

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Paperitekniikan koulutusohjelma  
Anssi Haaramo

Opinnäytetyö

## **Pölymittalaite LPA ja sanomalehti- ja luettelopaperin pölyäminen**

Työn ohjaaja DI Arto Nikkilä  
Työn teettäjät ACA Systems Oy, Stora Enso Varkauden tehtaat



Writer	Anssi Haaramo
Thesis	Linting propensity analyzer LPA and linting and dusting of newsprint and directory paper
Pages	44 + 7 pages of appendices
Graduation time	5/2010
Thesis Supervisor	MSc Arto Nikkilä
Co-operating Companies	ACA Systems Oy, supervisor president Heikki Mustalahti Stora Enso Varkaus Mills, supervisor MSc Juha Hulkkonen

---

## ABSTRACT

Paper linting and dusting causes problems on printing machines. Lint and dust accumulate to rubber cylinders and weaken print quality. Problem is the biggest in offset printing when uncoated mechanical papers like newsprint are printed.

This thesis literary part is covering linting and dusting of newsprint and directory paper and disbenefits of that phenomenon. Experimental part is focused on Lint propensity analyzer LPA which is manufactured by ACA Systems Inc. The main goal was to find out is there correlation between LPA and two other linting and dusting measurement methods Blackcloth and Mac Millan Bloedel lint and dust tester.

Measurements were done in two parts. Before second period an air blow system was installed to the LPA aim to loose lint and dust from the surface of paper. The air blow system improved function of LPA a lot and measurements results was samelike compering to two other methods especially Blackcloth.

Changes in paper ash content, calandring temperatures and nip pressures affect to measurement of LPA like those things are known to affect to linting an dusting.

During this thesis occur a couple of proposals for improvement to the LPA. The most important thing is to get cleaning of the filter more effective. That would reduce variation of measurements. After small improvements LPA can be usefull to observe linting and dusting on paper machine and a good instrument for control these things.

---

Keywords                      linting, dusting, newspaper

## Sisällysluettelo

### Kirjallisuusosa

1 Johdanto .....	6
2 ACA Systems Oy .....	7
3 Sanomalehti- ja luettelopaperi .....	8
3.1 Raaka-aineet .....	8
3.2 Valmistusprosessi .....	8
3.3 Lopputuotteen ominaisuudet .....	9
4 Paperin pölyämisen hättävähäikutukset.....	11
4.1 Linting ja dusting.....	11
4.3 Ongelmat paperikoneella.....	11
4.4 Ongelmat painokoneella.....	12
5 Sanomalehti- ja luettelopaperin pölyämiseen vaikuttavat tekijät.....	14
5.1 Massat.....	14
5.1.1 Jauhatus .....	14
5.1.2 Lajittelu .....	15
5.2 Paperikone .....	16
5.2.1 Rainanmuodostusosa.....	16
5.2.2 Puristinosa .....	17
5.2.3 Kuivatusosa .....	18
5.2.4 Kalanterointi.....	20
6 Pölymittausmenetelmät .....	22
6.1 Pölymittalaite LPA .....	22
6.1.1 LPA versio I.....	22
6.1.2 LPA versio II.....	23

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Paperitekniikan koulutusohjelma

6.2 Mac Millan Bloedel lint & dust tester .....	24
6.3 Mustakangasmenetelmä .....	24
7 Tutkimuksen tausta .....	26
7.1 Tavoite.....	26
7.2 Prosessikuvaus.....	26
8 Pölynmittausmenetelmien vertailu.....	27
8.1 Mittausjakso 1 .....	27
8.2 Mittausjakso 2 .....	32
9 Pölymittalaite LPA ja prosessimuuttajat.....	39
10 Kehitysehdotuksia pölymittalaite LPA:han .....	40
10.1 Ilmapuhallus .....	40
10.2 Toiminta ratakatkon aikana .....	40
10.3 Filtrerin puhdistus.....	41
11 Päätelmiä.....	42
Lähteet.....	43
Liitteet .....	45
Liite 1: LPA:n mittausta ja täyteainepitoisuuksia .....	45
Liite 2: LPA:n mittausta ja täyteainepitoisuuksia .....	46
Liite 3: LPA:n mittausta ja kalanteroinnin muuttujia.....	47
Liite 4: LPA:n mittausta ja kalanteroinnin muuttujia.....	48
Liite 5: LPA:n mittausta ja kalanteroinnin muuttujia.....	49
Liite 6: LPA:n mittausta ja tuotantokatkot .....	50
Liite 7: LPA:n mittausta, filtrerin puhdistus.....	51

# 1 Johdanto

Paperin pölyäminen aiheuttaa ongelmia painokoneilla. Pöly kertyy painokoneen painokumeille, jolloin painojäljen laatu heikkenee ja painokumit on pestävä. Ongelmat ovat suurimmat päällystämättömiä mekaanisesta massasta valmistettuja papereita, kuten sanomalehtipaperia painettaessa, joita painetaan offsetmenetelmällä.

Tämän työn kirjallisuusosiossa käsitellään sanomalehti- ja luettelopaperia ja niiden pölyämiseen vaikuttavia tekijöitä, ja pölyämisen haittavaikutuksia. Kokeellinen osa rakentuu ACA Systems Oy:n valmistaman pölymittalaite LPA:n ympärille. Tavoitteena on selvittää minkälaisia LPA:n mittaustulokset ovat suhteessa Mustakangasmenetelmän ja Mac Millan Bloedel lint & dust testerin mittaustuloksiin, ja miten laite reagoi prosessimuutoksiin paperikoneella. Kokeellisen osan suorituspaikkana on Stora Enso Varkauden tehtaalla paperikone 4.

## 2 ACA Systems Oy

ACA Systems on johtava korkean teknologian mittausinstrumentteja valmistava yritys, jonka tuotteet ovat hyvin tunnettuja ympäri maailmaa paperi- ja kemianteollisuudessa. Se valmistaa innovatiivisia mittausinstrumentteja laboratorioihin, sekä tarjoaa järjestelmiä luotettavaan laadun kontrollointiin ympäri maailmaa. (Karinen, 2009)

ACA Systems perustettiin vuonna 1985 ja se sijaitsee Itä-Suomessa, keskellä hienoa järvi-aluetta Polvijärvellä. Yhtiön henkilöstöllä on laaja kokemus uusista ratkaisuista koneiden ajettavuuden ja laadun parantamisessa, sekä tuotannon tehostamisesta kustannusten optimoimisessa. ACA Systems on saavuttanut maailman laajuisen markkinointi ja huoltoverkoston. (Karinen, 2009)

Yrityksen päätuotteet ovat ACAV –viskosimetrit, DWR –mittalaite dynaamisen vesirention tutkimiseen ja Permi- ja Poros –mittalaitteet huokoisuuden mittaamiseen. (Mustalahti, 2009)

## **3 Sanomalehti- ja luettelopaperi**

### **3.1 Raaka-aineet**

Sanomalehtipaperin pääraaka-aine on mekaaninen havupuumassa, jonka osuus kuituraaka-aineesta vaihtelee nykyisin 90–100 prosentin välillä. Loput kuituraaka-aineesta on kemiallista massaa, jonka käytöstä ollaan nykyään luopumassa raaka-ainekustannusten pienentämiseksi. Kuidun lisäksi myös täyteaineita käytetään sanomalehtipaperin valmistuksessa. Niiden osuus raaka-aineista on alle 15 prosenttia. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 62–63; KnowPap 10.0 2008)

Nykyään keräyspaperin käyttö sanomalehtipaperin valmistuksessa on yhä yleisempää. Sanomalehtipaperi voidaan valmistaa pelkästä kotikeräyspaperista, sillä se sisältää mekaanisen massan lisäksi myös kemiallista massaa ja täyteaineita, joten niitä ei tarvitse erikseen lisätä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 63)

Luettelopaperin ja sanomalehtipaperin raaka-aineet ja ominaisuudet ovat hyvin lähellä toisiaan. Luettelopaperi eroaa sanomalehdestä alhaisemmalla neliömassallaan, ja usein luettelopapereita myös värjätään. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 63; KnowPap 10.0 2008)

### **3.2 Valmistusprosessi**

Nykyaikaisessa sanomalehtipaperikoneessa on kitaformerin viiraosana. Kitaformerilla saavutetaan korkeat tuotantonopeudet ja symmetrinen rakenne, joka on eduksi painatuksessa. Myös perinteisiä tasoviirakoneita on edelleen yleisesti käytössä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 63; KnowPap 10.0 2008)

Muuta mainitsemisen arvoista sanomalehtipaperikoneessa on kone- tai softkalanteri. Sanomalehtipaperi kone- tai softkalanteroidaan riittävien painettavuusominaisuuksien saavuttamiseksi. Sanomalehtipaperi toimitetaan asiakkaille rullina, joten viimeisenä työvaiheena paperi pituusleikataan asiakkaan haluamiin mittoihin. (Häggbloom-Ahnger & Komulainen 2003, 63; KnowPap 10.0 2008; Papermaking Science and Technology 2000)

