

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Metsä- ja puutalouden markkinointi/ paperi- ja kartonkituotteiden markkinointi

Saila Tulkki

TROOPPISTEN JA KOIVUMASSOJEN PAPERITEKNISTEN OMINAISUUKSIEN  
VERTAILU

Opinnäytetyö 2010

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Metsä- ja puutalouden markkinointi

Tulkki, Saila	Trooppisten ja koivumassojen paperitekniisten ominaisuuksien vertailu
Työn ohjaaja	tekniikan lisensiaatti Kauko Mononen
Insinööri	34 sivua ja 24 liitesivua
Toimeksiantaja	Kymenlaakson ammattikorkeakoulu
Marraskuu 2010	
Avainsanat	koivu, eukalyptus, bambu, paperitekniiset ominaisuudet

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia kolmesta eri puulajista valmistettuja paperiarkkeja. Käytetyt puulajit olivat koivu, eukalyptus ja bambu. Massat jauhatettiin ensin viiden, kahdenkymmenen, neljäkymmenen ja kuudenkymmenen minuutin jauhatusajoilla ja sen jälkeen massasta valmistettiin arkkeja.

Arkeista tehtiin laboratoriokokeita joilla tutkittiin mm. paperin tiheyttä, lujuuksia, karheutta, ilmanläpäisevyyttä ja opasiteettia. Laboratoriokokeilla etsittiin poikkeavuuksia eri puulajeilla ja eri jauhatusajoilla. Laboratoriokokeet suoritettiin Kotkassa Metsolan toimipisteessä kevään 2010 aikana.

Työn tarkoituksena ei ollut etsiä puulajeista parhaita massaa vaan etsiä niiden eroavaisuuksia eri jauhatusajoilla. Tuloksista ilmenee, että puulajien ja jauhatusaikojen välillä on merkittäviä eroavaisuuksia. Eukalyptus on koivun tärkein kilpailija ja laboratoriokokeista saatujen tulosten mukaan ne käyttäytyivät monissa kokeissa samoin tavoin. Esimerkiksi niiden jauhautumisajat (SR-luvut) olivat samankaltaisia. Tutkituista massoista bambulla oli hiukan poikkeavia tuloksia muihin massoihin verrattuna, mutta myös samankaltaisuutta löytyi.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Forest Products Marketing

TULKKI, SAILA

Bachelor's Thesis

Comparing Paper Technical Properties of Tropical and Birch-based Pulps

Supervisor

Kauko Mononen, LicSc (Tech.)

Commissioned by

Kymenlaakso University of Applied Sciences

November 2010

34 pages and 24 pages appendices

Keywords

birch, eucalyptus, bamboo, paper technical properties

The purpose of this Bachelor's thesis was to analyse sheets of paper that were processed of three different kind of tree species. The tree species that I used were birch, eucalyptus and bamboo. The pulp was refined in the times of five, twenty, forty and sixty minutes and then I processed the pulp into sheets.

Then I observed the sheets in the laboratory and I tested the sheets there. In the laboratory I tested density, strength, roughness, air penetration and opacity. In the laboratory examination I was searching the deviation between different kinds of tree species and in different times in pulp refining. The laboratory tests were made during the spring 2010 in Metsola, Kotka.

The purpose of this Bachelor's thesis was not to find the supreme pulp but to find the differences of these pulps. The results show that between different tree species and different refining times there are marked differences. Eucalyptus is the most important competitor to birch and the laboratory tests showed that eucalyptus and birch behave in very similar ways. For example, the refining times (SR-figures) were similar. From the tested pulps bamboo had a few deviations, but also there was similarity to other pulps.

# SISÄLLYSLUETTELO

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1 JOHDANTO .....	6
1.1 Työn tausta .....	6
1.2 Työn tavoitteet .....	6
2 TYÖN VIITEKEHYS .....	7
2.1 Tutkimuksen rajaus .....	7
2.2 Sulfaattikeitto .....	7
3 TYÖN SIDOSRYHMÄT .....	8
4 PUULAJIT .....	8
4.1 Yleistä .....	8
4.2 Koivu .....	9
4.3 Bambu .....	10
4.4 Eukalyptus .....	11
5 TYÖMENETELMÄT .....	12
5.1 Kirjallisuus .....	12
5.2 Taulukointi .....	12
5.3 Tulosten luotettavuus ja hajonta .....	12
6 NÄYTEARKIT .....	13
6.1 Jauhatuksen vaikutus eri kuidun jauhatusmekanismeihin .....	13
6.2 Jauhatus .....	14
6.3 Arkin valmistaminen .....	15
6.4 Laboratoriotutkimukset .....	15
7 LABORATORIOTESTAUS .....	16
7.1 Neliömassa .....	16
7.2 Paksuus, tiheys ja bulkki .....	16
7.3 Kosteus .....	17
7.4 Tuhka .....	17
7.5 Vetolujuus, murtovenymä ja murtotyö .....	17
7.6 Repäisyjujuus .....	18

7.7 Karheus .....	18
7.8 Ilmanläpäisevyys.....	19
7.9 ISO-vaaleus .....	19
7.10 Paperin opasiteetti .....	19
7.11 Paperin valonsironta- ja valonabsorptiokerroin .....	19
7.12 Paperin kiilto .....	19
7.13 Regressiotaulukot (SR-luku).....	20
<b>8 TYÖN TULOKSET .....</b>	<b>20</b>
8.1 Neliömassa .....	20
8.3 Kosteus.....	22
8.4 Vetolujuus, murtovenymä ja murtotyö .....	23
8.5 Repäisylujuus .....	25
8.6 Karheus .....	26
8.7 Ilmanläpäisevyys.....	27
<b>9 JOHTOPÄÄTÖKSET.....</b>	<b>30</b>
9.1 Yleistä .....	30
9.2 Paperituotannon tulevaisuus .....	31
<b>LÄHTEET.....</b>	<b>33</b>
<b>LIITTEET .....</b>	<b>34</b>

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Paperiteollisuus muuttuu jatkuvasti, ja koko ajan etsitään uusien tuotteiden mahdollisuuksia ja niiden kysyntää. Tuotteiden täytyy kehittyä, jotta paperin kulutus ja kysyntä kasvavat. Viimeisen neljänkymmenen vuoden aikana paperin kulutus on lisääntynyt. Paperin kulutus jakautuu maailmalla siten, että teollisuusmaissa paperia käytetään enemmän kuin kehitysmaissa. Kehitysmaiden paperin kulutus on kuitenkin suuressa kasvussa. (8, s.175.) Sanomalehtipaperin kulutus ei ole kasvanut neljänkymmenen vuoden aikana suuria määriä, kun taas kirjoitus- ja painopaperit, pehmopaperit ja pakkauspaperit sekä –kartongit ovat kasvattaneet kulutustaan paljon. Esimerkiksi pehmopapereiden kulutus on kasvanut viimeisen neljänkymmenen vuoden aikana seitsenkertaiseksi.

Kulutuksen kasvaessa ovat myös tuotantomäärät kasvaneet ja tuotanto on siirtynyt maihin, joissa kustannukset ovat alhaisemmat (8, s. 184). Paperin tuotantoa on siirretty Euroopasta Kiinan ja muihin Aasian maihin. Lopetettujen tehtaiden tuotantomäärä Euroopassa parin viime vuoden aikana on ollut noin viisi prosenttia tuotantovolyymista. Paperin ja kartongin tuotanto kokonaisuudessaan on noin 370 miljoonaa tonnia. (9.)

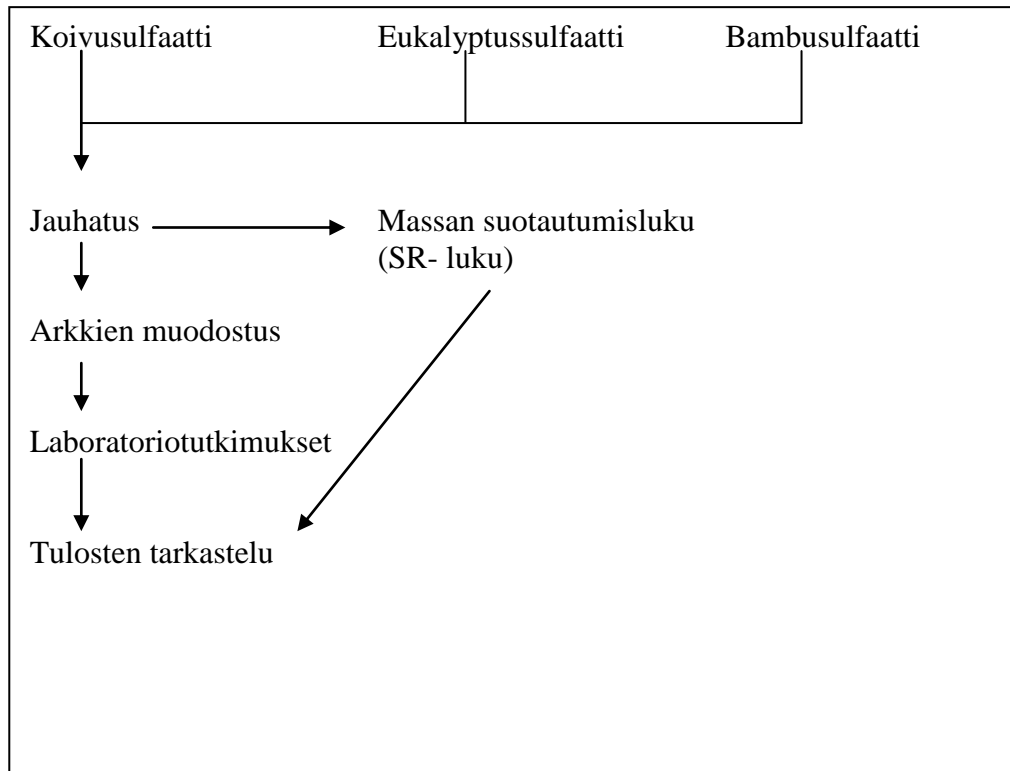
## 1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteina oli tutkia kolmen eri puulajin paperitekniisiä ominaisuuksia. Puulajit olivat koivu, eukalyptus ja bambu. Koivunäytteet olivat peräisin UPM- Kymmene Oy:n Kuusankosken tehtailta, eukalyptusnäytteet Frey Bentosin Uruguayn tehtailta ja bambunäytteet on saatu Keskuslaboratorion eli KCL:n kautta. Kaikilla massoilla oli 5, 20, 40 ja 60 minuutin jauhatusaajat, ja niiden jauhatusaikojen erojen pohjalta tutkittiin, miten jauhatusaika vaikuttaa paperitekniisiin ominaisuuksiin, esimerkiksi veto- ja repäisylujuuteen. Työssä ei nostettu mitään puulajia ylitse muiden, sillä jokaisella puulajilla on omat vahvuutensa ja heikkoutensa.

## 2 TYÖN VIITEKEHYS

### 2.1 Tutkimuksen rajaus

Tutkimus rajattiin kolmeen puulajiin; koivuun, eukalyptukseen ja bambuun. Kuvassa 1 esitetään työn viitekehys.



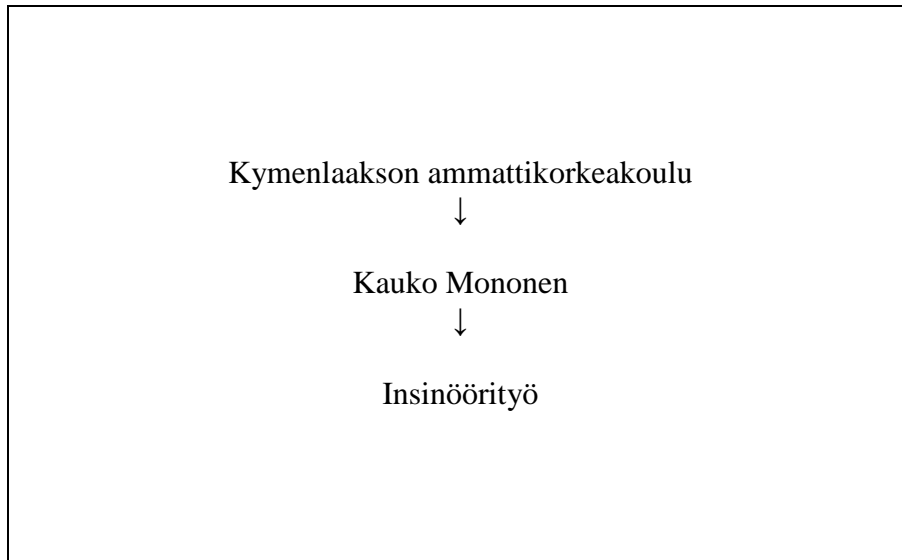
Kuva 1. Työn viitekehys

### 2.2 Sulfaattikeitto

Työssä käytetyt massat olivat kaikki sulfaattimassoja. Laboratoriokokeiden perusteella kuitenkin ilmeni, että bambumassa voi olla sulfiittimassaa, koska se ei prosessoitunut samoin kuin koivu- ja eukalyptusmassat. Massan tarkka alkuperä ei ole tiedossa, mutta se on tullut keskuslaboratorion kautta. Sulfaattikeiton tarkoituksena on poistaa puukuituja toisiinsa sitova ligniini mahdollisimman hyvin. Suurin osa ligniinistä sijaitsee välilamelleissa ja sekundääriseinän keskikerroksessa. Sulfaattikeitossa käytetään voimakkaasti alkalista liuosta. Sellu keitetään joko eräkeittona tai jatkuvatoimisessa vuo-keitossa. Keittää voidaan havu- ja lehtipuita, mutta ne on kaikki keitettävä erikseen. (14, s.75.)

### 3 TYÖN SIDOSRYHMÄT

Työn toimeksiantajana toimi Kymenlaakson ammattikorkeakoulu ja ohjaavana opettajana Kauko Mononen. Kuvassa 2 esitetään työn sidosryhmät.



Kuva 2. Työn sidosryhmät

### 4 PUULAJIT

#### 4.1 Yleistä

Lehtipuiden solujen päätyypit ovat puusyyt, putkilosolut ja tylppysolut, ja näiden lisäksi lehtipuissa on myös näiden solujen välimuotoja. Havupuiden solut koostuvat trakeideista ja tylppysoluista. Havupuilla puuaineksen tilavuudesta 90 % on trakeideja. Havu- ja lehtipuiden ero on, että koivussa on enemmän hemiselluloosaa kuin havupuissa, mutta koivussa on vähemmän ligniiniä kuin havupuissa.

Puulajien kuitumitat vaikuttavat enemmän massojen välisiin eroihin kuin kemialliset koostumukset. Paperin lujuusominaisuuksiin vaikuttaa kuidun pituus. Kuitujen koko vaikuttaa myös paperin formaatioon ja optisiin ominaisuuksiin. Havupuumassasta saadaan lujempaa paperia kuin lehtipuumassasta, koska havupuumassa on pitkäkuituista ja lehtipuumassa on lyhytkuituista. Havupuumassoilla saadaan siis lujempaa pa-



peria, mutta lehtipuumassoilla saadaan hyvä formaatio, tasainen pinta ja pieni huokoskoko. (2, s.27 - 28) Taulukossa 3 esitetään tutkittujen lajien dimensiot.

Kuitulaji	Pituus, mm	Leveys, $\mu\text{m}$	Pituuden ja leveyden suhde
Koivu	0,9 - 1,3	25 - 30	n. 50
Eukalyptus	0,75 - 1,1	16 - 20	n. 50
Bambu	2,7	14	n. 190

Taulukko 3. Tutkittujen lajien kuitujen dimensiot

#### 4.2 Koivu

Koivut (*Betula*) kasvavat laajasti koko Euroopan alueella, ja Suomessa koivua kasvaa aina Lappiin asti. Suomessa yleisimmin kasvavat koivulajit ovat hieskoivu (*Betula pubescens*) ja rauduskoivu (*Betula pendula*). Suomessa esiintyy myös tunturikoivua (*Betula pubescens* subsp. *czerepanovii*), mutta sitä esiintyy lähinnä vain pohjoisessa Suomessa. Koivu voi kasvaa jopa 30 metrin korkeuteen, ja sen sopiva rinnankorkeusläpimitta tukkipuuksi on vähintään 25 cm. (4.) Koivun kasvupaikkoina ovat hyvät kangasmaat, ja koivu on valoa vaativa puulaji. Koivut pystyvät leviämään nopeasti, sillä niiden siemenet kulkevat pitkien matkojen päähän. Koivulla ei ole tiettyjä hyviä siemenvuosia, vaan se tuottaa paljon siemeniä monina vuosina. Tuottavin kiertoaika viljelykoivulla on 40 - 60 vuotta. (3, s. 164.) Suomessa koivua käytetään eniten lehtipuusellun raaka-aineena. Kuvassa 4 esitetään rauduskoivu (*Betula pendula*).



Kuva 4. Koivu (*Betula pendula*) (5.)

#### 4.3 Bambu

Bambu (*Poaceae*) kuuluu heinäkasvien heimoon, ja se on erittäin nopeakasvuinen. Heinäkasvien ryhmään kuuluu noin 90 sukua ja yli tuhat lajia. Bambuja kasvaa Aasiassa, Afrikassa ja Etelä-Amerikassa. Euroopassa ei ole yhtään luonnonvaraista bambulajia, vaan kaikki on tuotu ulkomailta. Viljelyllä bambusta saadaan kestävämpi kuin luontaisesti kasvaneesta bambusta. (11.) Bambu on yksi maailman nopeimmin kasvavista kasveista, ja se saavuttaa täyden pituutensa ja ympäröimittansa 3 - 4 kuukaudessa, mutta rungot kovettuvat noin 3 - 5 vuodessa. (12.) Bambu on pitkäkuituinen puulaji, ja siitä saadaan korkealaatuisia valkaistuja papereita.(13, s.11.) Aasian maissa bambusellua valmistetaan eniten sen saatavuuden vuoksi. (11.) Kuvassa 5 esitetään bambu (*Poaceae*).



Kuva 5. Bambu (*Poaceae*) (6.)

#### 4.4 Eukalyptus

Eukalyptuksia (*Eucalyptus*) kasvaa Australiassa, Papua Uuden-Guinean alueella sekä Itä-Indonesiassa. Teollisuudessa käytettävä eukalyptus saadaan istutusmetsistä. Etelä-Amerikkaan niitä on istutettu paljon paperiteollisuuden kuitupuuksi, sillä ne kasvavat erittäin nopeasti ja soveltuvat hyvin paperinvalmistukseen. Eukalyptus muodostaa merkittävän selluloosan lähteen paperin ja kartongin valmistuksessa. Eukalyptuksen suosio sellun raaka-aineena on suuri, ja sen kasvu-aika teollisuuden käyttöön on noin 7 vuotta. (10.) Kuvassa 6 esitetään eukalyptus (*Eucalyptus*).



Kuva. 6. Eukalyptus (*Eucalyptus*) (7.)

## 5 TYÖMENETELMÄT

### 5.1 Kirjallisuus

Työssä on käytetty hyväksi alan kirjallisuutta ja muistiinpanoja.

### 5.2 Taulukointi

Opinnäytetyöstä saadut tulokset on taulukoitu Microsoft Excel 2007-ohjelmistolla.

