

Johannes Järvenpää

**METSOMAPIN JA MANUAALISEN SUOTAUTUVUUS-
ANALYYSIN VERTAILU**

METSOMAPIN JA MANUAALISEN SUOTAUTUVUUS- ANALYYSIN VERTAILU

Johannes Järvenpää
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Laboratorioalan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Laboratorioalan koulutusohjelma, bioteknologian sv

Tekijä(t): Johannes Järvenpää
Opinnäytetyön nimi: MetsoMAPin ja manuaalisen suotautuvuusanalyysin vertailu
Työn ohjaaja(t): Matti Nieminen, Annukka Kieloaho
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2017 Sivumäärä: 24

Opinnäytetyö tehtiin Stora Enson tehtaalla Oulussa. Opinnäytetyön aiheena oli tutkia mahdollista eroa MetsoMAP-kuituanalyysattorin ja laboratoriossa suoritettun manuaalisen analyysin tulosten välillä.

MetsoMAP on kuitumassan fysikaalisia ominaisuuksia mittaava laite. Yksi laitteen analysoimista massan ominaisuuksista on suotautuvuus, joka kuvaa kuitumassan kykyä suodattaa vettä. Työssä vertailtiin MetsoMAP-laitteella mitattuja suotautuvuusarvoja manuaalisella Schopper-Riegler-analyysillä saatuihin arvoihin.

Vertailu toteutettiin analysoimalla näytesarja MetsoMAP-laitteella, minkä jälkeen suoritettiin vastaavat mittaukset vertailunäytteistä laboratoriossa. Mitattuja arvoja verrattiin, jolloin saatiin selville mahdollinen menetelmien välinen poikkeama.

Laitteen tulokset vastasivat hyvin Schopper-Riegler-analyysillä saatuja tuloksia. MetsoMAPilla mitatut arvot olivat keskimäärin 0,64 % manuaalisella analyysillä saatuja arvoja pienempiä. Molemmilla menetelmillä hajonnat olivat pieniä. MetsoMAPilla SR-lukujen suhteellinen keskihajonta oli keskimäärin 1,2230 % ja käsintehdyllä analyysillä 2,4812 %.

Saatujen tuloksien eroavaisuutta selittänee eriävät veden ominaisuudet. Jatkossa tutkimusta voisi jatkaa keskittyen veden ominaisuuksien vaikutukseen suotautuvuusanalyysiä tehtäessä.

Asiasanat: sellu, sakeus, suotautuminen, Schopper-Riegler, jauhatuste, MetsoMAP

ALKULAUSE

Kiitän graafisen tekniikan insinööri Annukka Kieloahoa opinnäytetyön tekemisen mahdollistamisesta Stora Enson tehtaalla ja tehtaan laboratorion henkilökuntaa avusta ja opastuksesta työhön liittyvissä asioissa.

Oulussa 28.1.2017

Johannes Järvenpää

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 STORA ENSO	8
3 PUUKUITU	9
3.1 Puun kemiallinen rakenne	9
3.2 Selluloosa	9
3.3 Hemiselluloosa	10
3.4 Ligniini	10
3.5 Sellu	11
4 KUIDUN JAUHATUS	12
4.1 Schopper-Riegler-analyysi	12
4.2 Metso pulp analyzer	14
5 MENETELMIEN VERTAILU	16
6 TULOKSET	18
7 YHTEENVETO	21
LÄHTEET	23

SANASTO

Ligniini	Puussa oleva kuituja sitova komponentti.
MetsoMAP	Metso Pulp Analyzer -kuituanalysointilaitteisto.
Opasiteetti	Kuvaa paperin läpinäkyvyyttä.
PK6	Paperikone 6.
Schopper-Riegler-analyysi	Suotautuvuuden määrittämiseen kehitetty menetelmä.
SR-luku	Schopper-Riegler-luku, suotautuvuutta kuvaava yksikkö.
Viira	Paperikoneen osa jonka päällä vesi suotautetaan sellumassasta.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Stora Enso Oyj:n Oulun tehtaalla. Sellutehtaalla valmistetaan täysvalkaistua sellua ja paperitehtaan puolella puuvapaata hienopaperia. Sellukuitu on paperin valmistuksen pääraaka-aine ja sen ominaisuuksilla on merkittävä vaikutus valmiin paperin ominaisuuksiin, mistä johtuen sellukuidun ominaisuuksia valvotaan monin eri menetelmin.

Yksi kuidun valvotuista ominaisuuksista on suotautuvuus, joka kuvaa kuidun kykyä suodattaa vettä. Tehtaalla suotautuvuutta mitataan manuaalisesti Schopper-Riegler-analyysillä ja automaattisella MetsoMAP-kuituanalysaattorilla.