### **3.3 Lopputuotteen ominaisuudet**

Sanomalehtipaperi on melko standardi tuote. Yleisimmin käytetyt neliömassat ovat 42,5 ja 45 g/m<sup>2</sup>. Myös kevyempiä ja painavampia laatuja valmistetaan. Suuntaus on viime vuosina ollut kohti alhaisempia neliömassoja kustannusten säästämiseksi. (KnowPap 10.0 2008)

Sanomalehtipaperilta vaaditaan hyvää ajettavuutta painokoneella ja hyvää painojälkeä. Ajettavuuden kannalta tärkeitä ominaisuuksia ovat vetolujuus, poikkisuunnan repäisyjujuus ja z-suunnan lujuus. Paperin pinnan on kestävä painamisen aiheuttamat rasitukset, joten pintalujuuden on oltava hyvä ja pölyämistäipumuksen mahdollisimman pieni. Painamisen aiheuttamien äkillisten rasitusten kestämisiksi murtositkeys ja erityisesti paperin venyvyys ovat oleellisia suureita. (KnowPap 10.0 2008)

Painojäljen laatu asettaa myös omat vaatimuksensa paperille. Painoväriin absorptioon tulee olla optimaalinen. Absorptioon vaikuttaa paperin pinnan sileyden ja huokosrakenteen lisäksi paljon myös painoväriin ominaisuudet. Myös paperin vaaleus vaikuttaa merkittävästi painatuksen lopputulokseen. Mitä korkeampi on paperin vaaleus, sitä parempi on myös densiteetti, joka vaikuttaa painojäljen laatuun. Paperin vaaleus vaikuttaa myös sävyntoistoon. (KnowPap 10.0 2008)

Alhaisen neliömassan papereihin painettaessa läpipainatuksesta voi tulla ongelma. Läpipainatusta voidaan vähentää hyvällä opasiteetilla, alhaisella huokoisuudella ja tasaisella formaatiolla. Painojäljen tulisi olla samanlaista paperin molemmilla puolilla, joten myös paperin ominaisuuksien pitäisi olla symmetriset ylä- ja alapuolen välillä. (KnowPap 10.0 2008)

Taulukko 1: Sanomalehtipaperin tuoteanalyysi (KnowPap 11.0 2009)

TOIMINNALLISET OMINAISUUDET	MITATTAVISSA OLEVAT TILASUUREET
PROSESSOITAVUUS PAPERIKONEELLA <ul style="list-style-type: none"> <li>• vetokestävyys märkänä</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vetolujuus, venymä, murtotyö, kuiva-ainepitoisuus</li> </ul>
AJETTAVUUS PAINOKONEELLA <ul style="list-style-type: none"> <li>• hyvä yleinen lujuustaso</li> <li>• viansietokyky</li> <li>• pinta ei saa irrota, eikä aiheuttaa pölyämistä</li> <li>• paperi ei saa haljeta</li> <li>• tarkka painovärien kohdistus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vetolujuus</li> <li>• PS repäisylujuus, vetomurtotyö, murtositkeys</li> <li>• pintalujuus ja pölyämistäipumus</li> <li>• z-suuntainen lujuus (Scott Bond)</li> <li>• hyvä dimensiostabiliteetti</li> </ul>
PAINETTAVUUS <ul style="list-style-type: none"> <li>• sopiva painovärien absorptio</li> <li>• pieni läpipainatus</li> <li>• tasainen painojälki</li> <li>• suuri painojäljen densiteetti</li> <li>• painojäljen samanlaisuus paperin kummallakin puolella</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• karheus, tiheys, huokoisuus</li> <li>• opasiteetti, huokoisuus</li> <li>• formaatio</li> <li>• massan vaaleus</li> <li>• symmetrisyys</li> </ul>

## **4 Paperin pölyämisen hättavaikutukset**

### **4.1 Linting ja dusting**

Englanninkielisessä kirjallisuudessa paperin pölyämisestä käytetään nimityksiä linting ja dusting. Nimityksien merkityksestä ei tunnu olevan selkeää yhtenäistä linjaa. Yleensä linting tarkoittaa kuitumaisen heikosti sitoutuneen materiaalin irtoamista paperin tai kartongin pinnasta. Dusting puolestaan yleensä käsitetään irtonaisen tai heikosti sitoutuneen täyteaineen tai päällystepartikkelin irtoamiseksi paperin pinnasta.

Joissakin lähteissä sanotaan, että dusting-ilmiössä irtoavassa materiaalissa voi olla mukana myös kuitumaista materiaalia. Myös linting-ilmiöön yhdistetään joskus myös täyteaineen ja päällysteen irtoaminen.

Tässä työssä puhuttaessa pölyämisestä tarkoitetaan kaikkea paperista irtoavaa materiaalia, ellei muusta ole mainintaa. Painokoneessa, jossa paperista irtoavan pölyn hättavaikutukset ovat suuret, ei ole juurikaan merkitystä, koostuuko pöly kuitumaisesta materiaalista vai täyteaineesta ja päällysteestä.

### **4.3 Ongelmat paperikoneella**

Paperin pölyäminen aiheuttaa suurimmat ongelmat painokoneella, mutta myös paperikoneella pölyämisestä voi aiheutua hättää. Pienistä hiukkasista koostuva pöly kulkeutuu helposti paperikoneen avonaisiin rakenteisiin. Varsinkin täyteaineista ja päällystepartikkeleista koostuva pöly voi aiheuttaa kulumista joutuessaan esimerkiksi sylinterin ja kaapimen väliin. Viirujen kulumista varsinkin paperikoneen kuivassa päässä, voi ilmetä, jos pöly on takertunut sylinteriin, joka on kosketuksissa viiran kanssa. (Kurra 2008, 7–8)

Pöly kulkeutuu helposti myös mittalaitteisiin. Mittalaitteiden mittauspäihin kertynyt pöly voi haitata ja vääristää mittausta, jolloin laitteet on puhdistettava, mikä aiheuttaa ylimääräistä työtä. Pöly haittaa myös sähköisten valvontasilmiä toimintaa, jolloin voi aiheutua vääriä hälytyksiä ja tuotannonkatkoksia. (Kurra 2008, 7–8)

Myös paloturvallisuuden kannalta pöly on huono asia. Varsinkin kuitupitoinen pöly on herkästi syttyvää. Paperikoneella on korkeita lämpötila esimerkiksi infrapunakuivaimen läheisyydessä, jossa pölyn leimahdusriski on olemassa. (Kurra 2008, 7–8)

Pöly voi koitua ongelmaksi myös paperia päällystettäessä. Teräpäällystyksessä pölyä voi kertyä terään, jolloin kertynyt aines tekee viirua paperirataan ja aiheuttaa ylimääräistä työtä ja tuotannon menetystä. (Kurra 2008, 7–8)

#### **4.4 Ongelmat painokoneella**

Paperin pölyämisen aiheuttamat ongelmat ovat suurimmat painokoneella. Ongelmat ovat suurimmat päällystämättömiä mekaanisesta massasta valmistettuja papereita, kuten sanomalehtipaperia painettaessa. Yleisin painomenetelmä tällaisille papereille on offsetpainatus, joten pölyäminen on erityisen suuri ongelma juuri offsetpainatuksessa. (Papermaking Science and Technology 2000)

Materiaalia irtoaa paperista painatuksen aikana kolmella eri tavalla. Ensimmäisenä paperin pinnasta irtoaa irtonainen materiaali, joka on useimmiten paperin täyteaineita tai päällystettä. Irtopöly tarttuu usein painokoneen ensimmäisen painoyksikön painokumille. Toinen tapa, jolla materiaalia irtoaa, on painomusteen aiheuttama. Tahmeaan musteeseen tarttuu yksittäisiä heikosti sitoutuneita kuituja ja kuidun kappaleita, jotka repeävät irti paperista ja tarttuvat painokumille. Myös tämä on yleisintä ensimmäisessä painoyksikössä. ( Papermaking Science and Technology 2000)

Kolmas tapa, jolla paperista irtoaa pölyä, on kostutusveden aiheuttama. Kostutusvesi heikentää kuitujen välisiä sidoksia, jolloin kuituja irtoaa paperista, ja ne tarttuvat

painokumeille. Tämä tapahtuu yleensä painokoneen loppupäässä, jolloin kostutusvesi on ehtinyt vaikuttaa kuitujen välisiin sidoksiin. (Papermaking Science and Technology 2000)

