

Paperiradan kosteusprofiilimittaus- järjestelmän kehitys

Teemu Räisänen

Opinnäytetyö

Marraskuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (AMK), automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Räisänen, Teemu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä marraskuu 2018
	Sivumäärä 59	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Paperiradan kosteusprofiilimittausjärjestelmän kehitys		
Tutkinto-ohjelma Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Olli Väänänen		
Toimeksiantaja(t) Valmet Technologies Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää kooltaan pienempi kosteusmittari Valmetin analyysipalvelun paperin kosteusprofiilimittausjärjestelmään sekä testata kosteusmittaria oikeassa toimintaympäristössä. Kosteusprofiilimittausjärjestelmää alettiin kehittämään, koska mittauslaitteisto on vanhentunut sekä raskas.</p> <p>Uutta kosteusmittaria valittiin ensisijaisesti koon perusteella, mutta myös mittausominaisuuksien piti olla vähintään samalla tasolla kuin nykyisessä kosteusmittarissa. Pienikokoista kosteusmittaria etsittiin eri kosteusmittaritoimittajilta. Toimittajista Visilab Signal Technologies erottui joukosta, koska sen kosteusmittarit ovat pienikokoisia. Yhdessä Visilabin kanssa selvitettiin sopivin kosteusmittari analyysipalvelun käyttötarkoitukseen.</p> <p>Testimittaukset suoritettiin Rautpohjan koepaperikoneella, jossa kosteusmittarin toiminta nähtiin oikeassa toimintaympäristössä. Testimittauksissa suoritettiin kartonkiradan kosteusprofiilimittauksia nykyisellä ja uudella kosteusmittarilla. Mittaustuloksia verrattiin kosteusmittareiden välillä sekä koepaperikoneen tuotantoarvoihin. Näistä päätettiin mittaus tulosten yhtenevyys sekä oikeellisuus. Testimittausten tulosten perusteella kosteusmittari ei soveltunut analyysipalvelun käyttötarkoituksiin, koska mittarin mittausvalokeila oli liian suuri.</p> <p>Kosteusmittari soveltui muilta ominaisuuksiltaan hyvin kosteusprofiilimittausjärjestelmään, joten Visilab Signal Technologiesin kanssa jatketaan yhteistyötä. Kosteusmittarin mittausvalokeilan kehitys aloitetaan, kun Valmetin rahoitus kosteusmittareiden investointiin varmistuu.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
Paperin- ja kartonginvalmistus, paperin kosteusprofiilin mittaaminen, infrapunatekniikka		
Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Räisänen, Teemu	Type of publication Bachelor's thesis	Date November 2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 59	Permission for web publication: x
Title of publication Development of measurement system for paper web moisture profile		
Degree programme Automation Engineering		
Supervisor(s) Väänänen, Olli		
Assigned by Valmet Technologies Oy		
Abstract <p>The purpose of thesis was to find smaller moisture sensor for the measurement system of paper web moisture profile at Valmet analysis service and test the moisture sensor in the correct operating environment. The system development of moisture profile measurement was started because the measurement equipment is obsolete and heavy.</p> <p>The new moisture sensor was chosen primarily based on the size but also the measuring features had to be at least at the same level as the current moisture sensor. A small sized moisture sensor was searched from different moisture sensor suppliers. Because of their small sized moisture sensors, Visilab Signal Technologies excelled in quality when compared with other suppliers. Together with Visilab, a suitable moisture sensor for the analysis service was investigated.</p> <p>Test measurements were carried out at Rautpohja pilot plant where the operation of the moisture sensor could be observed in the right operation environment. In the test measurements, the moisture profile measurements of the board web were performed with the current and the new moisture sensor. The measurements of the moisture sensors were compared with each other and with the production values of the pilot plant. Based on these, the congruence and accuracy of the measurement results were concluded. As regards the results of the test measurements, the moisture sensor was not suitable for the use of analysis service because of the sensor measurement spotlight was too large.</p> <p>As for its other features, the moisture sensor was suitable the moisture profile measurement system; therefore, the co-operation with Visilab Signal Technologies will be continued. The development of the moisture sensor will be started when the financing for the investment of the moisture sensor is confirmed by Valmet.</p>		
Keywords/tags (subjects) Paper and board making, paper moisture profile measurement, infrared technology		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Toimeksianto	5
1.2	Toimeksiantajana Valmet Technologies Oy	5
1.3	Tavoitteet	6
2	Tutkimusmenetelmä.....	7
3	Paperi ja kartonki.....	8
3.1	Paperi- ja kartonkikoneen pääprosessit.....	8
3.2	Perälaatikko	9
3.3	Viiraosa.....	10
3.3.1	Tasoviira	11
3.3.2	Hybridiformeri.....	11
3.3.3	Kitaformeri	12
3.4	Puristinosa	14
3.4.1	Puristinnippityypit	15
3.4.2	Puristinosan vaikutukset paperin laatuun	17
3.5	Kuivatusosa.....	17
3.5.1	Kuivatustekniikat	19
3.6	Kalanterointi ja rullain.....	20
3.7	Pääprosessien vaikutus paperiradan kosteuteen ja kosteusprofiiliin	20
4	Paperi- ja kartonkiradan laatumittaukset.....	21
4.1	Profiilimittaus	21
4.2	Neliömassa	23
4.3	Kosteus.....	24

		2
5	Laatusäädöt	25
	5.1 Neliömassan säätö	25
	5.2 Kosteuden säätö	26
6	Spektrometria	27
	6.1 Infrapunaspektrometria	27
	6.2 Lähi-infrapunaspektrometrian sovellusalueet	28
7	Paperi- ja kartonkiradan kosteuden mittaus	28
	7.1 Infrapunakosteusmittauksen menetelmä	29
	7.2 Läpäisevä infrapunakosteusmittaus	30
8	Analyysipalvelun kosteusprofiilimittausjärjestelmät	30
	8.1 NDC Technologies IG710-kosteusmittari	31
	8.2 Keskusyksikkö	32
	8.3 Mittauskalusto	33
9	Uuden kosteusmittarin vaatimukset	35
10	Työn toteutus	36
	10.1 Toteutuksen eteneminen	36
	10.2 Uuden kosteusmittarin valitseminen	37
11	Kosteusmittareiden testaus ja vertailumittaukset	39
	11.1 Ensimmäiset testimittaukset	40
	11.2 Toiset testimittaukset	45

12 Tulosten analysointi.....	48
13 Johtopäätökset	48
14 Pohdinta	49
Lähteet	52
Liitteet	55
Liite 1. IG710-kosteusmittarin tekninen datalehti.....	55
Liite 2. IRMA-7-kosteusmittarin tekninen datalehti.....	56

Kuviot

Kuvio 1. Paperi- ja kartonkikoneen pääprosessien sijainti paperikoneella.....	9
Kuvio 2. Tasoviira, jossa on lueteltuna eri vedenpoistoelementit	11
Kuvio 3. Valmetin SymFormer-mallin hybridiformeri	12
Kuvio 4. Valmetin SpeedFormer MB -mallin kitaformeri	13
Kuvio 5. Puristinnippitapahtuman vaiheet.....	15
Kuvio 6. Valmetin OptiPress + transbelt -puristinosa, eli kaksoiskenkäpuristin siirtohihnalla	17
Kuvio 7. Valmetin SymRun-kuivatusosa, jossa on yksiviiravienti jokaisella kuivatusryhmällä.....	19
Kuvio 8. Valmetin IQ Scanner -mittapalkin havainnollistaminen	22
Kuvio 9. Rullaimella olevalla mittapalkilla mitattu kosteusprofiili valvomonäytöllä Valmet DNA -automaatiojärjestelmässä.....	23
Kuvio 10. Paperin sisältämän veden absorptiojuova eri kosteuspitoisuuksilla.....	29
Kuvio 11. Mittarin rakenne ja valonsäteen kulku mittarista mitattavaan tuotteeseen	32
Kuvio 12. Rautpohjan kosteusprofiilimittausjärjestelmä asennettuna alkukuivatusosalle	34
Kuvio 13. Kosteusmittari kiinnitettynä vaijeriin	35
Kuvio 14. Kosteusprofiilimittausjärjestelmä asennettuna kuivatussylinteriä vasten. Kosteusmittareiden valokeilojen sisällä ovat vielä varsinaiset mittausvalokeilat.....	40
Kuvio 15. Mitatut kosteusprofiilit IG710- ja IRMA-7-kosteusmittareilla	42

Kuvio 16. Konesuuntainen kosteusvaihtelu 15 minuutin jakson aikana molemmilla kosteusmittareilla mitattuna	43
Kuvio 17. Kartonkiradan kosteusprofiilit 1200 kN/m, 1000 kN/m ja 1400 kN/m puristinkuormituksilla	44
Kuvio 18. IRMA-7-mittarin asennus 185 mm etäisyydelle kartonkiradasta sekä kääntäminen pystyasentoon	45
Kuvio 19. Kosteusprofiili molemmilla mittareilla mitattuna ennen koeajojen aloitusta	46
Kuvio 20. Vaahtoapplikoinnin vaikutus kartonkiradan kosteusprofiiliin	47

Taulukot

Taulukko 1. Kosteusmittarin valintaan vaikuttavia teknisiä ja fyysisiä ominaisuuksia	38
--	----

1 Johdanto

1.1 Toimeksianto

Paperin ja kartongin yksi tärkeimmistä fysikaalisista ominaisuuksista on kosteus ja paperin poikkisuuntainen kosteusprofiili. Kosteus vaikuttaa lähes kaikkiin paperin ja kartongin ominaisuuksiin. Paperi- ja kartonkiradan poikkisuuntaisella kosteusprofiililla on myös iso vaikutus paperikoneen ajettavuuteen sekä paperin ja kartongin jälkikäsittelyprosesseihin.

Opinnäytetyö toteutettiin Valmet Technologies Oy:n Rautpohjan toimipisteen analyysipalvelutiimille. Opinnäytetyön tarkoituksena oli etsiä paperiradan kosteusprofiilimittausjärjestelmään nykyisen kosteusmittarin tilalle uusi kosteusmittari, joka olisi kevyempi kuin alkuperäinen, mutta ei tinkisi mittauksen tarkkuudesta ja oikeellisuudesta. Nykyinen kosteusmittari on vanha sekä hyvin painava. Suuren painon takia kosteusmittarille on jouduttu rakentamaan hyvin kestävä ja raskastekoinen tuki- ja liikutusjärjestelmä. Kevyempi kosteusmittari mahdollistaisi myös tuki- ja liikutusjärjestelmän kehityksen tulevaisuudessa.

Analyysipalvelutiimin jäseniä työskentelee myös Raisiossa Valmetin toimipisteellä, ja heillä on siellä käytössään hieman erilainen paperiradan kosteusprofiilimittausjärjestelmä. Uusi kosteusmittari tulisi myös heidän käyttöönsä. Kosteusmittari kävisi tällöin kumpaankin mittausjärjestelmään. Mittaustulokset olisivat myös varmuudella vertailukelpoiset mittausjärjestelmien välillä, koska käytössä olisi sama kosteusmittari.

1.2 Toimeksiantajana Valmet Technologies Oy

Valmet tuottaa ja kehittää teknologioita, automaatioita ja palveluita paperi-, sellu- ja energiateollisuuteen. Valmetilla työskentelee n. 12 000 työntekijää maailmanlaajuisesti. Valmet omaa yli 200 vuoden historian teollisuuden parissa. Valmetin liikevaihto oli 3,1 miljardia euroa vuonna 2017. Visiona Valmetilla on tulla maailman parhaaksi asiakkaidensa palvelussa. (Valmet yrityksenä n.d.) Rautpohjan yksikössä työskentelee yli 1300 työntekijää paperi- ja kartonkikoneiden sekä sellukoneiden tuotannon, hallinnon, tuotekehityksen ja huollon työtehtävissä. Rautpohjassa sijaitsee myös Valmet

Automationin huoltoyksikkö sekä kaksi koepaperikonetta. (Valmetin toimipisteet n.d.)

Analyysipalvelutiimi tuottaa palveluita paperi- ja kartonkitehtaille, joiden avulla parannetaan koneen ajettavuutta, valmistettavan tuotteen laatua sekä ongelmatilanteissa selvitetään ongelman aiheuttaja ja annetaan toimenpiteet ongelman poistamiseksi. Isoissa koneanalyyseissa tutkitaan paperi- ja kartonkikoneiden mekaanista ja prosessien käyttäytymistä nykyisellä tuotannolla. Erilaisten testien ja mittauksien perusteella määritellään toimenpiteet, joilla tehtaiden tuotantoa voidaan nostaa.

1.3 Tavoitteet

Toimeksiantajan tavoitteena oli saada kosteusprofiilimittausjärjestelmästä tuottavampi, liikuteltavampi sekä kustannustehokkaampi. Laitteiston asennus tuotantolaitokselle ilman seisokkia eli ilman paperikoneen tuotannon pysäyttämistä oli isona tavoitteena mittausjärjestelmälle. Kosteusprofiilimittausjärjestelmästä tulisi saada myös liikuteltavampi, jolloin mittauksia voisi suorittaa tarvittaessa useista mittauspisteistä yhden tutkimuksen aikana. Yhtenä tavoitteena oli myös saada laitteistosta kokonaisuudessaan kevyempi, jolloin logistiikasta saadaan nopeampaa ja kustannustehokkaampaa. Työ rajattiin uuden, pienempikokoisemman kosteusmittarin kartoittamiseen sekä testaamiseen oikeassa tuotantoympäristössä. Kevyempi ja pienikokoisempi kosteusmittari mahdollistaisi mittausjärjestelmän kehityksen edellä mainittujen vaatimusten mukaiseksi.

Henkilökohtaisena tavoitteena oli saada lisää tietoa paperi- ja kartonkiradan kosteusmittaukseen sopivista laitteistoista sekä tekniikoista. Toisena tavoitteena oli kerätä lisää tietoa kosteuden mittaamisen teoriasta sekä siitä, millä tavoin paperin kosteus ja poikkisuuntainen kosteusprofiili vaikuttavat paperin ominaisuuksiin sekä paperikoneen ajettavuuteen. Näiden asioiden ymmärtäminen auttaa hahmottamaan sitä, miksi puristimen jälkeistä paperiradan kosteutta ja kosteusprofiilia tutkitaan.

2 Tutkimusmenetelmä

Kehittämistutkimus on tutkimusotteeltaan sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tutkimusta. Sen lähtökohtana on kehittämistarve eli halutaan muutos parempaan. Kehittämistyö ja kehittämistutkimus ovat lähellä toisiaan, mutta tutkimuskohteet eroavat toisistaan. Kehittämistutkimuksen kohteina voivat olla mm. prosessit, tuotteet ja palvelut, kun taas kehittämistyö keskittyy toiminnan kehittämiseen organisaatioissa. (Kananen 2012, 19-20.)

Tämän opinnäytetyön lähtökohtana oli löytää ja testata uutta, pienempi kokoisempaa paperiradan kosteusmittaria. Pienempi ja uudempi kosteusmittari kehittäisivät nykyistä paperiradan kosteusprofiilimittausjärjestelmää paremmaksi. Paperiradan kosteusprofiilimittaus on analyysipalveluiden myymä tuote paperiradan kosteusprofiiliongelmien selvittämiseksi asiakkaiden paperi- ja kartonkitehtailla.

Kehittämistutkimuksen kenttätyövaihe käynnistyy, kun kehittämistutkimuksen kohteen teoriaan on tutustuttu. Kenttätyövaiheessa kehittämistyö käynnistyy, minkä lopputuloksena saadaan selkäranka opinnäytetyölle. Kenttätyövaiheessa on tärkeää raportoida kaikki vaiheet ylös, koska näitä toimenpiteitä voidaan tarvita perusteeksi työn lopussa. Dokumentointi on hankalaa ensikertalaiselle, koska dokumentointi menetelmät ja dokumentoinnin tarkkuus eivät ole ennalta tuttuja. (Kananen 2012, 48.)

Opinnäytetyön kenttävaiheeseen kuului kosteusmittarin kartoitus eri kosteusmittari-toimittajilta. Kosteusmittareiden ominaisuuksia verrattiin nykyiseen käytössä olevaan kosteusmittariin. Sopivimman kosteusmittarin löydyttyä, testattiin molempia kosteusmittareita oikeassa tuotantoympäristössä toiminnan varmistamiseksi.

Kehittämistutkimuksen toteutus etenee vaihe vaiheelta kohti johtopäätöksiä. Kehittämistutkimus aloitetaan nykytilanteen kartoituksella eli ongelman määrittelyllä. Tämän jälkeen ongelmaa tutkitaan, jossa etsitään toimenpiteitä ongelman poistamiseksi. (Kananen 2012, 53.) Muutos parempaan kehittämistutkimuksessa vaatii ratkaisun, joka poistaa nykytilanteessa havaitun ongelman. Ratkaisun esittämiseen liittyy olennaisesti myös eri ratkaisuvaihtoehtojen vertailu ja arviointi. (Mts. 74-75.) Ratkaisun testaaminen ei välttämättä toimi heti ensimmäisellä kerralla halutulla tavalla.

Silloin joudutaan arvioimaan ja havainnoimaan syyt epäonnistumiselle ja uusimaan kehitysprosessi edellä mainittujen arvioiden ja havainnointien perusteella. (Mts. 79.)

Mittausjärjestelmän kehitys on aloitettu, koska mittauslaitteisto on vanha ja raskas. Uudella kosteusmittarilla voitaisiin kehittää mittauslaitteistosta uudempi sekä kevyt-rakenteisempi. Opinnäytetyö on rajattu uuden kosteusmittarin kartoittamiseen sekä sen testaamiseen paperikoneella. Testimittaukset järjestettiin kahteen kertaan, koska ensimmäisten mittauksen tulos ei ollut hyvä. Epäonnistumisen syyt määriteltiin, minkä perusteella muutoksia tehtiin seuraavia testimittauksia varten.

3 Paperi ja kartonki

Paperi on levymäinen kuitutuote, jota valmistetaan paino- ja kirjoitustarkoituksiin sekä hygienia tuotteiksi. Paperin neliömassa on yleisesti ottaen alle 150 g/m², mutta tämä raja on häilyvä. Raaka-aineena paperinvalmistuksessa voidaan käyttää jopa 50 % muita ainesosia perinteisen puukuidun lisäksi. Kartongin ero paperiin on sen suurempi neliömassa, joka antaa kartongille suuremman paksuuden ja jäykkyyden. Kartonkien neliömassa-alue on tyypillisesti 150-600 g/m². (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 8-9.)

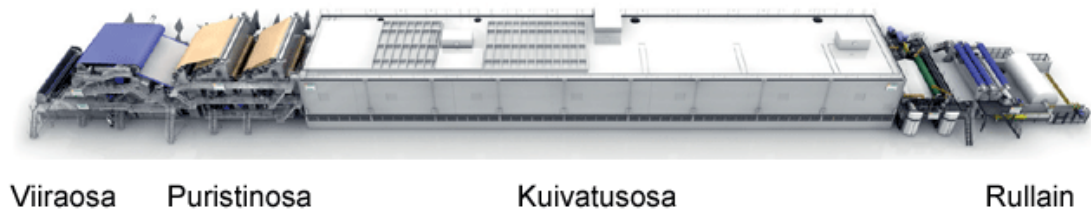
Paperin ja kartongin valmistus eivät eroa toisistaan oleellisesti. Valmistuksessa ero syntyy siksi, koska kartongin neliömassa on suurempi. Sen takia kartonkia valmistetaan usein monikerroksisina, koska näin pystytään vaikuttamaan jokaiseen kartongin kerrokseen erikseen. (Mts. 8-9.)

Lopullisissa käyttötarkoituksissa paperin ja kartongin ero on kuitenkin selkeämpi. Paperia valmistetaan pääosin paino- ja kirjoitustarkoituksiin, kuten aikakauslehtiin tai kopiopaperiksi. Paperin käyttökohteena ovat myös hygienia tuotteet, kuten WC- ja talouspaperit. Valmis kartonki suuntautuu lähinnä pakkausmateriaaleiksi. (Mts. 8-9.)

