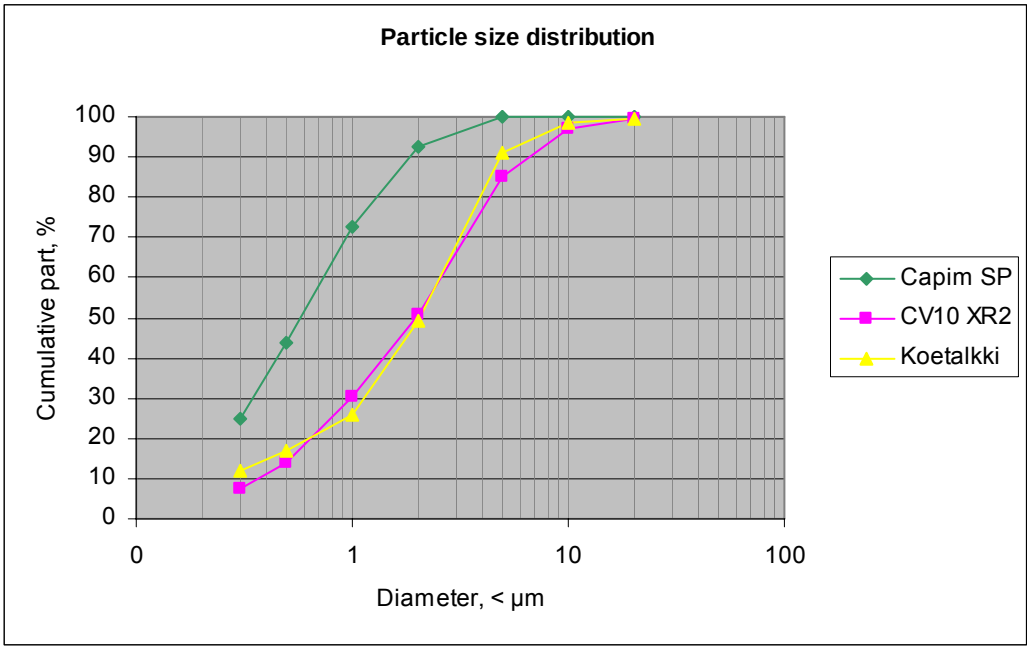
M Lindeman/ANe
11.12.06

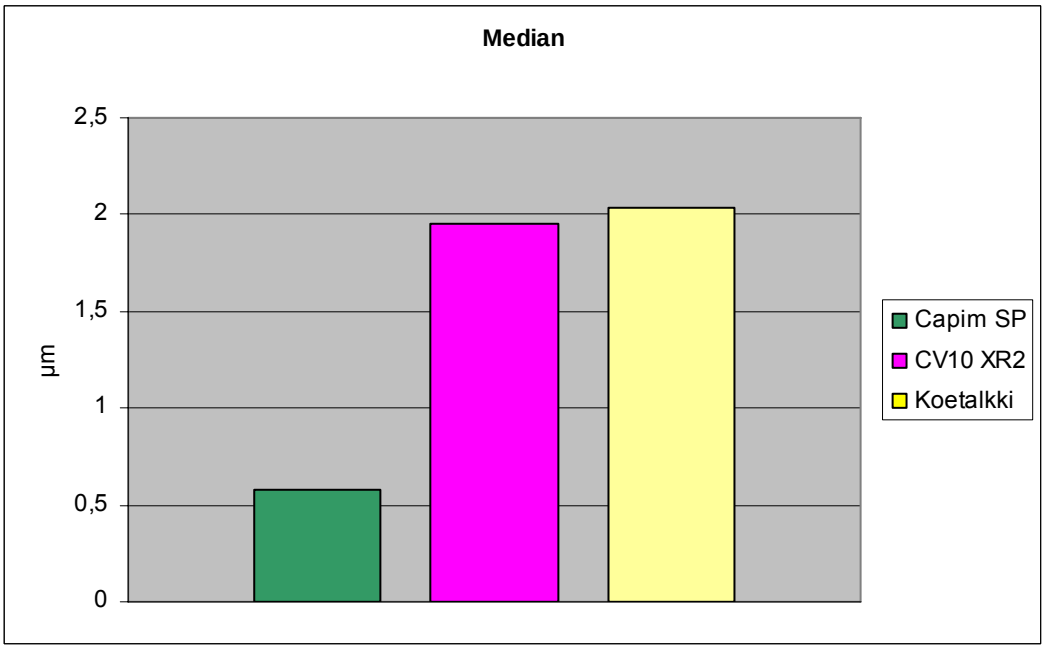
**Micropulvalla jauhettu koetalkki**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Client of the testing program: | Leena Kunnas | Samples arrived to RC: | |
| Invoicing number: | E1106 | Testing was started: | 29.11.06 |

**SediGraph 5100**

| **Sample name** | | **Capim SP** | **CV10 XR2** | **Koetalkki** |
|---|---|---|---|---|
| Sample date | | 6.11.2006 | 6.11.2006 | 27.11.2006 |
| Supplier | | Imerys | Mondo Minerals | |
| Sample type | | kaolin | talc | talc |
| Pilot trial/Mill sample | | LPR | LPR | Micropulva |
| Running phase | | water | water | water |
| Baseline/Full Scale | kc/s | 138/91 | 138/89 | 138/91 |
| **Results** | | | | |
| Median | µm | 0,58 | 1,95 | 2,03 |
| Diameter | | | | |
| 20,00 | <µm | 100 | 99,4 | 99,6 |
| 10,00 | <µm | 100 | 97,2 | 98,5 |
| 5,00 | <µm | 100 | 85,1 | 90,9 |
| 2,00 | <µm | 92,6 | 50,9 | 49,2 |
| 1,00 | <µm | 72,5 | 30,4 | 25,7 |
| 0,50 | <µm | 43,7 | 13,8 | 16,7 |
| 0,30 | <µm | 25,1 | 7,6 | 12,0 |