Työssä vertaillaan Metso Pulp Analyzer -kuituanalysaattorin suotautuvuusmittauksen tuloksia laboratoriossa tehtävään manuaalisen Schopper-Riegler-analyysin tuloksiin. Vertailu toteutetaan suorittamalla mittaussarjat molempia menetelmiä käyttäen.

PK6:lla sijaitsevalle Metso Pulp Analyzer -kuituanalysaattorille on tehty näytelinjat eukalyptus-, koivu- ja mäntymassoille. Paperin valmistuksessa käytetään myös tehtaan sisäisestä kierrosta tulevaa hylkymassaa. Kuituanalysaattorilla ei ole automaattista näytelinjaa hylkymassalle, joten siitä ei myöskään saada kuituanalysaattorin tuloksia automaattisesti tapahtuvassa näytteiden ajossa. Hylkymassan käyttämisessä vertailunäytteenä on mahdollisuus myös suorittaa seuranta hylkykuidun ominaisuuksille. Toiseksi vertailumassaksi valittiin paperikone PK6:n lyhytkierron suodosvedellä laimentamaa massaa, joka on laimennettu seos paperin valmistuksessa käytettäviä kuitumassoja.

Valituille massoille suoritetaan analyysisarja molempia menetelmiä käyttäen. Saatuja tuloksia verrataan, jolloin saadaan selville mahdollinen menetelmien välinen ero.

2 STORA ENSO

Stora Enso on monikansallinen metsäteollisuusyhtiö. Stora Enso työllistää maailmanlaajuisesti noin 25000 työntekijää yli 35 maassa. Yhtiön osakkeet noteerataan Helsingin ja Tukholman pörseissä. Yhtiön vuosittainen tuotantokapasiteetti on 5,8 miljoonaa tonnia kemiallista sellua, 10,1 miljoonaa tonnia paperia ja kartonkia, 1,3 miljardia neliometriä aaltopahvia ja 5,4 miljoonaa kuutiometriä sahatavaraa. Vuonna 2016 yhtiön liikevaihto oli 9,8 miljardia euroa. (1.)

Stora Enson Oulun tehdas on yksi maailman suurimpia puuvapaiden taidepainopapereiden tuottajia. Tehdas tuottaa vuodessa miljoona tonnia puuvapaata hienopaperia ja 360 000 tonnia täysvalkaistua pitkäkuituista havusellua. (2.)

Tehtaan valttina on hyvä logistiikkajärjestelmä. Sellu ja muut raaka-aineet kulkevat suoraan varastoista ja tuotantolaitoksista putkia pitkin paperikoneille, joista valmistetut paperirullat kulkevat automatisoidulla kuljettimella arkittamolle. Arkittamolta leikatut arkkipalletit ja rullana lähtevät toimitukset siirtyvät kuljetinta pitkin satamaan odottamaan laivaan lastausta. Kuvassa 1 on ilmakuva Stora Enson Oulun tehtaasta.



KUVA 1. Stora Enson Oulun tehdas (3)

3 PUUKUITU

Puukuitu on paperin valmistuksen pääraaka-aine. Puu muodostuu suurimmaksi osaksi rungon suuntaisista soluista. Yksittäistä solua kutsutaan kuiduksi. Puussa kuidut ovat sidottuina toisiinsa muodostaen puulle ominaisen lujan rakenteen.

Kuidun ominaisuudet vaihtelevat puulajien välillä. Havupuiden kuitu on yleisesti ottaen lehtipuiden kuitua pitempää. Mäntykuidunpituus on noin kolminkertainen koivukuituun verrattuna. Puulajin lisäksi kuidun ominaisuuksiin vaikuttavia tekijöitä on kuidun sijainti puussa, puun ikä ja kasvuolosuhteet. Oksan kuitu on rungon kuitua lyhyempää ja rungon kuitu juuren kuitua lyhyempää. Puun vanhentuessa puun kasvu hidastuu ja hitaammin kasvaessa puu muodostaa pitempiä kuituja. Kasvuolosuhteet näkyvät kasvunopeuden lisäksi myös vuodenaikojen vaikutuksena kuidun ominaisuuksiin, kevät- ja kesäkuidun vaihteluna. (4, s. 33 - 35.)