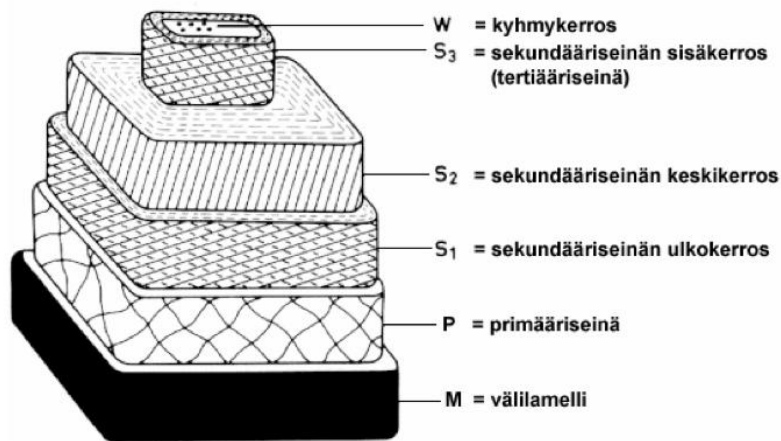
### 5.3 Tulosten luotettavuus ja hajonta

Mikään työ ei ole täysin tarkka, vaan jokaisessa työssä esiintyy eri syistä johtuvia virhearvioita. Kokonaisuudessaan virhearvioita on työssä noin 5 - 8 %. Näytteissä esiintyvä epähomogeenisuus vaikuttaa tuloksiin. Laitteistosta johtuvia mittavirheitä esiintyy yleensä noin 2 %. Näytteiden valmistuksessa esiintyy myös virheitä, noin 2 - 3 %. Työssäni myös näytteiden rajallisuuden vuoksi esiintyy tilastollista vaihtelua. Testasin näytteitä jokaista grammapainoa kuusi kappaletta. Myös testausympäristön puutteellinen ilmastointi vaikuttaa tuloksiin n. 1 - 2 %. On-line-analytiikka aiheuttaa virhearvioita noin 3 - 4 %.

## 6 NÄYTEARKIT

### 6.1 Jauhatuksen vaikutus eri kuidun jauhatusmekanismeihin

Puunkuidun tärkeimmät ainesosat ovat selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini. Puut sisältävät myös lajin mukaan vähän uuteaineita. Välilamelli sisältää suurimmaksi osaksi ligniiniä ja primäärikalvossa on paljon ligniiniä ja vähän selluloosaa. Sekundääriseinä on massanvalmistukselle tärkein kerros, ja se sisältää suuren määrän selluloosaa ja hemiselluloosaa. (2, s. 25.) Kuvassa 7 esitetään puukuidun rakenne.



Kuva 7. Puukuidun rakenne. (14, s. 77)

Sellun jauhatuksessa kuituja muokataan jauhinterien välissä, jotta saadaan syntymään riittävästi sidoksia, sillä jauhamattomalla paperilla ei ole tarpeeksi sidoksia. Sellun jauhatuksen primäärivaikutukset ovat:

1. Ulkoinen fibrillaatio. Tämä on toivottu ilmiö sillä, kuidun ulkokerrokset osittain irtuvat ja näin ollen ne edistävät haivenien sitoutumista.
2. Sisäinen fibrillaatio. Vesi tunkeutuu kuituseinämään ja notkistaa kuituja.

3. Kuidun suoruuden muutokset. Kuidut suoristuvat tai kähertyvät sakeudesta riippuen.
4. Kuitujen katkeileminen ja keskikuitupituuden lyheneminen. Tämä ei ole toivottu ilmiö, sillä lyhyitä kuituja on helpommin saatavilla ja kuidun lyhyys heikentää repäisylujuutta.
5. Hienoaineen syntyminen. Hienoaineet parantavat kuitusidosten syntymistä ja vahvistavat rakennetta.
6. Kuidun liukeneminen osittain tai kokonaan. Kokonaan liukeneminen ei ole toivottu ilmiö, sillä se häiritsee paperinvalmistusta. (2, s. 113 – 114.)

## 6.2 Jauhatus

Osana opinnäytetyötä oli jauhatta massaa, jota jauhatuksen jälkeen käytetään paperiarkin valmistuksessa. Tässä tehtävässä käytössä oli Valley-hollanteri, jolla standardimenetelmän SCAN-C 25:76 mukaisesti jauhatettiin kolmea erilaista massaa kahden vuorokauden aikana. (1, s. 19.) Kolme massaa, joita käytettiin, olivat koivu-, eukalyptus- ja bambusulfaatteja ja niitä käytettiin mainitussa järjestyksessä. Jokaisen käytetyn massan välillä laite tyhjennettiin sulfaatin jäämistä ja puhdistettiin huuhtelemalla. Laite on huuhdeltava myös viimeisen sulfaatin jauhatuksen jälkeen.

Prosessin lähtökohtana oli liottaa massaa yön yli, jotta massa olisi liuennut nesteeseen ja pehmennyt ollakseen soveltunut käytettävään laitteeseen. Muutoin laite olisi tukkiutunut. Onnistuneen liotuksen jälkeen laitettiin hollanteriin standardin mukainen määrä eli 360 grammaa kutakin massaa, joiden sakeus on 15,7g/l. Käytännössä laite toimii siten, että massan ollessa hollanterissa laitteen terätukki pyörii alaterän avulla ja saa massan pyörimään painon määräämällä nopeudella. Mitä painavampi paino on, sitä suurempi pyörimisnopeus Valley-hollanterilla on. Paino jauhatuksessa oli 4,6 kg. Terätukin pyörittäessä massaa massasta otettiin näytteet viiden, kahdenkymmenen, neljäkymmenen ja kuudenkymmenen minuutin välein, testattiin SR-lukua ja otettiin näytteet arkin valmistukseen. Jauhatus kunkin massan kohdalla kesti yhteensä kuusikymmentä minuuttia.

### 6.3 Arkin valmistaminen

Jauhatuksen jälkeen valmistetaan arkit. Valmistuksen alussa varmistetaan, että arkin-tekokoneen viira on puhdas ja virheetön. Ensimmäiseksi pohjaventtiili suljetaan, minkä jälkeen voidaan avata vesiventtiili. Vesiventtiilin aukaisemisen jälkeen vettä nostetaan venttiilissä noin viiden senttimetrin korkeudelle. Sen jälkeen kaadetaan saman veden sekaan sulppua 150 ml, joka on jauhatuksesta otettu näyte. Vettä valutetaan, kunnes vesiraja on määrättyjen merkkien kohdalla. Seuraavaksi sekoitetaan sulppua. Sekoituksen jälkeen avataan pohjaventtiili, jotta vesi pääsee valumaan pois, minkä jälkeen arkkimuotin yläosa avataan. Avaamisen jälkeen viiran päälle jääneen massan ylle laitetaan imukartonki päälle, joka painetaan neliön muotoisella painolla arkkia vasten. Kun levy ja imukartonki on otettu pois, jäljelle jää märkä arkki, jonka molemmin puolin asetellaan uudet imukartongit. Tämän jälkeen arkki viedään kuivatukseen. Arkki on valmis, ja niitä tehdään kuusi kappaletta jokaista jauhatusaikaa kohden. Kyseiset arkit merkitään ja numeroidaan erikseen, jotta kyetään erottamaan jokainen arkki.

### 6.4 Laboratoriotutkimukset

Kaikki laboratorionkokeet suoritettiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Metsolan toimipisteessä kevään 2010 aikana. Laboratoriotutkimuksissa tutkittiin jauhatuksen ja arkkien muodostumisen jälkeen arkkien neliömassa, paksuus, tiheys, kosteus, tuhka, vetolujuus, murtovenymä, repäisylujuus, karheus, ilmanläpäisevyys, ISO-vaaleus, opasiteetti, valonsironta- ja valonabsorptioeroin, kiilto ja SR-luvut. Laboratorionkokeet on tehty standardien mukaisesti ja noudatettu jokaisen laitteen käyttöjärjestelmää ja asetuksia. Jokainen laite on kalibroitu ennen käyttöä.

## 7 LABORATORIOTESTAUS

### 7.1 Neliömassa

Neliömassalla tarkoitetaan ilmastoidun näytteen pinta-alayksikön massaa ilmaistuna  $\text{g/m}^2$ . Näyte mitataan siten, että näyte pidetään ilmastoidussa tilassa koko määrittämisen ajan. Ilmastoinnin jälkeen näytteestä leikataan testikappale. Tämä punnitaan vähintään 0,2 % :n tarkkuudella. (2, s. 78.) Neliömassa lasketaan kaavasta 1.

$$w = 10\,000 \, m/A, \text{ jossa} \quad \begin{aligned} w &= \text{testikappaleen neliömassa, g/m}^2 \\ m &= \text{testikappaleen massa, g} \\ A &= \text{testikappaleen pinta-ala, cm}^2. \end{aligned} \quad (1)$$

### 7.2 Paksuus, tiheys ja bulkki

Paperiarkin paksuus mitataan kun ilmastoitu arkki laitetaan kahden levyn väliin, joiden etäisyys on 200 mm<sup>2</sup> ja joiden välinen paine on 100 kPa. Paperin tiheys on massa tilavuusyksikköä kohti laskettuna yksittäisen paksuuden ja neliömassan perusteella. Bulkki tarkoittaa paperin käänteisarvoa eli nk. ominaistilavuutta. Paksuus mitataan kalibroidulla tarkkuusmikrometrillä. Mikrometri on nollattava ennen mittausten aloittamista ja mittausten välillä. Tutkittavasta paperista leikataan vähintään 6x6 cm:n kokoinen testikappale, josta paksuus mitataan. Näytteen tulee olla edustava, ja kustakin testikappaleesta suoritetaan yksi paksuusmittaus. Mittaus tapahtuu siten, että mikrometrin mittapäätä nostetaan vähintään yksi mm ja testikappale laitetaan tämän jälkeen paikoilleen mittauspintojen väliin. Mittapää laskeutuu vapaasti. Osoittimen pysähtyessä testikappaleen paksuuden voi laskea 1  $\mu\text{m}$ :n tarkkuudella. (1, s. 40.) Paperin tiheys lasketaan kaavasta 2.

$$\begin{aligned} X &= 1000 \, w/t, \text{ jossa} \\ x &= \text{tiheys kg/m}^3 \\ w &= \text{neliömassa g/m}^2 \\ t &= \text{paksuus, } \mu\text{m}. \end{aligned} \quad (2)$$



### 7.3 Kosteus

Paperin kosteuspitoisuus lasketaan näytteen painohäviönä, kun näyte on kuivattu lämpötilassa 103 °C. Testikappale punnitaan ensin vaa'alla ja sen jälkeen laitetaan kosteusmittariin. Kosteusmittari antaa hälytysäänän, ja näyte on silloin valmis punnittavaksi uudelleen. (1, s. 41.) Näytteen kosteus lasketaan kaavalla 3.

$$a - b / a \times 100,$$

jossa

a = näytteen paino ennen kuivatusta

b = näytteen paino kuivatuksen jälkeen,

näytteen kosteus ilmoitetaan yhden desimaalin tarkkuudella. (3)

### 7.4 Tuhka

Tuhkapitoisuudella tarkoitetaan painoa, joka paperilla on lähes tuhannen asteen lämpötilassa tapahtuneen kokonaisvaltaisen polton jälkeen. Epäorgaanisten aineiden määrä saattaa muuttua polton hehkutuksen aikana, joten tuhkapitoisuus ei aina ole oikea. (1, s. 42.) Tässä työssä ei taulukoitu tuhkanäytteitä, sillä puhtaissa sellunäytteissä tuhkapitoisuus on hyvin vähäinen tai jopa olematon. Paperinäytteen tuhka lasketaan kaavalla 4.

$$X = b/a \times 100,$$

jossa

X = näytteen tuhkapitoisuus, %

a = näytteen paino ennen tuhkausta, g

b = tuhkatun näytteen paino, g. (4)

### 7.5 Vetolujuus, murtovenymä ja murtotyö

Paperin vetolujuus tarkoittaa sitä, miten paljon näytteestä leikattu koepala pystyy olemaan murtumatta, kun sitä vedetään pinnan suuntaisesti. Murtovenymä tarkoittaa maksimivoiman aikana tullutta pituudenlisäystä ja sen suhdetta alkuperäisen koepalan pituuteen. Murtotyö tarkoittaa koko venytykseen ennen murtumista käytettyä energiaa pinta-alayksikköä kohti. Kalibroitu vetolaite mittaa tiedon näytteestä murtumahetkellä.

Mittaamiseen käytettävien paperinäytteiden tulee olla 1,5 cm leveitä ja vähintään 10 cm pitkiä liuskoja. Näytteiden on oltava ehjiä ja suoraksi leikattuja. Jokaisesta näytteestä tehdään 6 määrittystä. Vetoväli on 180 mm, kun näytteitä testataan. Laboratorio- arkeilla vetoväli 100 mm. (1, s. 47.) Vetolujuus saadaan kaavasta 5.

$$X = a/b \text{ tai } X = 9,81 c/b,$$

jossa

$X$  = vetolujuus, Kn/m

$a$  = asteikon lukemisen keskiarvo, N

$b$  = liuskan leveys, mm

$c$  = asteikon lukemien keskiarvo, kP. (5)

### 7.6 Repäisylujuus

Paperin repäisylujuudella tarkoitetaan työtä, jolla saadaan tietyn mittainen repeämä alkuvuonosta alkaen. Mittaus suoritetaan APPITA-Elmendorf laitteella. Jokaisesta näytteestä tehdään kuusi koetta. (1. s. 52) Repäisylujuus lasketaan kaavasta 6.

$$a = s \cdot p,$$

jossa

$a$  = repäisylujuus

$s$  = asteikon lukemien keskiarvo

$p$  = heilurikerroin. (6)

Repäisyindeksi lasketaan yhtälöstä 7.

$$X = a/w,$$

jossa

$X$  = repäisyindeksi, mN\*m<sup>2</sup>/g

$a$  = repäisylujuus, mN

$W$  = näytteen neliömassa, g/m<sup>2</sup> (7)

### 7.7 Karheus

Karheus määritellään Bendtsen-laitteella ilman virtaamana paperin ja sen päälle asetetun metallirenkaan välistä 150 mm wp:n paine-eron vallitessa ilmastoidusta paperi-

näytteestä. Näytearkki laitetaan lasilevyn päälle ja mittauslaite asetetaan näytteen päälle liikuttamalla sitä paperia vasten sivuttain. Mittaus tehdään liikuttamalla mittapäätä arkin eri kohdissa. (1, s. 62.)

#### 7.8 Ilmanläpäisevyys

Paperin ilmanläpäisevyys mitataan Bendtsenin-laitteella. Siinä mitataan paperin ilmamäärää, jonka 150 mm wp:n paine-ero saa aikaan 10 cm<sup>2</sup> pinta-alan läpi.

#### 7.9 ISO-vaaleus

Paperin ISO-vaaleus on ominaisheijastusluku määritettynä 457 nm:n vaikuttavalla aallonpituudella. Vaaleuden mittaamiseen käytetään Minolta-spectrofotometriä. Testikappalenipusta mitataan ominaisheijastusluku 0,1 heijastuslukuyksikön tarkkuudella. Mitattu kappale siirretään nipun pohjalle ja mittaus toistetaan seuraavalla arkilla ainakin kuusi kertaa. Sitten tekstikappalenipun puoli käännetään ja mitataan toiselta puolelta. (1, s.73 – 74; Liite 2.)

#### 7.10 Paperin opasiteetti

Minolta-spectrofotometri mittaa yksittäisen paperiarkin mustaontelolla, eli mustaa taustaa vasten. Opasiteetilla tarkoitetaan arkin valonheijastusluvun suhdetta paperin Y-arvoon. Opasiteetti kuvaa paperin läpinäkymättömyyttä. (1, s. 74.)

#### 7.11 Paperin valonsironta- ja valonabsorptiokerroin

Paperista mitattu valonsironta- ja absorptiokerroin kuvaavat yhdessä paperin neliömassan kanssa yksikäsitteisesti paperin heijastuskykyä ja opasiteettia. (Liite 2.)

#### 7.12 Paperin kiilto

Paperin kiilto mitataan Zehnter- mittarilla ja yksi näytekappale kerrallaan. Koe toistetaan kuusi kertaa, minkä jälkeen kone antaa keskiarvot ja muut keskeiset mittaustulokset. Toinen tapa mitata kiilto on käyttää Hunterin kiiltomittaria 75°/75°-mittausgeometrialla.

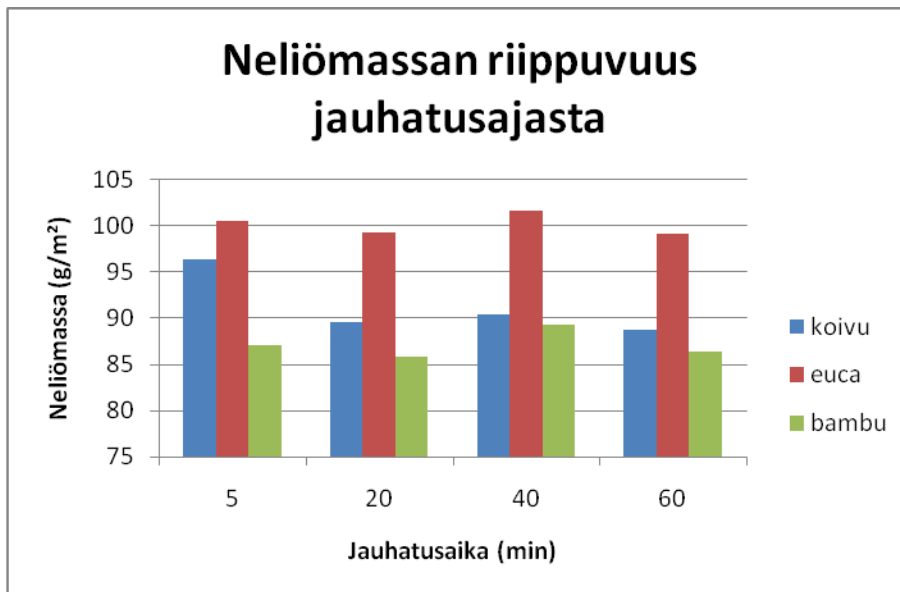
### 7.13 Regressiotaulukot (SR-luku)

Massan Schopper-Riegler -luku on mitta massan suotautumisnopeudelle, ja se mitataan kalibroidulla Schopper-Riegler-laitteella, joka on varustettu standardimenetelmän SCAN-C 19:65 mukaan. (1, s. 22.)

## 8 TYÖN TULOKSET

### 8.1 Neliömassa

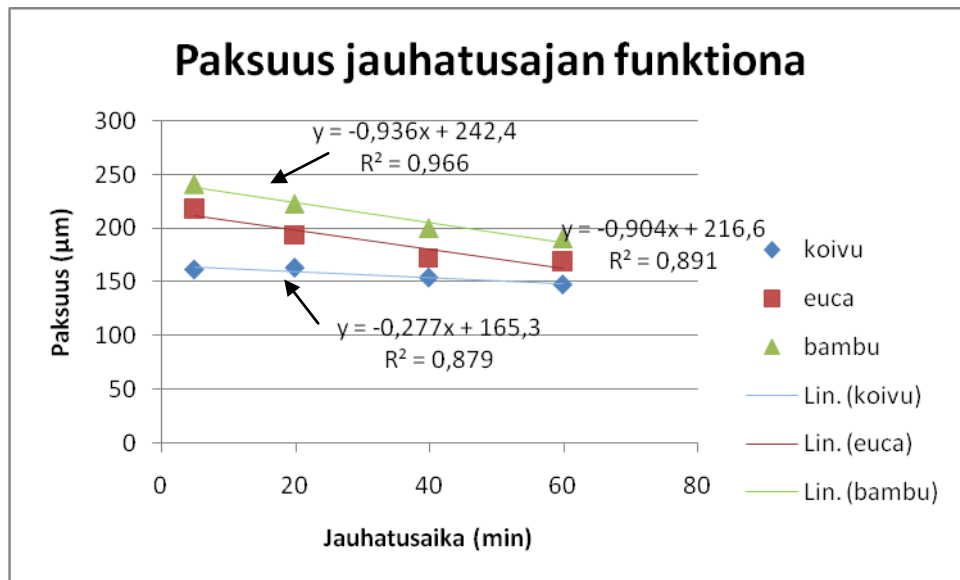
Kuvasta 8 voidaan huomata, kuinka jauhatusaikojen muutokset vaikuttavat neliömassojen suuruuteen. Kaikilla puulajeilla on huomattavissa pientä vaihtelua, mutta koivulla erot ovat suurimmat siirryttäessä viidestä minuutista kahteenkymmeneen minuuttiin. Eukalyptuksen neliömassat ovat huomattavasti muita suurempia. Jauhatuksen ja neliömassan välillä ei ole riippuvuutta.