Particle size distribution
Cumulative part, %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
1
10
100
Diameter, < µm
Capim SP
CV10 XR2
Koetalkki


Median
µm
2,5
2
1,5
1
0,5
0
Capim SP
CV10 XR2
Koetalkki

| | | |
|---|---|---|
| COULTER LS | | 8.12.2006 14:58 |
| File name: | 1207.$01 | |
| Group ID: | | 1207 |
| Sample ID: | CV-10 XR2 vs5 | |
| Operator: | ANe | |
| Comments: | | |
| Comments: | | |
| Bar Code: | | |
| Instrument: | LS 230, Small Volume Module | |
| Run number: | | 1 |
| Start time: | | 7.11.2006 13:56 |
| Run length: | | 60 |
| Optical model: | Pigmentit.rfd PIDS included | |
| Obscuration: | | 8 |
| PIDS Obscur: | | 54 |
| Obscuration: | OK | |
| Serial Number: | | 6956 |

| | |
|---|---|
| From | 0,04 |
| To | 2000 |
| Volume | 100 |
| Mean: | 7,909 |
| Median: | 6,962 |
| D(4,3): | 7,909 |
| Mean/Median Ratio: | 1,136 |
| Mode: | 7,775 |
| S.D.: | 4,953 |
| Variance: | 24,53 |
| C.V.: | 62,62 |
| Skewness: | 1,133 |
| Kurtosis: | 1,819 |
| d10: | 2,635 |
| d50: | 6,962 |
| d90: | 14,53 |
| Specific Surf. Area: | 17522 |

| % < | Size |
|---|---|
| 0,1 | 0,136 |
| 2 | 0,348 |
| 20 | 3,808 |
| 30 | 4,833 |
| 70 | 9,657 |

| Size | % < |
|---|---|
| 1 | 3,63 |
| 10 | 72 |
| 100 | 100 |
| 1000 | 100 |

| | | |
|---|---|---|
| COULTER LS | | 8.12.2006 14:58 |
| File name: | 1209.$07 | |
| Group ID: | | 1209 |
| Sample ID: | Capim SP vs4 | |
| Operator: | ANe | |

| | |
|---|---|
| Comments: | |
| Comments: | |
| Bar Code: | |
| Instrument: | LS 230, Small Volume Module |
| Run number: | 7 |
| Start time: | 7.11.2006 15:02 |
| Run length: | 60 |
| Optical model: | Pigmentit.rfd PIDS included |
| Obscuration: | 4 |
| PIDS Obscur: | 55 |
| Obscuration: | LOW |
| Serial Number: | 6956 |

| | |
|---|---|
| From | 0,04 |
| To | 2000 |
| Volume | 100 |
| Mean: | 3,284 |
| Median: | 2,548 |
| D(4,3): | 3,284 |
| Mean/Median Ratio: | 1,289 |
| Mode: | 3,059 |
| S.D.: | 3,088 |
| Variance: | 9,535 |
| C.V.: | 94,04 |
| Skewness: | 2,182 |
| Kurtosis: | 6,188 |
| d10: | 0,34 |
| d50: | 2,548 |
| d90: | 6,532 |
| Specific Surf. Area: | 58555 |

| % < | Size |
|---|---|
| 0,1 | 0,085 |
| 2 | 0,166 |
| 20 | 1,003 |
| 30 | 1,588 |
| 70 | 3,837 |

| Size | % < |
|---|---|
| 1 | 20 |
| 10 | 95,6 |
| 100 | 100 |
| 1000 | 100 |

| | |
|---|---|
| COULTER LS | 8.12.2006 14:58 |
| File name: | 2025.$07 |
| Group ID: | 2025 |
| Sample ID: | Koetalkki/Micropulva 27.11.06 |
| Operator: | ANe |
| Comments: | |
| Comments: | talc |
| Bar Code: | |
| Instrument: | LS 230, Small Volume Module |
| Run number: | 7 |
| Start time: | 8.12.2006 13:59 |

| | | |
|---|---|---|
| Run length: | | 60 |
| Optical model: | Pigmentit.rfd | PIDS included |
| Obscuration: | | 7 |
| PIDS Obscur: | | 55 |
| Obscuration: | Low | |
| Serial Number: | | 6956 |

| | |
|---|---|
| From | 0,04 |
| To | 2000 |
| Volume | 100 |
| Mean: | 8,627 |
| Median: | 7,097 |
| D(4,3): | 8,627 |
| Mean/Median Ratio: | 1,216 |
| Mode: | 7,775 |
| S.D.: | 6,048 |
| Variance: | 36,58 |
| C.V.: | 70,11 |
| Skewness: | 1,722 |
| Kurtosis: | 4,058 |
| d10: | 2,853 |
| d50: | 7,097 |
| d90: | 16,34 |
| Specific Surf. Area: | 12950 |

| % < | Size |
|---|---|
| 0,1 | 0,158 |
| 2 | 1,582 |
| 20 | 3,914 |
| 30 | 4,91 |
| 70 | 10,07 |