Materiaalin kertyminen painokumeille on kumulatiivinen ongelma. Painomuste muuttuu sitä tahmeammaksi, mitä enemmän materiaalia siihen tarttuu. Ja mitä tahmeampaa muste on, sitä helpommin siihen tarttuu materiaalia. (Kurra 2008, 10)

Materiaalin kertyminen painokumille haittaa värinsiirtoa, ja painojäljen laatu alkaa heiketä, mitä enemmän materiaalia kertyy. Painojäljen kärsiessä liikaa painokone on pysäytettävä ja painokumit ja -levyt pestävä. Peseminen aiheuttaa kustannuksia ja painoajan menetystä. Varsinkin sanomalehtiä painettaessa aikataulut ovat usein tiukkoja, joten painokoneen peseminen on hyvin epätoivottavaa. Paperista irtoava aines voi kulkeutua myös painokoneen väriainelaitteistoon asti, jolloin peseminen on vieläkin työläämpää. (Kurra 2008, 9–10 ; Papermaking Science and Technology 2000)

## **5 Sanomalehti- ja luettelopaperin pölyämiseen vaikuttavat tekijät**

### **5.1 Massat**

#### **5.1.1 Jauhatus**

Puusta joko kemiallisesti tai mekaanisesti irrotetut kuidut ovat jäykkiä ja sileäpintaisia, jolloin niiden sidostenmuodostumiskyky on huono. Jotta kuituja voidaan käyttää paperin valmistukseen, ne vaativat jatkokäsittelyä. (KnowPap 10.0 2008)

Jauhatuksessa kuituja rasietaan mekaanisesti jauhinterien välissä. Rasituksen seurauksena kuidut notkistuvat, fibrilloituvat ja turpoavat. Muutosten myötä kuitujen sitoutumiskyky kasvaa, mikä onkin jauhatuksen tavoite. Massan jauhatuksella voidaan vaikuttaa lähes kaikkiin valmiin paperin ominaisuuksiin, joten jauhatus on erittäin tärkeä osaprosessi paperin valmistuksessa. Osa paperin ominaisuuksista paranee ja osa huononee massaa jauhettaessa, joten jauhatuksen määrä on kompromissi haluttujen ominaisuuksien välillä. (KnowPap 10.0 2008)

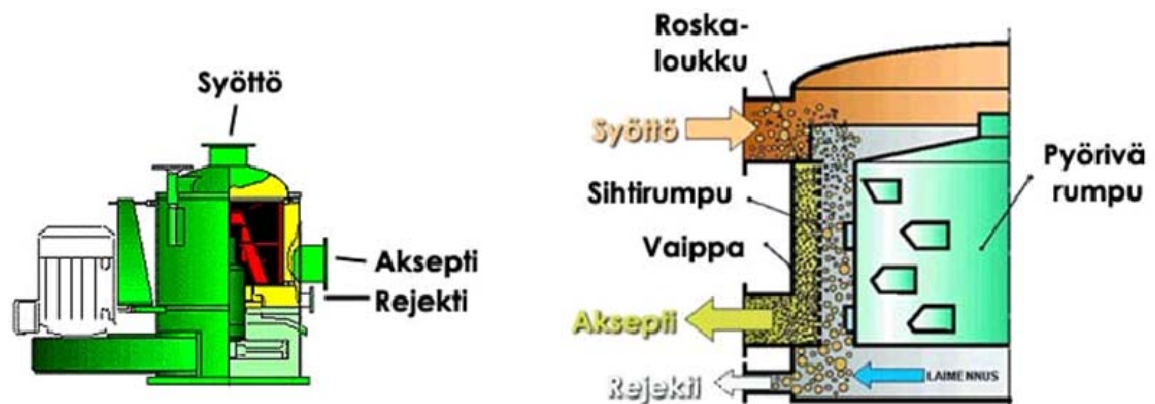
Jauhatuksen lopputulokseen vaikuttavia tekijöitä on todella paljon, mutta paperin pölyämisen kannalta jauhatuksessa keskeinen tekijä on jauhatukseen käytetty kokonaisenergia. Paperin pölyäminen korreloi hyvin massan jauhatukseen käytetyn energian kanssa. Mitä enemmän energiaa kuluu jauhatukseen, sitä vähemmän paperi pölyää. Jauhatukseen käytetyn energian kasvattaminen ei kuitenkaan vähennä pölyämistä loputtomasti. Jauhatuksen määrälle tulee raja vastaan myös muiden paperin ominaisuuksien muuttuessa epätoivotunlaisiksi. (Wood & Karnis 1992, 21)

## 5.1.2 Lajittelu

Massanlajittelun tarkoituksena on poistaa haitalliset epäpuhtaudet hyvän massan joukosta. Lajittelussa massa jaetaan akseptiin eli hyväksytyyn jakeeseen ja rejektiin eli hylättyyn jakeeseen. Aksepti voidaan käyttää paperin valmistukseen, ja rejekti käsitellään niin, että mahdollisimman suuri osa siitä voitaisiin hyödyntää. (KnowPap 10.0 2008)

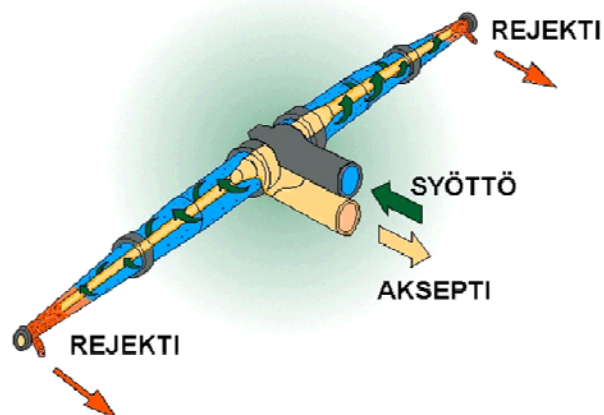
Rejekti koostuu puuraaka-aineesta peräisin olevasta materiaalista ja materiaalista, joka ei ole peräisin puusta. Kaikki epäpuhtaudet, jotka eivät ole peräisin puusta, kuten metalli, muovi, hiekka ja kivet pyritään poistamaan prosessista. Puuperäinen rejekti kuten oksat, kuitukimput ja tikut pyritään rejektin jauhatuksen avulla käyttämään lopputuotteeseen. (KnowPap 10.0 2008)

Massaa voidaan lajitella painelajittimilla ja pyörrepuhdistimilla. Painelajittimessa akseptin ja rejektin erotus tapahtuu sihtisylinterin avulla (kuvio 1). Aksepti läpäisee sihdin ja rejekti ei. (KnowPap 10.0 2008)



Kuvio 1: Painelajittimen toimintaperiaate (KnowPap 11.0 2009)

Pyörrepuhdistus perustuu Newtonin jatkavuuden lakiin, joka aiheuttaa keskipakovoimana tunnetun ilmiön. Pyörivässä liikkeessä oleva massa jakautuu partikkeleiden koon, muodon ja tiheyden perusteella. Poistettava aines kerääntyy lajittimen seinän lähelle, josta se poistuu virtauksen mukana lajittimesta (kuvio 2). (KnowPap 10.0 2008)



Kuvio 2: Pyörrepuhdistimen toimintaperiaate (KnowPap 11.0 2009)

Painelajitin ei ole kovin hyvä erottamaan suuren pölyämistaipumuksen omaavia kuituja. Pyörrepuhdistin sen sijaan toimii tässä tarkoituksessa hyvin. Pyörrepuhdistin erottaa tehokkaasti pieniominaispinta-alaisia kuituja, joilla on suuri pölyämistaipumus. Erottamisen tehokkuus kasvaa rejektin määrän kasvaessa. (Wood & Karnis 1992, 21)

Uudelleen lajittelu rejektin jauhatuksen jälkeen on tärkeää. Jauhettu rejekti sisältää usein edelleen suuria määriä herkästi pölyävää kuituainesta. Jos uutta lajittelua ei tehdä, tämä aines aiheuttaa suurella todennäköisyydellä ongelmia myöhemmin. (Wood & Karnis 1992, 21)

## 5.2 Paperikone

### 5.2.1 Rainanmuodostusosa

Paperikoneen rainanmuodostusosa koostuu perälaatikosta syöttöputkistoineen ja viiraosasta. Perälaatikon tehtävänä on levittää massasuspensio tasaisesti viiraosalle, hajottaa massaflokkeja sopivalla turbulenssilla ja tasoittaa syöttövirtauksen painevaihteluita. Viiraosalla rainasta poistuu vettä sihdin tavoin toimivan viirakudoksen läpi. Viiraosa vaikuttaa erittäin paljon valmiin paperin ominaisuuksiin. Paperin pölyämisen kannalta

merkittävä täyteainejakauma määräytyy viiraosan ominaisuuksien mukaan. (KnowPap 10.0 2008)