Kuva 8. Neliömassojen erot eri jauhatusajoilla

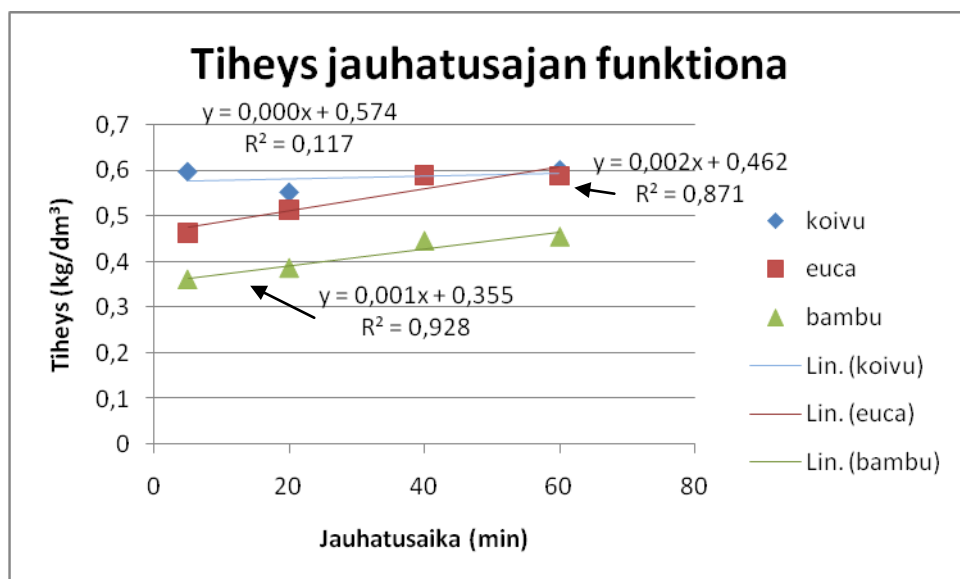
## 8.2 Paksuus, tiheys ja bulkki

Kuvasta 9 ilmenee, että paksuus pienenee jauhatusaajan kasvaessa jokaisella puulajilla. Bambulla paksuus on muita suurempi ja koivulla paksuus on alhaisin. Kuvasta voidaan huomata, että paksuus riippuu jauhatuksesta, ja mitä enemmän jauhatetaan, sitä ohuempi arkista tulee.



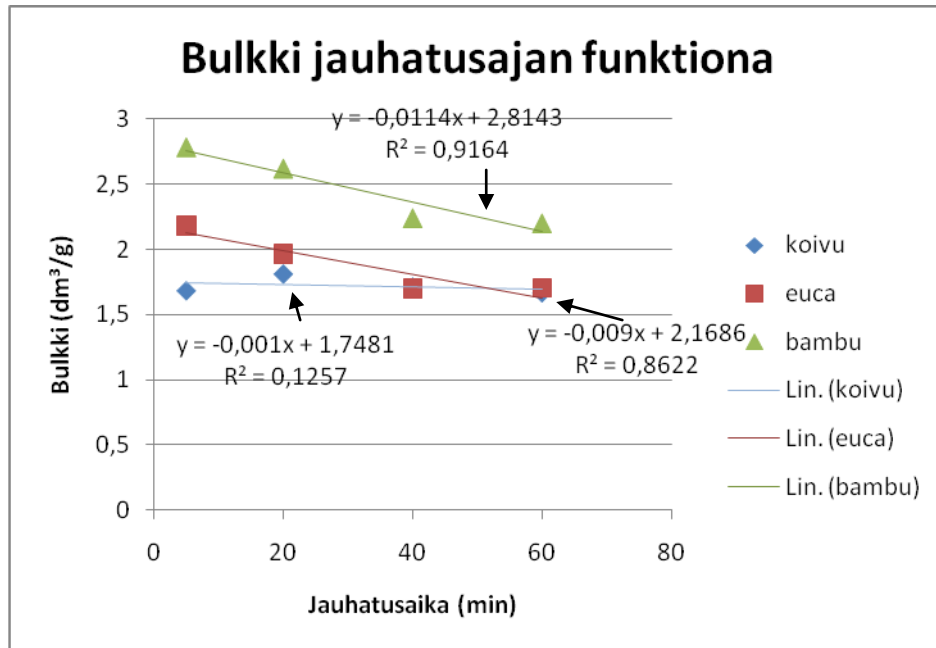
Kuva 9. Arkkien paksuuden vaihtelut jauhatusaikojen muuttuessa

Tiheyden muutokset ovat tasaisia kaikilla puulajeilla, mutta kuvasta 10 voidaan huomata että koivuarkilla on suurin tiheys ja bambuarkilla alhaisin. Koivun tiheys ei vaihtele, vaikka jauhatusaika muuttuu.



Kuva 10. Arkkien tiheyden vaihtelut eri jauhatusajoilla

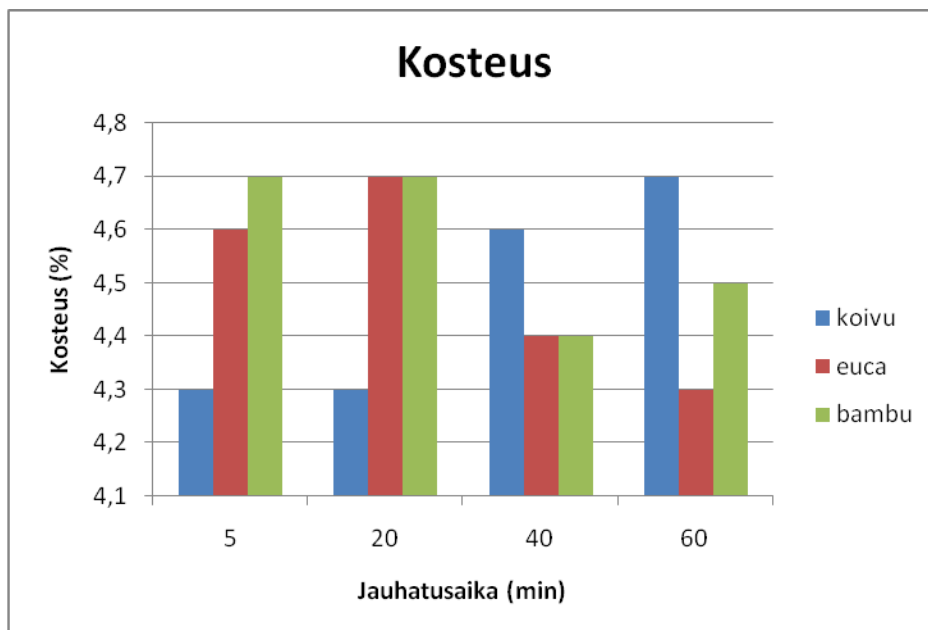
Bulkki laskee aina jauhatusaajan kasvaessa, mutta koivulla kehitys ei ole riippuvainen jauhatusaajasta (kuva 11).



Kuva 11. Bulkin muutokset eri jauhatusaajoilla

### 8.3 Kosteus

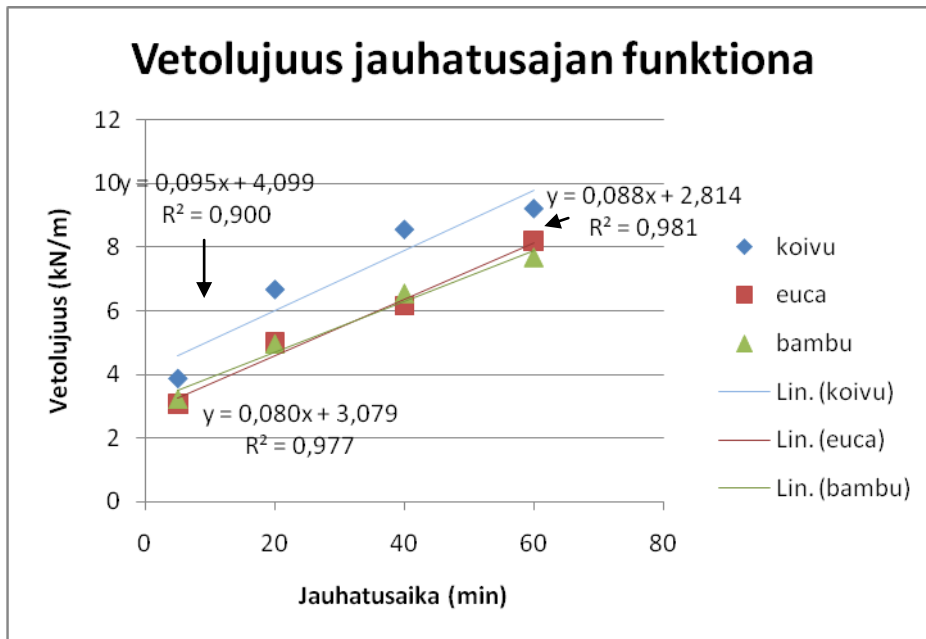
Kosteuden vaihtelut ovat vähäisiä kaikilla puulajeilla (kuva 12).



Kuva 12. Arkkien kosteuksien vaihtelut jauhatusaikojen muuttuessa

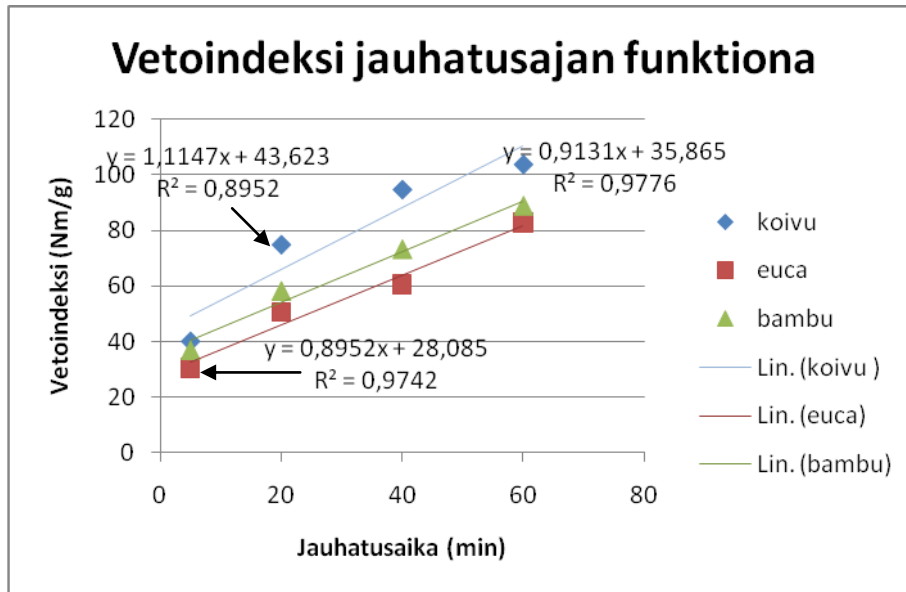
#### 8.4 Vetolujuus, murtovenymä ja murtotyö

Vetolujuus kasvaa lineaarisesti jauhatusajan kasvaessa kaikilla puulajeilla. Alhaisin vetolujuus on kuitenkin eukalyptuksella ja bambulla. Kaikilla eri sellulaaduilla vetolujuus on voimakkaasti riippuvainen jauhatusajasta. (Kuva 13.)



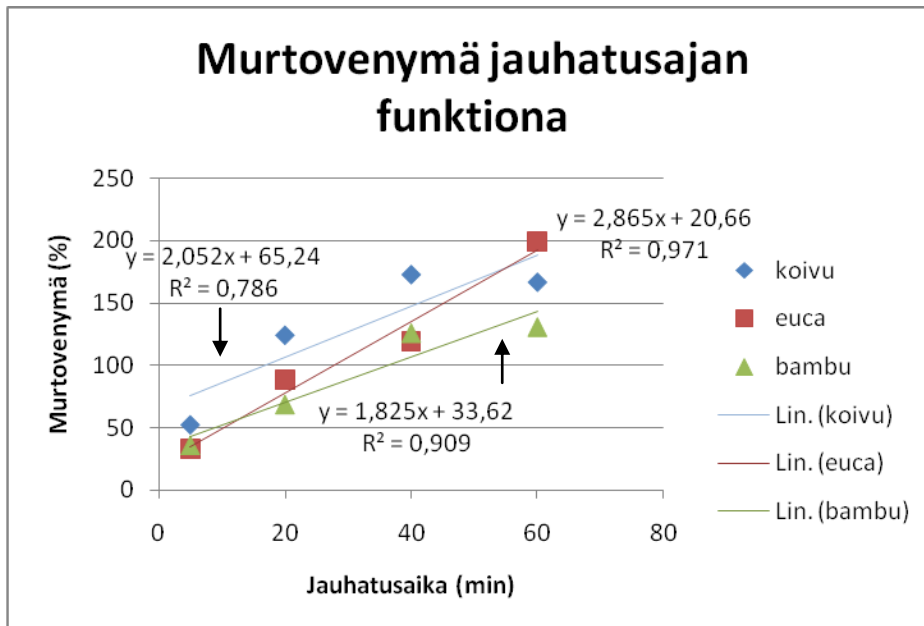
Kuva 13. Vetolujuuden muutokset

Vetoindeksi on neliömässasta riippumaton suure, joka kuvaa puhtaasti kuidun lujuusominaisuuksia jauhatusajan funktiona. Voidaan huomata, että koivumassan lujuuskehitys on parempi kuin eukalyptuksella ja bambulla. (Kuva 14.)



Kuva 14. Vetoindeksin muutokset

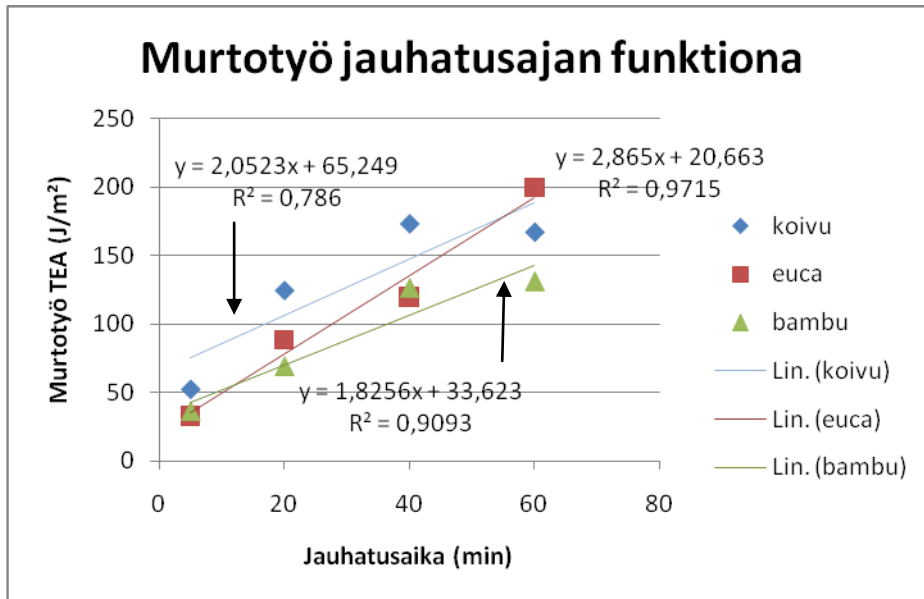
Murtovenymän muutokset ovat erilaisia eri puulajeilla. Koivulla paras saadaan 40 minuutin jauhatusajalla, ja eukalyptuksen ja bambun suurimmat murtovenymät tulevat 60 minuutin jauhatusajalla. (Kuva 15.)



Kuva 15. Murtovenymän muutokset eri jauhatusajoilla



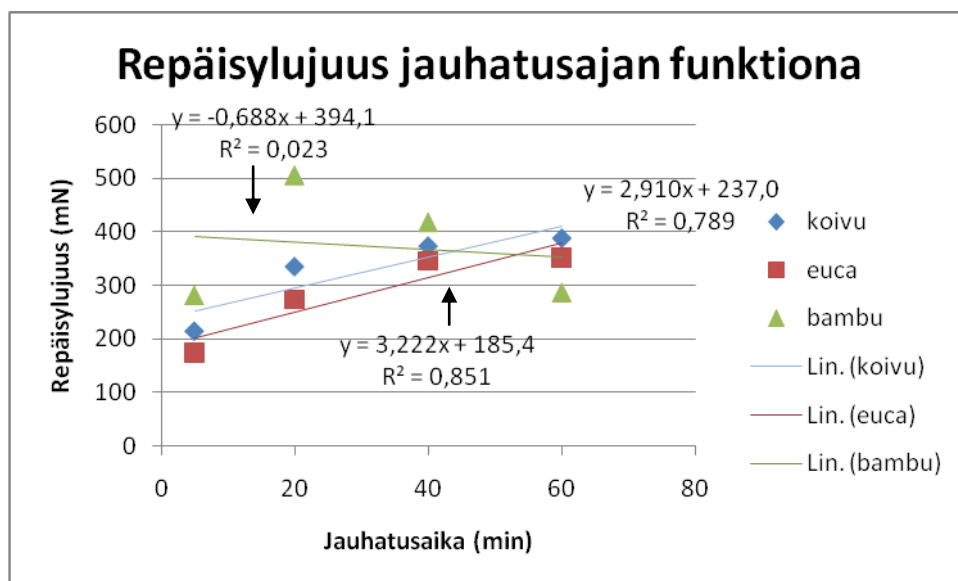
Murtotyö riippuu jauhatusaajasta. Koivulla murtotyö on oleellisesti suurempi kuin eukalyptuksella. (Kuva 16.)



Kuva 16. Murtotyön muutokset eri jauhatusaajoilla

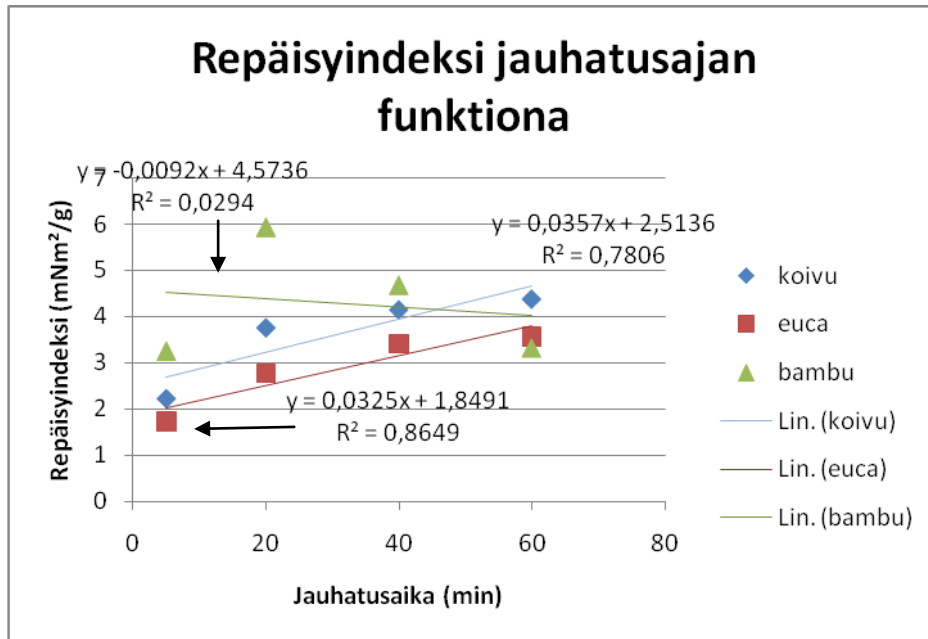
### 8.5 Repäisylujuus

Repäisylujuus on aluksi bambulla korkeampi kuin muilla puulajeilla, mutta 20 minuutin jauhatusaajan jälkeen sen repäisylujuus laskee. Koivulla ja eukalyptuksella repäisylujuus kasvaa jauhatusaajan kasvaessa. (Kuva 17.)