| Size | % < |
|---|---|
| 1 | 1,16 |
| 10 | 69,6 |
| 100 | 100 |
| 1000 | 100 |

| Channel Diameter (Lower) um | 1207.$01 Diff. Volume % | Cum. < Volume % | 1209.$07 Diff. Volume % | Cum. < Volume % | 2025.$07 Diff. Volume % | Cum. < Volume % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,04 | 0 | 0 | 0,00027 | 0 | 0 | 0 |
| 0,044 | 0 | 0 | 0,00066 | 0,00027 | 0 | 0 |
| 0,048 | 0 | 0 | 0,0015 | 0,00093 | 0 | 0 |
| 0,053 | 0 | 0 | 0,0033 | 0,0025 | 0 | 0 |
| 0,058 | 0 | 0 | 0,0066 | 0,0058 | 3,73E-07 | 0 |
| 0,064 | 0 | 0 | 0,013 | 0,012 | 0,000015 | 3,73E-07 |
| 0,07 | 0,000014 | 0 | 0,025 | 0,025 | 0,00016 | 0,000016 |
| 0,077 | 0,00026 | 0,000014 | 0,044 | 0,05 | 0,00082 | 0,00018 |
| 0,084 | 0,0018 | 0,00028 | 0,074 | 0,094 | 0,0024 | 0,001 |
| 0,093 | 0,0063 | 0,0021 | 0,11 | 0,17 | 0,0052 | 0,0034 |
| 0,102 | 0,015 | 0,0084 | 0,17 | 0,28 | 0,0089 | 0,0086 |
| 0,112 | 0,026 | 0,023 | 0,23 | 0,45 | 0,014 | 0,018 |
| 0,122 | 0,041 | 0,049 | 0,3 | 0,68 | 0,019 | 0,031 |
| 0,134 | 0,06 | 0,091 | 0,39 | 0,98 | 0,026 | 0,051 |
| 0,148 | 0,082 | 0,15 | 0,49 | 1,37 | 0,034 | 0,077 |
| 0,162 | 0,11 | 0,23 | 0,6 | 1,85 | 0,043 | 0,11 |
| 0,178 | 0,14 | 0,34 | 0,72 | 2,45 | 0,052 | 0,15 |
| 0,195 | 0,17 | 0,48 | 0,85 | 3,17 | 0,062 | 0,2 |
| 0,214 | 0,2 | 0,65 | 0,99 | 4,02 | 0,072 | 0,27 |
| 0,235 | 0,24 | 0,85 | 1,12 | 5 | 0,081 | 0,34 |
| 0,258 | 0,26 | 1,09 | 1,24 | 6,12 | 0,088 | 0,42 |
| 0,284 | 0,29 | 1,35 | 1,33 | 7,36 | 0,094 | 0,51 |
| 0,311 | 0,3 | 1,64 | 1,38 | 8,69 | 0,096 | 0,6 |
| 0,342 | 0,3 | 1,94 | 1,39 | 10,1 | 0,095 | 0,7 |
| 0,375 | 0,29 | 2,24 | 1,34 | 11,5 | 0,09 | 0,79 |
| 0,412 | 0,27 | 2,53 | 1,23 | 12,8 | 0,08 | 0,88 |
| 0,452 | 0,24 | 2,81 | 1,07 | 14 | 0,069 | 0,96 |
| 0,496 | 0,2 | 3,04 | 0,89 | 15,1 | 0,055 | 1,03 |
| 0,545 | 0,15 | 3,24 | 0,71 | 16 | 0,039 | 1,09 |
| 0,598 | 0,11 | 3,39 | 0,56 | 16,7 | 0,021 | 1,13 |
| 0,656 | 0,065 | 3,5 | 0,47 | 17,3 | 0,0082 | 1,15 |
| 0,721 | 0,033 | 3,56 | 0,46 | 17,7 | 0,0015 | 1,16 |
| 0,791 | 0,016 | 3,59 | 0,54 | 18,2 | 0,00012 | 1,16 |
| 0,868 | 0,012 | 3,61 | 0,72 | 18,7 | 0,00024 | 1,16 |
| 0,953 | 0,021 | 3,62 | 1 | 19,5 | 0,0042 | 1,16 |
| 1,047 | 0,051 | 3,64 | 1,36 | 20,5 | 0,027 | 1,16 |
| 1,149 | 0,11 | 3,69 | 1,79 | 21,8 | 0,087 | 1,19 |
| 1,261 | 0,19 | 3,8 | 2,24 | 23,6 | 0,19 | 1,27 |
| 1,384 | 0,3 | 3,99 | 2,7 | 25,9 | 0,33 | 1,47 |
| 1,52 | 0,44 | 4,29 | 3,15 | 28,6 | 0,49 | 1,79 |
| 1,668 | 0,61 | 4,73 | 3,54 | 31,7 | 0,69 | 2,29 |
| 1,832 | 0,81 | 5,34 | 3,88 | 35,3 | 0,92 | 2,97 |
| 2,011 | 1,05 | 6,16 | 4,15 | 39,1 | 1,18 | 3,89 |
| 2,207 | 1,32 | 7,21 | 4,35 | 43,3 | 1,49 | 5,07 |
| 2,423 | 1,64 | 8,53 | 4,5 | 47,6 | 1,82 | 6,56 |
| 2,66 | 1,99 | 10,2 | 4,58 | 52,1 | 2,18 | 8,38 |
| 2,92 | 2,37 | 12,2 | 4,6 | 56,7 | 2,57 | 10,6 |
| 3,205 | 2,78 | 14,5 | 4,56 | 61,3 | 2,97 | 13,1 |
| 3,519 | 3,21 | 17,3 | 4,47 | 65,9 | 3,38 | 16,1 |
| 3,863 | 3,65 | 20,5 | 4,3 | 70,3 | 3,79 | 19,5 |
| 4,24 | 4,08 | 24,2 | 4,06 | 74,6 | 4,18 | 23,3 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4,655 | 4,5 | 28,2 | 3,73 | 78,7 | 4,54 | 27,5 |
| 5,11 | 4,87 | 32,7 | 3,3 | 82,4 | 4,85 | 32 |