Yleisimmät viiraosatyypit ovat tasoviira, hybridiformeri ja kitaformerit. Tasoviirassa vesi poistuu vain yhdeltä puolelta, kun hybridi- ja kitaformerissa veden poisto tapahtuu kahteen suuntaan. Hybridiformerissa vesi poistuu alussa vain yhteen suuntaan, ja kitaformerissa vedenpoisto tapahtuu alusta asti kahteen suuntaan. Viiraosan alussa kuivaainepitoisuus on tyypillisesti 0,5–1 % ja lopussa noin 17–20 %. (KnowPap 10.0 2008)

Kaksoisviirarakenteen pienentää selkeästi paperin pölyämistä verrattuna perinteiseen tasoviiraan. Tasoviiralla valmistetussa paperissa paperin yläpinta pölyää offsetpainatuksessa 20–60 % enemmän kuin viiraa vasten ollut puoli. Tämä selittyy sillä, että viiraa vasten olleelta puolelta huuhtoutuu rainan muodostusvaiheessa pois herkästi pölyävää materiaalia kuten täyteaineita ja heikosti sitoutunutta kuitua. (Ionides 1984, 302–304)

Kaksoisviirarakenteessa huuhtoutuminen tapahtuu molemmilta puolilta, jolloin pintojen välinen pölyämistäipumus tasoittuu. Kaksoisviirarakenteella saavutetaan myös muiden ominaisuuksien kuin pölyämisen suhteen tasaisempi profiili paperin z-suunnassa. (Ionides 1984, 302-304)

### **5.2.2 Puristinosa**

Puristinosassa paperia puristetaan mekaanisesti puristintelojen välissä. Tavoitteena on puristaa paperista niin kuivaa kuin muiden kriittisten ominaisuuksien, kuten paksuuden kannalta on mahdollista. (KnowPap 10.0 2008)

Puristinosalla on erittäin suuri merkitys paperin pölyävyydelle. Paperikoneessa puristinosa on tärkeimmässä roolissa paperiradan lujittumisen kannalta. Kaksi tärkeintä tekijää paperin puristamisessa pölyävyyden vähentämisen kannalta on puristuskuorma ja puristinosan asetelma. (Ionides 1984, 304)

Puristuskuorma vaikuttaa paperin lujittumiseen ja kuitujen välisten sidosten syntyymiseen. On havaittu, että suuremmalla kuormalla puristettaessa paperin pölyämistäipumus selkeästi alenee. Paperin liiallinen oheneminen ja markkeerautuminen asettaa kuitenkin rajat puristuksen voimakkuudelle. (Ionides 1984, 304)

Puristinnipissä suuret hydrauliset voimat ja imun aiheuttama paine-ero poistavat vettä paperirainasta. Poistuvan veden mukana kulkeutuu myös kuitumaista materiaalia, joka on ollut heikosti sitoutunut paperiin. Jos tämä materiaali ei poistuisi tässä vaiheessa, se suurella todennäköisyydellä pölyäisi viimeistään painatuksessa. Siispä on tärkeää, että vesi poistuisi puristinosalla molempilta puolilta paperia. (Ionides 1984, 304)

Puristinosaa tulisi suunnitella niin, että osassa nipeistä vesi poistuu ala- ja osassa yläpuolelta paperia. Tällöin myös heikosti sitoutunut materiaali poistuisi molemmilta puolilta jo tässä vaiheessa, eikä aiheuttaisi ongelmia myöhemmin. Myös paperin muut ominaisuudet ovat tällaisessa puristusasetelmassa symmetrisempiä. (Ionides 1984, 304)

### **5.2.3 Kuivatusosa**

Kuivatusosan tehtävänä on kuivattaa paperi haluttuun loppukosteuteen. Kuivatus tapahtuu haihduttamalla vettä mahdollisimman taloudellisesti ja huonontamatta paperin laatua. Yleisin sanomalehtipaperin kuivatustapa on sylinterikuivatus, jossa paperi on kosketuksissa kuumien metallisylinterien kanssa. (KnowPap 10.0 2008)

Sylinterikuivatuksessa paperi voi osittain tarttua sylinterin pintaan, jolloin paperin pinnan rakenne kärsii ja kuitujen kiinnittyminen heikkenee. Heikentyneet sidokset aiheuttavat paperia painettaessa pölyämistä. Kuivatuksessa tulisi siis välttää paperin tarttumista sylinterien pintaan. (McDonald & Tchepel 2008, 19–20)

Kun paperi on kosketuksissa kuivatussylinteriin, paperin pintaan vaikuttaa kahdenlaisia voimia. Sidosvoimat liittävät pinnan muuhun paperiin, kun adheesio puolestaan kiinnittää

paperin pinnan sylinterin pintaan. Jos adheesio kasvaa sidosvoimia suuremmaksi, paperin pinnan rakenne kärsii, kun kuidut repeytyvät irti paperista joko kokonaan tai osittain. (McDonald & Tchepel 2008, 19–20)

Kuitujen väliset sidosvoimat suurenevat paperin kosteuspitoisuuden pienentyessä. Adheesio voimakkuuteen vaikuttaa useat tekijät: paperiradan nopeus, paperin kosteuspitoisuus, paperin ja kuivatussylinterin lämpötilat, paperin massakoostumus ja kuivatussylinterin pintamateriaali. (McDonald & Tchepel 2008, 19–20)

Lämpötila, jossa märän paperipinnan sisältämä hemiselluloosa pehmenee, on alle 100 °C ja ligniinin pehmenemislämpötila on 100 °C. Kuivassa paperin pinnassa pehmenemislämpötilat ovat huomattavasti suuremmat. Hemiselluloosalla se on noin 180–220 °C ja ligniinillä 200 °C. Pehmennyttyään hemiselluloosa ja ligniini tarttuvat herkästi kuivatussylinterin pintaan. (McDonald & Tchepel 2008, 20)

Kohta, jossa paperirata irtoaa kuivatussylinterin pinnasta, on tärkeä adheesio kannalta. Sylinterin pinnan lämpötilan tulisi olla irtoamiskohdassa aina pienempi kuin hemiselluloosan ja ligniinin pehmenemislämpötila. Koska pehmenemislämpötila riippuu paperin pinnan kosteudesta, kuivatussylinterin pinnan lämpötila pitäisi säätää sen mukaan. (McDonald & Tchepel 2008, 20)

Kuivatusosan alussa, missä paperissa on vielä runsaasti kosteutta, sylintereitten lämpötilojen tulisi olla matalia ja lämpötilojen tulisi nousta asteittain kuivaanpään päin mentäessä. Myöhemmin kuivatusosalla paperin pinta on kuiva, kun se irtoaa kuivatussylinterin pinnasta. Kun paperi on matkalla seuraavalle sylinterille, sen sisältä nousee kosteutta pintaan. Seuraavalle sylinterille saavuttaessa paperin pinta on märkä, mutta se kuivuu ennen irtoamistaan sylinterin pinnasta. On siis tärkeää tietää, missä kohtaa kuivatusosaa paperin pinta on kuiva irrotessaan sylinterin pinnasta. Sen jälkeen hemiselluloosan ja ligniinin pehmenemislämpötila on niin korkea, ettei sylintereitten pintalämpötila voi nousta liian korkeaksi. (McDonald & Tchepel 2008, 20)

Jos kuivatusosalla on ylikapasiteettia ja osa kuivatussylintereistä pidetään kylmänä, kylmät sylinterit tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle kuivaa päätä. Jos kuivatusosan alueella, jossa sylintereitten tulisi olla kuumia ja paperissa on vielä kosteutta, joka nousee paperin pintaan sylintereitten välissä, on välissä kylmiä sylintereitä, paperi ei kuivu ennen irtoamistaan sylinterin pinnasta ja paperi takertuu sylinterin pintaan. (McDonald & Tchepel 2008, 20–21)

On tärkeää myös tarkastaa, että kaikkien sylintereitten lämpötilat ovat ja pysyvät sellaisena, kuin on suunniteltu. On monia asioita, jotka voivat vaikuttaa lämpötiloihin. Lämpötiloja voivat alentaa muun muassa tukkeutuneet tai hajonneet sifonit, sulkeutuneet tai hajonneet venttiilit hörylinjassa ja liian pieni paine-ero lauhteenpoistossa. (McDonald & Tchepel 2008, 19–20)

Adheesioon voidaan vaikuttaa myös päällystämällä kuivatussylinterin pinta materiaalilla, johon pehmennyt hemiselluloosa ja ligniini tarttuvat huonosti. Pitkän ajan kuluessa myös korrosio voi vaikuttaa adheesioon kuluttamalla sylinterin pinnan epätasaiseksi, jolloin paperi tarttuu karhentuneeseen pintaan entistä herkemmin. (McDonald & Tchepel 2008, 21–22; Ionides 1984, 304)

#### **5.2.4 Kalanterointi**

Kalanteroinnissa paperi viedään kahden telan muodostaman nipin läpi. Nippejä voi olla yksi tai useampia ja telat voivat olla kovia, pehmeitä, kylmiä tai lämmitettyjä. Kalanterointi parantaa paperin pintaominaisuuksia kuten sileyttä ja kiiltoa. Sillä myös säädetään paperin paksuutta ja tasataan paksuusprofiilia tasaisten rullien saamiseksi. (KnowPap 10.0 2008)

Usein sanomalehtipaperikoneilla on välikalanteri. Se sijaitsee kuivatusosalla useimmiten ennen viimeistä kuivatusryhmää, ja siinä on yksi kova nippi. Paperin kosteuspitoisuus on välikalanterilla 18–30 %. Vielä melko kostean paperin puristus lisää sidosten lujittumista ja siten vähentää paperin pölyämistäipumusta. Viime vuosien suuntaus kohti alempia neliömassoja on aiheuttanut sen, että paperikoneilla tehdään neliömassoiltaan kevyempiä

papereita, kuin mihin ne on alun perin suunniteltu. Tästä syystä paperin kosteus välikalanterilla voi olla liian pieni, jolloin välikalanterin hyöty jää kovin pieneksi.