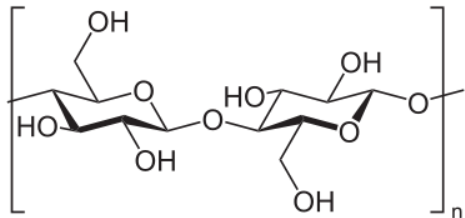
3.1 Puun kemiallinen rakenne

Elävän puun kokonaismassasta huomattavan suuri osa on nestettä. Nesteen osuus vaihtelee kasvukauden ja vallitsevien olosuhteiden mukaan. Keskimääräinen kosteuspitoisuus 40-50 % massasta. Puun kuiva-aineet jaotellaan puupolymeereihin ja uuteaineisiin. Puupolymeerit ovat selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini, ja nämä aineet kattavat yli 95 % koivun ja männyn kuiva-aineista. Muita puussa olevia orgaanisia aineita sanotaan uuteaineiksi, joita ovat puun pihkan muodostavat yhdisteet. Kotimaisilla puilla kuiva-aineesta alle 5 % on uuteaineita, mutta joillakin trooppisen vyöhykkeen puulajeilla on yli 10 % pitoisuuksia. Lisäksi puun kuiva-aineesta hyvin pieni osuus on puuhun imeytyneitä epäorgaanisia kivennäisaineita ja ravinteita. (4, s. 53 – 54; 5, s.16.)

3.2 Selluloosa

Selluloosa on pitkäketjuinen polysakkarideihin kuuluva hiilihydraatti. Selluloosa on maakasvien soluseinän tukiainetta. Paksun soluseinän vuoksi puuvartisten kasvien selluloosapitoisuus on hyvin korkea, minkä ansiosta ne sopivat hyvin

raaka-aineeksi teolliseen selluloosamassan valmistukseen. Suomalaisella männyllä ja koivulla selluloosaa kuiva-aineesta noin 40 %. (5, s. 16). Selluloosamolekyylit ovat useiden glukoosianhydridiyksiköiden muodostama ketju. Luonnossa selluloosamolekyylit voivat olla muodostuneet kymmenistä tuhansista glukoosiyksiköistä. Kuvassa 2 havainnollistettu selluloosamolekyylin rakenne.



KUVA 2. Selluloosan molekyylirakenne

Selluloosalla on taipumus muodostaa vetysidoksia glukoosiyksiköissä oleviin hydroksyyliiryhmiin. Vetysidoksia voi muodostua toisiin ryhmiin ketjun sisällä tai toiseen molekyyliin. Tämä ominaisuus mahdollistaa selluloosalle kyvyn muodostaa kestävä kuituverkon. Paperia valmistettaessa märkä, vesimolekyylien kanssa vetysidoksia muodostanut selluloosamassa kuivataan, jolloin vetysidokset syntyvät selluloosaketjujen välille ja saadaan aikaan lujan kuituverkon omaava paperi. (4, s. 42 - 43.)

3.3 Hemiselluloosa

Hemiselluloosa on heteropolysakkaridi eli se on muodostunut useista eri monosakkaridiyksiköistä. Puussa hemiselluloosaa on 20 - 30 % puuaineksesta. Rakenteeltaan hemiselluloosa on usein hyvin haaroittunut. Soluseinässä hemiselluloosa liittyy ligniiniin kovalenttisella sidoksella. Yleisimpiä hemiselluloosan monosakkarideja ovat glukoosi, mannoosi, galaktoosi, ksyloosi, arabinoosi ja uronihappo. (4, s. 46 - 47.)

3.4 Ligniini

Ligniini sitoo puukuituja yhteen antaen puulle tunnusomaisen jäykän rakenteen. Puuvartiset kasvit eroavat ruohovartisista kasveista huomattavasti suuremman ligniinipitoisuuden vuoksi. Puun kuivapainosta 20 - 30 % on ligniiniä. Lehtipuissa on havupuita vähemmän ligniiniä. Ligniinin kuituja sitova ominaisuus johtuu

ligniinin ja hemiselluloosan välisistä kovalenttisistä sidoksista. kovalenttisistä sidoksista soluseinän hemiselluloosamolekyyleihin. (4, s. 50 - 51.)

3.5 Sellu

Kemiallisesti tuotettua kuitumassaa kutsutaan selluksi. Yleisin sellun valmistusmenetelmä on sulfaattikeitto. Sulfaattikeitossa sellu valmistetaan keittämällä puuhaketta valkolipeässä, jolloin puukuituja sitovat ligniinimolekyylit liukenevat ja selluloosakuidut saadaan eroteltua erillisiksi säikeiksi. (6, s. 40.)

Sellun valmistumista seurataan kappaluvulla, joka kuvaa massan ligniinipitoisuutta. Sellun keitossa liukenee ligniinin lisäksi myös hemiselluloosaa ja vähän selluloosaakin. Tämän vuoksi liiallinen keittäminen vaurioittaa sellun kuiturakennetta ja aiheuttaa sellun saannon huonontumista. (4, s. 64 – 67.)