| 5,61 | 5,2 | 37,6 | 2,83 | 85,7 | 5,11 | 36,8 |
| 6,158 | 5,46 | 42,8 | 2,32 | 88,6 | 5,3 | 41,9 |
| 6,76 | 5,65 | 48,3 | 1,81 | 90,9 | 5,41 | 47,2 |
| 7,421 | 5,75 | 53,9 | 1,32 | 92,7 | 5,44 | 52,7 |
| 8,147 | 5,74 | 59,7 | 0,89 | 94 | 5,38 | 58,1 |
| 8,943 | 5,61 | 65,4 | 0,61 | 94,9 | 5,22 | 63,5 |
| 9,818 | 5,33 | 71 | 0,5 | 95,5 | 4,94 | 68,7 |
| 10,78 | 4,92 | 76,4 | 0,55 | 96 | 4,56 | 73,6 |
| 11,83 | 4,38 | 81,3 | 0,69 | 96,6 | 4,09 | 78,2 |
| 12,99 | 3,73 | 85,7 | 0,82 | 97,3 | 3,56 | 82,3 |
| 14,26 | 3,05 | 89,4 | 0,81 | 98,1 | 3,02 | 85,9 |
| 15,65 | 2,37 | 92,4 | 0,62 | 98,9 | 2,5 | 88,9 |
| 17,18 | 1,77 | 94,8 | 0,34 | 99,5 | 2,03 | 91,4 |
| 18,86 | 1,27 | 96,6 | 0,12 | 99,9 | 1,64 | 93,4 |
| 20,71 | 0,88 | 97,9 | 0,022 | 99,98 | 1,31 | 95 |
| 22,73 | 0,58 | 98,7 | 0,0014 | 99,999 | 1,05 | 96,3 |
| 24,95 | 0,36 | 99,3 | 0 | 100 | 0,84 | 97,4 |
| 27,39 | 0,2 | 99,7 | 0 | 100 | 0,65 | 98,2 |
| 30,07 | 0,091 | 99,9 | 0 | 100 | 0,48 | 98,9 |
| 33,01 | 0,029 | 99,97 | 0 | 100 | 0,33 | 99,4 |
| 36,24 | 0,0049 | 99,99 | 0 | 100 | 0,19 | 99,7 |
| 39,78 | 0,00033 | 100 | 0 | 100 | 0,083 | 99,9 |
| 43,67 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0,022 | 99,98 |
| 47,94 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0,0028 | 99,997 |
| 52,62 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0,000091 | 100 |
| 57,77 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 63,41 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 69,61 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 76,42 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 83,89 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 92,09 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 101,1 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 111 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 121,8 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 133,7 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 146,8 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 161,2 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 176,9 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 194,2 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 213,2 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 234 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 256,9 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 282,1 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 309,6 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 339,9 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 373,1 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 409,6 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 449,7 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 493,6 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 541,9 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 594,8 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 653 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 716,8 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 786,9 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| 863,9 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |

Operator ANe
Date 8.12.2006

# Micropulvalla jauhettu koetalkki

| | Differential distribution | | | Cumulative distribution ( undersize ) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Particle diameter µm | CV10 XR2 | Capim SP | Koetalkki | CV10 XR2 | Capim SP | Koetalkki |
| 0,04 | 0 | 0,00027 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,044 | 0 | 0,00066 | 0 | 0 | 0,00027 | 0 |
| 0,048 | 0 | 0,0015 | 0 | 0 | 0,00093 | 0 |
| 0,053 | 0 | 0,0033 | 0 | 0 | 0,0025 | 0 |
| 0,058 | 0 | 0,0066 | 0,000000373 | 0 | 0,0058 | 0 |
| 0,064 | 0 | 0,013 | 0,000015 | 0 | 0,012 | 0,000000373 |
| 0,07 | 0,000014 | 0,025 | 0,00016 | 0 | 0,025 | 0,000016 |
| 0,077 | 0,00026 | 0,044 | 0,00082 | 0,000014 | 0,05 | 0,00018 |
| 0,084 | 0,0018 | 0,074 | 0,0024 | 0,00028 | 0,094 | 0,001 |
| 0,093 | 0,0063 | 0,11 | 0,0052 | 0,0021 | 0,17 | 0,0034 |
| 0,102 | 0,015 | 0,17 | 0,0089 | 0,0084 | 0,28 | 0,0086 |
| 0,112 | 0,026 | 0,23 | 0,014 | 0,023 | 0,45 | 0,018 |
| 0,122 | 0,041 | 0,3 | 0,019 | 0,049 | 0,68 | 0,031 |
| 0,134 | 0,06 | 0,39 | 0,026 | 0,091 | 0,98 | 0,051 |
| 0,148 | 0,082 | 0,49 | 0,034 | 0,15 | 1,37 | 0,077 |
| 0,162 | 0,11 | 0,6 | 0,043 | 0,23 | 1,85 | 0,11 |
| 0,178 | 0,14 | 0,72 | 0,052 | 0,34 | 2,45 | 0,15 |
| 0,195 | 0,17 | 0,85 | 0,062 | 0,48 | 3,17 | 0,2 |
| 0,214 | 0,2 | 0,99 | 0,072 | 0,65 | 4,02 | 0,27 |
| 0,235 | 0,24 | 1,12 | 0,081 | 0,85 | 5 | 0,34 |
| 0,258 | 0,26 | 1,24 | 0,088 | 1,09 | 6,12 | 0,42 |
| 0,284 | 0,29 | 1,33 | 0,094 | 1,35 | 7,36 | 0,51 |
| 0,311 | 0,3 | 1,38 | 0,096 | 1,64 | 8,69 | 0,6 |
| 0,342 | 0,3 | 1,39 | 0,095 | 1,94 | 10,1 | 0,7 |
| 0,375 | 0,29 | 1,34 | 0,09 | 2,24 | 11,5 | 0,79 |
| 0,412 | 0,27 | 1,23 | 0,08 | 2,53 | 12,8 | 0,88 |
| 0,452 | 0,24 | 1,07 | 0,069 | 2,81 | 14 | 0,96 |
| 0,496 | 0,2 | 0,89 | 0,055 | 3,04 | 15,1 | 1,03 |
| 0,545 | 0,15 | 0,71 | 0,039 | 3,24 | 16 | 1,09 |
| 0,598 | 0,11 | 0,56 | 0,021 | 3,39 | 16,7 | 1,13 |
| 0,656 | 0,065 | 0,47 | 0,0082 | 3,5 | 17,3 | 1,15 |
| 0,721 | 0,033 | 0,46 | 0,0015 | 3,56 | 17,7 | 1,16 |
| 0,791 | 0,016 | 0,54 | 0,00012 | 3,59 | 18,2 | 1,16 |
| 0,868 | 0,012 | 0,72 | 0,00024 | 3,61 | 18,7 | 1,16 |
| 0,953 | 0,021 | 1 | 0,0042 | 3,62 | 19,5 | 1,16 |
| 1,047 | 0,051 | 1,36 | 0,027 | 3,64 | 20,5 | 1,16 |
| 1,149 | 0,11 | 1,79 | 0,087 | 3,69 | 21,8 | 1,19 |
| 1,261 | 0,19 | 2,24 | 0,19 | 3,8 | 23,6 | 1,27 |
| 1,384 | 0,3 | 2,7 | 0,33 | 3,99 | 25,9 | 1,47 |
| 1,52 | 0,44 | 3,15 | 0,49 | 4,29 | 28,6 | 1,79 |
| 1,668 | 0,61 | 3,54 | 0,69 | 4,73 | 31,7 | 2,29 |
| 1,832 | 0,81 | 3,88 | 0,92 | 5,34 | 35,3 | 2,97 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2,011 | 1,05 | 4,15 | 1,18 | 6,16 | 39,1 | 3,89 |
| 2,207 | 1,32 | 4,35 | 1,49 | 7,21 | 43,3 | 5,07 |
| 2,423 | 1,64 | 4,5 | 1,82 | 8,53 | 47,6 | 6,56 |
| 2,66 | 1,99 | 4,58 | 2,18 | 10,2 | 52,1 | 8,38 |
| 2,92 | 2,37 | 4,6 | 2,57 | 12,2 | 56,7 | 10,6 |
| 3,205 | 2,78 | 4,56 | 2,97 | 14,5 | 61,3 | 13,1 |
| 3,519 | 3,21 | 4,47 | 3,38 | 17,3 | 65,9 | 16,1 |
| 3,863 | 3,65 | 4,3 | 3,79 | 20,5 | 70,3 | 19,5 |
| 4,24 | 4,08 | 4,06 | 4,18 | 24,2 | 74,6 | 23,3 |
| 4,655 | 4,5 | 3,73 | 4,54 | 28,2 | 78,7 | 27,5 |
| 5,11 | 4,87 | 3,3 | 4,85 | 32,7 | 82,4 | 32 |
| 5,61 | 5,2 | 2,83 | 5,11 | 37,6 | 85,7 | 36,8 |
| 6,158 | 5,46 | 2,32 | 5,3 | 42,8 | 88,6 | 41,9 |
| 6,76 | 5,65 | 1,81 | 5,41 | 48,3 | 90,9 | 47,2 |
| 7,421 | 5,75 | 1,32 | 5,44 | 53,9 | 92,7 | 52,7 |
| 8,147 | 5,74 | 0,89 | 5,38 | 59,7 | 94 | 58,1 |
| 8,943 | 5,61 | 0,61 | 5,22 | 65,4 | 94,9 | 63,5 |
| 9,818 | 5,33 | 0,5 | 4,94 | 71 | 95,5 | 68,7 |
| 10,78 | 4,92 | 0,55 | 4,56 | 76,4 | 96 | 73,6 |
| 11,83 | 4,38 | 0,69 | 4,09 | 81,3 | 96,6 | 78,2 |
| 12,99 | 3,73 | 0,82 | 3,56 | 85,7 | 97,3 | 82,3 |
| 14,26 | 3,05 | 0,81 | 3,02 | 89,4 | 98,1 | 85,9 |
| 15,65 | 2,37 | 0,62 | 2,5 | 92,4 | 98,9 | 88,9 |
| 17,18 | 1,77 | 0,34 | 2,03 | 94,8 | 99,5 | 91,4 |
| 18,86 | 1,27 | 0,12 | 1,64 | 96,6 | 99,9 | 93,4 |
| 20,71 | 0,88 | 0,022 | 1,31 | 97,9 | 99,98 | 95 |
| 22,73 | 0,58 | 0,0014 | 1,05 | 98,7 | 99,999 | 96,3 |
| 24,95 | 0,36 | 0 | 0,84 | 99,3 | 100 | 97,4 |
| 27,39 | 0,2 | 0 | 0,65 | 99,7 | 100 | 98,2 |
| 30,07 | 0,091 | 0 | 0,48 | 99,9 | 100 | 98,9 |
| 33,01 | 0,029 | 0 | 0,33 | 99,97 | 100 | 99,4 |
| 36,24 | 0,0049 | 0 | 0,19 | 99,99 | 100 | 99,7 |
| 39,78 | 0,00033 | 0 | 0,083 | 100 | 100 | 99,9 |
| 43,67 | 0 | 0 | 0,022 | 100 | 100 | 99,98 |
| 47,94 | 0 | 0 | 0,0028 | 100 | 100 | 99,997 |
| 52,62 | 0 | 0 | 0,000091 | 100 | 100 | 100 |
| 57,77 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 63,41 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 69,61 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 76,42 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 83,89 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 92,09 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 101,1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 111 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 121,8 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 133,7 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 146,8 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 161,2 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 176,9 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 194,2 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 213,2 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 234 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 256,9 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 282,1 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 309,6 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |

# Coulter Parameters

## Micropulvalla jauhettu koetalkki

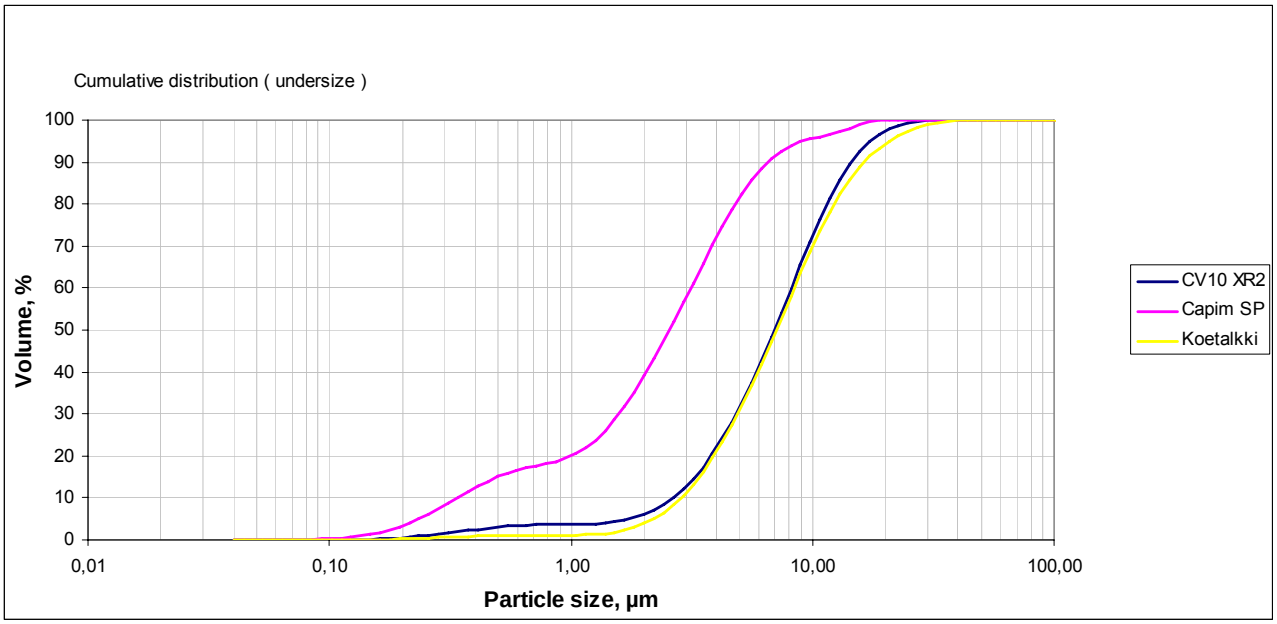
8.12.2006

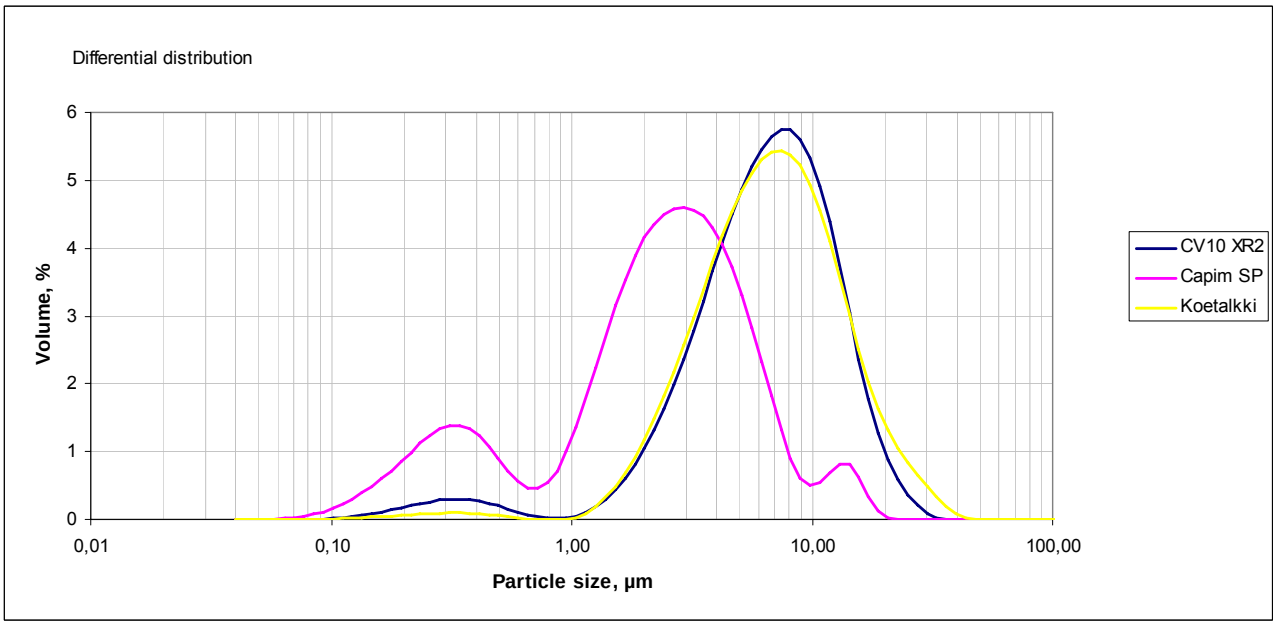
| COULTER LS | 8.12.2006 | 8.12.2006 | 8.12.2006 |
|---|---|---|---|
| Filename | 1207.$01 | 1209.$07 | 2025.$07 |
| Sample ID: | CV-10 XR2 vs5 | Capim SP vs4 | Koetalkki/Micropulva 27.11.06 |
| Operator: | ANe | ANe | ANe |
| Instrument: | LS 230, Small Volume Module | LS 230, Small Volume Module | LS 230, Small Volume Module |
| | | | |
| From | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| To | 2000 | 2000 | 2000 |
| Volume | 100 | 100 | 100 |
| Mean: | 7,909 | 3,284 | 8,627 |
| Median, d50: | 6,962 | 2,548 | 7,097 |
| D(4,3): | 7,909 | 3,284 | 8,627 |
| | | | |
| Mode: | 7,775 | 3,059 | 7,775 |
| S.D.: | 4,953 | 3,088 | 6,048 |
| | | | |
| C.V.: | 0,6262 | 0,9404 | 0,7011 |
| Skewness: | 1,133 | 2,182 | 1,722 |
| Kurtosis: | 1,819 | 6,188 | 4,058 |
| | | | |
| d | | | |
| 0,1 | 0,136 | 0,085 | 0,158 |
| 2 | 0,348 | 0,166 | 1,582 |
| 10 | 2,635 | 0,34 | 2,853 |
| 20 | 3,808 | 1,003 | 3,914 |
| 30 | 4,833 | 1,588 | 4,91 |
| 50 | 6,962 | 2,548 | 7,097 |
| 70 | 9,657 | 3,837 | 10,07 |
| 90 | 14,53 | 6,532 | 16,34 |
| | | | |
| Steepness d30/d70 | 50 | 41 | 49 |
| Steepness d20/d50 | 55 | 39 | 55 |