(KnowPap 10.0 2008; Ionides 1984, 304–305; Aspler 2003, 390–391)

Kone- tai softkalanteri sijaitsee paperikoneella kuivatusosan ja rullaimen välissä. Kuivaa paperia liian kovalla kuormituksella kalanteroitaessa kuituja ja kuitujen välisiä sidoksia hajoaa, jolloin myös paperi pölyää herkemmin. Kalanteroimislämmön nostaminen yli 200 celsiusasteen puolestaan vähentää paperin pölyämistä. (KnowPap 10.0 2008; Aspler 2003, 390–391)

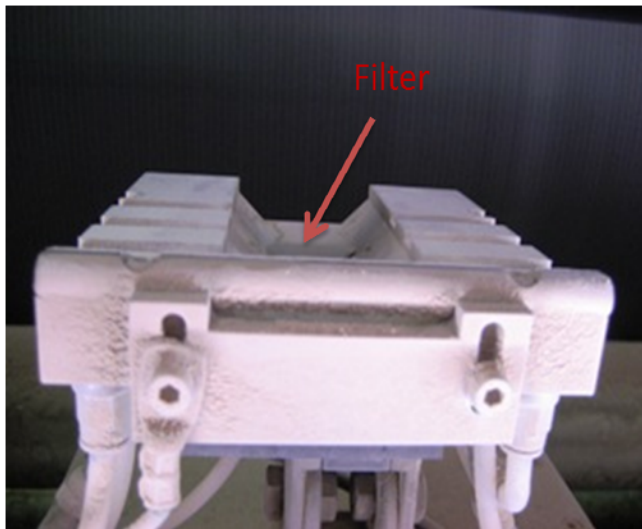
## 6 Pölymittausmenetelmät

### 6.1 Pölymittalaite LPA

Tässä työssä käytettiin kahta erilaista muunnosta pölymittalaitteesta.

#### 6.1.1 LPA versio I

LPA (Lint Propensity Analyzer) on ACA Systems Oy:n kehittämä paperipölyn mittauslaite. Laite on online-mittari, joka koostuu mittapäästä sekä ohjausyksiköstä. Mittapää (kuvio 3) sijoitetaan paperikoneen kuivaanpäähän paperiradan alapuolelle, josta mitattu data saadaan ohjausyksikön kautta tietokoneelle paperikoneen valvomoon.



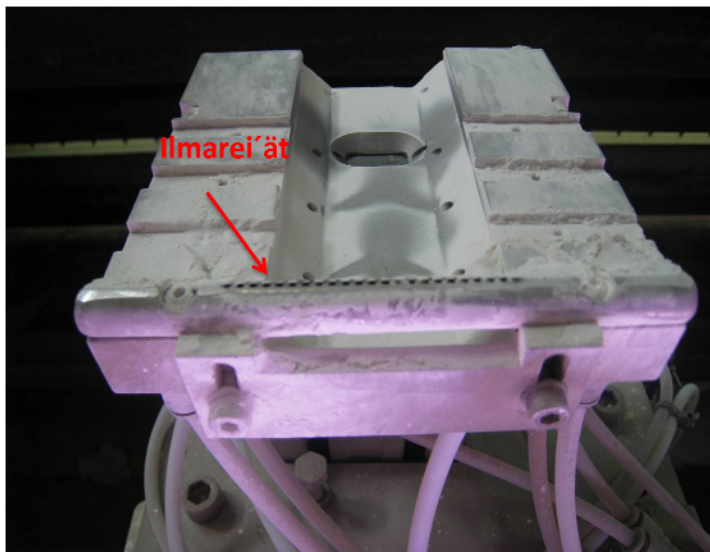
Kuvio 3: Pölymittalaite LPA:n mittapää (Mustalahti, 2009)

LPA kerää paperiradan pinnasta irtopölyä mittapäässä olevaan suodattimeen, jossa syntyy paine-ero suodattimen eri puolille suodattimen tukkeutuessa. Paperipölyn määrän kasvaessa suodattimessa myös paine-ero puolien välillä kasvaa. LPA mittaa aikaa, joka kuluu tietyn paine-eron syntymiseen. Kun haluttu paine-ero on syntynyt, suodatin puhdistuu automaattisesti ja mittaussekvenssi alkaa alusta. Sekvenssin pituutta voidaan säätää muuttamalla paine-eroa, jonka saavuttamiseen kuluvaa aikaa mitataan. Paperin

pölyävyyden ja asetetun paine-eron mukaan sekvenssin pituus vaihtelee muutamista minuuteista useisiin tunteihin. Mittasuure, jonka LPA antaa, on siis aika. Aika on kääntäen verrannollinen paperin pölyävyyteen. Eli mitä pidempi mittausaika on, sitä vähemmän paperi pölyää. (Mustalahti, 2009)

### 6.1.2 LPA versio II

Versio II on muutoin samanlainen kuin ensimmäinen versio, mutta siihen on lisätty ilmapuhallus irrottamaan pölyä tehokkaammin paperin pinnasta. Mittapään etureunassa olevaan paperiin kosketuksissa olevaan metalliosaan on tehty muutoksia. Osa on porattu ontoksi ja paperiin kosketuksissa olevaan pintaan on porattu rivi pieniä reikiä (kuvio 4). Osan sisälle johdetaan sen alapuolelta paineilmaa, joka purkautuu pienistä rei'istä paperirataa vasten.

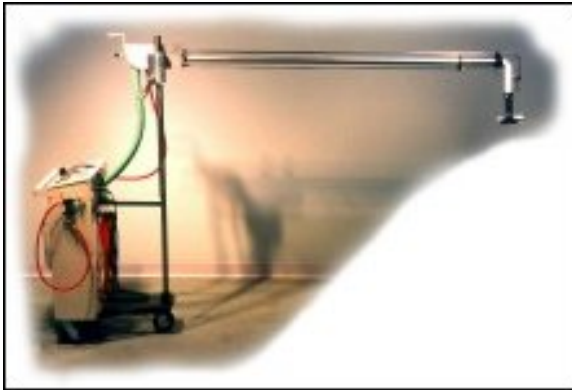


Kuvio 4: Pölymittalaite LPA:n mittapää ilmapuhalluksen asennuksen jälkeen

Ilmapuhalluksen tavoitteena on irrottaa paperista tehokkaammin pölyä, jolloin suodatin tukkeutuu nopeammin ja mittausaika on lyhyempi. Ilmapuhalluksen voimakkuus on säädettävissä halutunlaiseksi.

## 6.2 Mac Millan Bloedel lint & dust tester

Mac Millan Bloedel Researchin valmistama mittalaite on suunniteltu pölyn mittaamiseen paperikoneelta ajon aikana. Laite on pyörillä liikuteltava (kuvio 5 ) ja tarvitsee toimiakseen sähkö- sekä paineilmaliiännän.



Kuvio 5: Mac Millan lint & dust tester (Kalamazoo Paper Chemicals)

Mitattaessa laitteen mittapää painetaan paperirataa vasten. Mittapäätä purkautuu ilmaa, joka irrottaa paperin pinnasta heikosti sitoutuneen materiaalin. Imuyksikkö imee irronneen materiaalin. Se kertyy suodattimeen, jonka pintojen välille syntyy paine-ero suodattimen tukkeutuessa. Mittaus perustuu aikaan, joka kuluu tietyn paine-eron saavuttamiseen. Mittauksen jälkeen suodatin puhdistetaan, minkä jälkeen voidaan aloittaa uusi mittaus.