4 KUIDUN JAUHATUS

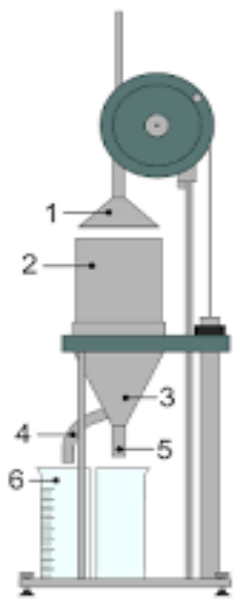
Kuidun jauhatuksella pyritään muuttamaan kuidun ominaisuuksia paperin valmistuksen kannalta paremmiksi. Jauhatuksessa kuituja muokataan jauhamalla niitä vedessä. Jauhettaessa kuidun vetysidoksia katkeaa ja muodostuu uusia sidoksia vesimolekyyleihin, mikä johtaa kuidun turpoamiseen. Näin ollen kuidun pinta-alaa saadaan kasvatettua ja turvonneet kuidut sitoutuvat viiralla paremmin toisiinsa.

Jauhatuksen laatu vaikuttaa sekä valmiin paperin ominaisuuksiin että massan ajettavuuteen paperikoneella. Jauhatus lisää paperin kestävyttä, mutta heikentää optisia ominaisuuksia kuten opasiteettia, kiiltoa ja vaaleutta. Lisäksi liika jauhatus heikentää massan suotautuvuutta, jolloin massa kuivuu hitaammin paperia valmistettaessa, mikä tarkoittaa käytännössä turhaa energiankulutusta paperikoneella ja jauhimella. Niinpä jauhatus on optimointia sopivan jauhatusasteen saavuttamiseksi. (7, s. 8 - 26.)

Jauhautumisastetta kuvataan kuidun suotautumisella, jonka yksiköitä ovat Schopper-Riegler-luku ja Canadian standard freeness -luku. Tässä työssä suotautuvuutta mitataan Schopper-Riegler-menetelmällä.

4.1 Schopper-Riegler-analyysi

Schopper-Rieger-luku kuvaa sulpun suotautuvuutta eli kuidun kykyä suodattaa vettä. SR-analyysissä simuloidaan paperikoneen viiralla tapahtuva suotautuminen ja tämän nopeuden perusteella määritellään SR-luku. SR-luvun kasvaessa suotautuminen hidastuu eli SR-luku on kääntäen verrannollinen mittayksikkö suotautuvuudelle. SR-lukua hyödynnetään jauhimen ohjauksessa, oikean jauhatusasteen saamiseksi. Schopper-Riegler-laite esitettynä kuvassa 3.



KUVA 3. Schopper-Riegler-laite (8)

Schopper-Riegler-analyysissä 1000 grammaa sakeudeltaan 0,2-prosenttista sulppua suotautetaan laitteen viiralle. Viiralle muodostuu kuitukakku, jonka läpi näytteessä oleva vesi suotautuu. Suotautumisen tapahduttua nopeasti laitteen pohjakartio tulvii, jolloin vesi pääsee virtaamaan kartion pohjassa olevan putken lisäksi myös kartion sivussa olevasta putkesta. Sivuputkesta tuleva vesi kerätään talteen ja vesimäärän perusteella määritellään SR-luku taulukon 1 mukaisesti. Jokaisen mittauksen välillä laitteen viiraosa on puhdistettava huolellisesti vesipesulla. SR-analyysi on luotettava välillä 10 - 90. SR-määrittelyssä näytteen lämpötila vakioidaan 20 °C:seen. (9.)

TAULUKKO 1. SR-luvun määrittäminen

Veden tilavuus (ml)	SR-luku
1000	0
800	20
600	40
400	60
200	80
0	100

4.2 Metso pulp analyzer

Metso Pulp Analyzer (MetsoMAP) on kuitumassan fysikaalisia ominaisuuksia mittaava online-analysaattori. Laitteella voidaan analysoida manuaalisesti käsinäytteitä tai ajaa näytteitä laitteelle rakennetuista automaattisista näytelinjoista, mutta analysaattori voidaan myös liittää verkkoon, jolloin sen toimintoja voidaan hallita etänä sekä tarkastella aiemmista ajoista saatuja tuloksia verkkoyhteyden välityksellä. Laite esitettynä kuvassa 4.