| Particle | 1207.$01 | 1209.$07 | 2025.$07 |
|---|---|---|---|
| Diameter | Volume | Volume | Volume |
| um | % < | % < | % < |
| 0,1 | 0,0073 | 0,26 | 0,0077 |
| 0,3 | 1,52 | 8,15 | 0,56 |
| 0,5 | 3,06 | 15,2 | 1,04 |
| 1 | 3,63 | 20 | 1,16 |
| 2 | 6,11 | 38,9 | 3,83 |
| 5 | 31,6 | 81,5 | 30,9 |
| 10 | 72 | 95,6 | 69,6 |
| 25 | 99,3 | 100 | 97,4 |
| 50 | 100 | 100 | 99,998 |
| 75 | 100 | 100 | 100 |
| 90 | 100 | 100 | 100 |

Operator **ANe**
Date **8.12.2006**

# Micropulvalla jauhettu koetalkki



UPM

**UPM RC**

M
Lindeman/ANe
15.12.06

COATING STUDY
**Micropulvalla jauhettu koetalkki**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Client of the testing program: | Leena Kunnas | Samples arrived to RC: | |
| Invoicing number: | E1106 | Testing was started: | 7.12.06 |

| **COATING COLOUR ID** | | **1** | **2** |
|---|---|---|---|
| **FORMULATION** | | | |
| CV10 XR2 | | 70 [1] | |
| Test talc | | | 70 [1] |
| Capim SP | | 30 [1] | 30 [1] |
| Latexia 211 | | 5,5 [2] | 5,5 [2] |
| NaOH | | 0,26 [3] | 0,26 [3] |
| **COATING COLOUR PROPERTIES** | | | |
| Solids content, BR-viscosity target 2000mPas | % | 54,9 | 52,0 |
| pH | | 9,5 | 9,5 |
| Temperature | °C | 26 | 25 |
| Brookfield 100 rpm | mPas | 1920 | 1900 |
| Brookfield 50 rpm | mPas | 3160 | 3240 |
| Acav A2 1 000 000 1/s | mPas | 22 | 22 |
| Solids content, target 50 | % | 50,1 | 50,3 |
| pH | | 9,5 | 9,6 |
| Temperature | °C | 20 | 21 |
| Brookfield 100 rpm | mPas | 405 | 1400 |
| Brookfield 50 rpm | mPas | 610 | 2400 |
| Acav A2 1 000 000 1/s | mPas | 14 | 18 |
| ÅAGWR Static Water Retention | g/m² | 31,3 | 27,2 |
| **BASE PAPER** | | | |
| Quality | | LPR PM2 RG | |
| Grade | | 9151 Sep -05 | |
| Grammage | g/m² | 34,3 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **COATING** | | | |
| Coater | | HeliCoater 1500 | |
| Coating method | | SDTA | |
| Speed | m/min | 1200 | |
| Pre-stress of the blade | mm | 0,4 | |
| Chamber pressure | bar | 0,7 | 1,1 |
| Blade pressure, run 1 | bar | 1,3 | 1,6 |
| Blade pressure, run 2 | bar | 1,0 | 1,3 |
| Blade pressure, run 3 | bar | 0,7 | 1,0 |
| Blade pressure, run 4 | bar | 0,85 | 1,15 |
| Room humidity | % | 50 | |
| Room temperature | °C | 22 | |
| **COATED PAPER** | | | |
| Coated side | | ts | |
| Coat weight, run 1 | g/m² | 5,6 | 6,5 |
| Coat weight, run 2 | g/m² | 7,1 | 7,5 |
| Coat weight, run 3 | g/m² | 10,0 | 9,8 |
| Coat weight, run 4 | g/m² | 7,5 | 8,0 |
| **CALENDERING** | | | |
| Room humidity | % | 50 | |
| Room temperature | °C | 22 | |
| Calender temperature | °C | 50 | |
| Target, Gloss | % | 60 | |
| Line load | kN/m | 156 | |
| Number of nips | | 5 | |
| Coated side against steel cylinder | times | 3 | |
| Coated side against paper cylinder | times | 2 | |