3.1 Paperi- ja kartonkikoneen pääprosessit

Paperi- ja kartonkikoneiden pääosat ovat perälaatikko, viiraosa, puristinososa sekä kuivatusosa. Varsinainen rainanmuodostusosa koostuu perälaatikosta, viiraosasta sekä puristinosasta, joita kutsutaan myös koneen märkääksi. Paperi- ja kartonkikoneilla

on myös prosessivesikiertoja, jotka palauttavat tärkeitä raaka-aineita takaisin valmistusprosessiin. Näitä prosessivesikiertoja ovat lyhyt kierto sekä pitkä kierto. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 15-16.) Paperi- ja kartonkikoneessa on poikkisuunnassa kaksi puolta, jotka ovat nimeltään käyttöpuoli ja hoitopuoli. Hoitopuolella sijaitsevat koneen valvomot, joista hoidetaan koneen ylläpitoon liittyviä tehtäviä. Käyttöpuolella taas sijaitsee paperikoneen voimansiirto, kuten teloja pyörittävät sähkömoottorit. Kuvio 1 esittää paperi- ja kartonkikoneen pääprosessien sijainnin konelinjassa.



Kuvio 1. Paperi- ja kartonkikoneen pääprosessien sijainti paperikoneella (Paperikoneen kuivatusosa – yleistä n.d).

3.2 Perälaatikko

Perälaatikko sijaitsee paperi- ja kartonkikoneella ensimmäisenä prosessina ennen viiraosaa. Perälaatikon ja sen syöttöputkiston tehtävänä on levittää vesipitoinen kuituseos, eli massa hallitusti ja tasaisesti viiraosalle. Perälaatikon tehtäviin kuuluu myös massan syöttövirtauksen aiheuttamien painevaihteluiden tasaus. Painevaihteluita syöttövirtaukseen aiheuttavat esimerkiksi ennen perälaatikkoa prosessissa olevat sihdit sekä itse massansyöttöpumppu. Perälaatikko aiheuttaa massaan sopivan turbulenssin kuituflokkien eli kuitukimppujen hajottamista varten. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 131.)

Reikätelaperälaatikko

Perälaatikot voidaan jakaa toimintaperiaatteen mukaisesti reikätelaperälaatikoihin sekä hydraulisiin perälaatikoihin. Erona näillä on se, että reikätelaperälaatikossa mas-

saan muodostetaan turbulenssia pyörivien reikätelojen avulla. Reikätelaperälaatikoita käytetään nykyään hitailla erikoispaperikoneilla, koska pyörivät reikätelat eivät pysty suurilla nopeuksilla muodostamaan massaan tarvittavaa turbulenssia. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 132.) Reikätelaperälaatikot ovat hävinneet kokonaan nykyaikaisilta painopaperikoneilta sekä myös nykyään kartonkikoneilla hydraulinen perälaatikko on käytetympi ratkaisu (Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät, N.d).

Hydraulinen perälaatikko

Hydraulinen perälaatikko soveltuu taas nopeammille koneille sekä on myös hyvin yleinen ratkaisu nykypäivänä verrattuna reikätelaperälaatikkoon. Hydraulisessa perälaatikossa massa johdetaan jakotukista jakopillien läpi tasauskammioon. Jakopillit ovat pieniä läpimitoiltaan, mikä aiheuttaa massaan epätasaisen nopeusprofiilin. Tasauskammiossa tämä massan epätasainen nopeusprofiili tasataan. Turbulenssia synnytetään massaan, kun massa virtaa tasauskammioista turbulenssiputkiston läpi huulikanavaan. Turbulenssilla on tärkeä vaikutus massaan, koska turbulenssin avulla kuituflokkit, eli kuitukimput saadaan hajotettua massasta. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 132.) Huulikanavan tehtävänä on kiihdyttää massan virtausnopeus paperikoneen viiraosan nopeudelle, jonka jälkeen massasuihku levitetään huuliraosta tasaisesti koko viiraosan leveydelle. Huuliraon korkeutta säädettäessä vaikutetaan massan sakeuteen. Huuliraon korkeutta säädetään, kun valmistetaan eri neliömassaisia paperi- tai kartonkilajeja. (Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät n.d.)

3.3 Viiraosa

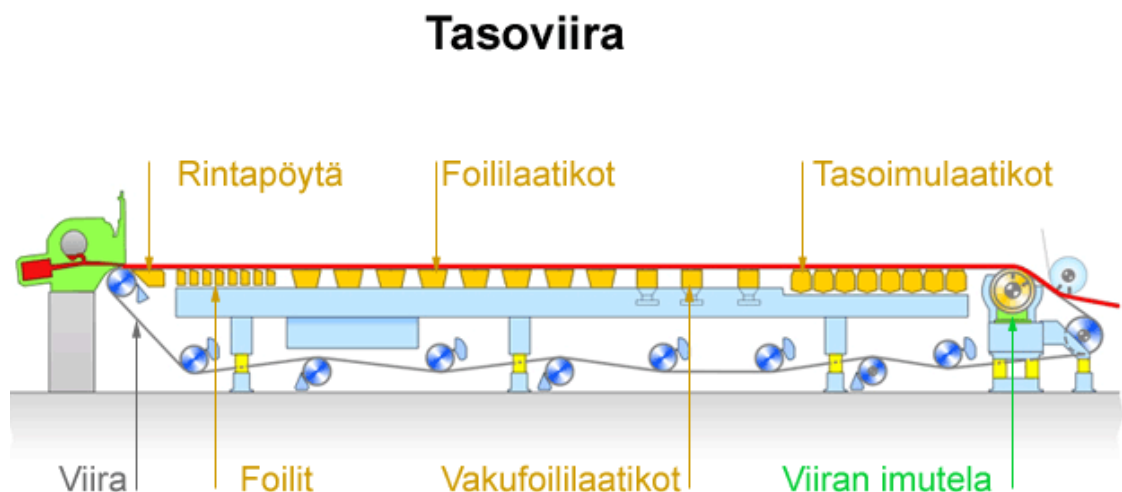
Perälaatikolta laimea kuituseos eli massa suihkutetaan tasaisena suihkuna viiraosalle koko viiraosan leveydelle. Viiraosan tehtävänä on poistaa vettä massasta ja muodostaa siitä raina. Raina muodostuu, kun vesi poistuu massasta suotautumalla viirakudoksen läpi. Viirakudos on muovilangoista kudottu matto, joka tukee rainan kulkua viiraosalla. Paperin ja kartongin rakenteelliset ominaisuudet muodostuvat pääosin jo viiraosalla. Joihinkin ominaisuuksiin ei pystytä vaikuttamaan enää viiraosan jälkeen kuin aivan marginaalisesti. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 137.)

Viiraosalla massasta poistunut vesi ohjautuu prosessivesikiertoon, lyhyeen kiertoon. Lyhyen kierron vesi ohjautuu takaisin prosessiin, jossa se laimentaa tuoretta massaa

sopivaan perälaatikkosakeuteen. Massasta poistuneen veden mukana poistuu myös aina raaka-aineita eli kuituja. Lyhyt kierto palauttaa myös nämä raaka-aineet takaisin uudelleen käytettäväksi prosessiin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 15-16.)

3.3.1 Tasoviira

Tasoviira on vanhin viiraosarakenne, mutta laajasti edelleen käytössä. Tasoviiralla vedenpoisto on yhdensuuntainen ja pitkäkestoinen, jolloin paperin ominaisuudet ovat toispuoliset. Tasoviira soveltuu hyvin erikoispaperikoneille, jossa pitkäkestoisella ja alaspäin suuntautuneella vedenpoistolla saavutetaan halutut ominaisuudet paperille. Viirakudoksen alapinnalle on asennettu erilaisia vedenpoistoelementtejä, jotka poistavat vettä rainasta alaspäin erilaisin tekniikoin. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 137-138.) Kuvio 2 esittää tasoviiran rakenteen sekä erilaiset vedenpoistoelementit.

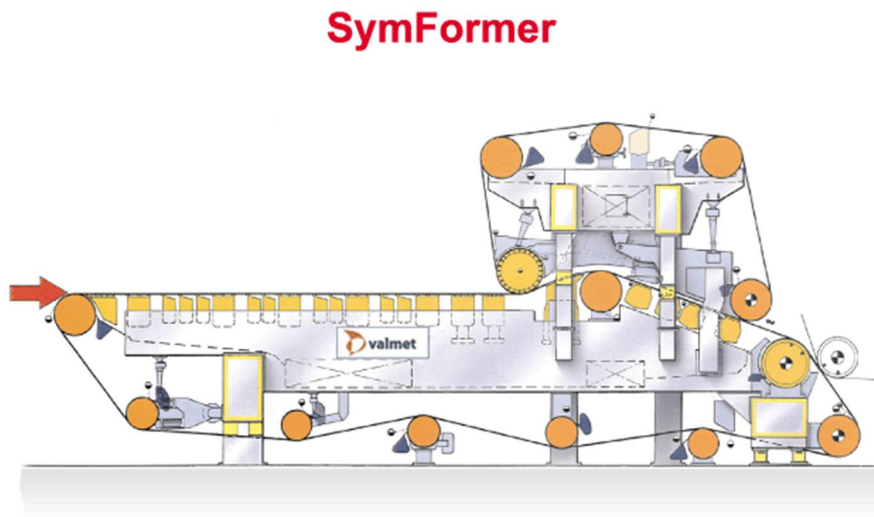


Kuvio 2. Tasoviira, jossa on lueteltuna eri vedenpoistoelementit. (Yleistä rainanmuodostuksesta n.d)

3.3.2 Hybridiformeri

Viiraosasta käytetään myös nimeä formeri (engl. Forming section), joka tulee tässä viiraosatyyppin nimessä esiin. Hybridiformerissa vettä poistetaan massasta myös ylöspäin. Hybridiformerissa on tasoviira, jonka päälle on asennettu yläviirayksikkö tehostamaan vedenpoistoa. Yläviirayksikön ja tasoviiran kohdatessa alkaa vedenpoisto

massasta myös ylöspäin. Nykyaikaisissa hybridiformereissa vedenpoisto ylöspäin tapahtuu alipaineellisten vedenpoistoelementtien avulla. (Viiraosan rakenteet n.d.) Kahteen suuntaan tapahtuvalla vedenpoistolla saavutetaan paperin rakenteesta symmetrisempi kuin yhteen suuntaan tapahtuvalla vedenpoistolla. Paperin rakenteen ollessa symmetrinen, on tällöin paperin painettavuus- ja päällystysominaisuudet samankaltaiset paperin molemmilla puolilla. Tasoviira voidaan uusia hybridiformeriksi, jolloin koko paperikoneen tuotanto kasvaa sekä lopputuotteen laatu paranee. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 139.) Kuvio 3 havainnollistaa hybridiformerin rakenteen.

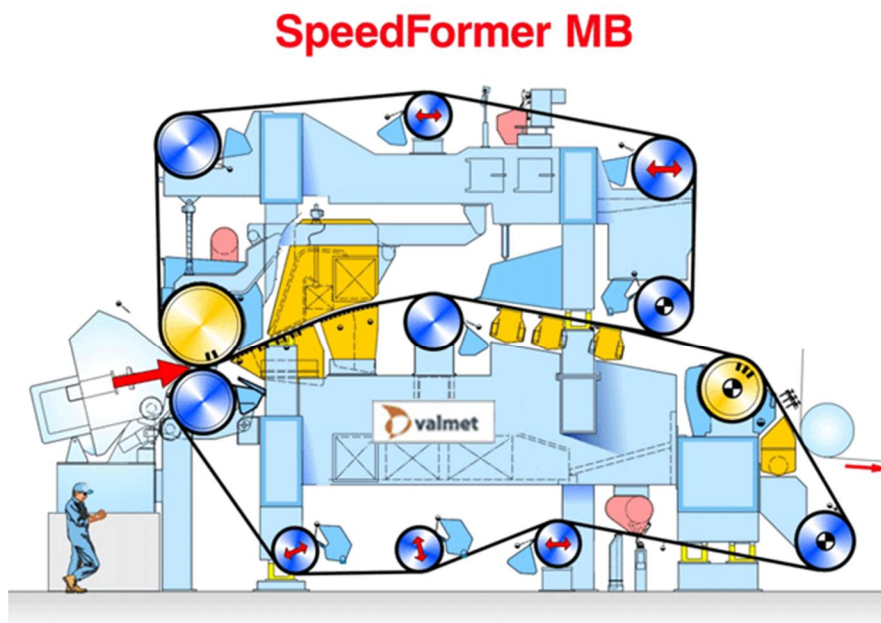


Kuvio 3. Valmetin SymFormer-mallin hybridiformeri (Yleistä rainanmuodostuksesta n.d).

3.3.3 Kitaformerit

Kitaformerissa perälaatikolta tuleva massa ohjataan kahden viirakudoksen väliseen kitaan, jolloin vesi poistuu massasta voimakkaasti kahteen suuntaan alusta asti. Kitaformerissa vedenpoisto tapahtuu lyhyemmällä matkalla kuin tasoviiralla sekä hybridiformerilla, joten kitaformerit sopii korkeille paperikoneen nopeuksille. (Viiraosan rakenteet n.d.) Kitaformerit voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan niissä käytettävien vedenpoistoelementtien mukaan, jotka ovat: lista-, tela- sekä telalista-kitaformerit.

Lista-kitaformerissa ensimmäisenä vedenpoistoelementtinä on listakenkä, jonka aiheuttaman pyörteilyn avulla vesi poistuu massasta. Tela-kitaformerissa on taas formeritela ensimmäisenä vedenpoistoelementtinä, jossa alipaineen ja telan urituksen avulla vettä poistetaan. Telalista-kitaformeriksi on kahden edellä mainitun kitaformerityypin yhdistelmä, jossa yhdistyy molempien kitaformereiden hyvät ominaisuudet. Telalista-kitaformerilla on tehty paperikoneiden maailmanennätysnopeudet, mikä kertoo sen nopeasta ja laadullisesti hyvästä vedenpoiston toiminnasta. (Rainanmuodostus eri viiratyypeillä n.d.) Kuvio 4 havainnollistaa kitaformerin rakennetta.



Kuvio 4. Valmetin SpeedFormer MB -mallin kitaformeriksi. (Yleistä rainanmuodostuksesta n.d.)

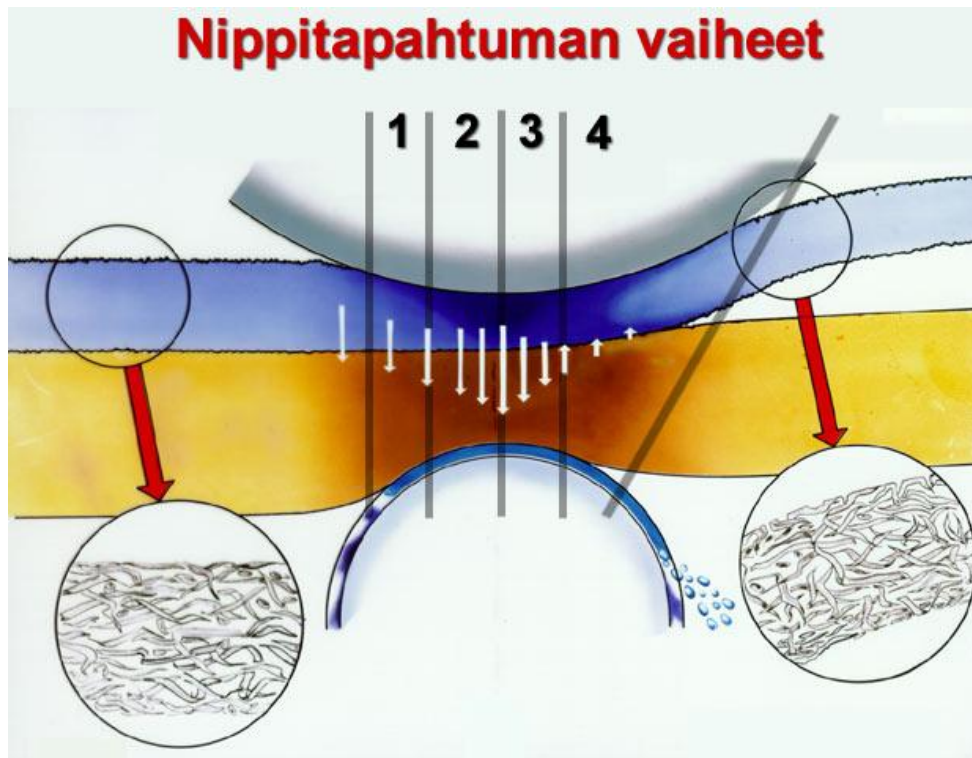
Monikerrosviiraosa kartonkikoneilla

Suuren neliömassan omaavan kartongin vedenpoisto viiraosalla on hidasta. Tämän takia tällainen kartonki valmistetaan kerroksittain, jolloin jokaisen kerroksen massasta poistetaan yksittäin vettä. Jokaisella kerroksella on oma perälaatikko ja viiraosa. Tällöin vedenpoisto on nopeampaa ja tehokkaampaa. Erilliset rainat yhdistetään ennen puristinosaa yhteen. Kerroksia tällaisella monikerrosviiraosalla on tyypillisesti kolmesta viiteen. (Viiraosan rakenteet n.d.)

3.4 Puristinosa

Viiraosalta raina ohjataan puristinosalle n. 15-20 %:in kuiva-ainepitoisuudessa. Raina siirretään viiraosalta yleisesti käyttämällä pick-up imutela, joka alipaineen avulla siirtää rainan puristinhuovalle. Puristinosan tarkoituksena on poistaa mahdollisimman paljon vettä rainasta sekä tiivistää sitä. Puristinosalla raina kulkee tyypillisesti 2-4 puristusvyöhykkeen läpi. Puristusvyöhyke koostuu kahdesta telasta, jotka puristavat rainan väliinsä. Telojen välissä olevaa puristusvyöhykettä kutsutaan puristinnipiksi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 16.) Raina kulkee puristinnipissä joko yhden tai kahden puristinhuovan mukana, jotta rainaa puristettaessa vesi siirtyy rainasta huokoiseen puristinhuopaan. Puristinhuopien tehtävänä on myös tukea rainan kulua puristinosalla. (Paperikoneen puristinosan tehtävät n.d.)

Puristinnipin toimintaa on selvitetty 1960 luvulta Wahlstromin toimesta ja myöhemmin sitä on vielä täydennetty. Selvitetyn teorian mukaan puristinnipissä on neljä erilaista vyöhykettä. Ensimmäisessä vyöhykkeessä raina saapuu puristinhuovan kanssa sulkeutuvaan puristinnippiin, jossa ilma poistuu rainasta suurimmaksi osaksi. Toisessa vyöhykkeessä ilma on poistunut kokonaan rainasta ja näin ollen raina on veden kyllästämä. Hydraulinen paine kasvaa, joka aiheuttaa vedenvirtauksen rainasta kohti puristinhuopaa, koska puristinhuovassa hydraulinen paine on pienempi. Puristinhuovasta vesi poistuu sen alla olevan telan uriin tai reikiin. Toisen vyöhykkeen lopussa kokonaispaine puristinnipissä on maksimissaan. Kolmannessa vyöhykkeessä puristinnippi alkaa laajeta sekä kokonaispaine puristinnipissä laskee myös. Kolmannen vyöhykkeen lopussa paperirainan kuiva-ainepitoisuus on suurimmillaan. Viimeisessä neljännessä vyöhykkeessä puristinnippi laajentuu edelleen, jolloin puristinhuovasta imeytyy vettä takaisin rainaan. (Märkäpuristuksen mekanismi n.d.) Kuviossa 5 havainnollistetaan puristinnipin neljä eri vyöhykettä.



Kuvio 5. Puristinnippitapahtuman vaiheet. (Märkäpuristuksen mekanismi n.d.)