KUVA 4. Kuituanalysaattori Valmetin väreissä (10)

Oulun tehtaan PK6:lla MAP-laitteelle on rakennettu kolme kuitunäytelinjaa: eukalyptus-, mänty- ja koivulinja, joista laite ottaa automaattisesti näytteitä. Nuottasaaren tehtaalla MAP-laitteen tuloksia hyödynnetään sellun jauhatuksen ohjaamisessa.

Laite on rakenteeltaan modulaarinen eli laite voidaan varustaa toisistaan riippumattomilla moduuleilla. Tällä hetkellä laitteelle on saatavana freeness- ja kuitu-tikku-moduulit.

Freeness-moduuli mittaa laitteen laimentamista näytteistä TAPPI T227 -standardin mukaisesti Canadian Standard Freeness -arvon, CSF:n. Mittauksen jälkeen laite suorittaa ultraäänen avulla tehostetun pesun vedellä, minkä jälkeen laite suorittaa laitteen puhtauden ja kunnan seuraamista varten CSF-testin pelkällä vedellä. Näytteen ajosta saadun CSF-arvon perusteella laite laskee asetuksissa olevien muuntoarvojen mukaisesti Schopper-Riegler-luvun. (11.)

Kuitu-tikkumoduuli suorittaa kameran avulla mittauksia kuitumassasta. Kuitukameran kuvista laitemittaakuidun pituutta, leveyttä, kiharuutta, kinkkejä, putki-soluja ja hienoainetta.

5 MENETELMIEN VERTAILU

PK6:lla sijaitsevalle Metso Pulp Analyzer -kuituanalysointilaitteelle on tehty näytelinjat mänty-, koivu- ja eukalyptusmassoille. Paperin valmistuksessa käytetään myös tehtaan sisäisestä kierrosta tulevaa hylkymassaa, jolle ei ole automaattista näytelinjaa, eikä siitä siksi myöskään saada mittaustuloksia kuituanalysointilaitteelta automaattisesti tapahtuvassa näytteiden ajossa.

Työssä testataan hyllyn annostelusta peräisin olevan hylkymassan sekä lyhytkierrosta otetun massanäytteen ajettavuutta kuituanalysointilaitteella. Molempien mitattavien massojen osalta voitiin olettaa tapahtuvan vaihtelua kuidun ominaisuuksissa, mutta erityisesti hyllyllä ominaisuuksien oletettiin vaihtelevan. Mittauksen toistettavuuden ohella työssä seurataan massojen ominaisuuksien vaihtelua eri näytteenotto-kerroilla.

Koesarjan alussa suoritettiin muutama koemittaus hylkymassalla ja lyhytkierroksen näytteellä laitteen soveltuvuuden varmentamiseksi kyseisille massoille. Ajot onnistuivat hyvin ja laite antoi koemittauksista järkeviä tuloksia.

Yhdellä mittauskerralla MAP-laitteella suoritettiin kuusi toistoa samasta massanäytteestä, josta jokaisesta otettiin erikseen laitteen antama noin 0,3 %:n sakeuteen laimennettu vertailunäyte. Laitteella mittauksen jälkeen vertailunäytteille suoritettiin sakeusprosentti- ja Schopper-Riegler-määritykset laboratorioissa.

Schopper-Riegler-analyysin suorittamiseen tarvitaan tieto näytteen sakeudesta, jotta voidaan valmistaa 0,2-prosenttinen näyte analyysiä varten. Sakeusmääritys suoritettiin suodattamalla 100 millilitraa sulppua kuivatulle ja punnitulle suodatinpaperille imusuodatusta käyttäen. Büchner-suppilon reunat huuhdeltiin huolella, jotta kaikki kuitu jää suodatinpaperille. Suodatinpaperi kuitukakkuineen kuivattiin vohveliraudan kaltaisella pikakuivaimella. Kun suodatinpaperi oli kuivunut, se nostettiin eksikaattoriin jäähtymään. Jäähtynyt suodatinpaperi punnittiin ja painon avulla selvitettiin näytteen sakeus käyttäen kaavaa 1.

$$X = \frac{B-A}{C} \times 100\%$$

KAAVA 1

jossa X = Sakeus %

A = Suodatinpaperin paino (g)

B = Kuitukakun sisältävän suodatinpaperin paino (g)

C = Näytteen tilavuus (ml)

Sakeusprosentin selvittyä pystyttiin tekemään Schopper-Riegler-analyysi. Analyysi suoritettiin laboratorion Schopper-Riegler-laitteella.