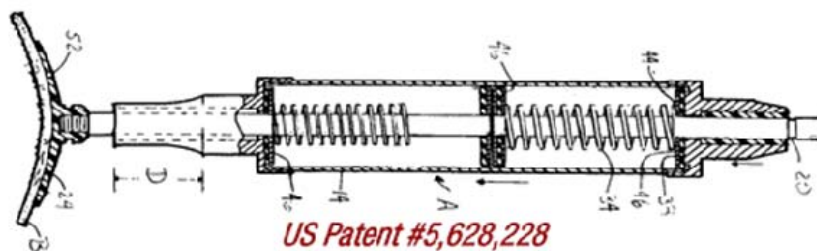
## 6.3 Mustakangasmenetelmä

Tässä työssä käytettävä mustakangasmenetelmä on R.A. Emerson & Companyn kehittämä mittausten menetelmä. Se on melko yksinkertainen käsin suoritettava mittaustapa. Mittaukseen tarvitaan siihen tarkoitettu kankaanpala, kankaan painamiseen suunniteltu laite ja punnitusvaaka.



Kuvio 6: Mustakangasmenetelmän mittalaite ja mittauskangas

Kankaan painamiseen tarkoitettu laite on suunniteltu niin, että voima, jolla kangasta painetaan, on aina yhtä suuri. Laitteen toisessa päässä on pyöreä muovinen pää, jolla kangasta painetaan. Muovinen pää on kiinnitetty varteen, joka menee kahvaosan läpi ja liikkuu painettaessa kangasta. Kahvan sisällä on jousia, jotka vastustavat varren liikettä. Varressa on merkki, johon asti painetaan. Tällöin voima, joka kohdistuu kankaaseen, on aina yhtä suuri.



Kuvio 7: Mustakangasmittalaitteen rakennekuva (R.A. Emerson & Company)

Mittaus tapahtuu painamalla laitteella kangasta pyörivää konerullaa vasten. Kangasta painetaan 40 sekunnin ajan. Kangas on punnittu ennen mittausta, ja kangas punnitaan uudestaan mittauksen jälkeen. Punnitusten erotus kertoo pölyn määrän, joka paperista on irronnut mittauksen aikana.

## **7 Tutkimuksen tausta**

### **7.1 Tavoite**

Opinnäytetyön kokeellisen osan tavoitteena oli selvittää, korreloiko pölymittalaitteella (LPA) saadut mittaustulokset tehtaalla ennestään käytössä olevien pölymittausmenetelmien MacMillan Bloedel ja Mustakangas kanssa. Myös pölymittalaitteen reagointia prosessimuutoksiin oli tarkoitus selvittää.

### **7.2 Prosessikuvaus**

Kokeellisen osan suorituspaikkana oli Stora Enso Varkauden tehtaan paperikone 4. Kone on Valmet Oy:n valmistama ja se on otettu käyttöön vuonna 1977. Viiraleveys on 8500 mm ja suurin nopeus noin 1250 m/min. Koneella valmistetaan sanomalehti- ja luettelopaperia.

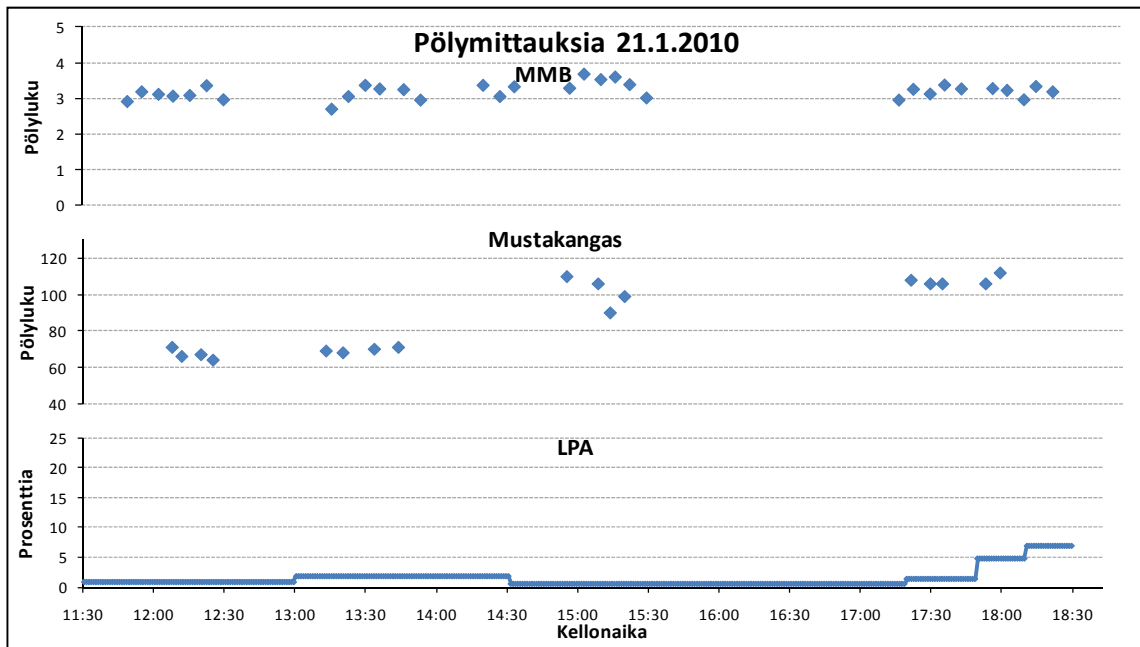
Viiraosana on hybridiformeri. Puristinosa on kolme nippinen ja koneessa on 6-telainen kalanteri. Raaka-aineena on pääasiassa TMP-massa, ja myös sellua käytetään joissakin paperilaaduissa.

## 8 Pölymittausmenetelmien vertailu

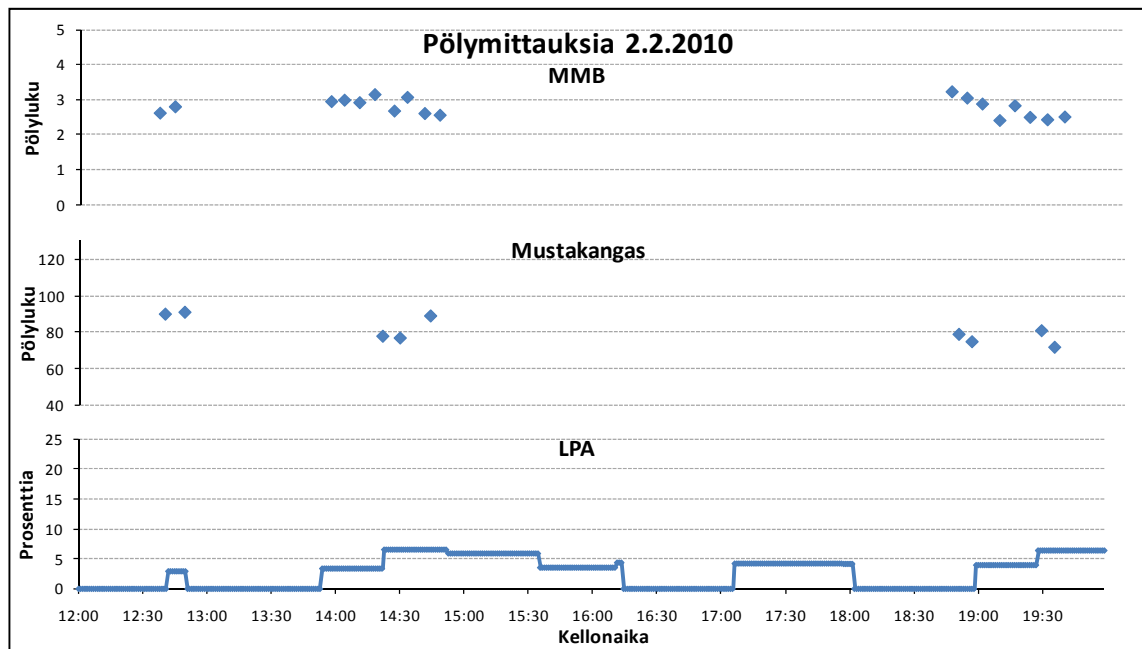
Pölymittalaite LPA:ta, mustakangasmenetelmää ja Mac Millan Bloedelia verrattiin toisiinsa yhtä aikaa mittaamalla. Mittaukset tehtiin kahdessa jaksossa. Ensimmäisessä jaksossa käytettiin ensimmäistä versiota LPA:sta, ja toisessa mittausjaksossa oli käytössä versio II.