3.4.1 Puristinnippityypit

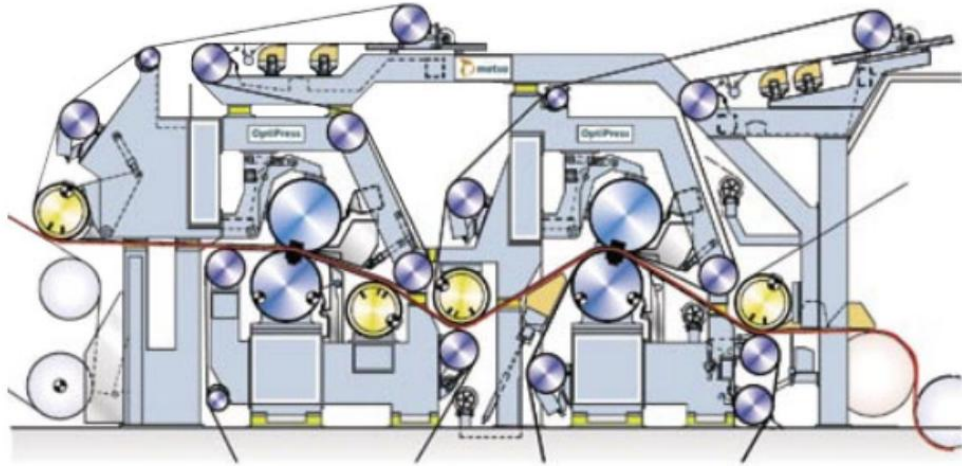
Puristimen nippirakenteet voidaan jakaa viiteen erilaiseen rakenteeseen, joiden yhdistelmistä nykyaikaiset puristinosat koostuvat. Sileän puristimen käyttö soveltuu hitaille koneille, koska sileän puristimen vedenpoistokapasiteetti on heikko suurilla nopeuksilla. Yleinen käyttökohde sileälle puristimen rakenteelle on sen käyttö tasauspuristimena varsinaisen puristinosan jälkeen. Tässä käyttökohteessa sileällä puristimen rakenteella parannetaan paperin sileyttä puristamalla paperia keveähköllä nippikuormituksella. (Nippirakenteet n.d.)

Imupuristimessa käytetään alipaineistettua telaa, jonka pintaan on porattu reikäkuvio. Paperirainaa puristettaessa vesi pääsee poistumaan rainasta imutelan uriin. Telan pyöriessä vesi poistuu telan reikäkuviosta sekä urista pois keskipakovoiman avulla. Imutelassa oleva alipaine tehostaa vedenpoistoa rainasta, mutta alipaineen tärkein tehtävä on kiinnittää paperirainaa hyvin puristinhuopaan, jolloin paperirainan siirtäminen puristinnipistä toiseen onnistuu hyvin. (Nippirakenteet n.d.)

Onsipintapuristin eli uritettu puristinnippi poistaa todella tehokkaasti vettä rainasta. Telan pinnassa olevien urien kautta vesi pääsee virtaamaan puristinnipistä pois. Nopeilla paperikoneilla urilla on suuri vaikutus rainasta tapahtuvaan vedenpoistoon. Jos uritus telan pinnassa on liian leveä tai uria on liian vähän, tällöin vesi ei pysy urissa vaan kulkeutuu takaisin paperirainaan aiheuttaen kosteita vanoja paperiin. Myös liian kapeat urat tukkeutuvat helposti, jolloin rainasta poistuva vesi ei pääse virtaamaan telan uriin. (Nippirakenteet n.d.)

Kaksoishuopapuristinta käytetään yleisesti ensimmäisenä puristinnippinä, koska puristinosalle tuleva paperiraina sisältää niin paljon vettä. Tässä tilanteessa kaksoishuopapuristimessa kahteen suuntaan tapahtuva vedenpoisto on tarpeeksi tehokas. Kaksoishuopapuristimen rakenne suojaa myös märkää rainaa rikkoontumiselta. Kaksoishuopapuristin aiheuttaa kuitenkin rainan uudelleen kastumista, eli kahdesta puristinhuovasta puristinnipin jälkeen vettä virtaa rainaan takaisin. Kaksoishuopapuristimen jälkeen on kuitenkin vielä yksi tai useampi puristinnippi jäljellä, jotka määrittävät paperirainan kuiva-ainepitoisuuden ennen rainan siirtymistä kuivatusosalle. (Nippirakenteet n.d.)

Kenkäpuristimen muodostaa kenkätela sekä vastatelana on taipumakompensoitu tela. Puristinhuopia voi tässä nipissä olla yksi tai kaksi, lisäksi nipissä on myös kuormituksessa oleva hihna, eli beltti. Hihnassa on erilaisia urituksia, jotka määräytyvät paperikoneen nopeuden, paperilajin mukaisesti sekä siitä, että onko puristin ensimmäisenä puristinnippinä. Kenkäpuristimessa käytettävät viivakuormat ovat moninkertaiset verrattuna telapuristimiin sekä nipin pituus paperin kulkusuuntaan on pidempi kenkäpuristimissa, joka tarkoittaa sitä, että rainaa puristetaan nipissä pidempi aika kuin telapuristimissa. (Nippirakenteet n.d.) Kuviossa 6 on esitettyä Valmetin Opti-Press-puristinosa, jossa on kaksi kenkäpuristinta. Punainen linja kuviossa havainnollistaa rainan kulkua läpi puristinosan. Rainan kulkusuunta kuviossa on vasemmalta oikealle.



Kuvio 6. Valmetin OptiPress + transbelt -puristinosa, eli kaksoiskenkápuristin siirtohihnalla (Nippirakenteet n.d).

3.4.2 Puristinosaan vaikutukset paperin laatuun

Puristinosalla on suuri vaikutus paperin ominaisuuksiin. Puristinnippityypit, telojen pinnoitteet, puristinhuovat sekä puristinnipeissä käytettävät kuormitukset on valittava tarkasti, jotta ne sopivat paperikoneen ajonopeuteen sekä tuotettavaan paperilajiin. Puristettaessa paperia vaikutetaan mm. paperin sileyteen, lujuuteen, kosteustasoon ja poikkisuuntaiseen kosteusprofiiliin sekä moneen muuhun ominaisuuteen. (Paperikoneen puristinosa tehtävät n.d.)

Puristinosalla raina saavuttaa n. 40-55 %:in kuiva-ainepitoisuuden riippuen paperi- tai kartonkilajista, puristinosa geometriasta sekä paperikoneen nopeudesta. Puristinosalla maksimoidaan vedenpoisto siten, että rainan ominaisuudet eivät kuitenkaan huonone. Puristinosalla rainan kuiva-ainepitoisuuden noustessa 1 %-yksikön verran pienentää se kuivatusosalla höyrynkulutusta n. 3-4 %. Puristinosalta raina kuljetetaan kuivatusosalle. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 16.)

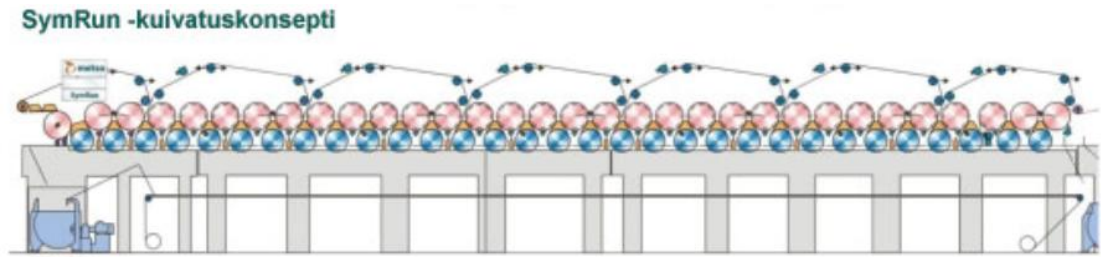
3.5 Kuivatusosa

Kuivatusosalla raina kulkee kontaktissa höyryllä lämmitettävien kuumien kuivatussylinterien päällä. Kuivatusosalla vettä poistetaan rainasta haihduttamalla. Haihtuminen tapahtuu, kun raina koskettaa höyryllä lämmitetyn kuivatussylinterin pintaa.

(Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 16.) Höyryä syötetään kuivatussyylinterin sisään, jossa höyry lauhtuu vedeksi ja samalla lämpö siirtyy kuivatussyylinterin vaippaan. Lämpö siirtyy paperirainaan kuuman kuivatussyylinterin vaipasta ja haihduttaa näin rainassa olevaa vettä. Lauhde kerätään kuivatussyylinterin sisältä sifonien avulla paperikoneen lauhdejärjestelmään. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 163-165.)

Kuivatusosalla on kudoksia, joita kutsutaan kuivatusviiroiksi. Niiden tehtävänä on tukea rainan kulkua kuivatusosalla, vahvistaa rainan ja kuivatussyylinterin välistä kontaktia, hallita rainan poikkisuuntaista kutistumista sekä kuivatusviiran on päästettävä läpi kuivatusta edistävät ilmavirtaukset. Jokaisella kuivatussyylinteriryhmällä on oma kuivatusviira tai kuivatusviirat, riippuen siitä onko kuivatusryhmä toteutettu yksi- tai kaksiviiraviennillä. Yksiviiraviennissä ylä- ja alasyylintereillä on sama kuivatusviira, kun taas kaksiviiraviennissä ylä- ja alasyylintereillä on omat kuivatusviiransa. Yksiviiraviennistä käytetään monesti kuivatusosan alussa, koska puristinosalta tuleva raina on vielä märkää ja rainan lujuus on alhainen, joten raina tarvitsee hyvän tuennan. Yksiviiraviennistä käytetään myös nopeakäyntisillä paperikoneilla. (Alenius 2005, 16.)

Kuivatusosa on rakennettu suljettuun tilaan, jotta mahdollistetaan kuivatusprosessissa lämmöntalteenotto. Tätä tilaa kutsutaan huuvaksi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 16.) Huuvalla on myös paljon muita ominaisuuksia kuin pelkästään lämmöntalteenotto. Huuva pitää kuivatusprosessin ympäristön vakaana sekä parantaa myös koko paperikoneen ajettavuutta. Huuva parantaa myös työskentelyolosuhteita konesalissa, koska se estää kuivatusosalla olevaa kuumuutta ja melua pääsemästä konesaliin. Huuva mahdollistaa myös kuivatusprosessin ilmastoinnin hallinnan sekä energian talteenoton niin vedestä kuin poistoilmastakin. (Paperikoneen kuivatusosa – yleistä n.d.) Kuviossa 7 on havainnollistettu kuivatusosan rakennetta.



Kuvio 7. Valmetin SymRun-kuivatusosa, jossa on yksiviiravienti jokaisella kuivatusryhmällä (Paperikoneen kuivatusosa – yleistä n.d)

Kuivatusosan vaikutukset paperin laatuun

Kuivatusosan tehtävänä on haihduttaa vettä paperiradasta, mutta se on tehtävä tassaisesti, hallitusti ja energiatehokkaasti. Ennen kaikkea siten, että paperin ominaisuudet eivät huonone. Kuivatusprosessi vaikuttaa moniin paperin ominaisuuksiin, joita ovat mm. kosteusprofiili, konesuuntainen kosteusvaihtelu, pintaominaisuuksista siileys ja karheus sekä lujuusominaisuudet. (Paperikoneen kuivatusosa – yleistä n.d.)

3.5.1 Kuivatustekniikat

Paperia ja kartonkia voidaan kuivata perinteisen sylinterikuivatuksen lisäksi myös kahdella muulla eri menetelmällä, joita ovat puhalluskuivatus sekä säteilykuivatus. Yhteistä näille kolmelle menetelmälle on se, että paperirainaan johdetaan energiaa ulkopuolelta, joka haihduttaa vettä pois paperirainasta. Kuivatusmenetelmissä käytetään erilaisia energianlähteitä, joiden seurauksena eri menetelmissä käytetyt laiteratkaisut ovat hyvin erilaiset. (Paperikoneen kuivatusosa -yleistä n.d.)

Puhalluskuivatus on tehokas paperirainan kuivatusmenetelmä. Tehokas kuivatus saadaan aikaiseksi puhaltamalla kuumaa ilmaa korkealla nopeudella paperirainan pintaan ja keräämällä ilma takaisin puhalluskuivaimeen. Kuivaimessa ilmaa lämmitetään normaalisti kaasulla. Puhalluskuivatuksen ominaishaihdutusteho on huomattavasti suurempi kuin perinteisen sylinterinkuivatuksen. Myös puhalluskuivatuksen kuivatusnopeus on moninkertainen sylinterikuivatukseen nähden. (Paperikoneen kuivatusosa -yleistä n.d.)

Säteilykuivatuksessa käytetään hyväksi infrapunasäteilyä, jonka lämpösäteily kuumennetaan kaasulla tai sähköllä. Infrapunasäteilyn kohdatessa paperirainaa, osa sätei-

lystä läpäisee rainan, osa heijastuu takaisin ja osa absorboituu rainaan. Infrapunakuivaimen käyttökohteita ovat mm. päällystetyn paperin tai kartongin kuivatus ennen sylinterikuivatusta, jotta märkä päällystekerros ei tarttuisi kuumien kuivatussylinterien pintaan. Infrapunakuivaimia voidaan käyttää myös rainan kosteusprofiilin parantamiseen, jossa infrapunakuivaimella tehostetaan rainan märkien alueiden kuivatusta. (Infrapunakuivain n.d.)

3.6 Kalanterointi ja rullain

Kalanterointi on prosessi, jossa paperi- tai kartonkirataa puristetaan kahden tai useamman telan muodostamissa nipeissä. Paperissa ja kartongissa on aina kosteus- sekä neliömassavaihteluita, jotka aiheuttavat paksuuden vaihtelua. Kalanteroinnilla tasoitetaan paperiradan paksuusprofiilia sekä vaikutetaan positiivisesti paperin pintaominaisuuksista sileyteen ja kiiltoon. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 204.)

Paperi- ja kartonkikoneen viimeisenä prosessina on rullain, jonka tehtävänä on rullata koko koneen levyinen valmistettu paperi tampuuriraudan ympärille konerullaksi (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 16). Rullaustapahtumaan kuuluu neljä erilaista vaihetta, jotka ovat: paperiradan hallinta ennen rullausta, kiinnirullaustapahtuma, tampuurin vaihtotapahtuma sekä valmiin konerullan käsittely (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 220).

3.7 Pääprosessien vaikutus paperiradan kosteuteen ja kosteusprofiiliin

Paperi- ja kartonkikoneella valmistusprosessi perälaatikon jälkeen on ylimääräisen veden poistamista paperirainasta. Pääprosesseilla on toki muitakin tehtäviä vedenpoiston lisäksi, kuten paperin ja kartongin laatuun liittyvät toimenpiteet. Tämän perusteella paperiradan kosteuteen ja kosteusprofiiliin vaikutetaan viira-, puristin- sekä kuivatusosalla. Tämä tekeekin paperirainan kosteusprofiiliiongelmissa hyvin laaja-alaisen. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2006, 81.)

Viiraosan epätasainen vedenpoisto aiheuttaa paperirainan kosteusprofiiliin virheen. Viiraosalla rainan kosteuteen ja kosteusprofiiliin aiheutuu virheitä mm. viiraosan vedenpoistoelementtien epäkunnosta, viirakudoksen paikallisesta tukkeutumisesta sekä

viiraosan imutelan reikien tukkeutumisesta. Viirakudoksen poikkisuuntaisen kireysprofiiliin täytyy olla myös tasainen, jotta ongelmia rainan kosteusprofiiliin ei syntyisi. (Alenius 2005, 27.)

Puristinosalla rainan kosteusprofiiliin virheitä aiheuttavat mm. puristinnippiteiden kunto sekä urien tai reikien tukokset, puristinnipin poikkisuuntaisen kuormituksen epätasaisuus sekä puristinhuopien paikallinen tukos. Rainan epätasainen lämpötilaprofiili aiheuttaa puristinosalla epätasaisen vedenpoiston rainasta. (Alenius 2005, 28.)

Kuivatusosalla kosteusprofiilivirheen aiheuttajia ovat mm. kuivatussyinterien pinnan likaisuus, kuivatussyinterin sisällä olevan lauhteenpoiston viallinen toiminta sekä kuivatusviirujen tukkeutuminen. Kuivatusosalla tyypillisesti paperiradan reuna-alueet kuivuvat helpommin kuin radan keskialue. Kuivatusviiran epätasainen kireysprofiili koneen poikkisuunnassa aiheuttaa myös kosteusprofiiliongelmia kuivatusosalla. (Alenius 2005, 29.)

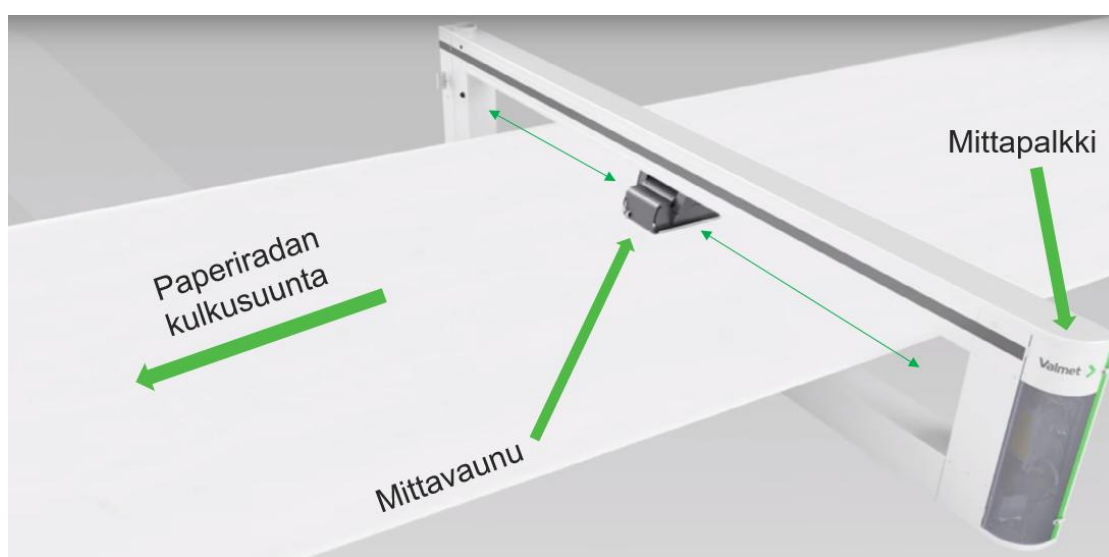
4 Paperi- ja kartonkiradan laatumittaukset

Paperin ja kartongin laatua mitataan jatkuvasti tuotannon aikana (on-line) ennen rullainta sijaitsevalla mittapalkilla. Mittapalkkeja voi olla useita yhdessä konelinjassa, mm. päällystysasemilla tai kuivatusosalla ennen päällystystä. Mittapalkissa on asennettuna mittavaunu, jossa sijaitsevat paperin fysikaalisia suureita mittaavat anturit. Mittavaunu liikkuu paperiradan yli puolelta toiselle radan poikkisuunnassa eli traversoi ja mittaa jatkuvasti paperiradan ominaisuuksia koko paperiradan leveydeltä. Mittavaunu on kaksiosainen, jonka välissä paperirata kulkee. Yleisimmät mitattavat suureet ovat neliömassa, kosteus sekä paksuus. Muita mitattavia suureita on mm. tuhka, vaaleus sekä sileyys ja kiilto. (Paperin laadun mittaaminen paperikoneella n.d.)

4.1 Profiilimittaus

Mittavaunu traversoi mittapalkissa paperiradan ylitse koneen poikkisuunnassa jatkuvasti tuotannon aikana. Paperirata kulkee kovaa vauhtia mittapalkin lävitse paperikoneen konesuuntaan samalla, kun mittavaunu traversoi paperiradan poikkisuunnassa.

Tämä tarkoittaa sitä, että mittaukset saadaan diagonaaliselta linjalta, josta sitten laskennallisesti tuotetaan lopullinen profiilin mittaustulos. Tyypillisesti mittavaunussa olevilta antureilta kerätään tietoa näytteenottotaajuudella 1000 mittausta sekunnissa. Mittaustulosta kuitenkin suodatetaan, jotta mittaustuloksesta saadaan poistettua häiriöitä. Mittaukset käsitellään yleisesti niin, että antureilta kerätään yksi mitaus yhden senttimetrin välein. Jos paperiradan leveys on kuusi metriä, niin koko paperiradan leveydeltä saadaan antureilta 600 mittausta. (Paperin laadun mittaaminen paperikoneella n.d.) Kuviossa 8 on havainnollistettu Valmet IQ Scanner -mittapalkin toimintaperiaatetta.