6 TULOKSET

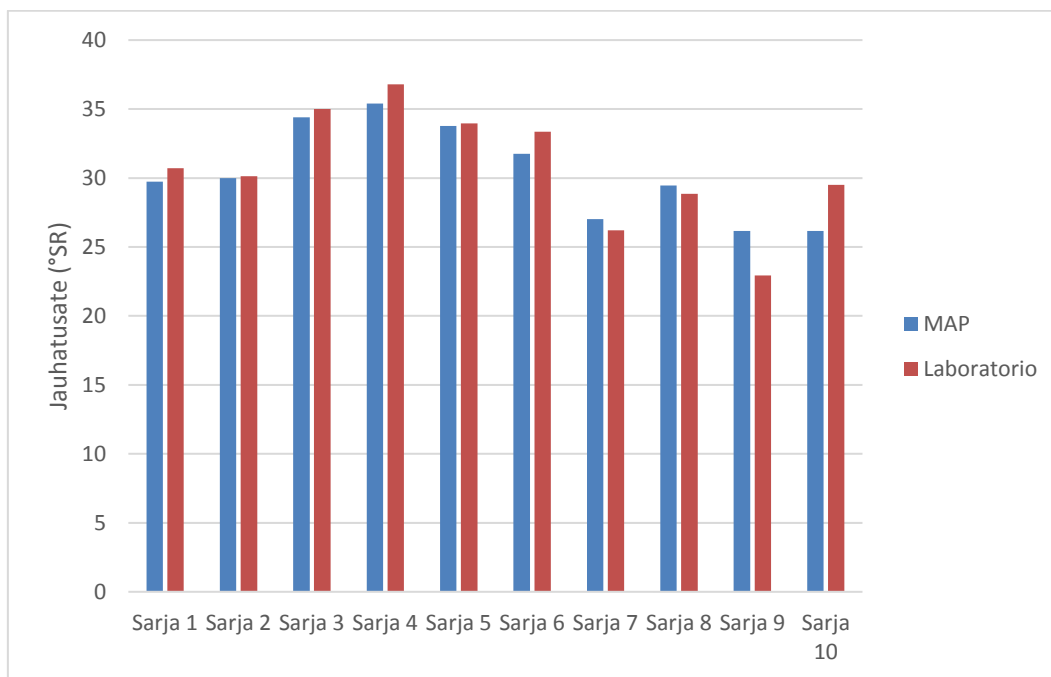
Taulukossa 2 esitettynä kunkin mittaussarjan keskiarvo, keskihajonta ja suhteellinen keskihajonta.

TAULUKKO 2. SR-tulokset

	MetsoMAP			Laboratorio		
	KA	KH	RSD %	KA	KH	RSD %
Sarja 1	29,73	0,1939	0,6522	30,70	1,0060	3,2768
Sarja 2	29,98	0,3481	1,1610	30,12	0,6014	1,9969
Sarja 3	34,39	0,3416	0,9934	35,00	0,3162	0,9035
Sarja 4	35,40	0,2277	0,6432	36,80	0,7071	1,9215
Sarja 5	33,77	0,5174	1,5322	33,95	1,1415	3,3623
Sarja 6	31,76	0,2265	0,7133	33,35	0,7503	2,2499
Sarja 7	27,01	0,2214	0,8199	26,20	0,7043	2,6881
Sarja 8	29,45	0,6750	2,2924	28,85	0,6656	2,3070
Sarja 9	26,17	0,5103	1,9501	22,93	0,6743	2,9402
Sarja 10	26,17	0,3853	1,4720	29,50	0,9338	3,1655

Taulukosta 2 voidaan todeta suoritettujen mittaussarjojen hajontojen olevan suhteellisen pieniä. Laboratoriomittauksissa hajonta on ollut jonkin verran laitteella saatuja hajontoja suurempaa, mutta ero ei ole merkittävä ottaen huomioon analyysien luonne ja määrittämissä tehdyt erilliset sakeusmäärittäykset.

Työn päämääränä oli verrata laitteen mittaamia arvoja laboratorion käsintehtyihin mittauksiin. Kuvassa 5 havainnollistettu menetelmien välisiä eroja vertaamalla mittaussarjojen keskiarvoja rinnakkain.