Kuva 17. Repäisylujuuden muutokset eri jauhatusaajoilla

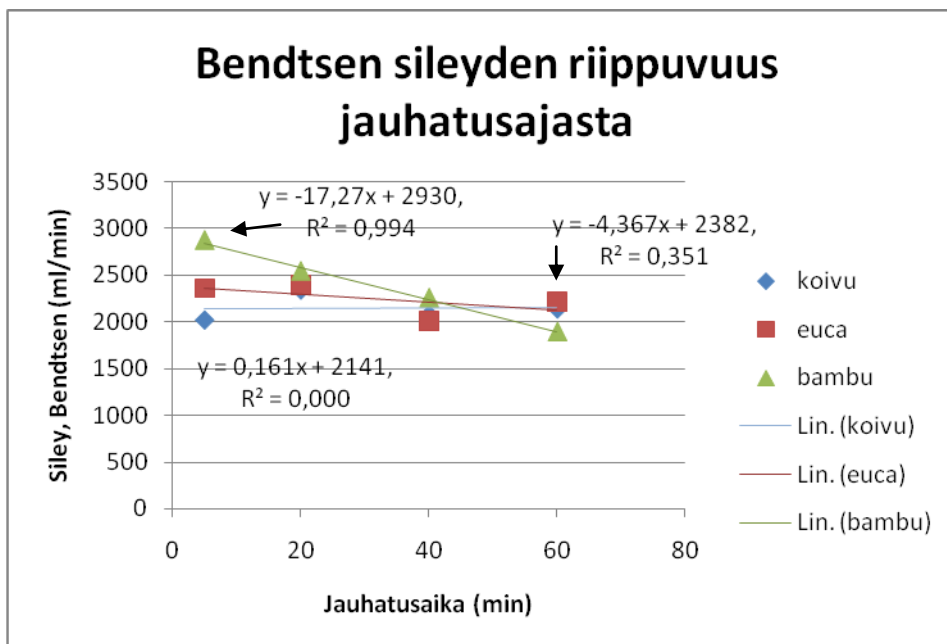
Bambun repäisyindeksi on aluksi muita korkeampi, mutta 20 minuutin jauhatuksen jälkeen sen repäisyindeksi arvo on muita puulajeja alhaisempi. Bambulla ei repäisyindeksin ja jauhatuksen välillä ole korrelaatioita. (Kuva 18.)



Kuva 18. Repäisyindeksin muutokset eri jauhatusajoilla

## 8.6 Karheus

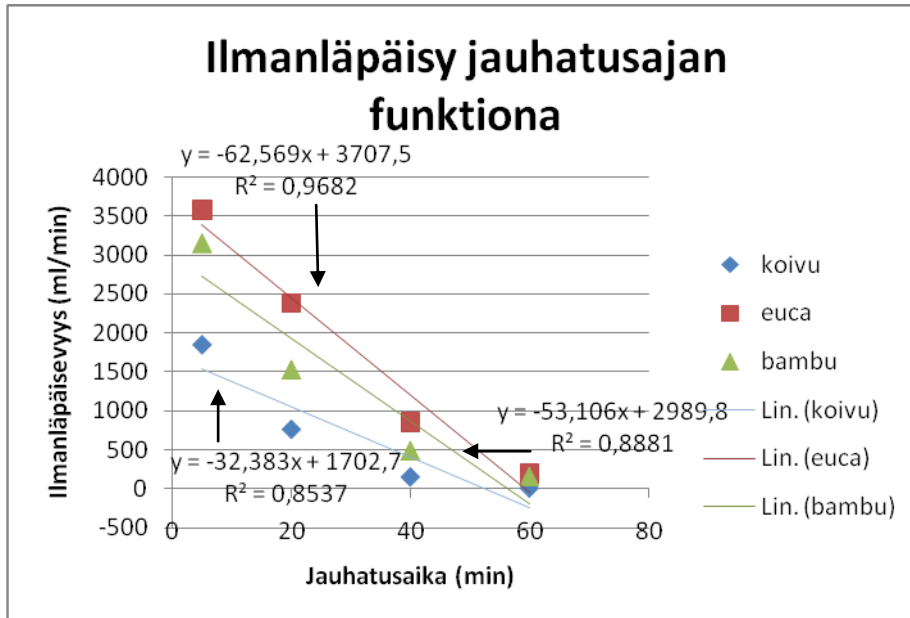
Karheus laskee muilla puulajeilla lineaarisesti, mutta koivulla on pieniä vaihteluja. Jyrkin lasku tapahtuu bambulla. (Kuva 19.)



Kuva 19. Karheuden muutokset eri jauhatusajoilla

## 8.7 Ilmanläpäisevyys

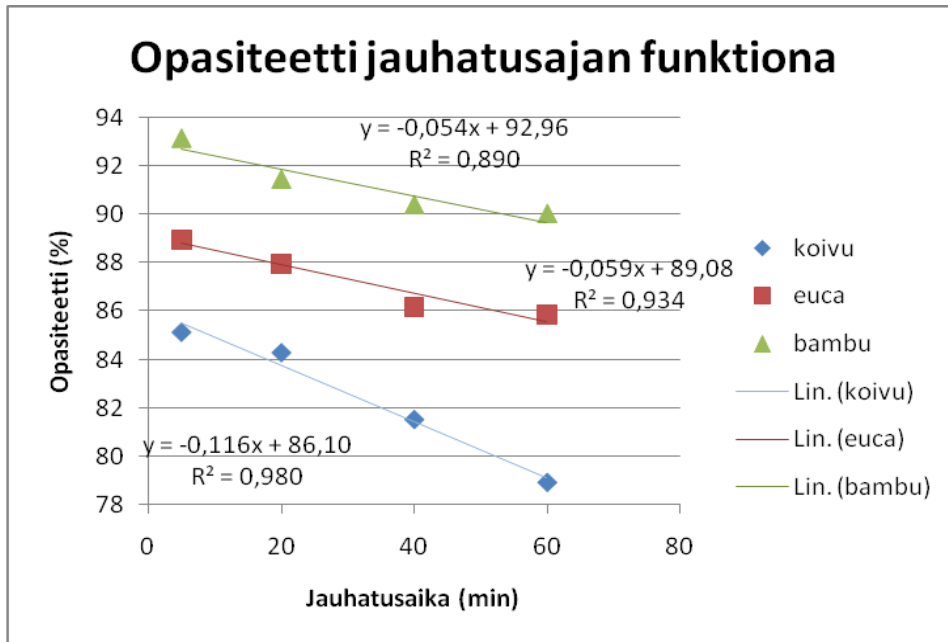
Ilmanläpäisevyys laskee kaikilla puulajeilla lineaarisesti, mutta eukalyptuksella ilmanläpäisevyys laskee eniten. (Kuva 20.)



Kuva 20. Ilmanläpäisevyyden muutokset eri jauhatusaajoilla

## 8.8 Paperin opasiteetti

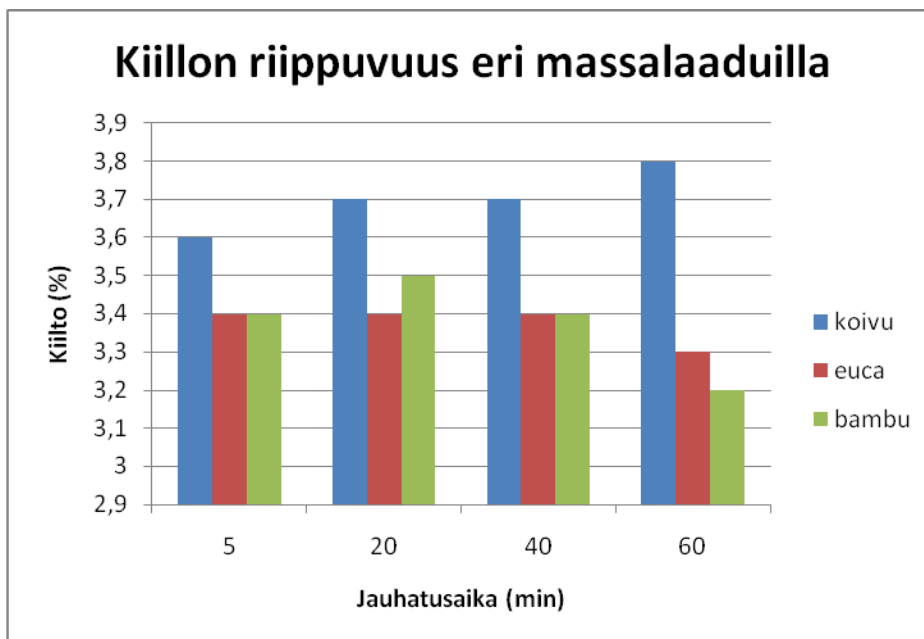
Opasiteetti laskee kaikilla puulajeilla jauhatusaikojen kasvaessa, mutta koivulla on puulajeista alhaisin opasiteetti kuudenkymmenen minuutin jauhatuksen kohdalla. Bambulla on puulajeista parhain opasiteetti ja koivulla alhaisin. Kun käytetään koivumassoja, kannattaa käyttää massapigmenttejä, koska niillä voidaan parantaa opasiteettia tehokkaasti. (Kuva 21.)



Kuva 21. Opasiteetin muutokset eri jauhatusajoilla

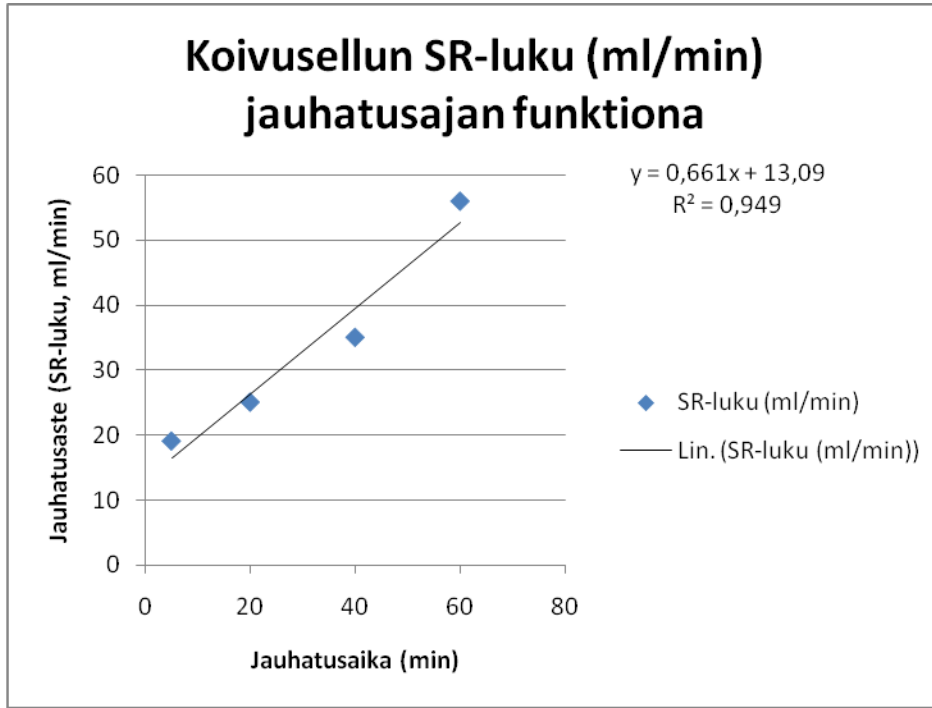
## 8.9 Paperin kiilto

Koivun kiiltoprosentti nousee jauhatusajan kasvaessa, mutta eukalyptuksen ja bambun kiiltoprosentti laskee. Kiiltolukemat ovat erittäin vähäisiä. Kiilttoon ei voida vaikuttaa massavalinnoilla, vaan niihin käytetään esimerkiksi erilaisia pigmenttejä, kuten kaolii-nia ja talkkia. (Kuva 22.)

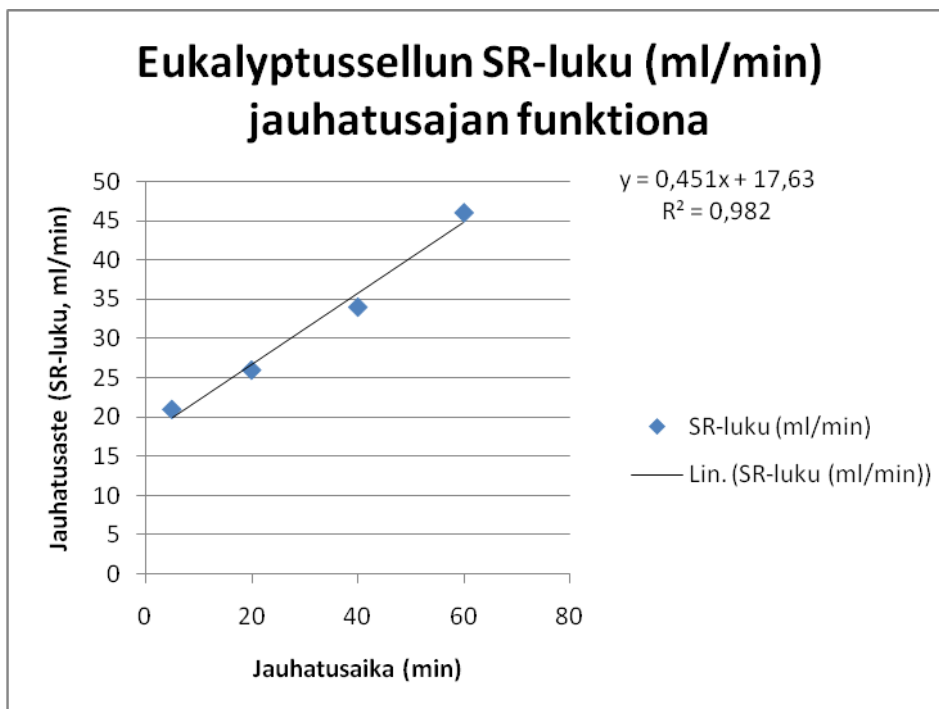


Kuva 22. Kiillossa tapahtuvat muutokset jauhatusaikojen muuttue

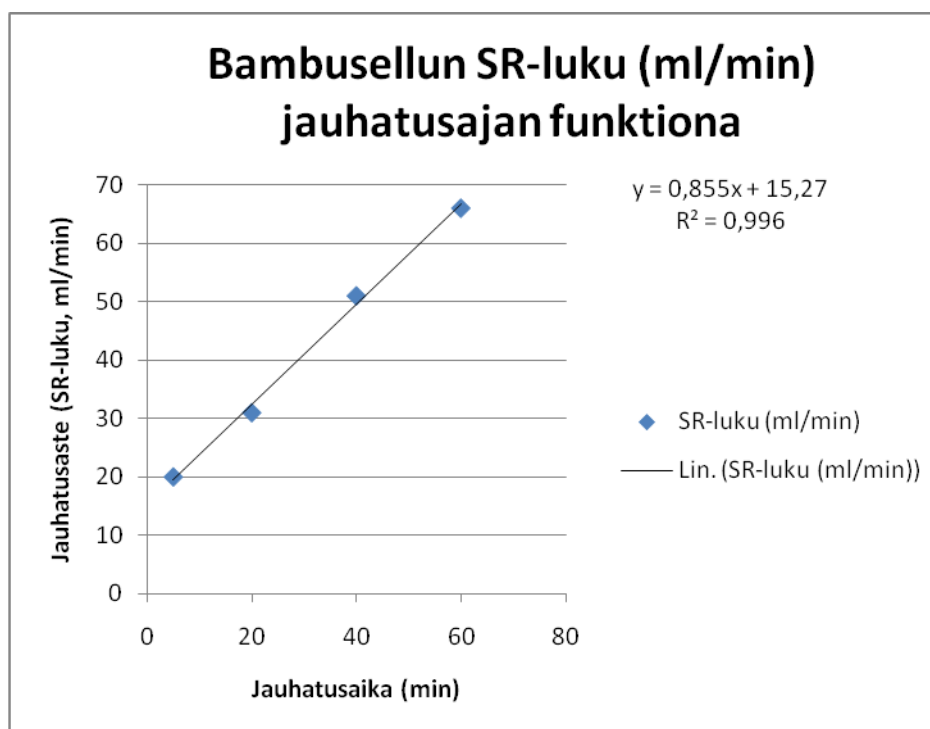
### 8.10 Regressiotaulukot (SR-luku)



Kuva 23. Koivusellun SR-luku jauhatusajan funktiona korrelaation ollessa 94,99 % jauhatussakeuden ollessa 15,7 g/l ja jauhatuskuorman ollessa 4,6 kg 5.2.2010



Kuva 24. Eukalyptussellun SR-luku jauhatusajan funktiona korrelaation ollessa 98,27 % jauhatussakeuden ollessa 15,7 g/l ja jauhatuskuorman ollessa 4,6 kg 5.2.2010



Kuva 25. Bambusellun SR-luku jauhatusajan funktiona korrelaation ollessa 99,62 % jauhatussakeuden ollessa 15,7 g/l ja jauhatuskuorman ollessa 4,6 kg 12.2.2010

Kuvista 23 – 25 voidaan päätellä, että koivu ja eukalyptus jauhautuvat suurin piirtein yhtä nopeasti, mutta bambu jauhautuu kaikkein nopeimmin.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 9.1 Yleistä

Tutkittavista puulajeista jokainen soveltuu paperiteollisuuden käytettäväksi massan komponenttina, sillä harvoin paperinvalmistuksessa käytetään vain yhtä komponenttia. Paperiteollisuus tutkii niin uusia tuote ratkaisuja kuin niiden valmistusmaita. Jokainen paperilaji valmistetaan erilaisista massoista ja niiden yhdistelmistä.

Sanomalehtipaperin valmistuksessa käytetään pääkomponenttina valkaisuamatonta mekaanista havupuumassaa, hioketta, painehioketta tai kuumahierrettä. Sanomalehtipaperissa on mekaanista massaa 80 - 100 % ja kemiallista massaa 0 - 20 %. Mekaaninen massa tuo paperiin hyvät painettavuus- ja ajettavuusominaisuudet, kun taas kemiallinen massa antaa lujuuutta. (2, s.61 – 63.)

Puupitoisia painopapereita ovat esimerkiksi SC-paperi ja LWC-paperi. Näiden paperien tyypillisiä tuotteita ovat aikakauslehtipaperit. SC-paperin raaka-aineena on pääosin mekaaninen massa, ja sellupitoisuus pyritään pitämään valmistuksessa pienenä, sillä se huonontaa painettavuus ominaisuuksia. LWC-paperi sisältää mekaanista massaa 45 – 80 % ja valkaistua havupuusellua 55 – 20 %. (2, s.63 – 65.)

Puuvapaat painopaperit eli hienopaperit valmistetaan yleensä kokonaan sellusta. Hienopapereiden valmistuksessa käytetään pitkäkuitusellua lähinnä armeerausmassana ja lehtipuuosilla vaikutetaan optisiin ominaisuuksiin sekä painojälkeen. (2, s.61 – 72.) Puuvapaita painopapereita käytetään paljon niiden korkean vaaleuden vuoksi.

Pehmopaperit valmistetaan kierrätyskuidusta tai ensikuidusta sen mukaan kumpi on paremmin saatavilla. Pehmopapereiden vaatimukset määrittyvät pitkälti sen mukaan, millainen tuote on kysymyksessä, sillä pehmopapereiden tuoteryhmään kuuluu monia tuotteita ja eri käyttötarkoituksia.