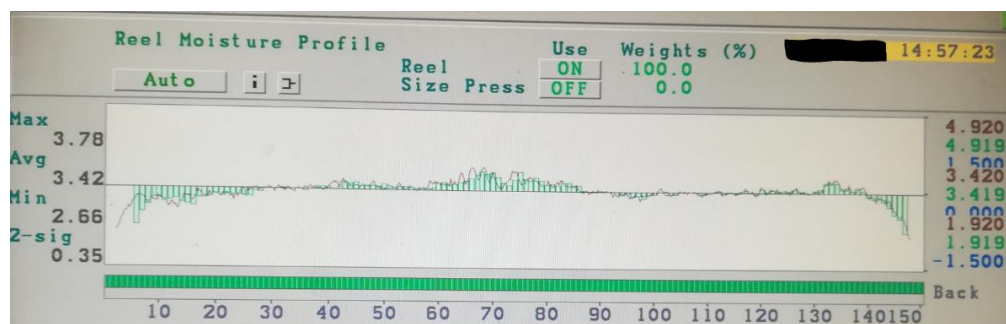


Kuvio 8. Valmetin IQ Scanner -mittapalkin havainnollistaminen (Valmet IQ Scanner 2015).

Kuviossa 9 on esitetty paperikoneen rullaimella sijaitsevalla mittapalkilla mitattu paperiradan poikkisuuntainen kosteusprofiili, joka on käsitelty Valmet DNA -automaatiojärjestelmässä. Paperiradan kosteusprofiilin reuna-alueet ovat selkeästi kuivemmat, kuin kosteusprofiilin keskialue. Suora viiva kosteusprofiilissa esittää profiilin keskiarvoa. Kuvion vasemmassa reunassa on kosteusprofiilista laskettuja lukuarvoja, kuten maksimi, minimi, keskiarvo sekä 2-sigma. Kuvion oikeassa reunassa on kuvaajan y-akselin asteikko, jonka yksikkönä on kosteus-%.

Sigmalla tarkoitetaan tässä tilanteessa keskihajontaa. 2-sigma tarkoittaa kahta keskihajontaa. Keskihajonta kertoo sen, että normaalijakautuneessa joukossa 68 % näytteistä on yhden keskihajonnan etäisyydellä joukon keskiarvosta. 2-sigman

tilanteessa 95 % normaalijakautuneen joukon näytteistä on kahden keskihajonnan etäisyydellä keskiarvosta. (Normaalijakauma n.d.)



Kuvio 9. Rullaimella olevalla mittapalkilla mitattu kosteusprofiili valvomonäytöllä Valmet DNA -automaatiojärjestelmässä

4.2 Neliömassa

Neliömassa on paperin tai kartongin paino grammoina neliometriä kohti. Neliömassan yksikkönä käytetään g/m^2 . Neliömassa sisältää paperin kuiva-ainemäärän sekä vesimäärän. Neliömassan lisäksi myös paperin kosteuspitoisuus saadaan mitattua mittapalkilla, joten näiden mittaustulosten erotuksena saadaan laskettua paperin sisältämä kuivamassa. Erilaisten paperilajien neliömassa-alue on tyypillisesti noin 28 – 150 g/m^2 , kun taas erilaiset kartonkilajit ovat raskaampia ja niiden neliömassa alue on tyypillisesti noin 100 – 600 g/m^2 . Neliömassan muutokset vaikuttavat melkein kaikkiin paperin ominaisuuksiin, siksi se on tärkein mitattava ja säädettävä paperin ominaisuus. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2006, 78.)

Neliömassan mittaaminen mittapalkilla perustuu yleisesti beeta- tai gammasäteilyn absorptioon mitattavassa paperissa tai kartongissa. Paperiradan läpäissyt beetasäteily tunnistetaan rainan yläpuolella olevassa neliömassa-anturin ilmaisimessa, jossa on jalokaasutäytteenä ionisointikammio. Paperiradan läpäissyt beetasäteily aiheuttaa ionisoitumisen ilmaisimessa. Ionisointikammioon syötetään sähkövirtaa, jonka avulla beetasäteilyn ionisoitumiseen verrannollinen sähkövirta saadaan johdettua elektrodille. Vahvistin vahvistaa syntyneen sähkövirran sekä muuntaa sen jännitteeksi. Jännite muunnetaan taajuudeksi, jolloin mittauksesta syntyy pulssijono. (Neliömassan mittaaminen n.d.)

4.3 Kosteus

Kosteus on yksi paperirainan tärkeimmistä fysikaalisista suureista neliömassan tavoin paperinvalmistuksessa. Paperirainan kosteuden olisi erittäin tärkeää olla mahdollisimman tasainen sekä paperin pituus- että poikkisuunnassa, jotta häiriötön tuotanto paperikoneella sekä hyvä paperin laatu mahdollistetaan. (Sauhke 2017, 13.) Valmiille paperille on asetettu kosteuden ylä- sekä alaraja, jonka sisällä lopullisen kosteuden tulee pysyä valmistetussa paperissa. Liian kosteaa tai kuivaa paperia ei voida siirtää jälkikäsittelyprosesseihin eikä myydä eteenpäin. (Kosteuden mittaaminen n.d.) Paperi on hygroskooppinen materiaali, mikä tarkoittaa sitä, että paperin kosteus pyrkii kosteustasapainoon ympärillä olevan ilmankosteuden kanssa. Jos ympäristön ilmankosteus nousee, nousee myös paperin kosteuspitoisuus. (Kosteus n.d.)

Paperin ja kartongin lopullinen kosteus määritellään laboratoriossa testattavaksi otetun paperinäytteen painohäviönä. Näyte punnitaan ensiksi kannellisessa punnituslaskissa, minkä jälkeen kansi avataan ja näyte kuivatetaan lämpökaapissa vakio-olosuhteissa vakiopainoiseksi. Lämpökaapin lämpötila on $105\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Vakiopaino näytteelle on saavutettu, kun kaksi peräkkäistä tulosta eroavat toisistaan maksimissaan 0,1 %. Paperin ja kartongin kosteus lasketaan prosentteina testatun näytteen alkuperäisestä massasta yhtälöllä 1.

$$x = \frac{a - b}{a - c} * 100 \quad (1)$$

missä x = näytteen kosteuspitoisuus, %

a = astian, kannen ja näytteen paino ennen kuivatusta, g

b = astian, kannen ja näytteen paino kuivatuksen jälkeen, g

c = astian ja kannen paino, g

(Kosteus n.d.)

Kosteuden mittaamisesta mittapalkilla on kerrottu luvussa 7. Paperin ja kartongin kosteuden mittaaminen.

5 Laatusäädöt

Laatumittaukset pitävät sisällään tarkat rainan poikkisuuntaiset profiilimittaukset neliömassasta ja kosteudesta sekä muista halutuista suureista. Mittapalkin mittaustulosten perusteella säädetään myös rainan keskimääräistä kosteutta sekä neliömassaa. (Paperin laadun mittaaminen paperikoneella n.d.)

5.1 Neliömassan säätö

Neliömassan konesuuntaisen säädön tarkoituksena on pitää neliömassa ohjearvossa. Mittapalkilla, joka on sijoitettu paperikoneen rullaimelle, mitataan neliömassa-anturilla valmistuvan paperin neliömassaa tuhat kertaa sekunnissa mittavaunun liikuessa paperiradan ylitse poikkisuunnassa. Mitatuista poikkiprofiileista lasketaan painotettu keskiarvo, jota verrataan valmistettavan lajin neliömassan ohjearvoon. Ohjearvon ja painotetun keskiarvon erotus eli eroarvo ohjaa neliömassasäädintä, jossa lasketaan uusi asetusarvo massavirtaukselle. Uusi massavirtauksen asetusarvo ohjaa massapumpun kierroslukua. Massapumpun kierrosluvun säädöllä vaikutetaan massavirtauksen määrään perälaatikolle ja näin ollen myös neliömassan määrään. (Neliömassan säätö n.d.)

Neliömassaprofiilin säädöllä tarkoitetaan yleensä kuivamassaprofiilin säätöä, joka tarkoittaa sitä, että raina on laskennallisesti 100 %:n kuiva-ainepitoisuudessa. Neliömassaprofiilia voidaan säätää perälaatikolla kärkilistaa säätämällä. Laimennusperälaatikolla säätäminen onnistuu laimentamalla perälaatikosta tulevaa massaa vedellä. Kärkilistasäädöllä vaikutetaan neliömassaprofiilin lisäksi muihin profiileihin, jotka vaikuttavat taas edelleen paperin ominaisuuksiin. Laimennusperälaatikossa massaa laimennetaan vedellä, jolloin vaikutus pysyy lähinnä vain neliömassaprofiilin säätämisessä. (Neliömassan säätö n.d.)

5.2 Kosteuden säätö

Mittapalkilla suoritettavaa jatkuvaa kosteudenmittausta käytetään myös säätöarvona kosteuden säädölle. Jos mittapalkilla mitattu kosteustaso on tavoitekosteutta suurempi, muutetaan tällöin kuivatussylintereiden sisällä höyrynpainetta suuremmaksi. Kuivatussylintereiden sisälle syötetty höyryn määrä säätää konesuuntaista kosteustasoa kuivempaan tai märempään suuntaan. Kosteusprofiilin säädön toimilaitteita on käytännössä kolme erilaista, jotka ovat: Höyrylaatikko, infrapunakuivain sekä kostutin. (Kosteuden säätö n.d.)

Höyrylaatikko

Höyrylaatikko sijoitetaan viiraosalle tai puristinosalle lisäämään vedenpoistoa puristinosalla. Höyrylaatikon periaatteena on lämmittää rainaa höyryllä, jolloin rainan lämpötila nousee ennen puristinnippiä. Lämpötilan nousu aiheuttaa veden viskositeetin pienenemistä, jonka seurauksena puristinnipissä vesi poistuu helpommin rainasta puristinhuopaan. Höyrylaatikolla voidaan laskea rainan kosteustasoa sekä korjata yksittäisiä kosteuspiikkejä kosteusprofiilissa. (Höyrylaatikko n.d.)

Infrapunakuivain

Infrapunakuivaimen periaate on käyty aikaisemmin läpi luvussa 2.5.2 Kuivatustekniikat. Infrapunakuivaimella kuivatetaan kosteusprofiilissa esiintyviä märkiä kosteusalueita tuomalla infrapunasäteilyä paperirataan. Infrapunakuivaimella on mahdollista laskea rainan kosteustasoa jopa 4 %-yksikköä. (Kosteuden säätö n.d.)

Kostutin

Höyrylaatikon ja infrapunakuivaimen toiminta perustuu siihen, että märkiä alueita kosteusprofiilissa pyritään kuivaamaan. Kostuttimen toimintaperiaate on päinvastainen. Kostuttimella suihkutetaan vettä kosteusprofiilissa esiintyviin kuivempiin kohtiin, joka tasoittaa kosteusprofiilia nostamalla kosteustasoa kosteusprofiilissa. Tärkeää on pitää kostutinlaitteen suuttimet puhtaina, jotta vesisuihku on mahdollisimman tasainen, jolloin vesisuihkun vaikutus on tehokkain. (Kosteuden säätö n.d.)

6 Spektrometria

Spektrometriaa käytetään aineiden tunnistamiseen sekä pitoisuuksien määrittämiseen sähkömagneettisen säteilyn ja aineen välistä vuorovaikutusta hyödyntämällä. Sähkömagneettinen säteily osuessaan aineeseen saa aikaan erilaisia muutoksia, joita ovat muutokset aineen elektroni-, vibraatio- tai rotaatiotiloissa. Aineiden koostumusten tutkimisen kannalta tärkeimmät aallonpituusalueet ovat näkyvän valon, ultraviolettisäteilyn sekä infrapunasäteilyn aallonpituusalueet. Edellä mainittujen alueiden lisäksi myös voidaan lisätä myös radiotaajuuksinen säteily sekä röntgensäteily. (Jaari- nen & Niiranen 2005, 46.)

6.1 Infrapunaspektrometria

IR-spektrometria (engl. Infrared spectroscopy) on spektrometrian osa-alue, jossa säteily tapahtuu infrapunasäteilyn aallonpituusalueella. IR-spektrometriaa käytetään aineiden tunnistamiseen sekä molekyylien rakenteiden selvittämiseen. Aineella on sille ominainen IR-spektri, josta selviää aineen ominaisuuksia. Tätä spektriä kutsutaankin aineen sormenjäljeksi. Aineen tunnistaminen tapahtuu vertaamalla aineen spektriä referenssispektreihin. Molekyylin rakenne määrää IR-spektrin ominaiset piirteet. Spektristä voidaan tulkita mitä atomeja tai atomiryhmiä aine sisältää tai ei sisällä. Myös atomeja yhdistävät sidokset voidaan tunnistaa spektristä. IR-spektrissä oleviin absorptiotaajuuksiin sekä intensiteetteihin vaikuttavat aineen olomuoto, isomeria, lämpötila sekä muut ulkoiset tekijät. Tämä aiheuttaa hankaluutta aineen tunnistuksessa, koska saman aineen IR-spektrit voivat hieman poiketa toisistaan. (Jaari- nen & Niiranen 2005, 90.)

IR-Absorptio

IR-säteily on lämpösäteilyä, joka aineeseen absorboituaan aiheuttaa aineen molekyyliä värähdys- sekä pyörähdysliikettä. Molekyylin jouduttua värähdysliikkeen, sen atomien välinen sidoksen pituus muuttuu tai atomiryhmien sidosten välinen kulma muuttuu. IR-absorptio tapahtuu, kun molekyylin värähtely- tai pyörähdysenergiatilojen välinen ero on yhtä suuri aineeseen vaikuttavan IR-säteilyn energian kanssa. Absorptio näyttäytyy absorptiojuovana spektrissä kyseisestä absorptiosta vastaavalla aallonpituudella. (Jaarinen & Niiranen 2005, 90-91.)

6.2 Lähi-infrapunaspektrometrian sovellusalueet

Teknologian kehittymisen myötä lähi-infrapuna tekniikka on saatu toimivaksi analyttisiin tarkoituksiin. Lähi-infrapunatekniikassa käytetään lyhyempää aallonpituusalueita, kuin normaalissa infrapunatekniikassa. Yleisimmät NIR (engl. Near-infrared) -analysointilaitteiden käyttökohteet ovat elintarvikkeiden sisältämän proteiinin, kosteuden, tärkkelyksen sekä rasvan määrän mittaaminen. (Jaarinen & Niiranen 2005, 112.)

Lähi-infrapunaspektrometriaa käytetään monilla eri teollisuuden aloilla valmistettavan tuotteen kosteuspitoisuuksien määrittämiseen. Kosteuspitoisuuksia voidaan tutkia mm. turpeesta, vanerista, muoveista, hiekasta ja savesta. Lähi-infrapunaspektrometriaa käytetään myös paperin ja kartongin kosteuspitoisuuden mittaauksessa.

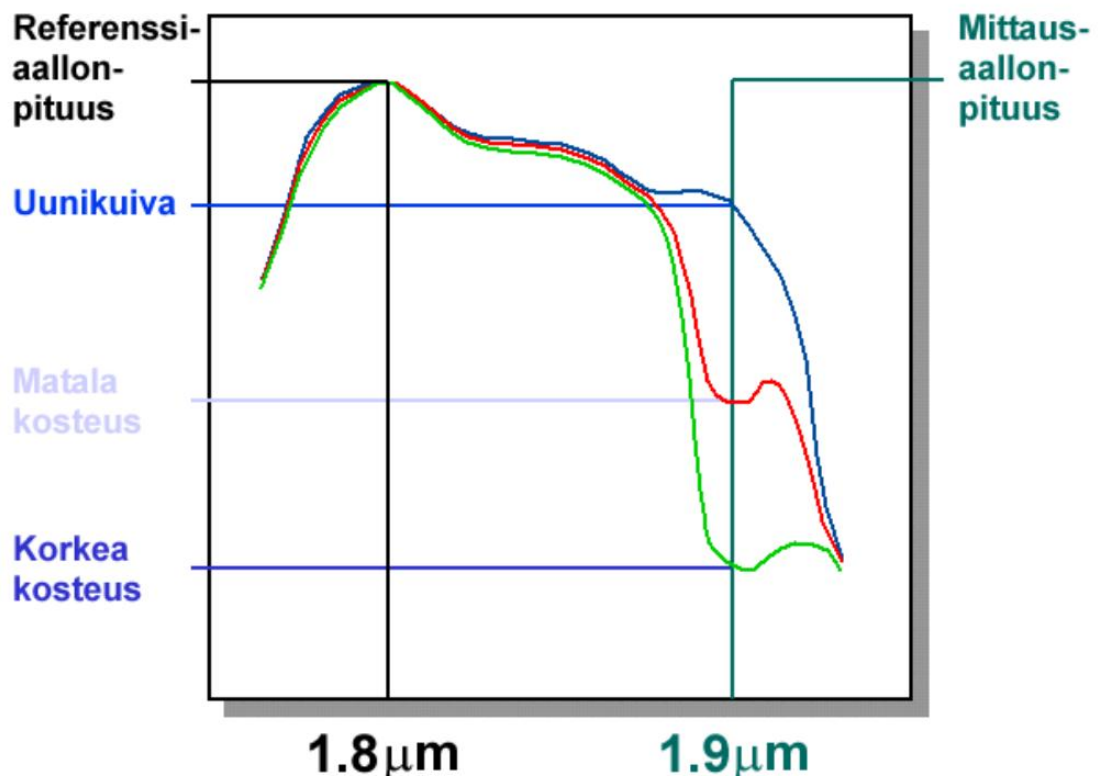
(Tikka 2009, 18.)

7 Paperi- ja kartonkiradan kosteuden mittaus

Paperi- ja kartonkiradan kosteuden mittaamiseen on käytössä neljä erilaista menetelmää, jotka ovat: Resistiivinen kosteusmittaus, kapasitiivinen kosteusmittaus, mikroaaltokosteusmittaus ja infrapunakosteusmittaus. Näistä neljästä käytetyin on IR-mittausmenetelmä, joka on luokiteltu vielä kahteen eri menetelmään: transmissiomittaus eli läpäisymittaus ja heijastusmittaus. Läpäisymittauksia käytetään alhaisempien kosteuspitoisuuksien mittaamiseen, kun taas heijastava mittausmenetelmä sopii myös korkeammille kosteuspitoisuuksille. (Kosteuden mittaaminen n.d.)

7.1 Infrapunakosteusmittauksen menetelmä

Infrapunakosteusmittaus perustuu vesimolekyylien absorptioon paperirainassa lähi-infrapuna-alueen mittausaallonpituuksilla. Vesimolekyylit absorboivat voimakkaasti 1,9 μm :n aallonpituista infrapunasaateilyä, mikä tarkoittaa, että paperin sisältämä vesipitoisuus saadaan tunnistettua 1,9 μm :n mittausaallonpituudella. Mittauksessa käytetään myös 1,8 μm :n aallonpituista infrapunasaateilyä, jota vesi ei absorboi olennaisesti ja johon myös muut paperin ainesosat suhtautuvat samankaltaisesti veden kanssa. Näin ollen 1,8 μm :n aallonpituista infrapunasaateilyä voidaan käyttää vertailusäteilynä, kun lasketaan infrapunasaateiden intensiteettien suhdetta lopullista kosteusmittaustulosta varten. Mittausaallonpituudet saadaan aikaiseksi kosteusmittarissa olevalla suodatinkiekolla, joka pyörii tuhansia kierroksia sekunnissa ja katkoo valonsädettä muodostaen oikeat aallonpituudet infrapunasaateille. (Kosteuden mittaaminen n.d.) Kuvio 10 havainnollistaa eri kosteuksissa olevien paperinäytteiden käyttäytymisen 1,8 μm :n ja 1,9 μm :n mittausaallonpituuksilla.