### 8.1 Mittausjakso 1

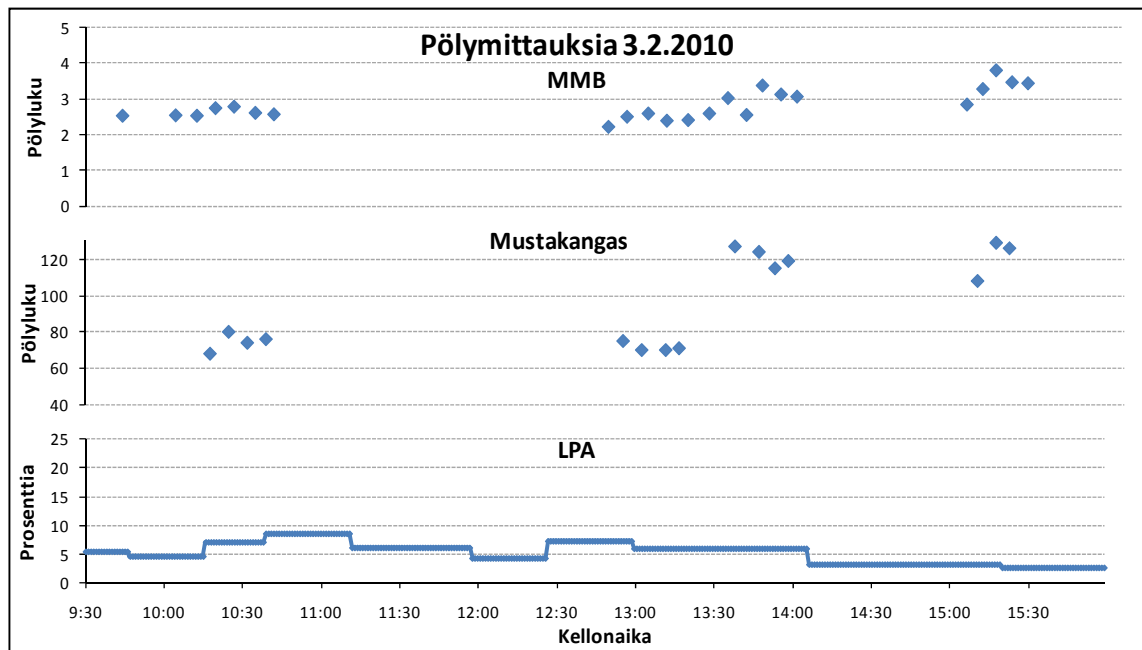
Mittauksia tehtiin kuutena eri päivänä. LPA mittasi ja tallensi tulokset automaattisesti, joten sillä mittaamiseen ei tarvinnut kiinnittää huomiota. Mustakangasmenetelmällä ja MMB:lla mittaaminen puolestaan vaatii mittajaan jatkuvaa läsnäoloa. Mittaustulokset koottiin kuvioihin 8 – 14.



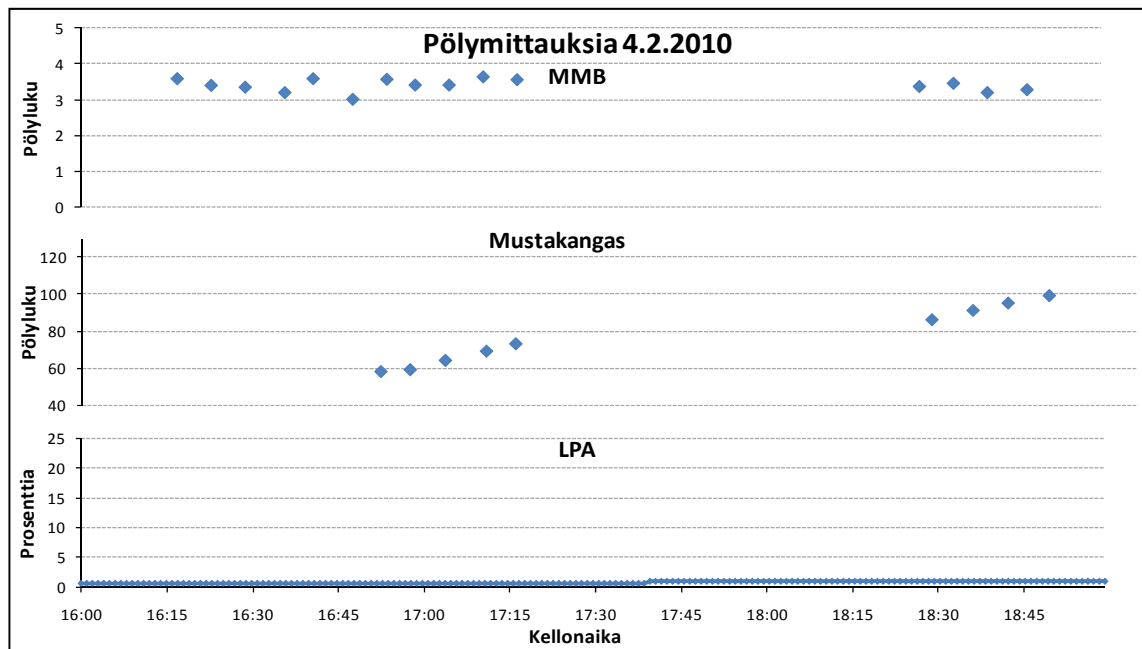
Kuvio 8: Pölymittauksia ensimmäisellä mittausjaksolla 21.1.2010.



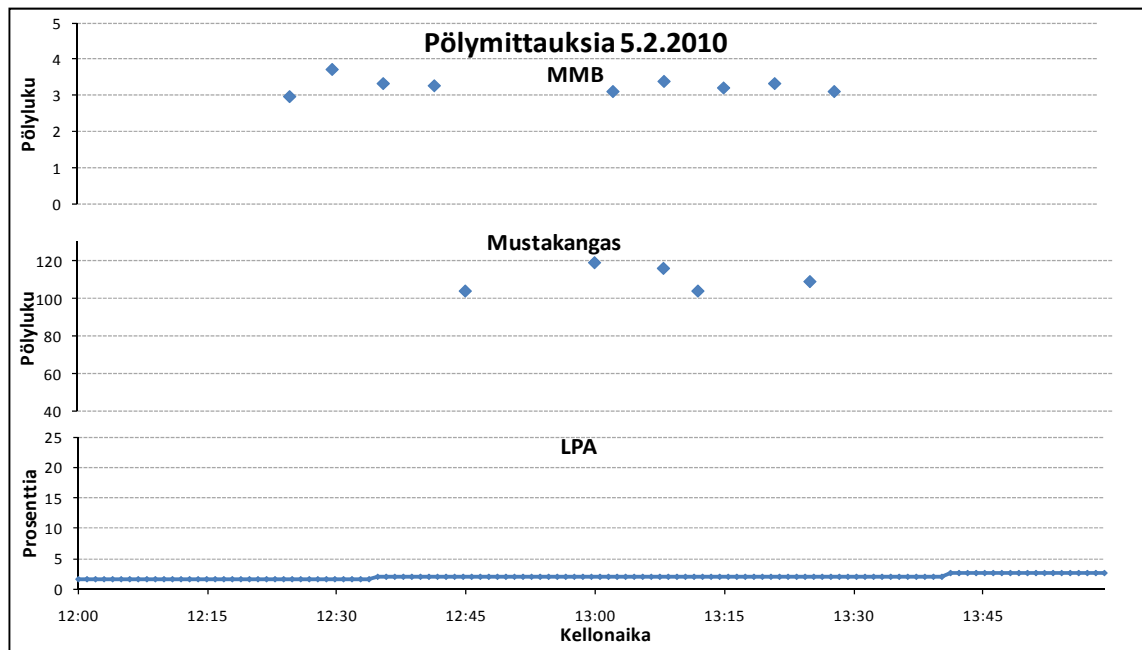
Kuvio 9: Pölymittauksia ensimmäisellä mittausjaksolla 2.2.2010.