Pakkauspaperit ja -kartongit käsittävät monta ryhmää. Tavallisimmat kartongit voidaan jakaa neljään ryhmään: SBS= sellukartonki, WLC= valkopintainen keräyskuitukartonki, CNK= valkaisuamaton sellukartonki ja FBB= taivekartonki. Ulkopakkauksissa suositaan eniten aaltopahvia.

## 9.2 Paperituotannon tulevaisuus

Massateollisuuden tulevaisuus riippuu paljon siitä, tehdäänkö paperia tulevaisuudessa enemmän mekaanisesta vai kemiallisesta massasta. Mekaaniset massat valmistetaan pienestä puumäärästä ja suurella energiankulutuksella, kun taas kemialliset massat valmistetaan suuresta puumäärästä ja samalla tuotetaan energiaa. Tämänhetkinen ar-

vio massan valmistuksesta on, että vuonna 2020 kemiallista massaa valmistetaan 160 miljoonaa tonnia ja mekaanista massaa 40 miljoonaa tonnia. (8, s. 173.)

Paperin ja kartongin kulutuksen arvioidaan kaksinkertaistuneen viimeisen 40 vuoden aikana. Sanomalehtipaperin kulutus on ollut nousujohteista, mutta sen tulevaisuutta on vaikea arvioida, sillä sen tuotanto ei ole suuressa nousussa. Kirjoitus- ja painopapereita tuotetaan maailmassa noin 100 miljoonaa tonnia. (8, s.197.) Niiden käyttö on ollut jatkuvasti nousussa, ja näin ollen myös tuotantomäärät ovat nousseet. Pehmopapereiden tuotanto on kasvanut selvästi paljon enemmän kuin muiden paperilajien. Pakkas-papereiden ja –kartonkien tuotanto on ollut myös suuressa kasvussa, ja kasvun odotetaan vielä nousevan. (8, s.207.)

Paperiteollisuuden tulevaisuutta on vaikea arvioida, sillä alalla tapahtuu paljon rakennemuutoksia ja mietitään paljon, missä on edullisinta tuottaa paperia. Suomesta paperin tuotantoa on siirretty paljon esimerkiksi Aasiaan ja Etelä-Amerikkaan. Aasiassa ja Etelä-Amerikassa pystytään tuottamaan edullisesti paperia, sillä siellä energia, työvoima ja raaka-aineet ovat halvempia kuin Suomessa. Istutusmetsien avulla pystytään saamaan paljon puuta ja lyhyellä puun kiertoajalla.

Tulevaisuudessa varmasti käytetään yhä enemmän eukalyptusta paperinvalmistuksessa. Eukalyptusmassa on koivun tärkein kilpailija. Eukalyptusmassan saanto on suurempi kuin koivun, sillä eukalyptuksella on suuri selluloosapitoisuus ja pieni hemiseluloosapitoisuus. (2, s.30.) Eukalyptuksen kuidut ovat pienempiä kuin koivun, joten kuitujen määrä painoa kohden on suurempi. Tämän ominaisuuden vuoksi eukalyptuksella on parempi formaatio kuin koivulla. Nopeasti kasvavat puulajit ovat tulevaisuudessa tärkeitä paperin valmistuksessa, sillä esimerkiksi koivua saadaan lähinnä vain talousmetsistä ja sen viljelyaika on pitkä ja moninkertainen eukalyptukseen verrattuna. Bambun käyttöä tulevaisuudessa on vaikea arvioida, sillä sen saatavuus on hyvä, mutta se ei ole ollut vielä suuressa käytössä paperiteollisuudessa.



## LÄHTEET

1. Aaltonen, Pertti. Kuituraaka-aineen ja paperin testausmenetelmiä. Otakustantamo 1986.
2. Häggblom-Ahnger Ulla, Komulainen Pekka. Paperin ja kartongin valmistus. Opetushallitus 2005.
3. Metsälehti Kustannus. Tapion taskukirja. Tapio 2002.
4. <http://www.puuproffa.fi/arkisto/rauduskoivu.php>  
9.9.2010.
5. [http://www.shadetrees.com/images/BEPELA0\\_FT2\\_S.jpg](http://www.shadetrees.com/images/BEPELA0_FT2_S.jpg)  
9.9.2010.
6. [http://www.luomus.fi/kaisaniemi/sisalto/kasvihuoneet/Bambusa\\_indet.jpg](http://www.luomus.fi/kaisaniemi/sisalto/kasvihuoneet/Bambusa_indet.jpg)  
9.9.2010.
7. [http://naturescrusaders.files.wordpress.com/2008/11/eucalyptus\\_tree\\_2\\_220.jpg](http://naturescrusaders.files.wordpress.com/2008/11/eucalyptus_tree_2_220.jpg)  
9.9.2010.
8. Kärkkäinen, Matti. Maailman metsäteollisuus. Metsäkustannus Oy. 2005.
9. [http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/paperi\\_ja\\_kartonkiteollisuus/Sivut/default.aspx](http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/paperi_ja_kartonkiteollisuus/Sivut/default.aspx)  
26.9.2010.
10. <http://www.sademetsa.fi/puut/index.html#eukalyptus>  
26.9.2010.
11. [http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/sademetsaystavallinen\\_koti\\_opas\\_kodin\\_puuostoksiin.pdf](http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/sademetsaystavallinen_koti_opas_kodin_puuostoksiin.pdf)  
26.9.2010.

12. <http://www.kesfenlan.com/kesbu/bambu.html>

26.9.2010.

13. Virkkola, Nils-Erik. Puumassan valmistus. Turun Sanomat Oy. 1983.

14. Seppälä, J. Markku. Paperimassan valmistus. Opetushallitus 1999.

## LIITTEET

Liite 1. Mittauspöytäkirjat

Liite 2. Minolta Spectrophotometrin tulokset

Pvm: 16.2.2010 Mittauspöytäkirja		Näyte: Koivu 5min							
		1	2	3	4	5	6	x	s
Suure	mittaus								
Neliömassa	g/m <sup>2</sup>	99,6	103,5	92,8	96,1	92,8	92,8	96,3	
Paksuus	um	155	154	162	168	164	166	161,5	
Tiheys	kg/dm <sup>3</sup>	0,643	0,672	0,573	0,572	0,565	0,559	0,597	
Bulkki	dm <sup>3</sup> /g	1,556	1,488	1,745	1,748	1,767	1,788	1,682	
Vaaleus	%								
Opasiteetti	%								
Kiilto	%	3,7	3,3	3,4	3,7	3,6	3,6	3,6	0,16
Sileys, PPS	0.5 Mpa	11,91	12,44	12,72	12,92	12,5	12,53	12,5	0,34
	1.0 Mpa	10,32	10,85	11,38	11,06	10,93	11,62	11,03	0,45
	2.0 Mpa	8,35	9,19	9,47	9,11	9,09	9,69	9,15	0,46
Sileys, Bendtsen	ml/min	1707	1712	2024	2375	2460	2471	2022	336
Ilmanläpäisevyys	ml/min	1894	2122	1653	1758	1902	1764	1849	163,3
Vetolujuus	kN/m	3,858	3,492	4,168	3,793	4,33	3,508	3,858	340,4
Vetoindeksi	Nm/g	38,73	33,74	44,91	39,47	46,66	37,8	40,22	
Venymä	%	2,2	2,04	1,94	1,77	2,07	1,85	1,98	0,16
TEA	J/m <sup>2</sup>	59,75	49,35	55,74	46,11	62,88	43,17	52,83	7,847
Repäisylujuus	mN	265	211	195	220	207	193	215,16	
Repäisyindeksi	mNm <sup>2</sup> /g	2,66	2,04	2,1	2,29	2,23	2,08	2,23	
Tuhka	%	0	0	0	0	0	0	0	
Kosteus	%	4,1	4,2	4,2	4,5	4,7	4,1	4,3	

PVM: 16.2.2010		Näyte: Koivu 20min							
Mittauspöytäkirja		1	2	3	4	5	6	x	s
Suure	mittaus								
Neliömassa	g/m <sup>2</sup>	96,1	86,8	86,8	96,1	81,5	89,7	89,5	
Paksuus	um	154	163	170	150	176	166	163,16	
Tiheys	kg/dm <sup>3</sup>	0,624	0,533	0,511	0,641	0,463	0,54	0,552	
Bulkki	dm <sup>3</sup> /g	1,602	1,878	1,958	1,561	2,159	1,851	1,812	
Vaaleus	%								
Opasiteetti	%								
Kiilto	%	3,8	3,7	3,7	3,6	3,7	3,6	3,7	0,08
Sileys, PPS	0.5 Mpa	12,66	12,59	13,06	12,68	13,17	13,14	12,88	0,27
	1.0 Mpa	11,34	11,12	11,67	11,08	12,07	11,67	11,49	0,38
	2.0 Mpa	9,43	9,35	10,02	9,4	10,71	9,96	9,81	0,53
Sileys, Bendtsen	ml/min	1738	2546	2179	2457	2372	2779	2345	357
Ilmanläpäisevyys	ml/min	779	723	716	864	594	537	761	111,9
Vetolujuus	kN/m	5,576	7,416	7,114	6,431	6,919	6,512	6,661	647,2
Vetoindeksi	Nm/g	58,02	85,44	81,96	66,92	84,89	72,59	74,97	
Venymä	%	1,93	3,07	2,7	3,02	2,39	2,65	2,63	0,42
TEA	J/m <sup>2</sup>	75,55	158	136	137,7	118,7	121,7	124,6	27,82
Repäisylujuus	mN	342	335	354	325	335	321	335,3	
Repäisyindeksi	mNm <sup>2</sup> /g	3,56	3,85	4,09	3,38	4,11	3,58	3,76	
Tuhka	%	0	0	0	0	0	0	0	
Kosteus	%	4,0	4,2	4,2	4,7	4,5	4,2	4,3	

PVM: 16.2.2010		Näyte: Koivu 40min							
Mittauspöytäkirja		1	2	3	4	5	6	x	s
Suure	mittaus								
Neliömassa	g/m <sup>2</sup>	89,7	96,1	86,8	89,7	89,7	89,7	90,3	
Paksuus	um	169	144	163	154	147	148	154,16	
Tiheys	kg/dm <sup>3</sup>	0,531	0,667	0,533	0,584	0,61	0,606	0,589	
Bulkki	dm <sup>3</sup> /g	1,884	1,498	1,878	1,717	1,639	1,649	1,711	
Vaaleus	%								
Opasiteetti	%								
Kiilto	%	3,8	3,7	3,5	3,9	3,6	3,6	3,7	0,15
Sileys, PPS	0.5 Mpa	13,66	12,99	13,49	13,61	12,65	12,89	13,21	0,42
	1.0 Mpa	11,79	11,45	12,15	12,02	11,12	11,47	11,67	0,39
	2.0 Mpa	10,21	10,13	10,71	10,69	9,64	9,8	10,19	0,44
Sileys, Bendtsen	ml/min	2570	1883	2191	2227	1789	1807	2078	307,1
Ilmanläpäisevyys	ml/min	221	128	124	160	179	111	148	41
Vetolujuus	kN/m	7,643	8,107	7,57	8,685	9,467	9,833	8,551	946,9
Vetoindeksi	Nm/g	85,21	84,36	87,21	96,82	105,54	109,62	94,79	
Venymä	%	2,44	2,96	2,13	3,06	3,27	3,36	2,87	0,49
TEA	J/m <sup>2</sup>	128,4	171	109,2	179,7	215,6	235	173,1	48,52
Repäisylujuus	mN	391	358	385	387	329	391	373,5	
Repäisyindeksi	mNm <sup>2</sup> /g	4,36	3,73	4,44	4,31	3,67	4,36	4,15	
Tuhka	%	0	0	0	0	0	0	0	
Kosteus	%	4,6	4,6	4,5	4,1	4,9	4,7	4,6	

PVM: 16.2.2010		Näyte: Koivu 60min							
Mittauspöytäkirja		1	2	3	4	5	6	x	s
Suure	mittaus								
Neliömassa	g/m <sup>2</sup>	89,7	86,8	89,7	89,7	86,8	89,7	88,7	
Paksuus	um	142	153	139	146	144	163	147,8	
Tiheys	kg/dm <sup>3</sup>	0,631	0,567	0,645	0,614	0,602	0,55	0,601	
Bulkki	dm <sup>3</sup> /g	1,583	1,762	1,549	1,627	1,658	1,817	1,666	
Vaaleus	%								
Opasiteetti	%								
Kiilto	%	3,8	3,3	3,8	4,2	4	3,7	3,8	0,3
Sileys, PPS	0.5 Mpa	13,02	13,88	12,92	12,92	12,99	13,88	13,27	0,47
	1.0 Mpa	11,69	12,72	11,86	11,84	11,72	12,41	12,04	0,42
	2.0 Mpa	10,04	9,85	10,31	9,95	10,32	11,28	10,29	0,52
Sileys, Bendtsen	ml/min	1556	2690	1853	1916	2139	2692	2141	465
Ilmanläpäisevyys	ml/min	7	5	5	4	4	3	5	1,5
Vetolujuus	kN/m	8,864	9,735	9,556	8,246	9,516	9,337	9,209	557,6
Vetoindeksi	Nm/g	98,81	112,15	106,53	91,92	109,63	104,09	103,85	
Venymä	%	2,43	2,85	2,51	2,25	2,68	2,42	2,52	0,21
TEA	J/m <sup>2</sup>	154,7	197,5	171,8	130,7	183,6	163,7	167	23,28
Repäisylujuus	mN	449	419	356	366	411	327	388	
Repäisyindeksi	mNm <sup>2</sup> /g	5	4,83	3,97	4,08	4,74	3,65	4,38	
Tuhka	%	0	0	0	0	0	0	0	
Kosteus	%	5,1	4,8	4,6	4,6	4,4	4,5	4,7	

PVM: 18.2.2010		Näyte: Euca 5min							
Mittauspöytäkirja		1	2	3	4	5	6	x	s
Suure	mittaus								
Neliömassa	g/m <sup>2</sup>	103,5	99,6	107,6	92,8	99,6	99,6	100,5	
Paksuus	um	212	224	201	229	228	217	218,5	
Tiheys	kg/dm <sup>3</sup>	0,488	0,445	0,535	0,405	0,437	0,459	0,462	
Bulkki	dm <sup>3</sup> /g	2,048	2,249	1,868	2,468	2,289	2,179	2,183	
Vaaleus	%								
Opasiteetti	%								
Kiilto	%	3,2	3,5	3,4	3,5	3,3	3,5	3,4	0,13
Sileys, PPS	0.5 Mpa	12,96	12,13	12,08	12,5	12,89	12,66	12,54	0,37
	1.0 Mpa	11,07	10,46	9,99	10,73	10,7	10,94	10,65	0,39
	2.0 Mpa	9,59	8,42	8,51	8,8	8,77	8,66	8,79	0,42
Sileys, Bendtsen	ml/min	2343	2333	2207	2453	2490	2326	2359	101,3
Ilmanläpäisevyys	ml/min	3584	3581	3554	3583	3584	3584	3578	12
Vetolujuus	kN/m	2,857	3,215	2,857	3,012	3,118	3,24	3,05	169,6
Vetoindeksi	Nm/g	27,6	32,28	26,55	32,46	31,31	32,53	30,46	
Venymä	%	1,61	1,74	1,44	1,22	1,9	1,5	1,57	0,24
TEA	J/m <sup>2</sup>	32,26	38,5	27,73	24,04	41,77	32,99	32,88	6,568
Repäisylujuus	mN	186	166	178	151	182	174	172,8	
Repäisyindeksi	mNm <sup>2</sup> /g	1,79	1,67	1,65	1,63	1,83	1,75	1,72	
Tuhka	%	0	0	0	0	0	0	0	
Kosteus	%	4,5	4,4	4,4	4,7	4,6	4,9	4,6	

PVM: 18.2.2010		Näyte: Euca 20min							
Mittauspöytäkirja		1	2	3	4	5	6	x	s
Suure	mittaus								
Neliömassa	g/m <sup>2</sup>	103,4	103,4	92,8	96,1	96,1	103,4	99,2	
Paksuus	um	188	181	205	200	195	194	193,8	
Tiheys	kg/dm <sup>3</sup>	0,55	0,569	0,453	0,481	0,493	0,533	0,513	
Bulkki	dm <sup>3</sup> /g	1,818	1,757	2,209	2,081	2,029	1,876	1,962	
Vaaleus	%								
Opasiteetti	%								
Kiilto	%	3,4	3,6	3,6	3,4	3,3	3,3	3,4	0,14
Sileys, PPS	0.5 Mpa	12,33	12,18	13,03	12,79	12,63	12,6	12,59	0,31
	1.0 Mpa	10,7	10,65	11,27	10,84	11,39	11,35	11,03	0,34
	2.0 Mpa	9,01	8,8	9,37	9,31	9	8,74	9,04	0,21
Sileys, Bendtsen	ml/min	2215	2107	2858	2413	2478	2488	2398	259
Ilmanläpäisevyys	ml/min	2707	2426	2314	2063	2258	2503	2379	220,7
Vetolujuus	kN/m	4,737	4,624	4,974	5,625	5,071	4,933	4,994	349,6
Vetoindeksi	Nm/g	45,81	44,72	53,59	58,53	52,78	47,71	50,52	
Venymä	%	2,24	2,47	2,9	2,46	2,44	2,46	2,49	0,22
TEA	J/m <sup>2</sup>	75,19	81,79	102,8	98,9	87,57	85,82	88,69	10,43
Repäisylujuus	mN	267	288	309	309	247	222	273,7	
Repäisyindeksi	mNm <sup>2</sup> /g	2,58	2,79	3,33	3,22	2,57	2,15	2,77	
Tuhka	%	0	0	0	0	0	0	0	
Kosteus	%	4,8	4,7	4,5	4,7	4,4	4,9	4,7	



PVM: 18.2.2010		Näyte: Euca 40min							
Mittauspöytäkirja		1	2	3	4	5	6	x	s
Suure	mittaus								
Neliömassa	g/m <sup>2</sup>	99,6	99,6	99,6	99,6	103,4	107,6	101,6	
Paksuus	um	179	168	176	177	167	167	172,3	
Tiheys	kg/dm <sup>3</sup>	0,556	0,593	0,566	0,563	0,619	0,644	0,59	
Bulkki	dm <sup>3</sup> /g	1,797	1,687	1,767	1,776	1,615	1,552	1,699	
Vaaleus	%								
Opasiteetti	%								
Kiilto	%	3,5	3,4	3,5	3,4	3,2	3,3	3,4	0,12
Sileys, PPS	0.5 Mpa	13,18	12,54	12,41	12,32	12,3	13,21	12,66	0,42
	1.0 Mpa	11,7	11,03	11,11	11,09	10,52	11,61	11,18	0,43
	2.0 Mpa	9,53	9,23	9,31	9,62	8,99	9,83	9,42	0,3
Sileys, Bendtsen	ml/min	2156	1799	1661	2187	1735	2509	2008	330
Ilmanläpäisevyys	ml/min	937	754	942	876	832	787	855	77,6
Vetolujuus	kN/m	5,25	6,512	6,911	6,813	6,659	4,664	6,135	940,6
Vetoindeksi	Nm/g	52,71	65,38	69,39	68,4	64,4	43,35	60,61	
Venymä	%	1,93	2,8	3	3,23	3,17	1,9	2,67	0,6
TEA	J/m <sup>2</sup>	69	130,1	147,6	159	149,6	62,18	119,6	42,9
Repäisylujuus	mN	315	321	305	399	436	300	346	
Repäisyindeksi	mNm <sup>2</sup> /g	3,16	3,22	3,06	4,01	4,22	2,79	3,41	
Tuhka	%	0	0	0	0	0	0	0	
Kosteus	%	4,3	4,6	4,4	4,4	4,8	4,1	4,4	