Kuvio 10. Paperin sisältämän veden absorptiojuova eri kosteuspitoisuuksilla (Kosteuden mittaaminen n.d.)

7.2 Lämpäisevä infrapunakosteusmittaus

Lämpäisevää infrapunakosteusmittausta voidaan käyttää yleisesti 15 – 300 g/m² neliömassaisilla paperi- ja kartonkilajeilla. Neliömassan yläraja riippuu mitattavan kartongin rakenteesta. Infrapunasäteilyn tunkeutuvuuteen vaikuttaa mm. kartongin väri sekä kartongissa olevat täyteaineet, kuten hiili, joka ei päästä infrapunasäteilyä tunkeutumaan lävitse. Mittapalkilla oleva kosteudenmittaus perustuu lämpäisevään mittaukseen. (Kosteuden mittaaminen n.d.)

Mittavaunussa oleva kosteusmittari on kaksiosainen, jonka alaosassa sijaitsee infrapunavalonlähde sekä suodatinkiekko, joilla saadaan aikaiseksi oikeat aallonpituudet paperin kosteuden mittaamiseen. Yläosassa sijaitsee kosteusmittarin ilmaisin, joka on infrapunasäteilyä tasaava integroiva pallo. Ilmaisin vastaanottaa paperiradan läpäisseet infrapunasäteet ja tutkii säteiden intensiteetit. (Kosteuden mittaaminen n.d.)

Heijastava infrapunakosteusmittaus

Heijastavassa infrapunakosteusmittauksessa infrapunavalonlähde sekä infrapunasäteilyn ilmaisin sijaitsevat molemmat kosteusmittarissa. Heijastava infrapunakosteusmittaus soveltuu paremmin korkeammille paperin kosteuspitoisuuksille sekä pienempi neliömassaisille paperi- ja kartonkilajeille. Heijastavaa infrapunakosteusmittausta käytettäessä, puhutaan myös paperin ja kartongin pintakosteuden mittaamisesta, varsinkin paksuimmilla kartonkilajeilla. (Kosteuden mittaaminen n.d.)

8 Analyysipalvelun kosteusprofiilimittausjärjestelmät

Miksi Valmetilla on vielä oma liikuteltava kosteusprofiilimittausjärjestelmä tuotantolaitoksella olevan mittapalkin lisäksi? Mittapalkki sijaitsee paperikoneen rullaimella, josta kosteusprofiilimittauksien perusteella säädetään kuivatussylintereiden höyrynpainetta tai kosteusprofiilinsäädön toimilaitteita parantamaan paperiradan kosteusprofiilia. Jos edellä mainituilla keinoilla ei saavuteta positiivisia vaikutuksia paperiradan kosteuteen tai kosteusprofiiliin, voidaan tällöin analyysipalvelun kosteusprofiilimittausjärjestelmällä selvittää ja rajata kosteusvirheen alkuperä. Usein siirrettävä kosteusprofiilimittausjärjestelmä asennetaan puristinosan jälkeen alkukuivatusosalle. Tällä voidaan rajata kosteusprofiilivirheen alkuperä, jos puristimen jälkeinen radan

kosteusprofiili on hyvä, niin voidaan päätellä, että virhe kosteusprofiilissa syntyy kuivatusosalla eikä koneen märkäpäässä. Mittausjärjestelmällä voidaan tutkia myös raiinan konesuuntaan tapahtuvaa kosteusvaihtelua, jolloin järjestelmällä ei traversoida, vaan mittalaite mittaa paikoillaan, eli pistemittauksena paperirataa. Myös paperikoneen ajoarvojen muutoksilla sekä testeillä mittausten yhteydessä voidaan parantaa paperiradan kosteusprofiilia ja löytää syitä huonolle kosteusprofiilille.

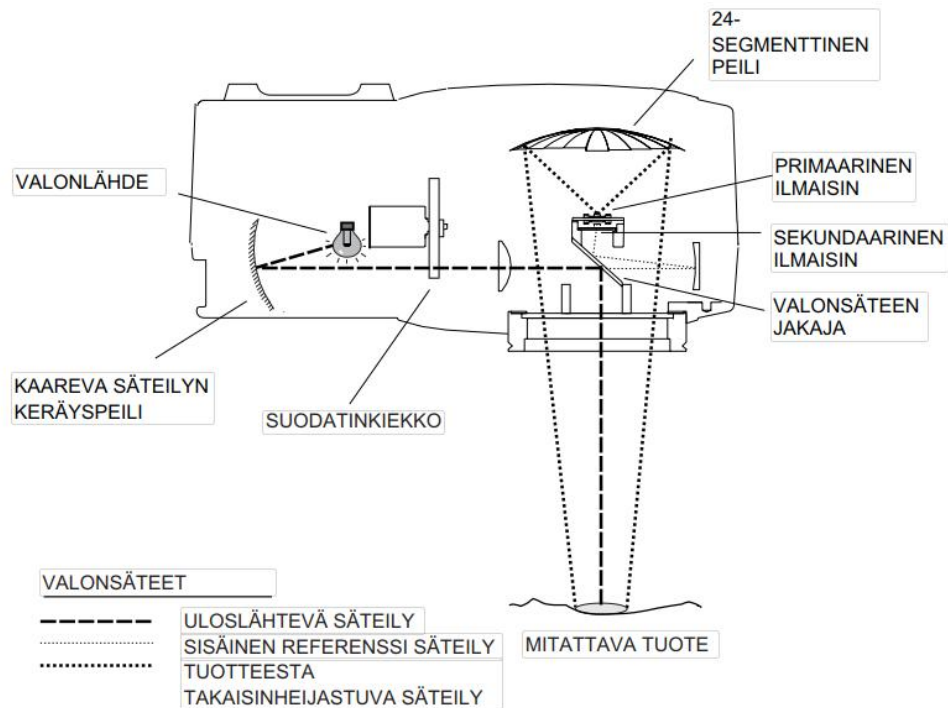
8.1 NDC Technologies IG710-kosteusmittari

Nykyinen käytössä oleva kosteusmittari on NDC Technologiesin valmistama IG710-kosteusmittari. Kosteusmittarin toiminta perustuu heijastavaan IR-mittausteknologiaan, jossa IR-valonlähde sekä tunnistin ovat molemmat mittarissa. Mittaus perustuu mittarista mitattavaan kohteeseen lähetetyn valonsäteen ja mitattavasta kohteesta mittariin takaisin heijastuvan valonsäteen intensiteettien mittaamiseen. Kosteusmittarissa on kvartsihalogeenilamppu, joka toimii valonlähteenä mittaauksessa. Valo kohdistuu ensin kaarevalle valonkeräys peilille, joka vahvistaa valonsädettä ja maksimoi valonsäteen läpäisykyvyn. Valonsäde kulkee seuraavaksi suodatinkiekon lävitse, joka pyörii 8000 kierrosta minuutissa tuottaen valonsäteelle oikeanlaisen aallonpituuden kosteuden mittaamiseen. Seuraavaksi valonsäde kulkee valonsäteen jakajalle, joka heijastaa suurimman osan valonsäteestä mitattavaan tuotteeseen. (IG710 Technical Reference Manual 2002, 1-9.)

Mittarissa on kaksi ilmaisinta, jotka ovat primaarinen ja sekundaarinen ilmaisimien valonsäteiden intensiteettien mittaamista ja vertaamista varten. Valonsäteen jakaja päästää lähtevästä valonsäteestä pienen osuuden läpi, joka ohjataan sekundaariseen ilmaisimeen. Tällä toimenpiteellä tuodaan lisää luotettavuutta mittaustulokseen, koska sekundaariseen ilmaisimeen kulkeutuva valonsäde sisältää mittarista itsestään aiheutuvia häiriöitä. Primaariseen ilmaisimeen kulkeutuu mitattavasta tuotteesta takaisin heijastunut valonsäde 24 segmenttiin jaetun peilin kautta. (IG710 Technical Reference Manual 2002, 1-9.)

Lopullinen mittaustulos saadaan vertailemalla primaariselle ilmaisimelle tulleen valonsäteen intensiteettiä sekundaarisen ilmaisimen vastaanottamaan valonsäteen in-

tensiteettiin. Mitattavasta tuotteesta tuleva valonsäteen intensiteetti lasketaan primäärin ilmaisimen vastaanottaman valonsäteen intensiteetin ja sekundaarisen ilmaisimen vastaanottaman valonsäteen intensiteetin suhteena. (IG710 Technical Reference Manual 2002, 1-10.) Kuvio 11 esittää IG710-kosteusmittarin rakenteen ja mittausvalonsäteen reitin mittarista mitattavaan kohteeseen.



Kuvio 11. IG710-kosteusmittarin rakenne ja valonsäteen kulku mittarista mitattavaan tuotteeseen. (IG710 Technical Reference Manual 2002, 1-9. Muokattu.)

8.2 Keskusyksikkö

Keskusyksikkö on kosketusnäytöllinen työasema mittalaitteen tietojen ja asetusten määrittämistä varten. Keskusyksikössä tapahtuu mittaustuloksen laskenta ja käsittely, joihin vaikuttavat mittalaitteelle syötetyt arvot sekä käytössä oleva mittausresepti. (Tikka 2009, 22.) Reseptiin on määritelty valmiiksi parametreja, joita käytetään tuottamaan kalibroituja mittauksia tuotteen sisältämästä aineosasta, kuten paperin sisältämästä vedestä (IG710 Technical Reference Manual 2002, 3-26).

Trim -toiminto nostaa kosteusmittarin ulostulon tasoa asetetulla Trim -lukuarvolla ja Span -toiminto vaikuttaa raakasignaalin ulostulon kulmakertoimen jyrkkyyteen. Näitä kahta arvoa käytetään kosteusmittarin kalibrointiin sekä kosteustason asettamiseen

mitattavan kohteen mukaisesti. (IG710 Technical Reference Manual 2002, 4-3 – 4-4.)
Span -lukuarvo on oletuksena 1, joka on optimaalinen asetusarvo päällystämättömille papereille (IG710 Technical Reference Manual 2002, 4-14).

8.3 Mittauskalusto

Rautpohjan kosteusprofiilimittauskalusto

IG710-kosteusmittarille kasataan 1-2 metrin mittaisista alumiinisista kolmiopalkkeista koko radan leveyden ylittävä palkki, jossa kosteusmittaria liikutetaan paperiradan poikkisuunnassa. Kolmiopalkkiin kiinnitetään askelmoottori sekä hammashihna kolmiopalkkien ympäri, joiden avulla mittaria liikutetaan. Askelmoottorin ohjausyksiköllä voidaan määrittää mittarin kulkema matka, joka määräytyy paperiradan leveyden mukaisesti. Mittarin ja keskusyksikön välille kytketään kaapelointi sekä mittarille viedään vesijäähdytys sekä paineilmaa mittarin linssin puhtaanapitoon. Kosteusmittaustulos kerätään analogisena jänniteviestinä 0 – 10 V National Instruments CA-1000 -mallin I/O-korttiin, josta mittaustieto saadaan mittausohjelmaan. Mittauksissa käytetään monesti myös ulkoista Heimann-lämpötila-anturia, joka mittaa paperiradan lämpötilaa. Lämpötilanmittaustulos kerätään myös analogisena jänniteviestinä I/O-korttiin. Analogiset signaalit kerätään TSA-ohjelmaan, joka on Valmetin omavalmisteinen mittaus- ja analysointisovellus analyysipalvelutiimin käyttöön.

Mittausjärjestelmää ei voida asentaa paperikoneen tuotannonaikaisesti johtuen työturvallisuussyistä. Mittauspalkki viedään kuivatussyinterin alle paperikoneen kellari-kerroksesta. Mittauspalkille asennetaan sangat kellarin seinämiin hoito- sekä käyttöpuolelle, joiden päälle mittauspalkki kiinnitetään ja tuetaan. Kosteusmittarin etäisyys mittarin linssistä mitattavaan paperirataan tulee olla 175 mm ± 25 mm optimaalisen mittaustuloksen saamiseksi. Kuvio 12 havainnollistaa mittausjärjestelmän ollessa asennettuna paperikoneen alkukuivatusosalle, kuivatussyinterin alapuolelle.



Kuvio 12. Rautpohjan kosteusprofiilimittausjärjestelmä asennettuna alkukuivatusosalle

Raision kosteusprofiilimittauskalusto

Raision toimipisteen kosteusprofiilimittausjärjestelmän periaate on aivan samanlainen, mutta mittarin liikuttamisessa on eroavaisuuksia Rautpohjan järjestelmään verrattuna. Mittari sekä keskusyksikkö ovat saman valmistajan laitteet, mutta laitteet ovat vanhempaa versiota verrattuna Rautpohjan laitteisiin. Kosteusmittaustulos kerätään digitaalisena suoraan mittausohjelmaan. Raision toimipisteellä käytetään Profiler-tiedonkeruu ohjelmaa mittaussignaalien tiedonkeruuta varten. Profiler on myös Valmetin omatekoinen sovellus. Raision mittausjärjestelmässä ei ole käytössä paperiradan lämpötilanmittausta.

Kosteusmittarille viritetään vaijeri koko paperiradan leveydeltä, jossa mittaria liikutetaan. Vaijeria varten Raisiossa on jouduttu purkamaan kosteusmittari alkuperäisestä kotelosta, jotta siitä on saatu kevyempi. Tämä on taas aiheuttanut puutteita kosteusmittarin jäähdyttämisessä, koska mittaria ei voi jäähdyttää vedellä nykyisessä kotelossa. Vaikka mittarille on kehitetty uusi kotelo, on se silti liian painava vaijeriin,

koska kosteusmittarin heilumista tapahtuu paperiradan ja kuivatussylintereiden liikkeistä aiheutuvien ilmavirtauksien seurauksena. Myös hyvin leveillä paperikoneilla vaijeri alkaa roikkua keskeltä, koska vaijeria ei saada kiristettyä tarpeeksi.

Mittausjärjestelmän pystyy asentamaan yleisesti paperikoneen tuotannaikaisesti ja mittauskalusto mahtuu kuivatussylintereiden väliin, joten mittauskalusto asennetaan konetasolla. Vaijeria varten asennetaan telineet koneen hoito- ja käyttöpuolelle, mitkä pultataan lattiaan kiinni. Vaijeri viritetään koneen läpi poikkisuunnassa tiukalle, johon kosteusmittari kiinnitetään. Vaijeria liikutetaan kauko-ohjattavalla moottorilla, joka puolestaan liikuttaa kosteusmittaria. Kuvio 13 esittää Raision mittausjärjestelmän periaatteen. Kuviossa vaijeria ei ole kiristetty, joten oikeanlainen asennus ei näy kuvassa.



Kuvio 13. Kosteusmittari kiinnitettynä vaijeriin

9 Uuden kosteusmittarin vaatimukset

Nykyinen käytössä oleva IG710-kosteusmittari painaa noin 10 kg, minkä takia kosteusmittarille ei voida rakentaa kevytrakenteisempaa tuki- ja liikutusjärjestelmää ympärille. Myös mittarin ulkoiset mitat ovat suuret, mikä estää kosteusprofiilin mittauksen tietyissä positioissa tilan vähyyden takia. Uuden kosteusmittarin on oltava

huomattavasti kevyempi kuin nykyisen, myös pienemmistä ulkomitoistakin olisi paljon etua. Uuden kosteusmittarin on kuitenkin pystyttävä vähintään samaan mittaus-tarkkuuteen ja nopeuteen. Etua olisi myös suuremmasta mittausetäisyydestä. Kos-teusmittarin on siedettävä hyvin mittausympäristön olosuhteita, kuten kuumuutta, pölyä, kosteutta sekä höyryä. Raision yksikössä käytettävää mittausjärjestelmää var-ten nykyistä kosteusmittaria on kevennetty omalla koteloinnilla, mutta tämä on hei- kentänyt kosteusmittarin jäähdytysominaisuuksia. Mittari on kuitenkin hieman liian painava edelleen, koska vaijeri alkaa hieman heilumaan paperin ja kuivatussylinterin aiheuttamien ilmavirtausten seurauksena.

10 Työn toteutus

10.1 Toteutuksen eteneminen

Opinnäytetyötä lähdettiin toteuttamaan palaverissa analyysipalvelutiimin kanssa. Pa-laverissa pohdittiin vanhan mittausjärjestelmän heikkouksia ja puutteita sekä pohdit-tiin uuden mittausjärjestelmän osalta vaatimuksia sekä tavoitteita. Palaverissa todet-tiin nykyisen mittausjärjestelmän toiminnan epävarmuus, johtuen laitteistojen korke-asta iästä. Laitteita pitäisi päivittää, minkä seurauksena varmistettaisiin luotettavat mittaukset sekä yleisesti mittaus toiminta näyttäisi paremmalta asiakkaiden silmissä uudemmilla ja luotettavammilla laitteilla. Palaverissa todettiin myös, että Rautpohjan ja Raision mittausjärjestelmiä olisi hyvä yhtenäistää sen verran ainakin, että käytössä olisi samanlaiset kosteusmittarit sekä mittausohjelmistot. Tällöin mittau tulokset oli- sivat verrattavissa toisiinsa varmuudella. Opinnäytetyö rajattiin kokonaisen mittaus- laitteiston kehittämisestä uuden kosteusmittarin kartoittamiseen ja sen testaamiseen oikeissa olosuhteissa.

Aluksi etsin eri kosteusmittareiden toimittajia, joilla olisi tuotteena pienikokoisia kos-teusmittareita, mutta kosteusmittareiden ominaisuuksien täytyisi olla mittaustekni- sesti vähintäänkin samalla tasolla nykyisen kosteusmittarin kanssa. Nykyisen kosteus- mittarin toimittaja NDC Technologies tarjosi vain uudempaa versiota nykyisestä IG710-kosteusmittarista. Valmet Automationin kanssa käytiin myös keskustelua kos- teusmittareista sekä analyysipalvelun tarpeista. Valmet Automationilta löytyi myös

kosteusmittari, joka olisi hyvin pienellä vaivalla saatu integroitua mittausjärjestelmään, mutta kosteusmittarin koko oli samaa luokkaa kuin nykyisessä IG710-kosteusmittarissa. Mittausominaisuuksiltaan kyseinen kosteusmittari oli soveltuva analyysipalvelun mittausjärjestelmään. Valmet Automationilla oli myös hyvin pienikokoinen kosteusmittari, mutta se ei soveltunut kosteusprofiilimittaus käyttöön vaan pelkästään pistemäiseen kosteusmittaukseen, koska mittari oli suunniteltu kiinteään asennukseen.

Visilab Signal Technologies Oy on suomalainen perheyritys, joka valmistaa kosteusmittareita paperiteollisuuteen sekä kuitutuotteisiin. Sen valmistamat kosteusmittarit ovat pienempikokoisia, kuin muiden valmistamat kosteusmittarit. Kosteusmittareiden yhteydessä toimitettaisiin myös valmiit mittaussovellukset paperiradan kosteuden ja kosteusprofiilin mittaamiseen. Myös paperiradan lämpötilamittari on sijoitettuna samaan koteloon kosteusmittarin kanssa. Nämä seikat herättivät kiinnostuksen aloittaa yhteistyö Visilab Signal Technologiesin kanssa.

10.2 Uuden kosteusmittarin valitseminen

Tärkeimpinä seikkoina uuden kosteusmittarin valinnassa olivat mittausetäisyys, toistettavuus, mittaustarkkuus, mittausnopeus sekä kestävyys mittausolosuhteissa. Mittarin kestävyys mittausolosuhteissa on riippuvainen mittarin koteloinnin rakenteesta sekä mittarin puhtaanapito- ja jäähdytysratkaisuista.