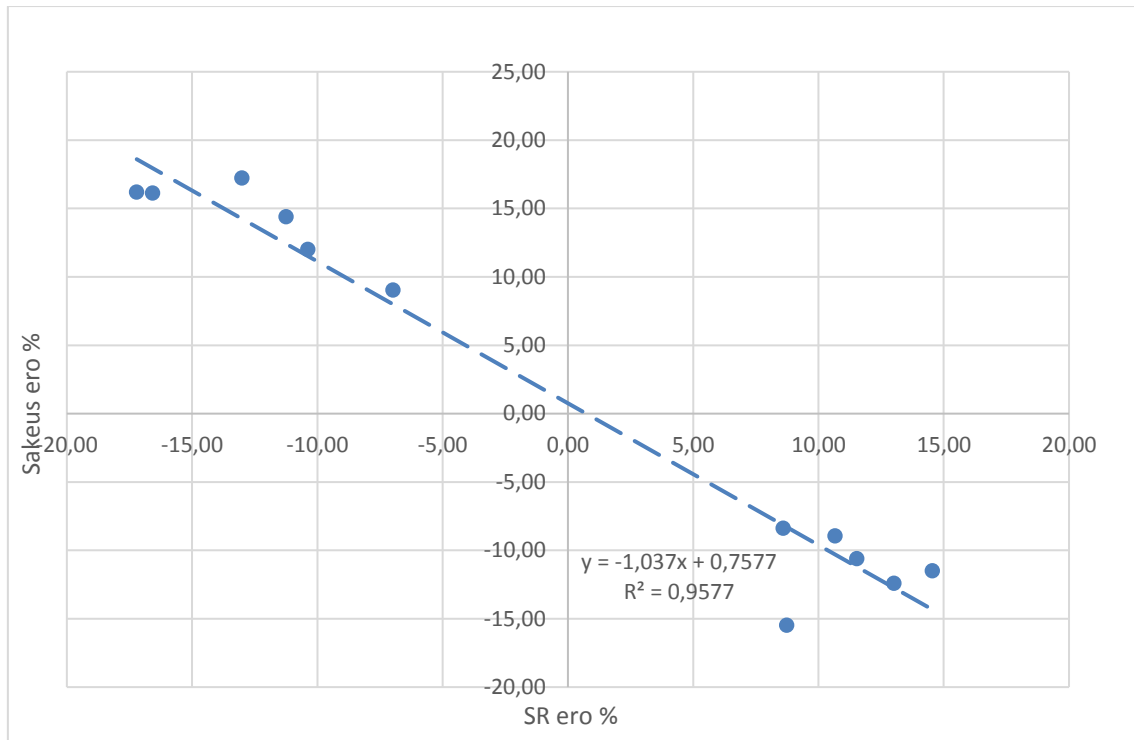
KUVA 5. Sarjojen keskiarvot mitatuilla menetelmillä

Menetelmien välillä sarjojen keskiarvoissa on kohtalaista poikkeamaa, mutta sarjojen 9 ja 10 poikkeamat ovat huomattavia, molemmissa yli 3 SR-yksikön ero menetelmien välillä. Tarkasteltaessa sakeusmääritysten tuloksia havaitaan poikkeama myös sarjojen 9 ja 10 sakeustuloksissa. Koska SR-analyysissä käytetään sakeutta näytteen valmistamiseen, heijastuu poikkeama saaduissa sakeusprosentteissa myös SR-analyysin tuloksiin. Poikkeaman vuoksi näytteissä käytettävän kuidun määrän eroa tarvittavasta 2 gramman määrästä, mikä aiheuttaa toisistaan poikkeavia tuloksia SR-analyysin tuloksissa.

Keskimäärin MetsoMAP-laitteen mittaamat Schopper-Riegler-arvot olivat 0,64% pienempiä kuin käsintehdystä analyysistä saadut tulokset. Mitatuista kymmenestä sarjasta kolmesta laitteen mittaamat SR-luvut olivat manuaalisella analyysillä mitattuja korkeampia.

Kuvassa 6 on todennettu mitatun sakeuspoikkeaman vaikutusta SR-analyysin tuloksiin. Vaaka-akseli kuvaa laitteella saadun tuloksen prosentuaalista eroa verrattuna laboratorioanalyysin tulokseen. Pystyakselilla on laitteen mittaaman SR-luvun prosentuaalinen ero verrattuna manuaaliseen analyysiin. Negatiivinen

arvo kuvaa koneen mittaaman tuloksen olleen manuaalisen analyysin tulosta pienempi. Kuvan 6 arvot on saatu sarjojen 9 ja 10 mittaustuloksista. Arvoista saadun trendiviivan korrelaatiokerroin on 0,9577 eli sakeuksien erolla on ollut suora vaikutus SR-tuloksissa tulleisiin poikkeamiin. Pienemmillä poikkeamilla ei vastaavaa korrelaatiota ilmennyt, joten voidaan todeta sarjojen 9 ja 10 menetelmien välisen eron johtuvan epätarkasta sakeusarvosta.