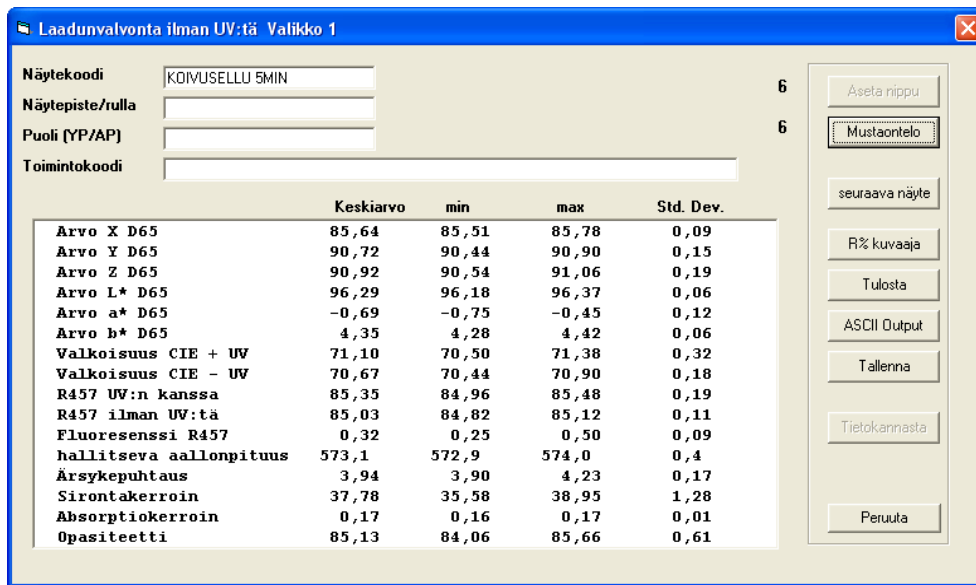
PVM: 18.2.2010		Näyte: Euca 60min							
Mittauspöytäkirja		1	2	3	4	5	6	x	s
Suure	mittaus								
Neliömassa	g/m <sup>2</sup>	99,6	96,1	99,6	96,1	103,4	99,6	99,1	
Paksuus	um	163	180	166	172	166	166	168,8	
Tiheys	kg/dm <sup>3</sup>	0,611	0,534	0,6	0,559	0,623	0,6	0,588	
Bulkki	dm <sup>3</sup> /g	1,637	1,873	1,667	1,789	1,605	1,667	1,706	
Vaaleus	%								
Opasiteetti	%								
Kiilto	%	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,2	3,3	0,08
Sileys, PPS	0.5 Mpa	12,86	13,89	12,27	12,7	13,18	13,58	13,08	0,59
	1.0 Mpa	11,73	12,19	11,31	11,85	11,82	11,82	11,79	0,28
	2.0 Mpa	9,95	10,57	9,78	9,83	9,91	10,33	10,06	0,3
Sileys, Bendtsen	ml/min	1948	2693	1714	2368	2245	2352	2220	345
Ilmanläpäisevyys	ml/min	209	197	205	195	214	162	197	18,5
Vetolujuus	kN/m	8,278	7,668	8,555	8,791	8,417	7,391	8,183	541,2
Vetoindeksi	Nm/g	83,11	79,79	85,89	91,48	81,4	74,21	82,65	
Venymä	%	3,72	3,09	3,09	3,83	3,52	2,83	3,35	0,4
TEA	J/m <sup>2</sup>	224	173,6	191,6	244,1	214,1	150,2	199,6	34,52
Repäisylujuus	mN	372	317	319	360	346	399	352,2	
Repäisyindeksi	mNm <sup>2</sup> /g	3,73	3,29	3,2	3,75	3,35	4,01	3,56	
Tuhka	%	0	0	0	0	0	0	0	
Kosteus	%	4,0	4,3	4,1	4,6	4,1	4,4	4,3	

PVM:18.2.2010		Näyte: Bambu 5min							
Mittauspöytäkirja		1	2	3	4	5	6	x	s
Suure	mittaus								
Neliömassa	g/m <sup>2</sup>	86,8	84,1	81,5	84,1	92,7	92,7	87	
Paksuus	um	248	248	249	243	218	238	240,7	
Tiheys	kg/dm <sup>3</sup>	0,35	0,339	0,327	0,346	0,425	0,389	0,362	
Bulkki	dm <sup>3</sup> /g	2,857	2,949	3,058	2,89	2,352	2,57	2,779	
Vaaleus	%								
Opasiteetti	%								
Kiilto	%	3,3	3,4	3,2	3,4	3,7	3,5	3,4	0,17
Sileys, PPS	0.5 Mpa	13,83	13,02	13,48	13,09	12,4	12,81	13,11	0,5
	1.0 Mpa	12,26	11,36	11,94	11,06	10,96	10,95	11,42	0,55
	2.0 Mpa	9,93	9,6	9,86	9,06	8,91	9,18	9,42	0,43
Sileys, Bendtsen	ml/min	3569	2924	2724	2427	2552	2979	2870	403
Ilmanläpäisevyys	ml/min	2984	3189	2726	3384	3056	3578	3153	301,7
Vetolujuus	kN/m	3,207	3,858	3,126	3,378	3,004	2,654	3,204	401,9
Vetoindeksi	Nm/g	36,94	45,87	38,35	40,16	32,4	28,62	37,05	
Venymä	%	1,64	1,89	1,28	2,12	1,54	1,04	1,59	0,39
TEA	J/m <sup>2</sup>	36,29	52,6	27,41	51,78	32,46	17,84	36,4	13,71
Repäisylujuus	mN	340	263	296	259	278	253	281,5	
Repäisyindeksi	mNm <sup>2</sup> /g	3,91	3,12	3,63	3,07	2,99	2,72	3,24	
Tuhka	%	0	0	0	0	0	0	0	
Kosteus	%	4,8	4,7	4,9	4,2	4,8	4,6	4,7	

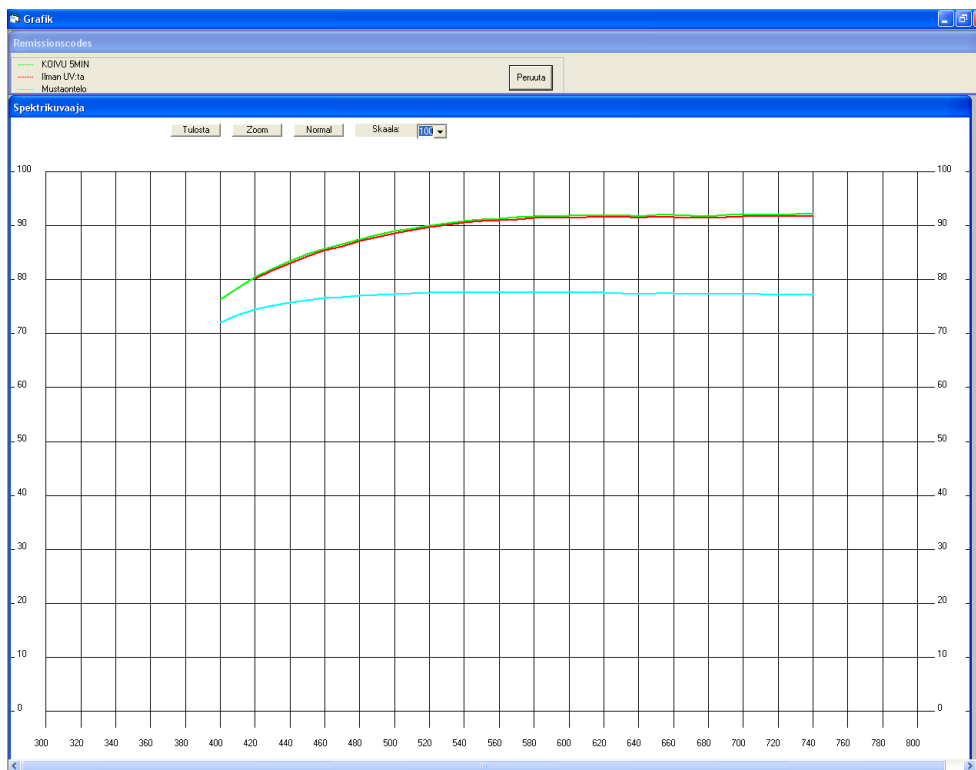
PVM: 18.2.2010		Näyte: Bambu 20min							
Mittauspöytäkirja		1	2	3	4	5	6	x	s
Suure	mittaus								
Neliömassa	g/m <sup>2</sup>	74,7	92,7	89,7	86,8	86,8	84,1	85,8	
Paksuus	um	246	204	220	217	222	225	222,3	
Tiheys	kg/dm <sup>3</sup>	0,303	0,454	0,407	0,4	0,39	0,373	0,387	
Bulkki	dm <sup>3</sup> /g	3,3	2,202	2,457	2,5	2,564	2,68	2,617	
Vaaleus	%								
Opasiteetti	%								
Kiilto	%	3,5	3,5	3,3	3,4	3,5	3,5	3,5	0,08
Sileys, PPS	0.5 Mpa	13,65	13,13	13,92	13,36	13,78	13,25	13,51	0,32
	1.0 Mpa	11,83	11,69	11,99	12,2	12,12	12,17	12	0,2
	2.0 Mpa	10,08	9,57	10,47	9,81	10,03	9,83	9,97	0,31
Sileys, Bendtsen	ml/min	2586	2038	2661	2956	2386	2617	2541	307,1
Ilmanläpäisevyys	ml/min	1355	1828	1491	1428	1704	1361	1528	195
Vetolujuus	kN/m	6,015	4,387	4,225	4,681	5,535	4,819	4,944	694,2
Vetoindeksi	Nm/g	80,52	47,32	47,1	53,92	63,76	57,3	58,32	
Venymä	%	1,9	1,86	1,47	2,03	2,76	1,77	1,96	0,43
TEA	J/m <sup>2</sup>	79,26	58,17	40,45	65,17	112,8	58,74	69,09	24,79
Repäisylujuus	mN	626	568	407	531	531	368	505,2	
Repäisyindeksi	mNm <sup>2</sup> /g	8,38	6,12	4,53	6,11	6,11	4,37	5,93	
Tuhka	%	0	0	0	0	0	0	0	
Kosteus	%	4,4	4,7	5,1	4,8	4,8	4,3	4,7	

PVM: 18.2.2010		Näyte: Bambu 40min							
Mittauspöytäkirja		1	2	3	4	5	6	x	s
Suure	mittaus								
Neliömassa	g/m <sup>2</sup>	89,7	89,7	86,8	92,7	89,7	86,8	89,2	
Paksuus	um	206	198	201	197	192	204	199,7	
Tiheys	kg/dm <sup>3</sup>	0,435	0,453	0,431	0,47	0,467	0,425	0,446	
Bulkki	dm <sup>3</sup> /g	2,298	2,207	2,32	2,127	2,141	2,352	2,24	
Vaaleus	%								
Opasiteetti	%								
Kiilto	%	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	0
Sileys, PPS	0.5 Mpa	12,95	12,72	12,81	13,21	13,02	13,17	12,98	0,19
	1.0 Mpa	12,01	11,36	11,23	11,6	11,71	11,46	11,56	0,28
	2.0 Mpa	9,99	9,64	9,3	9,61	9,73	9,67	9,66	0,22
Sileys, Bendtsen	ml/min	2485	2198	1831	2533	2240	2254	2257	250,3
Ilmanläpäisevyys	ml/min	537	439	427	547	459	508	486	51,4
Vetolujuus	kN/m	6,699	6,593	6,724	6,39	6,309	6,504	6,536	166,9
Vetoindeksi	Nm/g	74,68	73,5	77,46	68,93	70,33	74,93	73,3	
Venymä	%	3,05	2,62	2,37	2,82	2,62	2,59	2,68	0,23
TEA	J/m <sup>2</sup>	148,9	124	113,4	130,5	119,2	121,6	126,2	12,44
Repäisylujuus	mN	372	525	501	446	421	240	417,5	
Repäisyindeksi	mNm <sup>2</sup> /g	4,14	5,85	5,77	4,81	4,69	2,76	4,67	
Tuhka	%	0	0	0	0	0	0	0	
Kosteus	%	4,5	4,3	4,5	4,7	4,2	4,1	4,4	

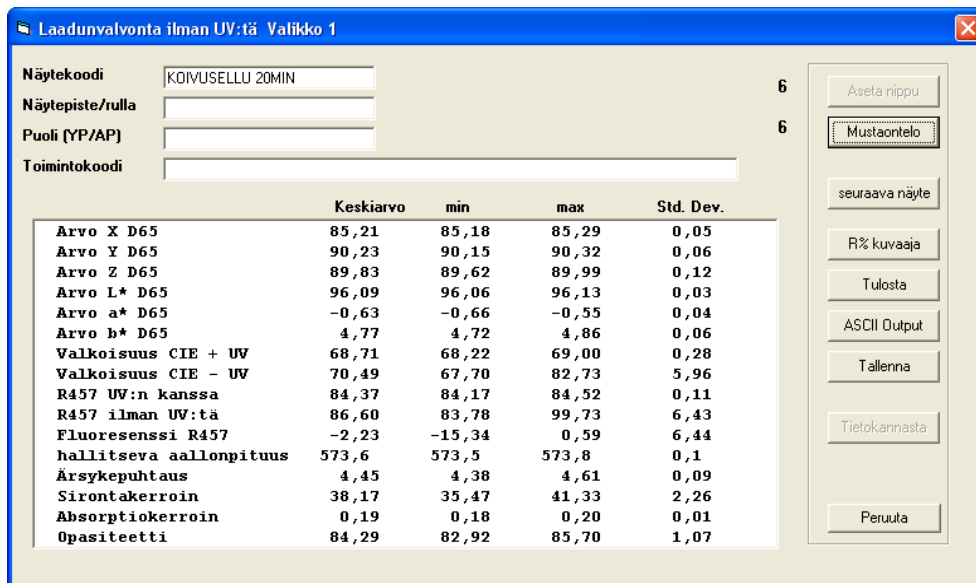
PVM: 18.2.2010		Näyte: Bambu 60min							
Mittauspöytäkirja		1	2	3	4	5	6	x	s
Suure	mittaus								
Neliömassa	g/m <sup>2</sup>	84,1	84,1	86,8	86,8	89,7	86,8	86,4	
Paksuus	um	191	199	191	186	186	187	190	
Tiheys	kg/dm <sup>3</sup>	0,443	0,422	0,454	0,466	0,482	0,464	0,455	
Bulkki	dm <sup>3</sup> /g	2,257	2,369	2,202	2,145	2,074	2,155	2,2	
Vaaleus	%								
Opasiteetti	%								
Kiilto	%	3,2	3,3	3,2	3,2	3,3	3,3	3,2	0,05
Sileys, PPS	0.5 Mpa	12,68	13,12	13,06	13,28	13,24	12,85	13,04	0,23
	1.0 Mpa	11,23	11,15	11,69	11,93	12,12	11,28	11,57	0,4
	2.0 Mpa	9,67	9,71	10,12	10,01	10,31	9,82	9,94	0,25
Sileys, Bendtsen	ml/min	1546	2077	1769	2149	1900	1929	1895	217,7
Ilmanläpäisevyys	ml/min	164	159	162	150	181	111	154	23,7
Vetolujuus	kN/m	7,774	8,181	7,66	7,896	6,992	7,53	7,672	400,4
Vetoindeksi	Nm/g	92,43	97,27	88,24	90,96	77,94	86,75	88,93	
Venymä	%	2,5	2,52	2,44	2,29	2,14	2,39	2,38	0,15
TEA	J/m <sup>2</sup>	141,2	148,2	133,8	129,5	104,3	128,7	131	15,03
Repäisylujuus	mN	305	307	271	271	302	263	286,5	
Repäsiyindeksi	mNm <sup>2</sup> /g	3,62	3,65	3,12	3,12	3,36	3,02	3,31	
Tuhka	%	0	0	0	0	0	0	0	
Kosteus	%	4,3	4,3	4,8	4,5	4,9	4,2	4,5	



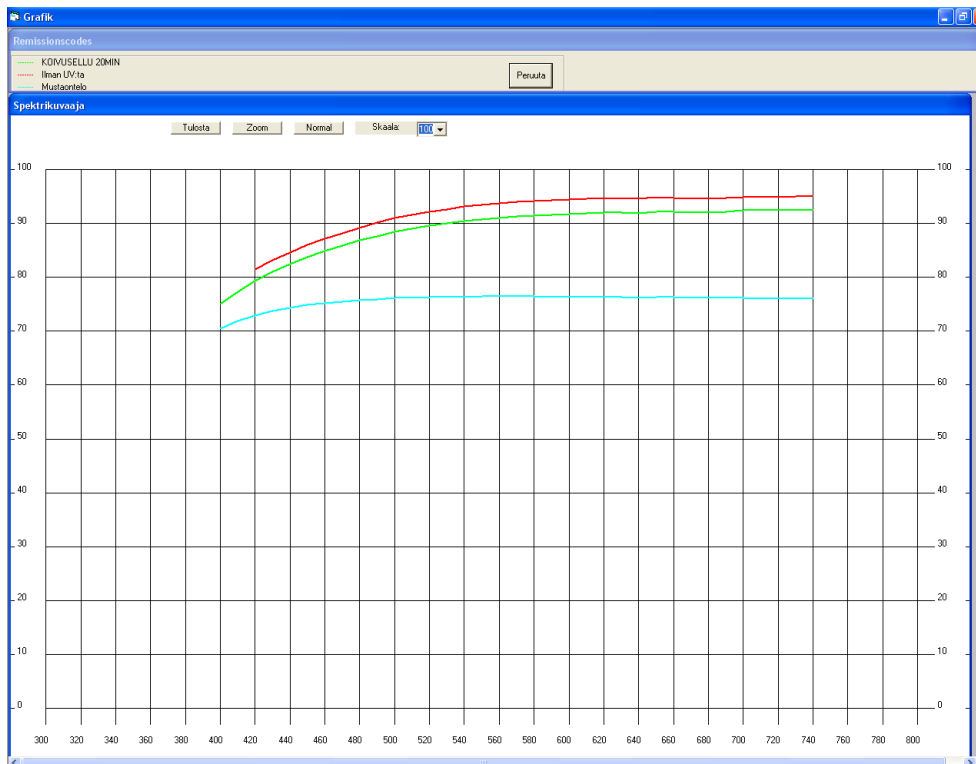
Kuva 1. Koivusellun (5 min 96,3 g/m<sup>2</sup>) ominaisuudet mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 16.2.2010.



Kuva 2. Koivusellun (5 min 96,3 g/m<sup>2</sup>) värin intensiteettijakauma aallonpituusalueella 400-740 (nm) mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 16.2.2010.



Kuva 3. Koivusellun (20 min 89,5g/m<sup>2</sup>) ominaisuudet mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 16.2.2010.



Kuva 4. Koivusellun (20 min 89,5 g/m<sup>2</sup>) värin intensiteettijakauma aallonpituusalueella 400-740 (nm) mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 16.2.2010.