Keskustelut aloitettiin Visilab Signal Technologiesin kanssa kertomalla Valmetin tarpeet ja esittelemällä nykyinen käytössä oleva laitteisto ja sen toimintaperiaatteet. Kun päästiin yhteisymmärrykseen Valmetin tarpeista, kartoitettiin sopivinta kosteusmittaria Valmetin mittausjärjestelmään. Kosteusmittareita oli tarjolla muutamaa eri tyyppiä. Kaikki kosteusmittarit olivat mitoiltaan pienempiä sekä kevyempiä verrattuna nykyiseen kosteusmittariin. Kosteusmittarit olivat myös teknisesti samalla tasolla, jopa joiltain osin parempiakin kuin IG710-kosteusmittari. Muutama vaihtoehto karsiutui kuitenkin heti alussa, koska mittareiden mittausetäisyydet olivat paljon pienemmät kuin IG710-kosteusmittarilla. Kosteusmittarin jäähdytys, puhtaanapito sekä asennus ovat sitä hankalampia, mitä lähempänä kosteusmittari on paperirataa.

Sopivin vaihtoehto Valmetin käyttötarkoitukseen oli IRMA-7-mallin kosteusmittari, joka sisältää myös paperiradan lämpötilanmittaukseen soveltuvan lämpötila-anturin. IRMA-7-kosteusmittarin mitat ovat 185 x 85 x 125 mm ja paino 2,4 kg ilman koteloitua. IG710-kosteusmittarin mitat ovat koteloineen 310 x 172,5 x 177 mm ja paino n. 10 kg Heimann-lämpötila-anturin ollessa asennettuna. IRMA-7-kosteusmittarin etäisyysalue on hyvin laaja 180...350 mm mitattavasta kohteesta, jolle IRMA-7-kosteusmittari voidaan asentaa. Vertailun vuoksi IG710-kosteusmittarin mittausetäisyyden tulee olla 175 mm ± 25 mm mitattavasta kohteesta. IRMA-7-kosteusmittarin mittaussnopeus on suurempi verrattuna IG710-kosteusmittariin. Tällä saavutetaan parempi erottelukyky siihen, mistä paperiradan kosteusvaihtelu on peräisin. Taulukko 1 vertailee kosteusmittareiden ominaisuuksia. Liitteet 1 ja 2 sisältävät kosteusmittareiden tekniset datalehdet.

Taulukko 1. Kosteusmittarin valintaan vaikuttavia teknisiä ja fyysisiä ominaisuuksia

Ominaisuudet	IG710	IRMA-7
Paino, kg	10 kg kotelossa	3-4 kg kotelossa
Ulkomitat, mm	330x177x172 mm	180x85x125 mm
Radan lämpötilanmittaus	Ei	Kyllä
Raaka mittaussnopeus, Hz	125 Hz	400 Hz
Mittausetäisyys, mm	175 mm ± 25 mm	180 ... 350 mm
Mittausalue kosteus-%	0-90 %	0-99 %
Mittausvalokeila, mm	10x10 mm	30x40 mm
IP-luokitus	IP65	IP65
Toimintaympäristö	80 °C vesijähdytyksellä	80 °C Vortex ilmajähdytyksellä

IRMA-7-kosteusmittari vaikutti oikein hyvältä teknisiltä ominaisuuksiltaan sekä myös mitoitukseltaan, mutta mittarin toiminnan varmistamiseksi järjestettiin testimittaukset ja vertailumittaukset IRMA-7- ja IG710-kosteusmittareiden välillä. Testauspaikaksi valittiin Rautpohjassa sijaitseva koepaperikone, jotta kosteusmittarit saatiin oikeaan toimintaympäristöönsä.

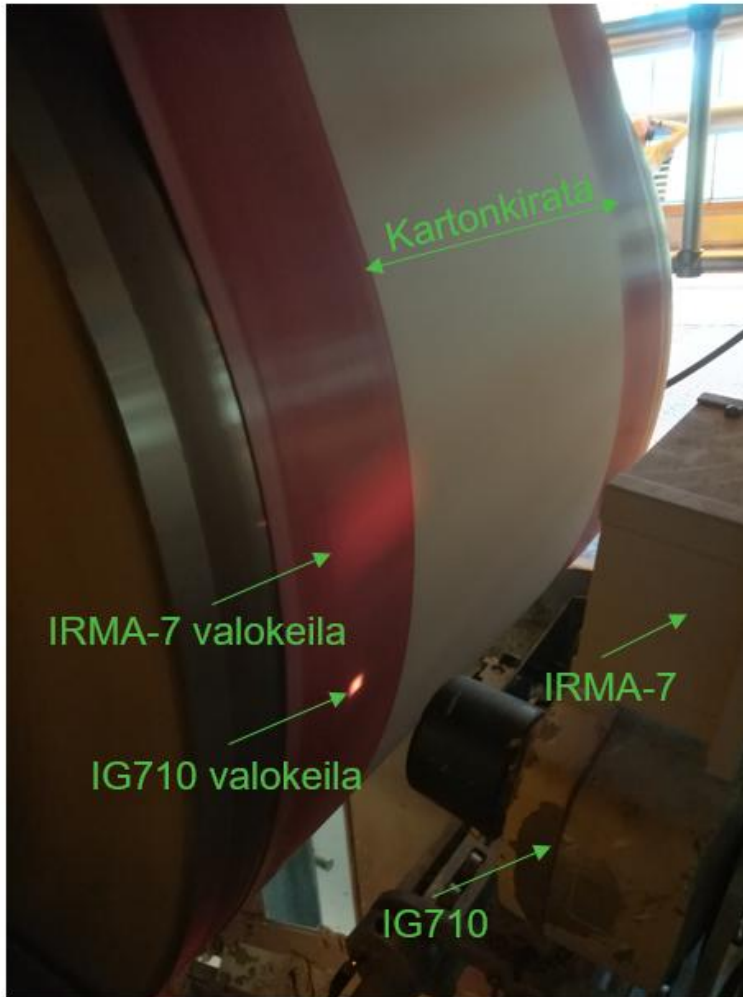
11 Kosteusmittareiden testaus ja vertailumittaukset

Rautpohjassa on kaksi koepaperikonetta, joilla järjestetään asiakaskoeajoja. Koeajoissa testataan paperikoneen ajo- sekä prosessiparametrien muutoksien vaikutusta näytteeksi otetun paperin laatuun. Koepaperikoneen kuivatusosalla ei kuivateta paperia, vaan koneelta tulevaa märkää paperirainaa rullataan rullaimelle pieniä määriä jokaisesta testipisteestä näytteeksi, joka viedään laboratorioon erilaisia mittauksia sekä kuivatusta varten.

Ensimmäiseksi selvitettiin koepaperikoneen koeajojen osalta, olisiko tällainen testitapahtuma ylipäänsä mahdollista suorittaa koeajojen aikana ja millä aikataululla. Koeajojen aikataulun ratkettua alettiin suunnittelemaan, kuinka saadaan IRMA-7-kosteusmittari kiinnitettyä Rautpohjan mittausjärjestelmään samanaikaisesti IG710-kosteusmittarin kanssa. Mittausten samanaikaisuus takaa samat mittausolosuhteet ja tuotantotilanteen molemmille kosteusmittareille.

Mittauskalusto asennettiin koepaperikoneen kuivatusosalle, kuivatussylinteriä E vasten. Kolmiopalkkiin kiinnitettiin mittareiden liikuttamista varten askelmoottori sekä hammashihna, joka kiertää palkin ympäri. Kolmiopalkkiin asennettiin laakeroitu "kelkka", johon kosteusmittari kiinnitettiin. Kelkkaan kiinnitettiin myös hammashihna, jota askelmoottori liikuttaa ja näin saatiin myös mittaria liikutettua poikkisuuntaista kosteusprofiilimittausta varten.

Kolmiopalkki pujotettiin koneen läpi poikkisuunnassa ja palkin päädyt kiinnitettiin hoito- sekä käyttöpuolen lattiaan pulteilla ja putkikiinnikkeillä. IG710-kosteusmittari kiinnitettiin kelkkaan ja aseteltiin 175 mm etäisyydelle kuivatussylinteristä. Seuraavaksi toteutettiin kiinnike IRMA-7-kosteusmittarille, joka kiinnitettiin IG710-kosteusmittariin, ja IRMA-7-kosteusmittari asennettiin IG710-mittarin yläpuolelle. IRMA-7-mittarin mittausetäisyysalue paperiradasta on 180...350 mm, ja mittari asennettiin n. 220 mm:n etäisyydelle kuivatussylinteristä. Viimeisenä kaapeloitiin molemmat mittarit sekä vietiin mittareille paineilmapuhallus linssien puhtaanapitoa ja mittareiden jäähdytystä varten. Kuvio 14 havainnollistaa kosteusprofiilimittausjärjestelmän asennettuna kuivatussylinteriä E vasten koepaperikoneen kuivatusosalla. Mittareiden valokeilat kuviossa eivät ole kokonaan mittausvalokeiloja, vaan itse mittausvalokeilat ovat kuviossa näkyvien valokeilojen sisällä.



Kuvio 14. Kosteusprofiilimittausjärjestelmä asennettuna kuivatussylinderiä vasten. Kosteusmittareiden valokeilojen sisällä ovat vielä varsinaiset mittausvalokeilat

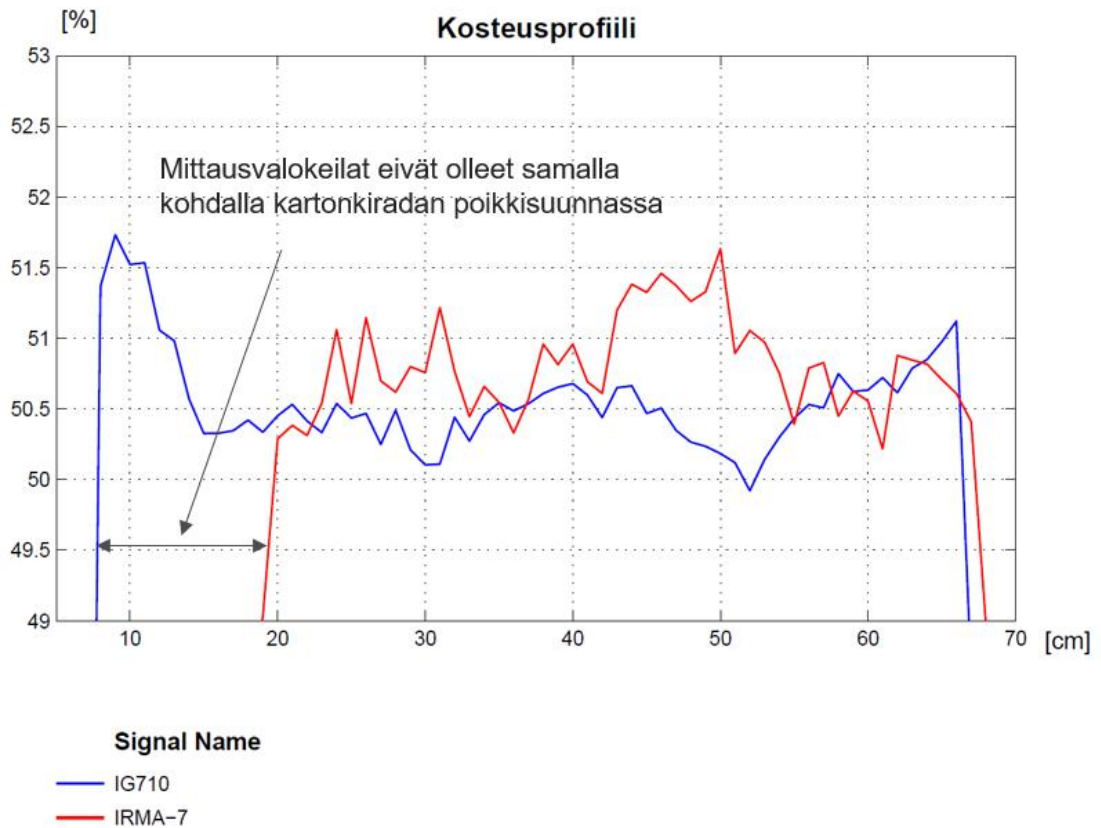
11.1 Ensimmäiset testimittaukset

Mittaukset aloitettiin, kun kartonkirata oli saatu kulkemaan koepaperikoneella häiriöttä. Molemmat kosteusmittarit asetettiin näyttämään samaa kosteustasoa, koska mittarit eivät mittaa absoluuttista kosteutta, vaan kosteustasoa joihin, mittarit on kalibroitu tai asetettu näyttämään. Kartonkinäytteestä oli mitattu laboratoriossa näytteen kuiva-ainepitoisuudeksi 49 %, jolloin testatun näytteen kosteuspitoisuus oli 51 %. Molemmat mittarit asetettiin näyttämään mahdollisimman lähelle 51 %:n kosteuspitoisuutta. IG710-kosteusmittarin näyttämä kosteustaso asetettiin operointiyksikön kautta asettamalla TRIM -parametrilla mittarin ulostuloksi n. 51 % kosteutena.

IRMA-7-kosteusmittarin näyttämä kosteustaso asetettiin Visilabin Advanced-mittaussovelluksessa muuttamalla raakasignaalin Offset -parametria, joka vaikuttaa mittarin ulostulosignaalin tasoon.

Ensimmäinen kosteusprofiilimittaus suoritettiin ennen varsinaisten koeajojen aloitusta. Mittauksesta selvisi kartonkiradan kosteusprofiili ennen testien ja koeajojen aloitusta. Mittaustulos ei ollut mittareiden testauksien kannalta paras mahdollinen, koska IRMA-7-mittarin mittaama kosteusprofiili oli erilainen verrattuna IG710-mittarin mittaustulokseen. Mittareiden asennus ei onnistunut parhaalla mahdollisella tavalla, koska mittareiden lähettämät valokeilat eivät olleet samalla kohdalla mitattavan kartonkiradan poikkisuunnassa.

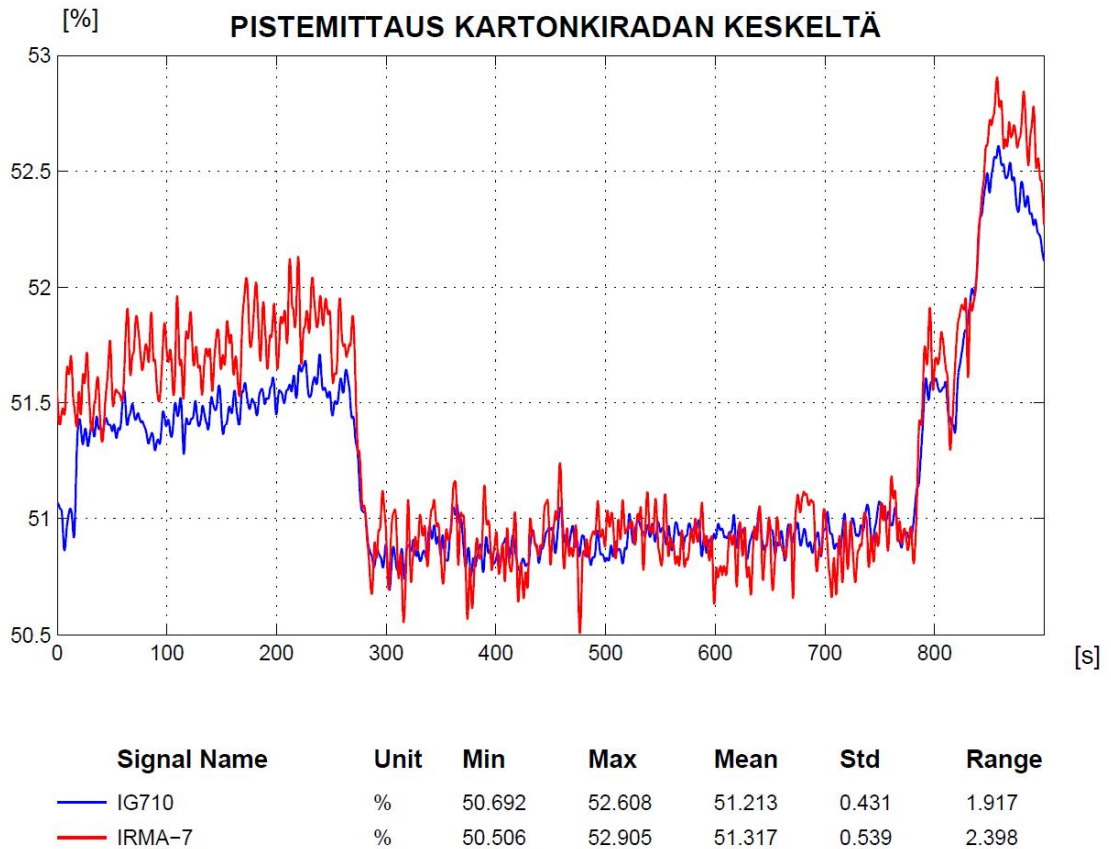
Kuviossa 15 on mitatut kosteusprofiilit samassa kuvaajassa, josta selkeästi nähdään mittareiden mittausvalokeilojen olevan eri kohdissa. Tätä selviteltäessä havaittiin myös, että IRMA-7-kosteusmittarin mittausvalokeilan koko on 30 x 40 mm, kun taas vastaava mittausvalokeilan koko IG710-mittarilla on 10 x 10 mm. Mittausvalokeilan koko vaikuttaa mittaustarkkuuteen, koska mittausvalokeilan kokoiselta alueelta saadaan mittaustulos. Tämä näkyy myös kosteusprofiilin reuna-alueilla, jossa IG710-mittarin kosteusprofiilissa on kosteammat radan reuna-alueet kuin IRMA-7-mittarin kosteusprofiilissa. IRMA-7-mittarin suurempi mittausvalokeila mittaa paperiradan reuna-alueella myös kuivatusviiraa, joten mittaustulos kartonkiradan reuna-alueella on kuivatusviiran ja paperiradan kosteuden keskiarvoja. Kuvaajan x-akselilla on kartonkiradan leveys senttimetreinä ja y-akselilla on mittaustulokset kosteusprosentteina. Kosteusprofiilien reuna-alueilla olevat pystysuorat kohdat kuvaavat mittarin mittausvalokeilan saapumista kuivatusviiralta paperiradan reunalle. Kartonkiradan etureuna on kuvaajissa vasemmassa reunassa ja kartonkiradan takareuna puolestaan oikeassa reunassa.



Kuvio 15. Mitatut kosteusprofiilit IG710- ja IRMA-7-kosteusmittareilla

Kosteusmittareiden toimintaa tutkittiin lisää, vaikka epäonnistunut asennus sekä mittausvalokeilojen kokoero vaikeuttivat mittaustulosten vertailua. Seuraavaksi mitattiin kartonkiradan konesuuntaista kosteusvaihtelua eli mittarit asetettiin keskelle kartonkirataa mittaamaan pistemittauksena kartonkiradan kosteutta. Mittauksen kestoksi määriteltiin 15 minuuttia, jotta muutoksia ehtisi tapahtua kartonkiradan kosteuspiitoisuudessa. Mittaustaajuudeksi asetettiin 20 Hz, jolloin mittausdataa kerättiin nopeudella 20 mittausta sekunnissa. Kuvio 16 esittää konesuuntaisen kosteudenmittauksen molemmilta kosteusmittareilta. Kuvaajasta voidaan päätellä, että molemmat kosteusmittarit reagoivat saman lailla kartonkiradan kosteuden muutoksiin. Ensimmäinen selkeä muutos oli n. 300 sekunnin kohdalla, kun kosteustaso laski molemmissa mittauksissa yhtäaikaisesti. Toinen selkeä muutos oli 800 sekunnin kohdalla, jolloin kosteustaso nousi jyrkästi molemmissa mittauksissa yhtäaikaisesti. Mittaustulosta on suodatettu mittausohjelmassa, jotta kosteuden muutokset ovat selkeämmin havaittavissa. Hieman IRMA-7-mittarin mittaustuloksessa oli korkeampi kosteustaso

läpi mittauksen sekä hieman enemmän kohinaa, mutta ero oli hyvin pieni. Tämä mittaus todisti sen, että mittarit reagoivat samalla tavalla kartonkiradan kosteuden muutoksiin.