COMMENTS:

UPM

**UPM RC**

MLi / SAh
22.12.06

BASE PAPER PROPERTIES
**Micropulvalla jauhettu koetalkki**

Client of the testing program: Leena Kunnas
Invoicing number: E1106

Samples arrived to RC:
Testing was started: 19.12.2006

| | | Kaukas 9151 syyskuu -05 |
|---|---|---|
| Grammage | g/m² | 34,8 |
| Brightness ISO ts | % | 69,70 |
| Brightness ISO ws | % | 69,65 |
| Opacity ts | % | 77,1 |
| Opacity ws | % | 76,8 |
| Roughness Bendtsen 1,47 1 MPa ts | ml/min | 140 |
| Roughness Bendtsen 1,47 1 MPa ws | ml/min | 110 |

COMMENTS:

Exel laskenta taulukko; Komprimoinnissa käytettävä energia

**KOE TALKKI**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Sisäänmeno lämpötila $T_1$ | 20 | °C | 293 | K | Annettavat arvot: |
| Sisäänmeno paine $P_1$ | 1 | bar | | | Sisäänmeno lämpötila $T_1$, °C |
| | | | | | Ulostulo paine $P_2$, bar |
| Ulostulo lämpötila $T_2$ | 162,40 | °C | 435,40 | K | Hyötysuhde kompressori |
| Ulostulo paine $P_2$ | 4 | bar | | | Ilman määrä, Nm3 |
| | | | | | Tuntikapasiteetti, kg |
| Hyötysuhde kompr. | 0,85 | | | | |
| $\Delta T = \Delta T/0,85$ | 167,53 | °C | | | |
| $\Delta T_{tod}$ | 187,53 | °C | | | |

$\hat{m} \times h_1 + P = \hat{m} \times h_2$

$P = \hat{m} \times (h_2 - h_1) = \hat{m} \times c_p \times (T_2 - T_1)$

$P/\hat{m} = c_p \times (T_2 - T_1)$

| | | |
|---|---|---|
| $c_p$ | 1,00 | kj/kg K |
| $\Delta T = \Delta T/0,85$ | 167,53 | K |
| P/^m = | 167,5251 | kj/kg |
| | 0,000278 | |
| yksikön muutos kj -> kW | 0,046572 | kwh/kg |
| Energiaa tonnissa | 46,57198 | kwh/t |
| $\rho_{k\ taulukosta\ kuiv\ kg/ko\ ilma\ m^3}$ | 1,17 | $kg/m^3$ |
| X = taulukosta | 0,008 | $kg/m^3$ |
| $\rho=(1+x) \times \rho_k$ | 1,18 | $kg/m^3$ |
| Ilman määrä / min | 200 | $Nm^3$ |
| Ilman massa | 235,87 | kg |
| Energiaa | 10,99 | kwh |
| Työkaasun massa | 14152,32 | kg |
| Tuntikapasiteetti | 5000 | kg |
| **Energiankulutus** | **131,82** | **kwh/t** **Lopputuotetonnille** |

Exel laskenta taulukko; Komprimoinnissa käytettävä energia

**REF. TALKKI**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Sisäänmeno lämpötila $T_1$ | 20 | °C | 293 | K | Annettavat arvot: |
| Sisäänmeno paine $P_1$ | 1 | bar | | | Sisäänmeno lämpötila $T_1$, °C |
| | | | | | Ulostulo paine $P_2$, bar |
| Ulostulo lämpötila $T_2$ | 284,46 | °C | 557,46 | K | Hyötysuhde kompressori |
| Ulostulo paine $P_2$ | 9,5 | bar | | | Ilman määrä, Nm3 |
| | | | | | Tuntikapasiteetti, kg |
| Hyötysuhde kompr. | 0,85 | | | | |
| $\Delta T = \Delta T/0{,}85$ | 311,13 | °C | | | |
| $\Delta T_{tod}$ | 331,13 | °C | | | |

$\hat{m} \times h_1 + P = \hat{m} \times h_2$

$P = \hat{m} \times (h_2 - h_1) = \hat{m} \times c_p \times (T_2 - T_1)$

$P/\hat{m} = c_p \times (T_2 - T_1)$

| | | |
|---|---|---|
| $c_p$ | 1,00 | kj/kg K |
| $\Delta T = \Delta T/0{,}85$ | 311,13 | K |
| P/^m = | 311,1347 | kj/kg |
| | 0,000278 | |
| yksikön muutos kj -> kW | 0,086495 | kwh/kg |
| Energiaa tonnissa | 86,49545 | kwh/t |
| $\rho_k$ taulukosta kuiv kg/ko ilma $m^3$ | 1,17 | $kg/m^3$ |
| X = taulukosta | 0,008 | $kg/m^3$ |
| $\rho=(1+x) \times \rho_k$ | 1,18 | $kg/m^3$ |
| Ilman määrä / min | 200 | $Nm^3$ |
| Ilman massa | 235,87 | kg |
| Energiaa | 20,40 | kwh |
| Työkaasun massa | 14152,32 | kg |
| Tuntikapasiteetti | 5000 | kg |
| **Energiankulutus** | **244,82** | **kwh/t** |

**Lopputuotetonnille**