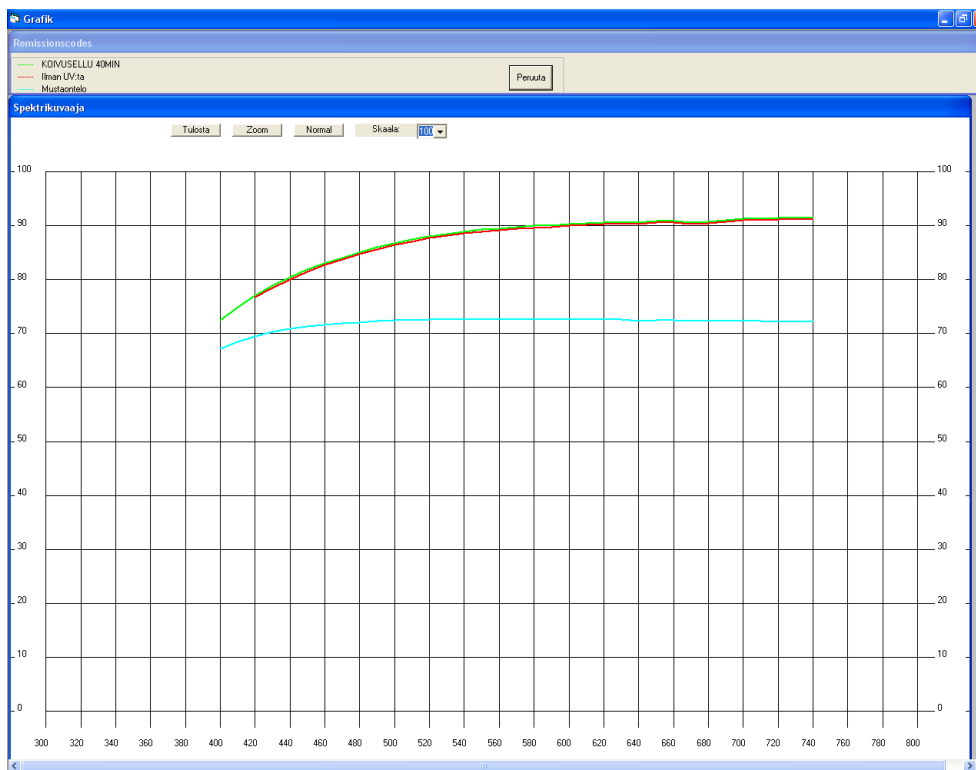
Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: KOIVUSELLU 40MIN  
 Näytepiste/rulla:   
 Puoli (YP/AP):   
 Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	83,72	83,49	83,88	0,13
Arvo Y D65	88,68	88,41	88,85	0,15
Arvo Z D65	87,73	87,59	87,82	0,08
Arvo L* D65	95,45	95,33	95,52	0,06
Arvo a* D65	-0,67	-0,70	-0,64	0,02
Arvo b* D65	5,13	5,04	5,19	0,06
Valkoisuus CIE + UV	65,38	65,24	65,54	0,12
Valkoisuus CIE - UV	64,87	64,70	65,06	0,15
R457 UV:n kanssa	82,46	82,33	82,55	0,08
R457 ilman UV:tä	82,10	81,97	82,20	0,08
Fluoresenssi R457	0,36	0,26	0,37	0,07
hallitseva aallonpituus	573,6	573,5	573,7	0,1
Ärsykepuhtaus	4,83	4,76	4,88	0,04
Sirontakerroin	30,99	29,43	33,24	1,39
Absorptiokerroin	0,21	0,20	0,23	0,01
Opasiteetti	81,54	80,47	82,95	0,91

6 Aseta nippu  
 6 Mustaontelo  
 seuraava näyte  
 R% kuvaaja  
 Tulosta  
 ASCII Output  
 Tallenna  
 Tietokannasta  
 Peruuta

Kuva 5. Koivusellun (40 min 90,3g/m<sup>2</sup>) ominaisuudet mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 16.2.2010.



Kuva 6. Koivusellun (40 min 90,3g/m<sup>2</sup>) värin intensiteettijakauma aallonpituusalueella 400-740 (nm) mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 16.2.2010.

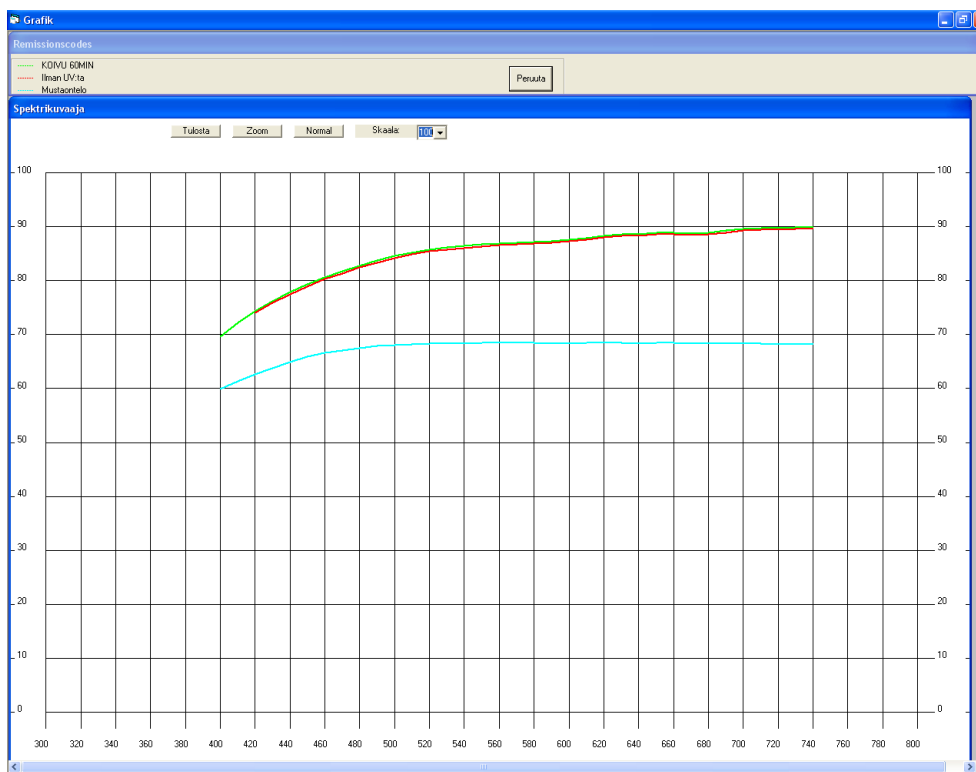
Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: KOIVU 60MIN  
 Näytepiste/rulla:   
 Puoli (YP/AP):   
 Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	81,33	80,42	82,34	0,84
Arvo Y D65	86,20	85,15	87,30	0,92
Arvo Z D65	85,06	84,30	85,70	0,63
Arvo L* D65	94,40	93,95	94,86	0,39
Arvo a* D65	-0,77	-0,90	-0,62	0,11
Arvo b* D65	5,25	5,00	5,58	0,25
Valkoisuus CIE + UV	62,15	61,81	62,70	0,40
Valkoisuus CIE - UV	61,57	61,10	62,19	0,43
R457 UV:n kanssa	80,02	79,29	80,64	0,61
R457 ilman UV:tä	79,63	78,93	80,22	0,60
Fluoresenssi R457	0,38	-0,15	0,98	0,51
hallitseva aallonpituus	573,5	573,1	574,1	0,4
Ärsykepuhtaus	4,92	4,58	5,19	0,24
Sirontakerroin	25,96	22,91	27,55	1,74
Absorptiokerroin	0,27	0,24	0,29	0,02
Opasiteetti	78,95	76,01	80,28	1,60

6 Aseta nippu  
 6 Mustaontelo  
 seuraava näyte  
 R% kuvaaja  
 Tulosta  
 ASCII Output  
 Tallenna  
 Tietokannasta  
 Peruuta

Kuva 7. Koivusellun (60 min 88,7g/m<sup>2</sup>) ominaisuudet mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 16.2.2010.



Kuva 8. Koivusellun (60 min 88,7g/m<sup>2</sup>) värin intensiteettijakauma aallonpituusalueella 400-740 (nm) mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 16.2.2010.

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

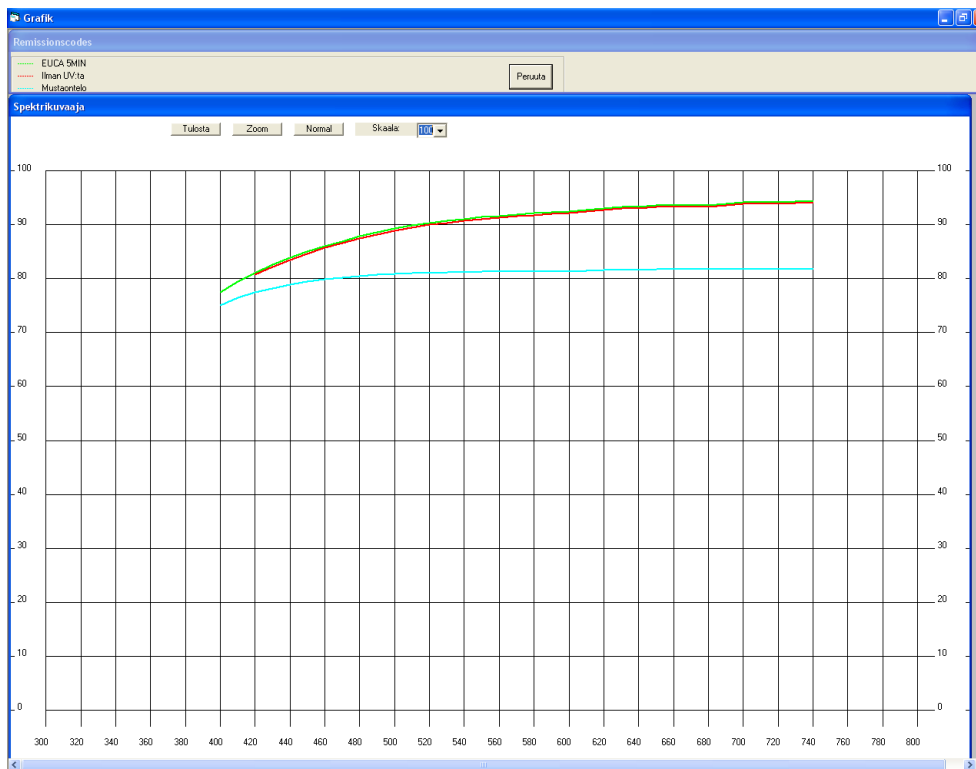
Näytekoodi: EUCA 5MIN  
 Näytepiste/rulla:   
 Puoli (YP/AP):   
 Toimintokoodi:

6  
 6

Aseta nippu  
 Mustaantelo  
 seuraava näyte  
 R% kuvaaja  
 Tulosta  
 ASCII Output  
 Tallenna  
 Tietokannasta  
 Peruuta

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	86,09	85,63	86,40	0,32
Arvo Y D65	91,00	90,55	91,35	0,33
Arvo Z D65	91,20	90,93	91,44	0,19
Arvo L* D65	96,41	96,22	96,55	0,14
Arvo a* D65	-0,36	-0,41	-0,26	0,06
Arvo b* D65	4,37	4,15	4,56	0,16
Valkoisuus CIE + UV	71,36	70,74	71,91	0,46
Valkoisuus CIE - UV	70,83	70,20	71,38	0,46
R457 UV:n kanssa	85,58	85,34	85,80	0,17
R457 ilman UV:tä	85,20	84,91	85,42	0,19
Fluoresenssi R457	0,38	0,12	0,42	0,15
hallitseva aallonpituus	574,5	574,4	574,8	0,2
Ärsykepuhtaus	4,11	3,86	4,27	0,16
Sirontakerroin	46,61	42,21	50,59	3,07
Absorptiokerroin	0,19	0,18	0,21	0,01
Opasiteetti	88,95	87,45	90,11	0,98

Kuva 9. Eucasellun (5 min 100,5g/m<sup>2</sup>) ominaisuudet mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.



Kuva 10. Eucasellun (5 min 100,5g/m<sup>2</sup>) värin intensiteettijakauma aallonpituusalueella 400-740(nm) mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

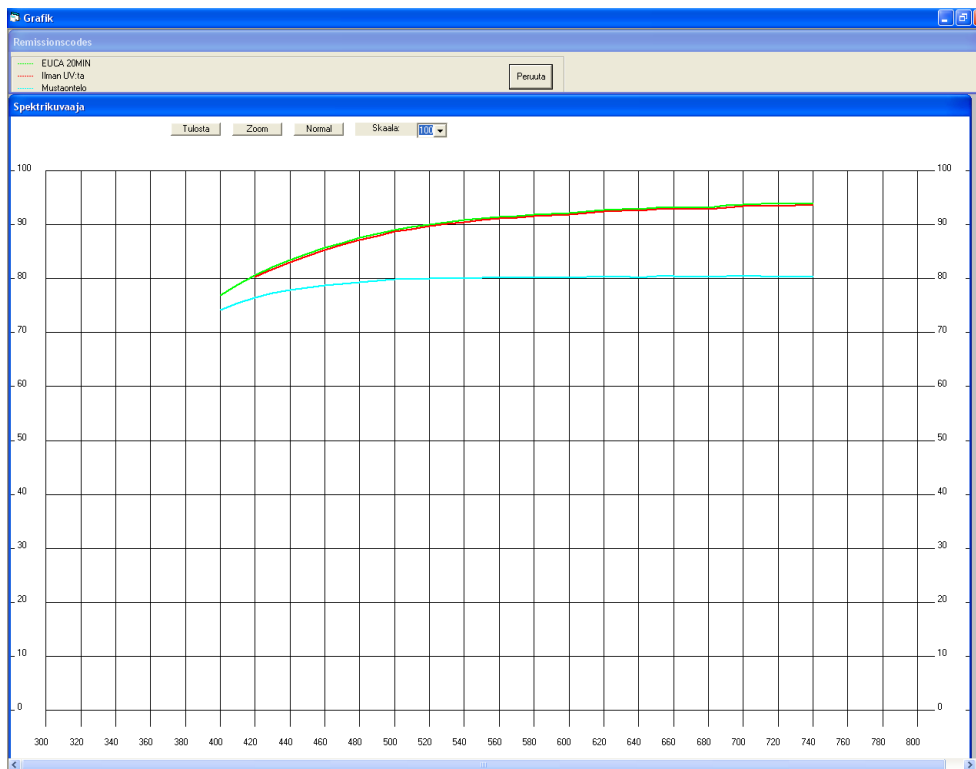
Näytekoodi: EUCA 20MIN  
 Näytepiste/rulla:   
 Puoli (YP/AP):   
 Toimintokoodi:

6  
6

Aseta nippu  
 Mustaontelo  
 seuraava näyte  
 R% kuvaaja  
 Tulosta  
 ASCII Output  
 Tallenna  
 Tietokannasta  
 Peruuta

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	85,80	85,64	85,98	0,13
Arvo Y D65	90,73	90,58	90,93	0,13
Arvo Z D65	90,79	90,66	90,88	0,07
Arvo L* D65	96,30	96,24	96,38	0,05
Arvo a* D65	-0,43	-0,58	-0,27	0,10
Arvo b* D65	4,46	4,37	4,59	0,09
Valkoisuus CIE + UV	70,65	70,27	71,03	0,28
Valkoisuus CIE - UV	70,10	69,69	70,43	0,26
R457 UV:n kanssa	85,22	85,11	85,31	0,06
R457 ilman UV:tä	84,84	84,76	84,92	0,05
Fluoresenssi R457	0,38	0,30	0,40	0,05
hallitseva aallonpituus	574,3	573,6	574,8	0,4
Ärsykepuhtaus	4,14	4,07	4,24	0,07
Sirontakerroin	43,56	41,17	46,47	2,14
Absorptiokerroin	0,19	0,18	0,21	0,01
Opasiteetti	87,96	87,07	88,94	0,75

Kuva 11. Eucasellun (20 min 99,2g/m<sup>2</sup>) ominaisuudet mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.



Kuva 12. Eucasellun (20 min 99,2g/m<sup>2</sup>) värin intensiteettijakauma aallonpituusalueella 400-740(nm) mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

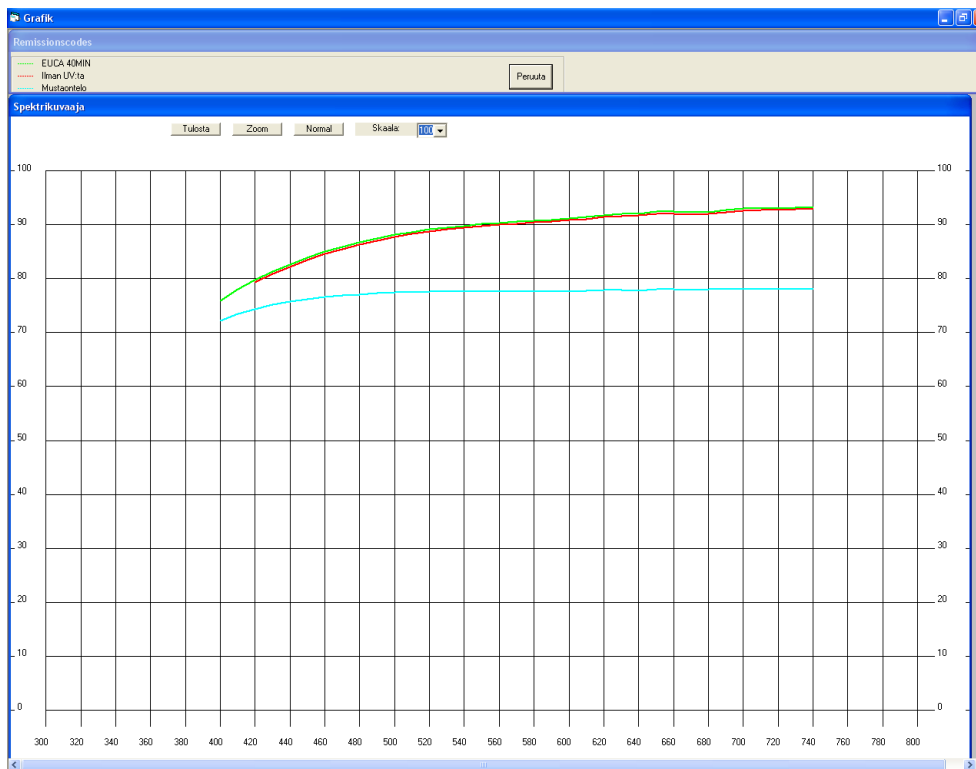
Näytekoodi: EUCA 40MIN  
 Näytepiste/rulla:   
 Puoli (YP/AP):   
 Toimintokoodi:

6  
6

Aseta nippu  
 Mustaontelo  
 seuraava näyte  
 R% kuvaaja  
 Tulosta  
 ASCII Output  
 Tallenna  
 Tietokannasta  
 Peruuta

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	84,87	84,16	85,31	0,46
Arvo Y D65	89,75	88,95	90,25	0,54
Arvo Z D65	89,93	89,59	90,33	0,29
Arvo L* D65	95,89	95,56	96,10	0,22
Arvo a* D65	-0,41	-0,49	-0,19	0,12
Arvo b* D65	4,35	3,85	4,83	0,36
Valkoisuus CIE + UV	70,08	68,49	71,50	1,16
Valkoisuus CIE - UV	69,48	67,98	70,80	1,10
R457 UV:n kanssa	84,44	84,15	84,77	0,25
R457 ilman UV:tä	84,00	83,74	84,34	0,22
Fluoresenssi R457	0,43	0,18	0,74	0,19
hallitseva aallonpituus	574,4	573,9	575,2	0,5
Ärsykepuhtaus	4,06	3,65	4,46	0,29
Sirontakerroin	36,72	35,27	38,76	1,48
Absorptiokerroin	0,20	0,19	0,21	0,01
Opasiteetti	86,19	85,49	87,10	0,68

Kuva 13. Eucasellun (40 min 101,6g/m<sup>2</sup>) ominaisuudet mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.