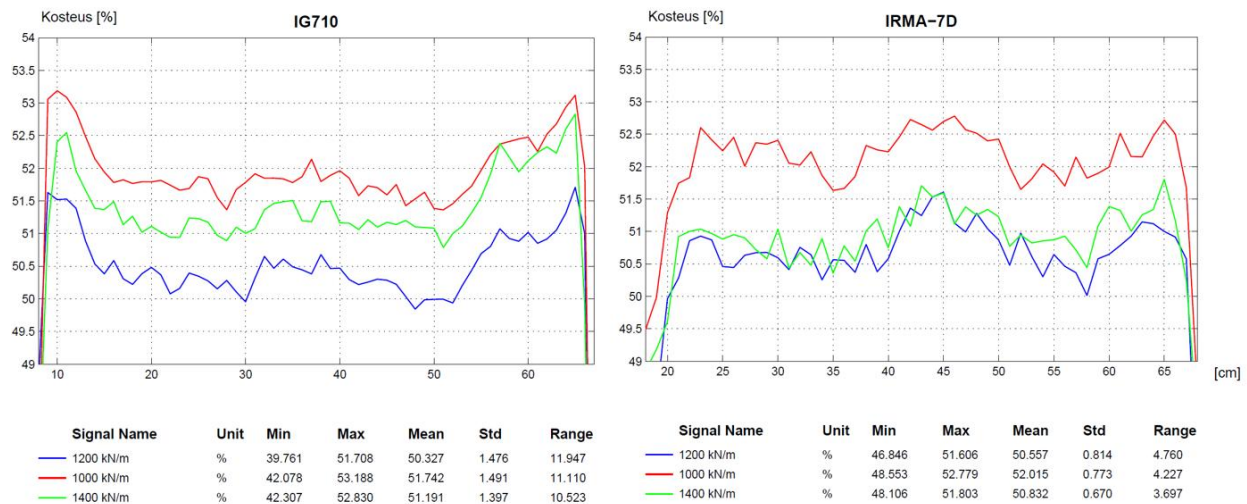


Kuvio 16. Konesuuntainen kosteusvaihtelu 15 minuutin jakson aikana molemmilla kosteusmittareilla mitattuna

Koeajojen viimeisessä testissä tehtiin muutoksia kolmannen puristimen puristinnippikuormitukseen, mikä vaikutti suoraan kartonkiradan kosteustasoon. Kolmannen puristimen puristinnippikuormitukset olivat 1200 kN/m, 1000 kN/m ja 1400 kN/m testien aikana. Suurimman puristinnippikuormituksen aikana täytyi laskea puristinosan ja kuivatusosan välinen nopeusero minimiin, jotta kartonkirata kulkisi häiriöttömästi puristinosalta kuivatusosalle.

Kuvio 17 esittää eri puristinkuormituksilla mitatut kosteusprofiilit molemmilla kosteusmittareilla. Kuvaajissa sininen käyrä esittää kosteusprofiilin 1200 kN/m, vihreä käyrä 1400 N/m ja punainen käyrä 1000 kN/m kolmannen puristimen puristinkuormituksella. Kosteusmittareiden väliset kosteusprofiilit olivat melko samanlaiset tes-

teissä. IG710-mittarin mittaamien kosteusprofiilien reuna-alueet olivat selkeästi kosteammat kuin kartonkiradan muu alue. IRMA-7-mittarin mittauksissa kartonkiradan reuna-alueet jäivät hieman kuivemmiksi kuin kartonkiradan keskialue. IRMA-7-mittarin isompi valokeila ei pysty mittaamaan yhtä pieneltä alueelta kartonkiradan reuna-aluetta kuin IG710-mittari, jolloin IRMA-7-mittarin mittauksessa on isommalta alueelta keskiarvoja ja kartonkiradan reuna-alueet jäävät kuivemmiksi. 1200 kN/m ja 1400 kN/m kuormitusten aikaisten kosteusprofiilien kosteuden tasoero näkyi IG710-mittarilla selkeästi. IRMA-7-mittarin kosteusprofiilien kosteuden tasoero jäi pieneksi kyseisten mittausten välillä. Kuitenkin molempien mittausten perusteella nähdään, että 1200 kN/m puristinkuormituksella saavutettiin alhaisin kosteustaso kartonkiradan kosteusprofiilissa ja 1000 kN/m kuormituksella puolestaan suurin kosteustaso.



Kuvio 17. Kartonkiradan kosteusprofiilit 1200 kN/m, 1000 kN/m ja 1400 kN/m puristinkuormituksilla

Testien jälkeen sovittiin uusi testausajankohta, koska mittarit eivät olleet parhaalla mahdollisella tavalla asennettuna. IRMA-7-mittarin asennusetäisyyttä sekä mittausasentoa muuttamalla mittaustuloksista saataisiin vielä luotettavampia ja vertailukelpoisempia. IRMA-7-mittarin etäisyys kartonkiradasta oli 220 mm näissä mittauksissa, mutta tuomalla mittaria lähemmäksi kartonkiradasta saadaan mittaussalokkeilaa hieman pienennettyä. IRMA-7-mittari käännettiin myös pystyasentoon, jotta mittaussalokkeilan pidempi sivu kääntyy pystyasentoon ja mittaussalokkeilan kapeampi sivu asettuu kartonkiradan poikkisuuntaisesti. Tällä toimenpiteellä saatiin mittareiden poikkeamaa korjatuksi kartonkiradan poikkisuunnassa. IRMA-7-mittarin uusi etäisyys kartonkiradasta oli 185 mm, joka oli lähellä mittarin minimi etäisyyttä mitattavasta

kohteesta. Mittausetäisyys on nyt myös hyvin lähellä IG710-mittarin mittausetäisyyttä. Näiden muutosten jälkeen aloitettiin seuraavat testaukset kosteusmittareiden välillä. Kuvio 18 esittää muutokset IRMA-7-mittarin asennuksessa.

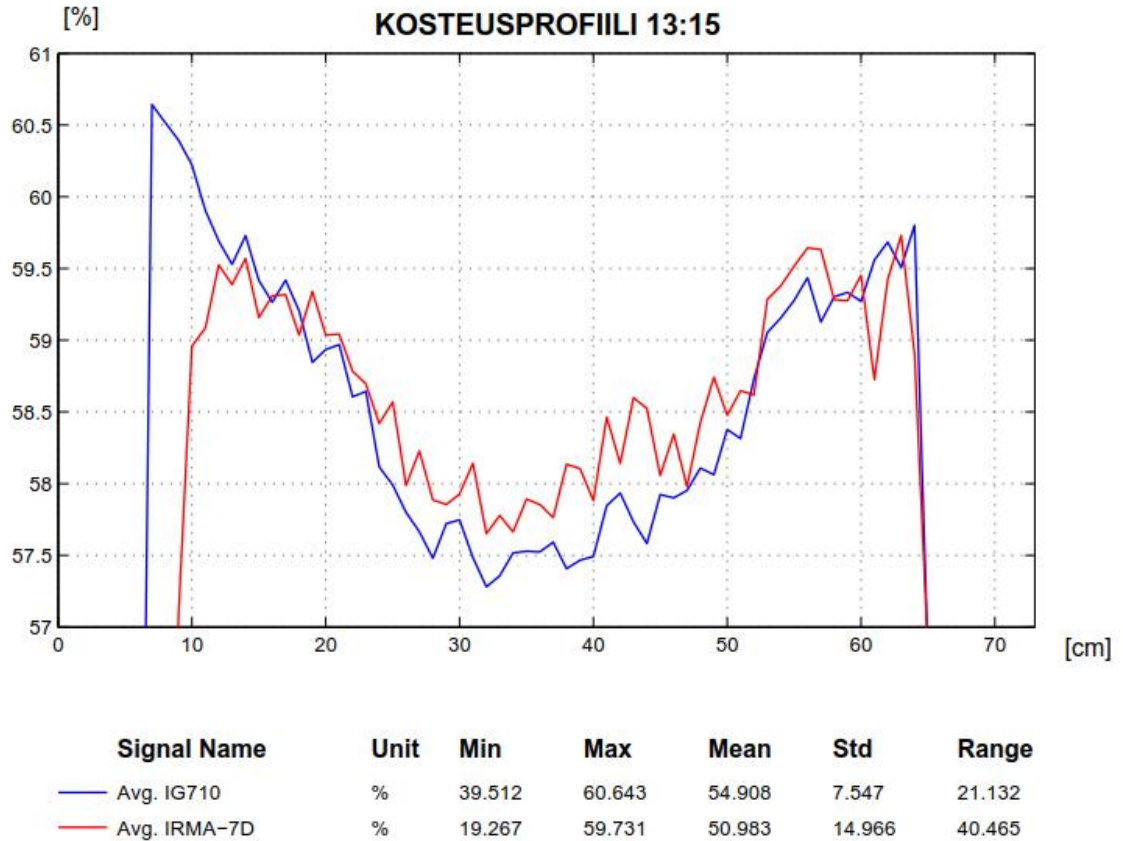


Kuvio 18. IRMA-7-mittarin asennus 185 mm etäisyydelle kartonkiradasta sekä kääntäminen pystyasentoon

11.2 Toiset testimittaukset

Ennen koeajojen aloitusta mitattiin kartonkiradan kosteusprofiili lähtötilanteesta. Kuvio 19 esittää mitatun kosteusprofiilin IG710- sekä IRMA-7-kosteusmittareilla. Kuvioista selviää, että IRMA-7-mittarin asennusmuutokset ovat pienentäneet mittauksen välistä eroavaisuutta. Pieni ero jäi kuitenkin vielä kosteusprofiilien alkuun. Tämä johtuu siitä, että mittausvalokeilat olivat edelleen erikokoiset sekä mittausvalokeilojen linjaaminen kohdalleen oli hyvin haastavaa, koska itse mittausvalokeilat ovat mitta-

reista lähtevien valokeilojen sisällä. Mittaus oli kuitenkin hyvin onnistunut ja mittaus- tulokset olivat melko identtiset. Kartonkiradan reuna-alueilla oli reilusti korkeampi kosteustaso kuin keskialueella.



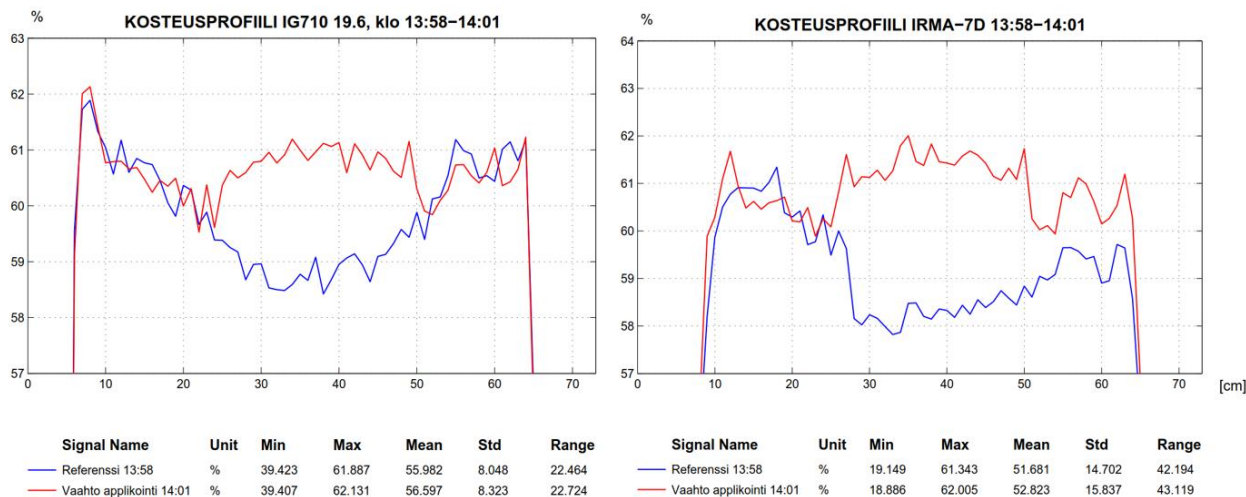
Kuvio 19. Kosteusprofiili molemmilla mittareilla mitattuna ennen koeajojen aloitusta

Testeissä testattiin vaahtorainausta kartonkiradan keskialueella. Normaalisissa ajotilanteissa kuidut etenevät viiraosalle veden kannattelemana. Vaahtorainauksessa veteen lisätään ilmaa, vaahtotusainetta sekä mahdollisesti myös kemikaaleja. Vaahtoon syntyvät ilmakuplat estävät kuituja liikkumasta viiraosalla, jonka seurauksena kuidut asettuvat tasaisesti viiralle muodostaen hyvälaatuisen rainan. Vedenpoisto rainasta hankaloituu viiraosalla vaahtoapplikoinnin yhteydessä, joten odotukset olivat, että vaahtoapplikoinnin aikana kartonkiradan kosteustaso nousisi vaahtoapplikoinnin vaikutusalueella.

Vaahtoapplikointia testattiin siten, että kartonkia tuotettiin yhden minuutin ajan normaalisti veden kanssa, toinen minuutti oli siirtymä vaihe vedestä vaahtoapplikointiin ja kolmas minuutti ajettiin vaahtoapplikoinnilla kartonkia. Kartonkiradan kosteuspro-

fiilimittaukset ovat ensimmäisen ja kolmannen minuutin kohdalta otettuna, jotta mit-
tauksista nähdään vaahtoapplikoinnin vaikutus kosteusprofiilissa. Samalla nähtiin
myös, kuinka mittarit reagoivat kosteuden muutoksiin kartonkiradassa.

IG710-mittarin kosteusprofiileissa kosteustaso nousi selkeästi vaahtoapplikoinnin vai-
kutusalueella verrattuna referenssikosteusprofiiliin. Referenssimittauksessa kosteus-
profiilin keskivaiheilla kosteustaso oli noin 58,5 % keskimääräisesti, kun taas samassa
kohdassa vaahtoapplikoinnin aikana kosteustaso nousi 61 %. IRMA-7-mittarin mit-
tauksissa havaittiin sama ilmiö, mutta tasoero kosteusprofiilien välillä oli kuitenkin
hieman suurempi. Keskimääräisesti IRMA-7:n referenssimittauksessa kosteustaso
vaahtoapplikoinnin vaikutusalueella oli noin 58,5 %. Vaahtoapplikoinnin aikana kos-
teustaso nousi noin 61,5 %. Kosteusmittareiden välinen toiminta sekä reagointi muu-
toksiin oli hyvin samanlaista tämän testin aikana. Ainoastaan kartonkiradan takareu-
nassa oli pientä eroavaisuutta referenssimittausten välillä. IRMA-7:n mittauksissa
kartonkiradan takareunan kosteustasossa on eroa, kun taas IG710:n mittauksessa
eroa ei ole. Kuvio 20 esittää mitatut kosteusprofiilit ennen vaahtoapplikointia sekä
vaahtoapplikoinnin aikana. Sininen käyrä kuvastaa referenssitilanteen kosteusprofiili-
ä ja punainen käyrä on vaahtoapplikoinnin aikainen kosteusprofiili.



Kuvio 20. Vaahtoapplikoinnin vaikutus kartonkiradan kosteusprofiiliin

Koeajojen aikana otettiin hyvin paljon kosteusprofiilimittauksia sekä konesuuntaisia
kosteusvaihtelumittauksia erilaisista tuotantotilanteista, jotta pystyttiin varmista-

maan kosteusmittareiden välinen yhtenäinen toiminta. Tässä kappaleessa on esitetty olennaisimmat mittaustulokset kosteusmittareiden välisen toiminnan tarkastelun kannalta.

12 Tulosten analysointi

Kosteusmittareiden testaus antoi kallisarvoista tietoa IRMA-7-kosteusmittarista sekä myös nykyisestä IG710-mittarista. Kosteusmittarit reagoivat kartonkiradan kosteusmuutokseen samalla tavalla sekä muutosten suuruudet olivat myös hyvin samaa luokkaa mittareiden välillä. Tärkeää oli myös järjestää testit Rautpohjan koepaperikoneella, jotta testit saatiin suoritettua mittareiden oikeassa käyttöympäristössä.

Tuloksia analysoitiin mittausten jälkeen, jossa käytiin läpi koepaperikoneella tehdyt parametrimuutokset prosessiin sekä niiden aikaiset kosteusprofiilimittaustulokset. Molempia vertailemalla ja yhdistämällä pystyttiin päättämään, olivatko kosteusprofiilimittaustulokset realistisia tehtyihin prosessin parametrimuutoksiin nähden. Kuvaajat mittaustuloksista piirrettiin analyysipalvelun omalla TSA-tiedonkeruuhjelmalla. Konesuuntaisia kosteusvaihtelumittauksia on suodatettu, jotta niistä on havaittavissa selkeämmin kartonkiradan kosteuden muutokset.

Kosteusprofiilimittaustuloksien analysointia hankaloitti kosteusmittareiden mittaussvalokeilojen kohdistamisen hankaluus sekä mittaussvalokeilojen kokoero. Mittaussvalokeilojen kokoero oli havaittavissa kosteusprofiilimittausten reuna-alueilla, jossa IG710-kosteusmittari havaitsi kosteamman alueen kuin IRMA-7-kosteusmittari. Kuitenkin molempien kosteusmittareiden tulokset olivat loogisia sekä yhtenäiset mittareiden välillä.

13 Johtopäätökset

Testimittausten ja analysoitujen mittaustulosten perusteella IRMA-7-kosteusmittari ei sellaisenaan soveltunut Valmet Technologiesin analyysipalveluryhmän käyttötarkoituksiin. Tämä johtui IRMA-7-mittarin isommasta mittaussvalokeilasta, joka vaikutti mittaustarkkuuteen heikentävästi varsinkin kartonkiradan reuna-alueilla. Hyvin usein

paperi- ja kartonkikoneilla paperiradan reuna-alueen kosteus on kiinnostavin sekä myös ongelmallisin alue.

IRMA-7-kosteusmittari oli kuitenkin kooltaan ja muilta mittausteknisiltä ominaisuuksiltaan sopiva analyysipalvelun paperiradan kosteusprofiilimittausjärjestelmään. Sen takia päätettiin jatkaa yhteistyötä Visilab Signal Technologiesin kanssa. Heiltä tiedusteltiin mahdollisesta kosteusmittarin jatkokehittämisestä.

Visilab Signal Technologiesin kanssa keskusteltiin IRMA-7-kosteusmittarin kehittämisestä, niin että mittausvalokeilaa pyrittäisiin pienentämään. Alustavien mallinnusten mukaan mittausvalokeilan pienentäminen tulisi onnistumaan uudenlaista optiikkaa käyttämällä. Hieman kosteusmittarin koko kasvaisi uuden optiikan takia, muttei oleellisesti. Kosteusmittarin mittausvalokeilaa tullaan pienentämään, kunhan rahoitus kosteusmittariin varmistetaan Valmetin puolelta. Kosteusmittaria tullaan testaamaan vielä uudestaan, kun pienempi mittausvalokeila on saatu kehitettyä valmiiksi. Testien tarkoituksena on varmistaa kosteusmittarin uuden optiikan toiminta. Myös sitä tutkitaan, että parantuuko IRMA-7-kosteusmittarin toiminta paperiradan reuna-alueella pienemmän mittausvalokeilan toimesta. Uusissa testeissä käytetään Raision kosteusprofiilimittausjärjestelmää, jotta nähdään kevyemmän kosteusmittarin vaikutus vaijerin jäykkyyteen ja stabiilisuuteen.

14 Pohdinta

Työn tavoitteena oli kartoittaa pienempikokoisempaa paperiradan kosteusmittaria, joka soveltuisi Valmetin analyysipalvelun käyttötarkoituksiin sekä testata kosteusmittaria oikeassa toimintaympäristössä yhdessä nykyisen kosteusmittarin kanssa. Kevyempää kosteusmittaria käytettäessä voitaisiin kehittää myös mittarin liikutus- ja tuentajärjestelmää kevytrakenteisemmaksi.

Kehitystyön tuloksina saatiin arvokasta tietoa IRMA-7-kosteusmittarista testimittaus-ten perusteella sekä myös nykyisestä IG710-kosteusmittarista. Tämän kehitystyön tuloksena oli se, että kosteusmittari ei ilman mittausvalokeilan tuottavan optiikan kehitystä ole soveltuva Valmetin analyysipalvelun käyttötarkoitukseen. Tulos ei ollut kuitenkaan pelkästään negatiivinen, vaan IRMA-7-kosteusmittari vaikutti kaikilta muilta

ominaisuuksiltaan sopivalta analyysipalvelun käyttötarkoitukseen. Tämän seurauksena kosteusmittarin optiikan kehityksestä on käyty keskusteluita Visilab Signal Technologiesin kanssa.