KUVA 6 Sakeuserojen vaikutus SR-tuloksiin

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli verrata MetsoMAP-kuituanalysointilaitteen mittaustuloksia laboratoriossa tehtyyn Schopper-Riegler-analyysiin. Näytesarjan mittaaminen MAP-laitteella oli odotettua hitaampaa, koska mittausten välissä joutui pitämään taukoja, jotta laite saa tuloksia näytelinjojen näytteistä kuitujauhimen ohjausta varten. Laitteen tulokset ja käsintehdyn analyysin tulokset olivat keskenään suhteellisen samankaltaisia. Laitteen tulokset olivat keskimäärin 0,64 % vertailunäytteen tulosta pienempiä.

Molemmilla menetelmillä hajonnat olivat pieniä. MetsoMAPilla SR-lukujen suhteellinen keskihajonta oli keskimäärin 1,2230 % ja käsin tehdyillä analyysillä 2,4812 %.

Suurimmat mittaussarjassa mitatut suotautuvuuserot johtuivat todennäköisesti sakeusmittauksissa saaduista eroista, joista ne heijastuivat suotautuvuustuloksiin. Eroja saisi varmasti kavennettua lisäämällä tehtävien toistojen määrää sakeusmittauksessa, mikä todennäköisesti vähentäisi hajontaa saaduissa tuloksissa.

Osittain laitteen ja vertailunäytteen eriäviä tuloksia selittänee mahdollisesti erilaiset veden ominaisuudet, sillä veden ominaisuuksilla on todettu olevat vaikutusta sulpun suotautumiseen. Laboratoriossa ja PK6:lla käytetään eri linjoista tulevaa vettä, joten veden ominaisuudet voivat poiketa toisistaan. Kuitenkin veden ominaisuuksien erot tasoittuivat laitteen laimennettua vertailunäytteet noin 0,3 %:n sakeuteen, jolloin laboratorion SR-analyysiä tehtäessä näytteessä oli laimennuksen jälkeen vielä noin 66 % PK6:n vettä.

Jatkoa ajatellen veden ominaisuuksien merkitystä analyysin tuloksiin voisi tutkia tarkemmin, esimerkiksi käyttämällä Schopper-Riegler-analyyseissä tehtaan puolelta tuotua vettä. Näytesarjan lopussa tehtiin muutama analyysi käyttäen tehtaan puolelta tuotua vettä, mutta otanta jäi turhan pieneksi suurempien johdotäätöksien tekemiseen.

Työssä käsitelty aihe oli minulle suurimmaksi osaksi uutta ja siksi jouduin käyttämään aikaa aiheeseen perehtymiseen ja työn spesifisyyden takia aihetta käsittelevän materiaalin löytäminen oli aluksi vaikeaa. Työn tehtyäni koen, että olen oppinut paljon uutta paperin valmistuksen prosesseista.

LÄHTEET

1. Facts and Figures. 2016. Stora Enso Oyj. Saatavissa: <http://www.storaenso.com/about/facts-and-figures> Hakupäivä 21.1.2017.
2. Annual Report 2016: Capacities by mill in 2017. 2016.Stora Enso Oyj. Saatavissa: <http://annualreport.storaenso.com/2016/capacities-by-mill-in-2017/> Hakupäivä 21.1.2017.
3. Oulu Mill. Stora Enso Oyj. Saatavissa: <http://assets.storaenso.com/se/printingandreading/PublishingImages/oulu.jpg?RenditionID=10> Hakupäivä 21.1.2017.
4. Isotalo, Kaija 2004. Puu- ja sellukemia. 3. uudistettu painos. Helsinki: Opetushallitus.
5. Jääskeläinen, Anna-Stiina – Sundqvist, Henna 2007. Puun rakenne ja kemia. Helsinki: Otatieto.
6. Puusta jalosteeksi. 1999. Suomen metsäteollisuus ry.
7. Pollari, Jussi-Pekka 2014. Kuituominaisuuksien hallinnan vaikutus suotautuvuuteen ja paperin huokoisuuteen. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, automaatiotekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.
8. Schopper-Riegler-laite, piirros 2013. Wikimedia commons. Saatavissa: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6d/Aparat_Schoppera-Rieglera.svg Hakupäivä: 21.1.2017.
9. Schopper-Riegler. Työohje. Stora Enso.
10. Valmet Pulp Analyzer. Valmet Oyj. Saatavissa: http://www.valmet.com/globalassets/products/automation/analyzers-and-measurements/analyzers/pulp-analyzer/valmet_pulpanalyzer_map.jpg Hakupäivä: 21.1.2017.

11. Metso Pulp Analyzer – online fiber microscope, esite. 2012. Metso automation.