Kuva 14. Eucasellun (40 min 101,6g/m<sup>2</sup>) värin intensiteettijakauma aallonpituusalueella 400-740(nm) mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

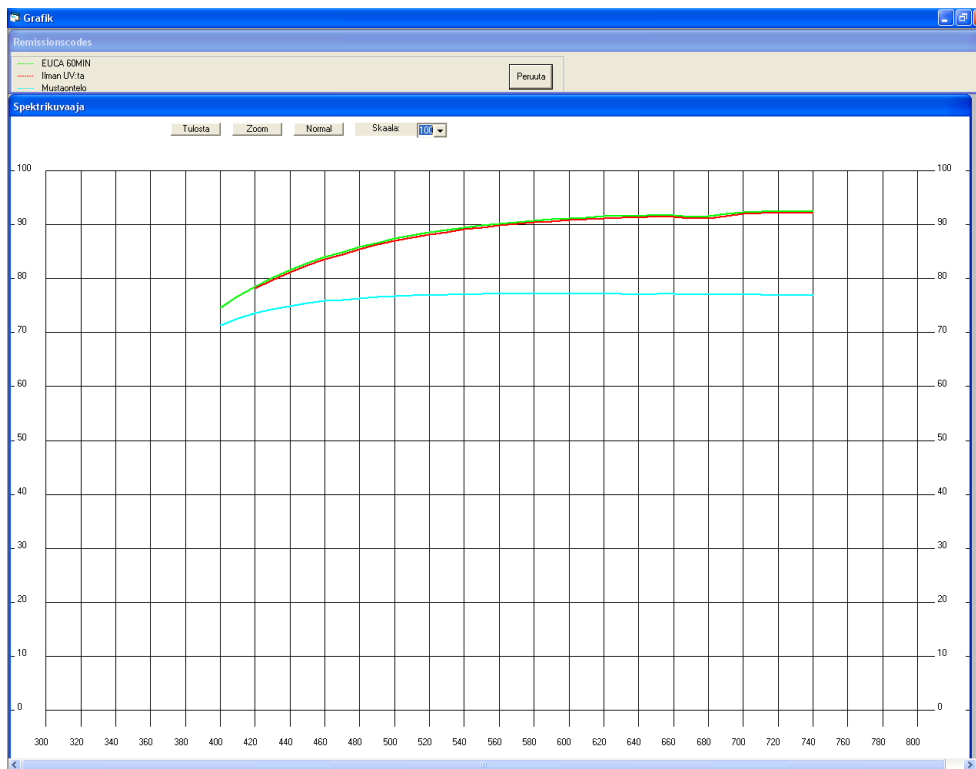
Näytekoodi: EUCA 60MIN  
 Näytepiste/rulla:   
 Puoli (YP/AP):   
 Toimintokoodi:

6  
6

Aseta nippu  
 Mustaontelo  
 seuraava näyte  
 R% kuvaaja  
 Tulosta  
 ASCII Output  
 Tallenna  
 Tietokannasta  
 Peruuta

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	84,55	84,26	85,08	0,29
Arvo Y D65	89,38	88,80	89,98	0,38
Arvo Z D65	88,84	87,70	89,71	0,73
Arvo L* D65	95,74	95,50	95,99	0,16
Arvo a* D65	-0,38	-0,53	0,12	0,25
Arvo b* D65	4,86	4,48	5,25	0,34
Valkoisuus CIE + UV	67,39	65,05	69,05	1,72
Valkoisuus CIE - UV	66,82	64,61	68,48	1,66
R457 UV:n kanssa	83,43	82,33	84,24	0,68
R457 ilman UV:tä	83,04	81,97	83,84	0,66
Fluoresenssi R457	0,39	0,22	1,46	0,59
hallitseva aallonpituus	574,5	573,8	575,9	0,8
Ärsykepuhtaus	4,60	4,17	5,21	0,41
Sirontakerroin	36,31	34,87	38,01	1,08
Absorptiokerroin	0,21	0,21	0,22	0,01
Opasiteetti	85,87	85,15	86,66	0,52

Kuva 15. Eucasellun (60 min 99,1g/m<sup>2</sup>) ominaisuudet mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.



Kuva 16. Eucasellun (60 min 99,1g/m<sup>2</sup>) värin intensiteettijakauma aallonpituusalueella 400-740(nm) mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.8.2010.

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: BAMBU 5MIN 6

Näytepiste/rulla: 6

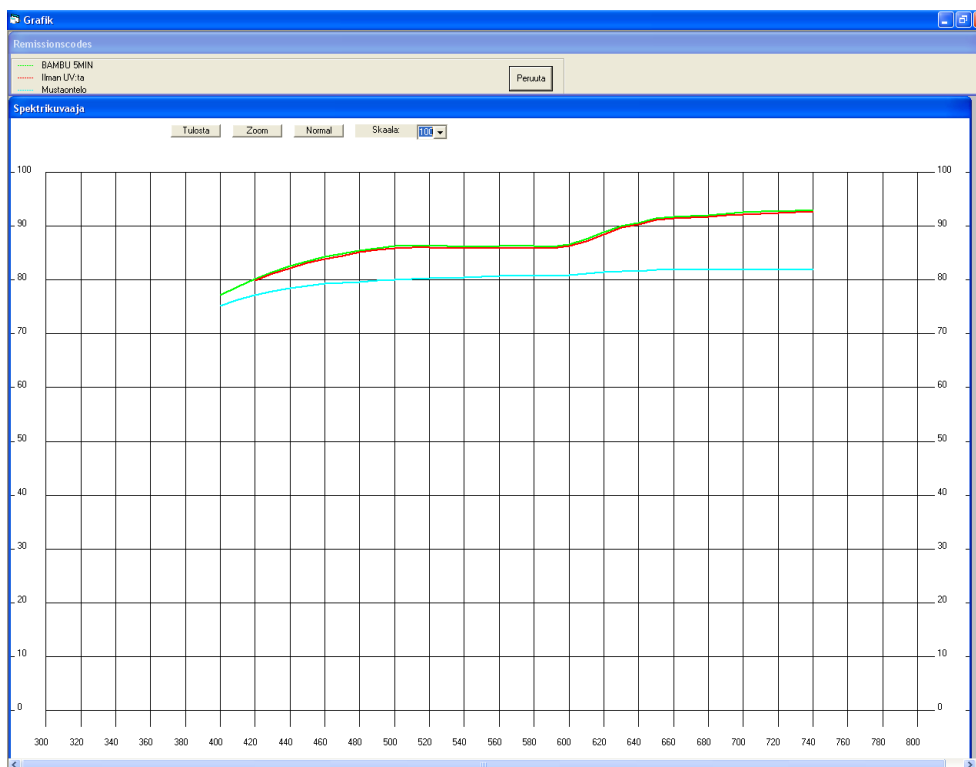
Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	82,00	81,18	82,72	0,65
Arvo Y D65	86,47	85,63	87,23	0,70
Arvo Z D65	89,41	89,07	89,98	0,33
Arvo L* D65	94,51	94,15	94,83	0,30
Arvo a* D65	0,03	-0,09	0,11	0,08
Arvo b* D65	2,34	1,96	2,73	0,33
Valkoisuus CIE + UV	75,77	74,52	76,62	0,87
Valkoisuus CIE - UV	75,39	74,07	76,27	0,91
R457 UV:n kanssa	83,81	83,51	84,32	0,30
R457 ilman UV:tä	83,47	83,16	83,96	0,29
Fluoresenssi R457	0,35	-0,14	0,55	0,26
hallitseva aallonpituus	577,6	576,4	579,2	1,1
Ärsykepuhtaus	2,25	1,84	2,68	0,34
Sirontakerroin	58,82	49,61	67,79	7,35
Absorptiokerroin	0,61	0,52	0,70	0,08
Opasiteetti	93,13	90,84	94,73	1,53

Buttons: Aseta nippu, Mustaontelo, seuraava näyte, R% kuvaaja, Tulosta, ASCII Output, Tallenna, Tietokannasta, Peruuta

Kuva 17. Bambusellun (5 min 87g/m<sup>2</sup>) ominaisuudet mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.



Kuva 18. Bambusellun (5 min 87g/m<sup>2</sup>) värin intensiteettijakauma aallonpituusalueella 400-740(nm) mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä.

Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: BAMBU 20MIN 6

Näyteste/rulla: 6

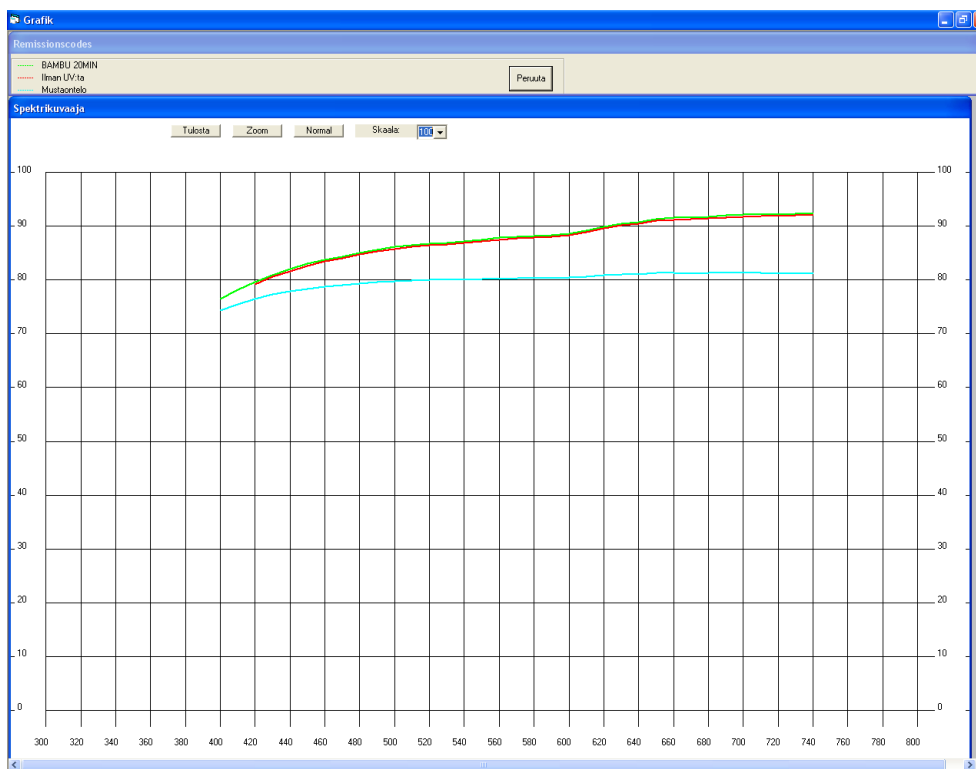
Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	82,98	81,98	83,67	0,78
Arvo Y D65	87,45	86,10	88,27	0,94
Arvo Z D65	88,89	88,45	89,19	0,31
Arvo L* D65	94,93	94,35	95,27	0,40
Arvo a* D65	0,12	-0,03	0,70	0,28
Arvo b* D65	3,43	2,65	3,91	0,50
Valkoisuus CIE + UV	71,85	70,53	73,97	1,32
Valkoisuus CIE - UV	71,42	70,10	73,53	1,34
R457 UV:n kanssa	83,32	82,92	83,60	0,29
R457 ilman UV:tä	82,97	82,61	83,25	0,28
Fluoresenssi R457	0,35	0,02	0,48	0,24
hallitseva aallonpituus	576,7	575,7	580,5	1,9
Ärsykepuhtaus	3,38	2,74	3,82	0,45
Sirontakerroin	55,55	49,01	67,89	6,93
Absorptiokerroin	0,48	0,42	0,59	0,06
Opasiteetti	91,45	89,64	93,93	1,59

Buttons: Aseta nippu, Mustaantelo, seuraava näyte, R% kuvaaja, Tulosta, ASCII Output, Tallenna, Tietokannasta, Peruuta

Kuva 19. Bambusellun (20 min 85,8g/m<sup>2</sup>) ominaisuudet mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.



Kuva 20. Bambusellun (20 min 85,8g/m<sup>2</sup>) värin intensiteettijakauma aallonpituusalueella 400-740(nm) mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.



Laadunvalvonta ilman UV:tä Valikko 1

Näytekoodi: BAMBU 40MIN 6

Näytepiste/rulla: 6

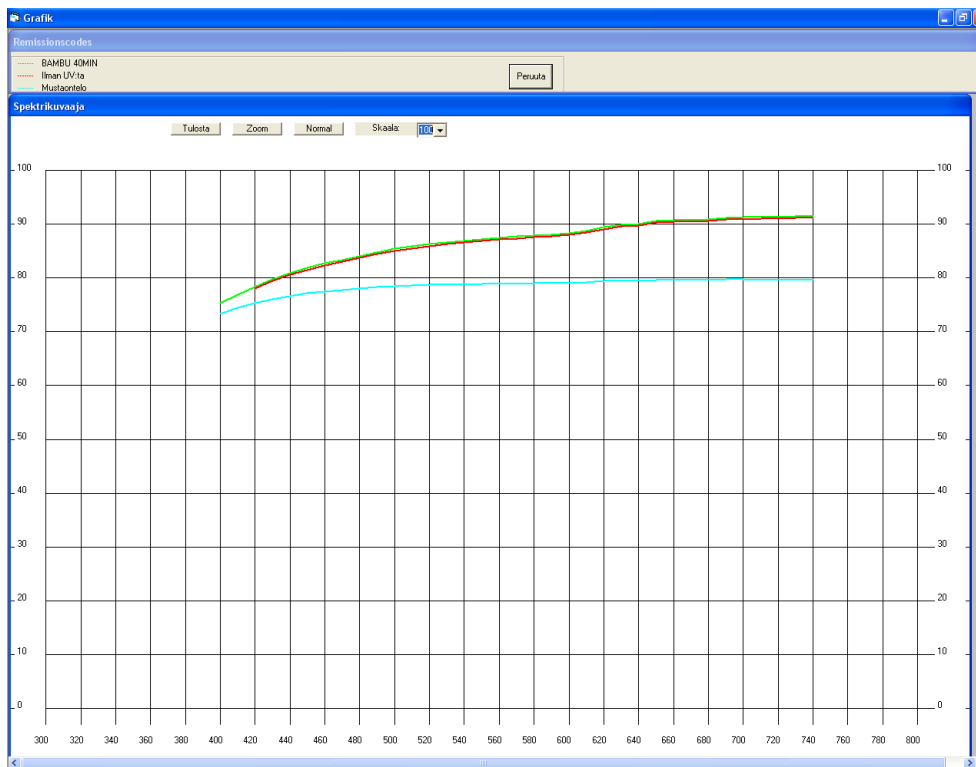
Puoli (YP/AP):

Toimintokoodi:

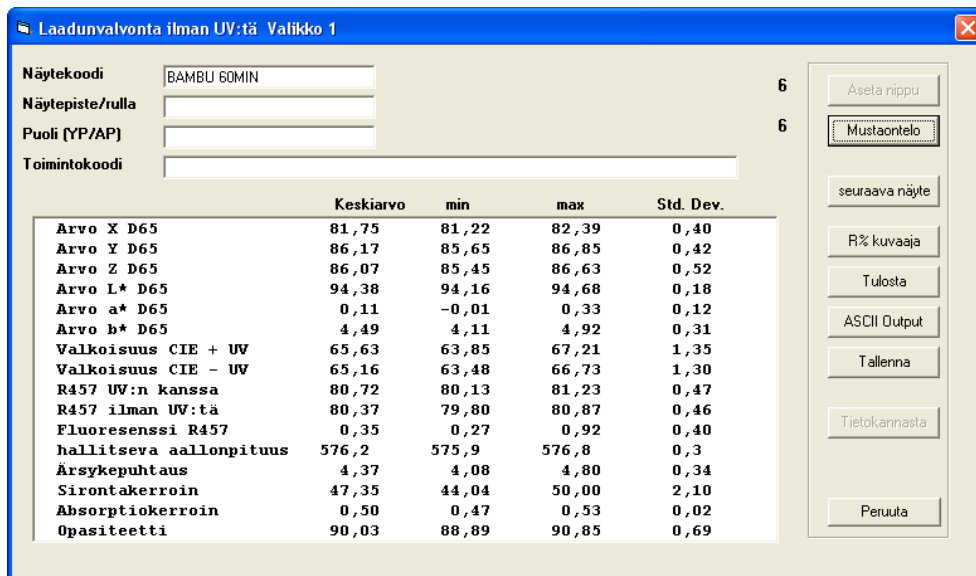
	Keskiarvo	min	max	Std. Dev.
Arvo X D65	82,47	81,32	83,10	0,62
Arvo Y D65	86,97	85,83	87,63	0,64
Arvo Z D65	87,75	87,36	88,06	0,29
Arvo L* D65	94,73	94,24	95,00	0,27
Arvo a* D65	0,01	-0,11	0,12	0,07
Arvo b* D65	3,88	2,84	4,29	0,60
Valkoisuus CIE + UV	69,28	67,71	72,80	2,08
Valkoisuus CIE - UV	68,85	67,35	72,39	2,09
R457 UV:n kanssa	82,27	81,92	82,55	0,26
R457 ilman UV:tä	81,94	81,60	82,24	0,26
Fluoresenssi R457	0,33	0,29	0,74	0,22
hallitseva aallonpituus	576,0	575,8	576,7	0,4
Ärsykepuhtaus	3,71	2,69	4,24	0,64
Sirontakerroin	48,33	44,30	52,44	3,09
Absorptiokerroin	0,45	0,41	0,49	0,03
Opasiteetti	90,40	89,06	91,56	0,95

Buttons: Aseta nippu, Mustaontelo, seuraava näyte, R% kuvaaja, Tulosta, ASCII Output, Tallenna, Tietokannasta, Peruuta

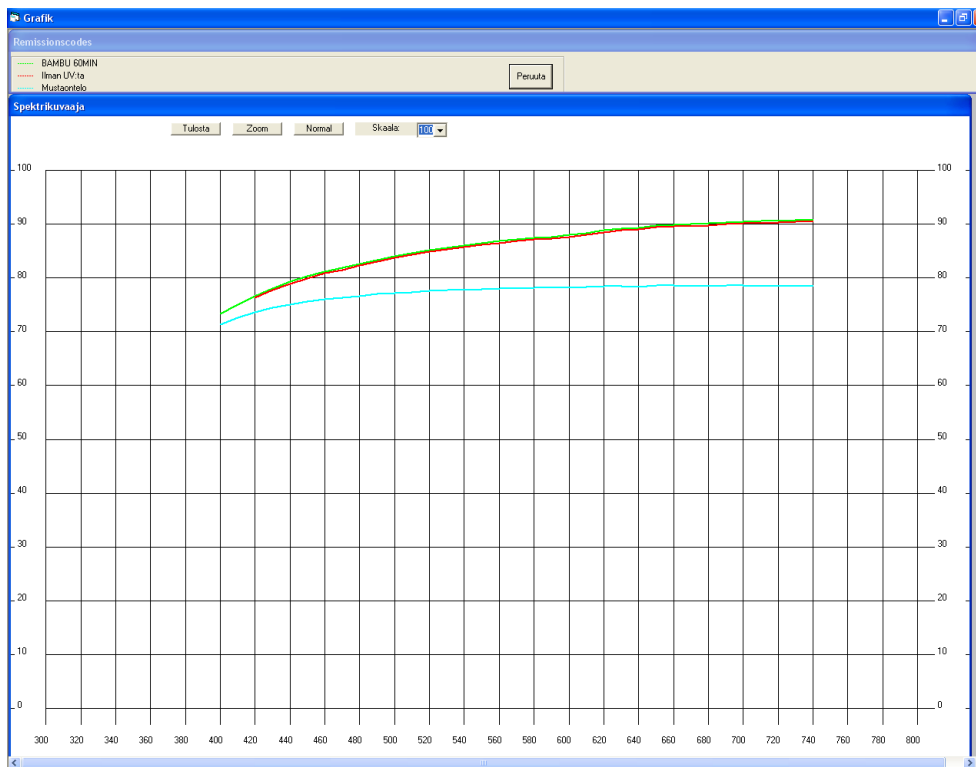
Kuva 21. Bambusellun (40 min 89,2g/m<sup>2</sup>) ominaisuudet mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.



Kuva 22. Bambusellun (40 min 89,2g/m<sup>2</sup>) värin intensiteettijakauma aallonpituusalueella 400-740(nm) mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.



Kuva 23. Bambusellun (60 min 86,4g/m<sup>2</sup>) ominaisuudet mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.



Kuva 24. Bambusellun (60 min 86,4g/m<sup>2</sup>) värin intensiteettijakauma aallonpituusalueella 400-740(nm) mitattuna Minolta-Spectrophotometrillä 18.2.2010.