Kosteusmittareiden testimittaukset sujuivat onnistuneesti ja ne olivat todella tärkeä osa tätä opinnäytetyötä. Testimittauksista saatiin informaatiota molempien kosteusmittareiden toiminnasta. Lopputulos testimittausten perusteella oli myös onnistunut, koska testimittauksista saatiin tarpeeksi informaatiota, jotta pystyttiin toteamaan, että kosteusmittari ei sellaisenaan soveltunut analyysipalvelun käyttöön. Epäonnistumisena voidaan pitää sitä, että IRMA-7-kosteusmittarin mittaussalokelan koon vaikutusta ei huomioitu ennen testimittausten aloittamista. Mittareiden mittaussalokeloiden eri koko aiheutti eroavaisuuksia mittareiden välisissä kosteusprofiilimittauksissa.

Tulokset olivat mielestäni luotettavia, koska kosteusmittarit asennettiin uudelleen, jotta mittaussalokeilat saataisiin kohdistettua parhaalla mahdollisella tavalla. Myös kosteusmittareiden yhtäaikainen mittaustapahtuma tuo lisää luotettavuutta testimittausten tuloksiin, koska paperin- ja kartonginvalmistusprosessissa voi tapahtua äkillisiä muutoksia, jotka vaikuttavat hetkellisesti esimerkiksi juuri paperin- ja kartongin kosteuteen. Yhtäaikainen mittaustapahtuma varmisti saman tilanteen valmistusprosessissa molemmille kosteusmittareille.

Jatkokehitystä IRMA-7 kosteusmittarille on jo suunniteltu, joka koskee mittaussalokeilan tuottaman optiikan kehittämistä. Mittaussalokeilan halkaisijaa pitäisi saada pienemmäksi, jotta mittauksilla pystytään erottelemaan tarkemmin paperi- ja kartonkiradassa olevia kosteusvaihteluita. Kun IRMA-7-mittarin salokeilaa on saatu pienennettyä toimittajan toimesta, on uudet testimittaukset vielä paikallaan tuloksen varmistamiseksi. Tulevaisuudessa olisi myös tarkoitus kehittää uuden pienemmän kosteusmittarin ympärille uusi kevytrakenteisempi liikutus- ja tukijärjestelmä. Koko mittaussalokeilajärjestelmän tulisi olla kevytrakenteisempi, helpommin asennettava sekä liikuteltävämpi.

Tämä opinnäytetyö toimi ensimmäisenä vaiheena kosteusprofiilimittaussalokeilajärjestelmän kehitykselle. Pienemmän kosteusmittarin ympärille pystytään kehittämään uusi tukijärjestelmä, jossa otetaan huomioon mittaussalokeilajärjestelmän liikuteltavuus

sekä asennus ja purkaminen paperikoneen tuotannon aikana. Mittausjärjestelmän liikuteltavuus useisiin mittauspisteisiin tutkimuksen aikana sekä asennus ja purku ilman tuotannon pysäyttämistä voisivat nostaa kosteusprofiilimittausten kysyntää.

Lähteet

- Alenius, J. 2005. Taidepainopaperin vanaisuuden alkusyiden kartoitus. Opinnäytetyö, alempi AMK. Tampereen ammattikorkeakoulu, paperiteknikan koulutusohjelma. Viitattu 10.4.2018. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201003064242>
- Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen P. 2006. Paperin ja kartongin valmistus. 5. painos. Kemiallinen metsäteollisuus -kirjasarja. Opetushallitus.
- Höyrylaatikko. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 6.5.2018.
http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/press_section/7_steam_box/frame.htm
- Infrapunakuivain. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 11.4.2018.
http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/drying_section/10_infrared_drying/frame.htm
- IG710 Technical Reference Manual. 2002. NDC Infrared Engineering. PDF-tiedosto.
- IRMA-7-D Process Moisture Logger For On-line Operation. 2014. Visilab Signal Technologies Oy. PDF-tiedosto.
- Jaarinen, S. & Niiranen, J. 2005. Laboratorion analyysitekniikka. 5. Uudistettu painos. Helsinki: Edita.
- Kalanterointi – yleistä. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 15.4.2018.
http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/6_calendering/0_introduction/frame.htm
- Kananen, J. 2012. Kehittämistutkimus opinnäytetyönä – kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännönopas. Jyväskylän ammattikorkeakoulujen julkaisuja -sarja.
- Kosteuden mittaaminen. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 13.2.2018
http://www.knowpap.com/extranet/suomi/automation/9_quality_measurements/2_moisture/frame.htm
- Kosteuden säätö. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 15.5.2018.
http://www.knowpap.com/extranet/suomi/automation/12_control_strategies/4_dry_end_controls/2_moisture/frame.htm
- Kosteus. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 20.2.2018.
http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_board_properties/2_general_properties/4_moisture_content/frame.htm
- Monisyylinterikuivatus. N.d. KnowPap- oppimisympäristö. Viitattu 20.5.2018.
http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/drying_section/4_multicylinder_drying/frame.htm

Märkäpuristus. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 5.2.2018.

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/press_section/2_operational_principles/frame.htm

Normaalijakauma. N.d. Helsingin yliopiston tietotekniikkakeskusken ylläpitämä www-palvelu. PDF-tiedosto. <http://www.mv.helsinki.fi/hyhko/jo13kv/Kalvot2.pdf>

Nippirakenteet. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 1.3.2018.

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/press_section/3_nip_types/frame.htm

Paperin ja kartongin valmistus -tiivistelmä. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 3.2.2018.

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/general/frame.htm

Paperikoneen kuivatusosa – yleistä. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 15.3.2018.

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/drying_section/1_introduction/frame.htm

Paperikoneen puristinosan tehtävät. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 4.2.2018.

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/press_section/1_introduction/frame.htm

Paperin laadun mittaaminen paperikoneella. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 10.2.2018.

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/automation/9_quality_measurements/frame.htm

Perälaatikkojen rakenteet ja tehtävät. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 3.2.2018.

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/head_box/1_structure/frame.htm

Rainanmuodostus eri viiratyypeillä. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 15.2.2018.

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/wire_section/2_types/frame.htm

Rullainten toimintaperiaate ja rakenne. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 12.5.2018.

http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/9_reeling/6_reeler/frame.htm

Sauhke, S. 2017. Paperin neliömassamittaus : Paper Labin mittaustarkkuuden parantaminen. Opinnäytetyö, alempi AMK. Centria-ammattikorkeakoulu, Kemianteeniikan koulutusohjelma. Viitattu 10.6.2018. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017052710551>

Tikka, K. 2009. Kosteusmittalaitteiston kalibrointi ja käyttöönotto. Opinnäytetyö, alempi AMK. Satakunnan ammattikorkeakoulu, Kemiantekniikan koulutusohjelma. Viitattu 25.5.2018. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-200906163978>

Valmet IQ Scanner. 2015. Kuvakaappaus Youtube-videopalveluun ladatusta Valmet IQ Scanner-laitteen esitysvideosta. Ladattu 15.9.2015. Viitattu 5.5.2018. https://youtu.be/Btvx5ys_o-Q

Valmet lyhyesti. N.d. Valmetin lyhyt yritysesittely yrityksen kotisivuilla. Viitattu 4.2.2018. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/valmet-lyhyesti/>

Valmetin toimipisteet n.d. Toimipisteiden esittely yrityksen kotisivuilla. <https://www.valmet.com/fi/valmet-yrityksena/yhteystiedot/valmetin-toimipisteet/#finland>

Viiraosan rakenteet. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 15.2.2018. http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/wire_section/1_structure/frame.htm

Yleistä rainanmuodostuksesta. N.d. KnowPap-oppimisympäristö. AEL & Prowledge Oy. Viitattu 15.2.2018. http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/paper_machine/forming/1_forming/frame.htm

Liitteet

Liite 1. IG710-kosteusmittarin tekninen datalehti (IG710 Technical Reference Manual 2002, 6-4).

IG710
User's Manual

SPECIFICATION

GAUGE

The characteristics shown below apply to the Standard Patch Gauge and the Small Patch Gauge except where stated otherwise

Dimensions (Cast aluminum case)

Width	177 mm
Height	172 mm
Length	328.5 mm
Weight	7 kg
	<i>Connector removal clearance : 140 mm</i>

Dimensions (Stainless Steel case)

Width	190 mm
Height	165.5 mm
Length	326 mm
Weight	5.8 kg
	<i>Connector removal clearance : 140 mm</i>

Environmental sealing

IP65 NEMA 4

Ambient Temperature Range

Storage	0° C - 70 °C
Operating	0° C - 50 °C

Cable length

20 metres maximum

Services

Air *For the Air Purge Window*

The recommended air flow rate for the APW to be effective is a minimum of 120 litres/min which should be achievable with a 30 psi air supply measured close to the APW. However, this should be adjusted from experience to ensure the window is kept clean. The air should be instrument quality i.e. free from contaminants such as oil and moisture.

Water *For cooling the cast case version when water cooling is required)*

A clean water supply at normal mains pressure adjusted to give a minimum flow rate of 2 litres per minute.

Measurement Scope

Four measurements simultaneously

Serial Communications

RS232 Full duplex

Network

LonWorks

Power Supply

+24 V d.c. @ 1.3 A

Working Distance

Standard	Medium patch	(1) 175 mm +/- 25 mm
Options	Small patch	(2) 115 mm +/- 20 mm for 10 mm beam patch
	Large patch	(3) 225 mm +/- 100 mm for 60 mm beam patch
		Refer to Figure 5 and Figure 6

Sampling area

Standard	Medium	(1) 25 mm diameter
Options	Small	(2) 10 mm diameter
	Large	(3) 60 mm diameter

Liite 2. IRMA-7-kosteusmittarin tekninen datalehti (IRMA-7-D Process Surface Moisture Meter 2014, 56-59).

IRMA-7-D PROCESS SURFACE MOISTURE METER

USER'S MANUAL

Appendix 4. Technical Specifications of the Moisture Meter (Rev. 5K only)

Device:	An independent process surface moisture transmitter for fixed use applying infrared technology and reflection principle. Measurement is done by same-spot principle to obtain best possible results in requiring on-line systems. The instrument contains no keyboard or display. Keyboard & display accessories exist. The meter is equipped with an infrared thermometer for measuring the web temperature.
Application areas:	On-line measurements in paper, board and nonwoven industry. Also various textiles and other porous substances can be measured reliably. Other applications in research and troubleshooting. Piecewise webs can be measured either as such or with the Burst mode.
Moisture range:	0..99 % of total moisture
Resolution:	0.001 % in digital values transferred, 0.0245 % in voltage output, 0.1 % on display in keyboard mode
Repeatability:	Typically 0.1 % in the range 0..10 %, 0.5 % the range 10..30 % and 1.0 % in the range 30..99 %, actual values depend on the measuring conditions
Accuracy:	Depends on calibration. Maximum number of calibration points is 10 for each library table entry.
Calibration:	One two-point calibration (SCALE), 100 tables available for multi-point calibration with 10 points each (MULTI). Standardization method is built-in, either manual or automatic. Table entry adjusting (shifting) is available and also copying into another entry for rapid field use. The adjusting can be made either as a shift in moisture-% or in the signal scale (relative-%). All model D derivatives have the COMPOSER expert system for creating new calibrations without actual calibration work. This saves a lot of trouble especially in field conditions.
Noise level:	Standard deviation of the signal when measuring continuously the same sample NONE: < 0.4%, FAST filtering: < 0.3%, MEDIUM: < 0.07 %, SLOW: < 0.03 %, SPECIAL: < 0.02 %, BOX: < 0.01%, when measuring in the range 0..10 % @120 mm distance perpendicularly, white paper 5 %. Individual differences may exist between the units delivered.
Stability:	Better than +/-0.1 %/year in the range 0..10 % (long-term error, a short-term error may be larger but is compensated quickly being e.g. noise)
Operating modes:	Normal operating mode with Autotimer and memory banks / Burst mode with a preset number of samples to be taken when the Autotimer starts, the average calculated and the result put to the current memory bank. The number of samples for the Burst mode are from 1 to 32000. There is an item counter available active in this mode.
Standardization:	Made by a standardization algorithm and an external moisture standard to compensate against any drift caused by dirty optical surfaces etc.
Measuring Speed:	The meter acquires 400 samples/second. The moisture value is updated at the same speed to the voltage output with a time delay of 2.5 ms. The RS232-based master inquiring moisture values will receive the latest moisture value. The same applies to the Profibus DP master. When a PC software is used for displaying, the current moisture value is the latest value obtained.
Measuring area:	About 30x40 mm on a surface @200 mm distance
Minimum sample size:	About 60 mm in diameter on a surface @200 mm distance
Angle sensitivity:	About +/-0.5 % for a +/-10 deg change @150 mm distance, the error depends on paper grade and its gloss, the error increases progressively

IR-thermometer:	Accuracy +/-2 C, range 0...+125C (may vary), large distance range, signal may be passed to PC or to Profibus DP or to the voltage output instead of moisture
Measuring distance:	Typical range 180...350 mm, corresponding moisture variation is within +/-0.5 % in that distance range; can be used at still larger distances up to 500 mm. The actual operating range may vary, refer to the data sheet supplied with this unit. The meters can be adjusted to varying operating distances. However.
Data series:	Room for up to 4096 points, sampling is either via external commands or automatic (autotimer is either continuous or in Batch mode). External sampling commands can be given by a digital control system and by a trigger input (TTL-level), which starts the autotimer. The following operations can be focused on each memory bank: Statistics calculation, clearing, listing four samples at a time. The moisture and temperature autotimers can be linked together. The thermometer has a memory bank of 1024 samples and an autotimer with a preset time interval of one second.
Data/setting retention:	All data and settings are battery backed, no loss of data when power is off
Dist. standardization:	Made by external fixture to the production machine or traverse (scanner)
Filtering of signal:	Selectable total step response time to full accuracy: NONE: 0.0025 s, FAST: 0.005 s, MEDIUM: 0.05 s, SLOW: < 0.5 s, SPECIAL: < 1.0 s, BOX: 10 s.
Backing material:	With thicker materials has no effect
Reflective & dark:	Automatic gain adjustment of signal to compensate against varying surface darkness or reflectivities.
Dynamic range:	The light signal amplifier has a dynamic range of 26 bits (1 part in 67 millions). The signal amplifier system has a variable gain with eight steps, from 1 to 128.
Warm-up time:	Less than 30 s from turning the power on to reach standard measurement accuracy, full accuracy within 10 minutes
Cooling & cleaning:	For tough conditions, cooling of electronics and cleaning/decondensation of optical surfaces can be done by using the standard pressurized air inlet. It circulates the air through the enclosure and flushes the optical surfaces when exiting thus preventing also dust contamination. The meter has vents for flushing, two for the light source, one for the IR thermometer window and two for the detector optical head.
Environmental:	Operating temperature range 0...+45 C without pressurized air cooling. In other conditions the air purge is required. The meter can be used in very moist conditions (see the previous item). The meter has an internal thermometer, with which the user is warned of ice formation on the optical surfaces or of too hot environments. The transmitter is fully temperature compensated. When using air cooling, the operating temperature range may become larger but depends on the incoming air temperature. The preferred operating ambient temperature should be selected so that the optical head temperature is always below +35C, for best results. The sensitive optical head is hermetically sealed to avoid any effects of dust and moisture. The overheating alarm will raise the corresponding status bit and shut down the meter to avoid any further heating.
Operating cycle:	Continuous
Control interfaces:	May act as a Profibus DP slave with moisture data acquisition features. The meter can also be used with any PC compatible with the industry standard, via the RS232/RS485 serial communications using a private packet protocol. The user interface is a graphical program in Windows for moisture real-time trend, downloading of data series, instrument settings, calibration, management of libraries and material entries. It features also statistics. A display/keyboard simulator belongs to the special PC software to replace them. It

	enables field operation and calibration plus all instrument settings, even while the transmitter is running in a Profibus DP controlled system. A special local area network can be created by using the RS485-based private master-slave packet protocol. The internal menu system, when accessed either with the PC program's Keyboard mode or with some ANSI terminal connected to the RS232 port, has a context sensitive help system. The baud rate can be selected as 9600/38400/115200 bauds.
Dark behavior:	If dark surface or highly reflective surfaces are detected, the meter will offer zero as a moisture reading to avoid showing irregular largely varying moisture readings. The response time is about 2.5 ms for all interfaces.
Status information:	Three status bytes available via RS232/485 and Profibus DP indicating all the most important settings and statuses of the meter. To most of them belong a set of commands via either bus for full management of that feature.
Voltage output:	Voltage output is available as a standard feature (selectable +/-5 V, 0 to +5 V and 0 to +10 V (default) ranges). The voltage range corresponds to 0...100% of moisture or 0..100 C of temperature (either web temperature, head temperature or an extra sensor or Signal Quality). The signal can be scaled with a multiplier. The -DAV option brings out another voltage output which is equally selectable and scalable.
Power source:	External power 24 V (9..24 V) 4500 mA (peak 5000 mA at start-up), can be connected either to the Profibus or the RS232/485 connector. The typical power dissipation is 10 to 12 W corresponding to a DC current of 0.8 A.
External connections:	One connector: RS232/485 & Profibus DP: External power input, trigger input (optoisolated TTL), two RS232/485 lines, voltage output. Two Profibus RS485 lines, an isolated +5 V. Termination jumper on the SALOON board. The RS232 port can be configured as RS485 with jumpers. The private packet protocol supports a local area network with one master and up to 30 slaves. All lines in both connectors are optoisolated from other meter electronics. The power supply lines (0 V and +12 V or 24 V) may be in galvanic connection to the meter electronics. Typically, the signal electronics ground is connected to the chassis ground to minimize noise. In the case of the -DAV option, there are two voltage outputs.
Low Power Mode:	A special mode offering power and lifetime savings without immediate measurement capability, applicable for e.g. data transfer or for temporary production stoppage. Overheating alarm will automatically lead to Low Power mode.
Usage control:	Usage hours counter indicating service requirements
Enclosure:	IP65, protected from splash water and dust, dimensions (LxHxW) model D/DE Rev 5K: 180x85x125 mm, weight about 2.4 kg. Four M6 and four M8 threads for mounting at two sides in the rear flange, 1/4" pressurized air hose connector with an internal dust filter. The enclosure bottom has air outlets.
Ice detection:	Does not measure frozen water
Config data:	Meter's internal configuration can be downloaded and saved into a file for possible restoration after meter damage or equivalent.
Service interval:	Recommended 175 000 h or ten years
User maintenance:	Cleaning of optical windows, prevention of clogging of air inlet filter. Prevention of overheating the meter.
Lamp operating life:	> 175 000 h
Motor operating life:	> 200 000 h
Guarantee:	Two years from delivery, does not cover wearing parts, like the lamp or motor.
EM compatibility:	Conforms to the requirements of Directive 89/336/EEC
Accessories:	A keyboard and display unit TEAK30 is available for field operation without a

PC. It has a rechargeable battery NOT supporting the meter. It is connected to the distribution boxes RS232 D9 connector instead of a PC. The unit operates in the meter's Keyboard mode making possible meter configuration, data acquisition and statistics calculations etc.

A general purpose bracket **IRMA-7-GPH** is available for fixing into varying positions.

LAN232 networking unit is available for connecting up to eight meters for data acquisition into a PC via RS232. The same unit can be used for creating an RS485 LAN with longer distances.

A moisture standard **IRMA-7-STD** is available for external standardization. Check our web site for a list of current accessories.

Expansion modules:

Expansion modules for acquiring special type of signals on-line will be available. The internal software is ready to accept a module and pass its data to the master, either via RS232 or Profibus DP. The communication with the module is made via the synchronous peripheral interface (SPI) which is more or less an industry standard. The same connector feeds some power to the module if it does not have its own power source. The modules can be retrofitted to any model D meters and revisions, including the oldest ones.