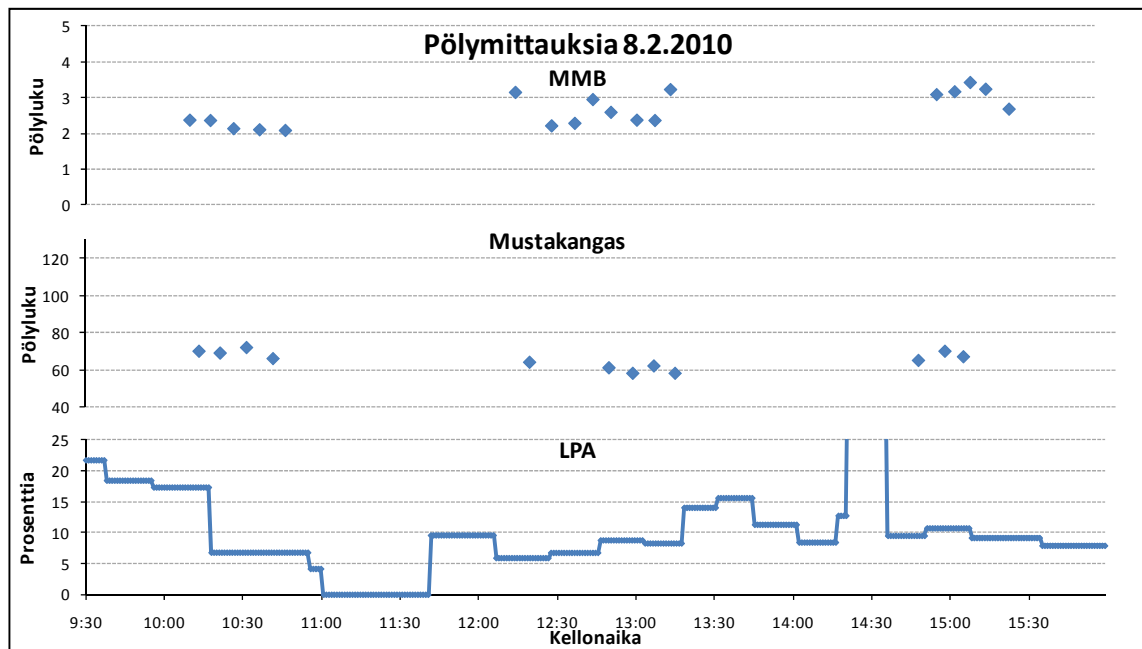
Kuvio 10: Pölymittauksia ensimmäisellä mittausjaksolla 3.2.2010.



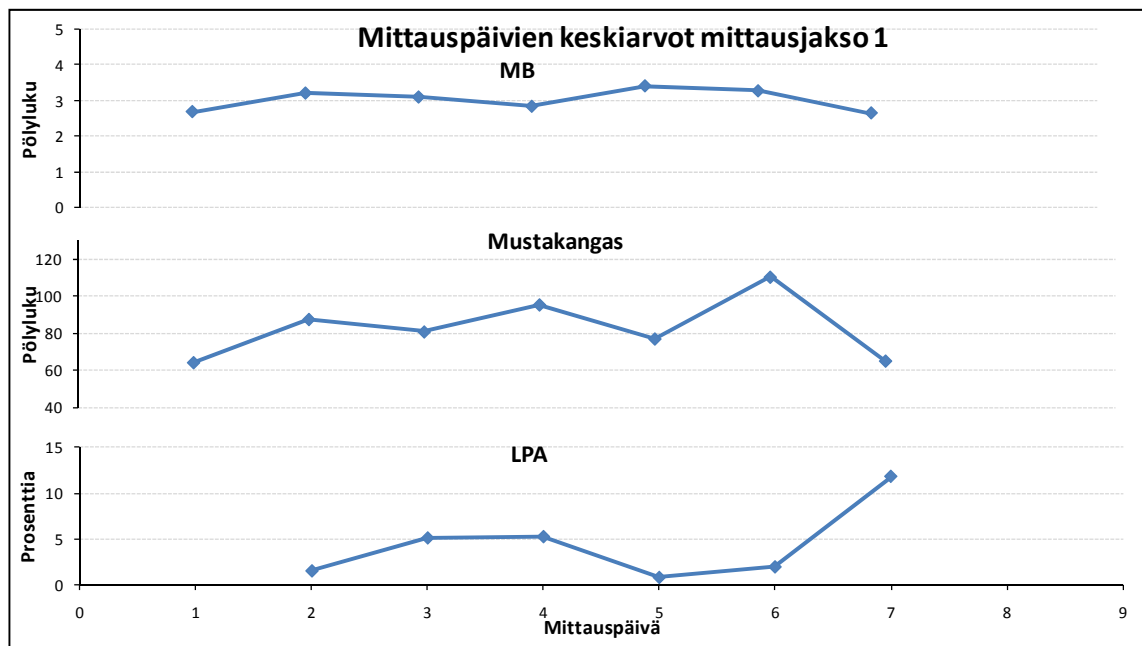
Kuvio 11: Pölymittauksia ensimmäisellä mittausjaksolla 4.2.2010.



Kuvio 12: Pölymittauksia ensimmäisellä mittausjaksolla 5.2.2010.

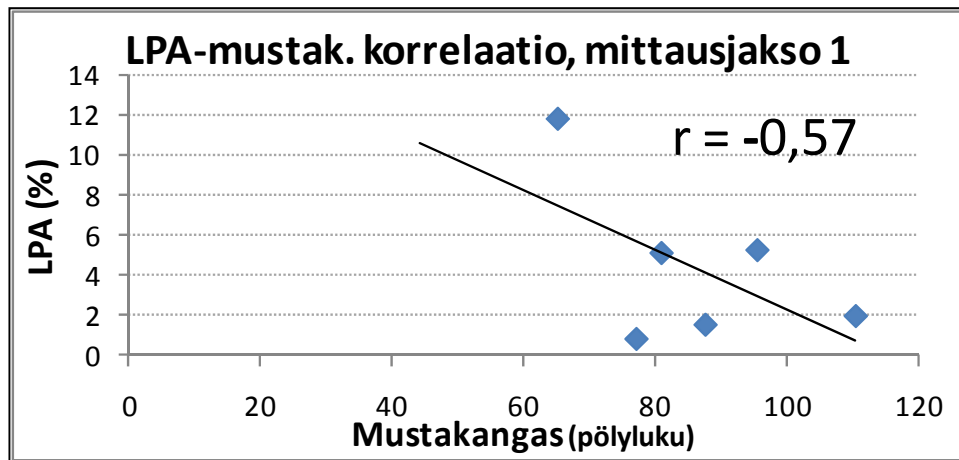


Kuvio 13: Pölymittauksia ensimmäisellä mittausjaksolla 8.2.2010.

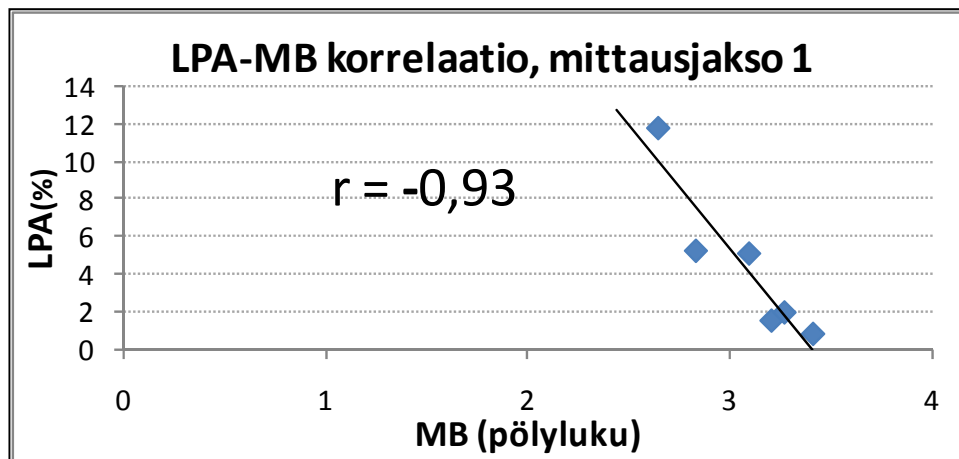


Kuvio 14: Ensimmäisen mittausjakson pölymittausten päivittäiset keskiarvot.

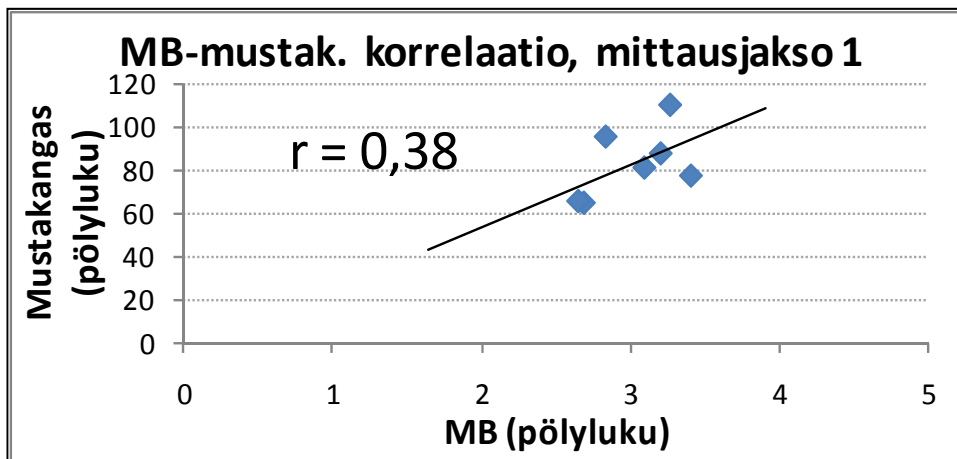
Mittaustuloksista laskettiin korrelaatiokertoimet, jotka ovat kuvioissa 15 – 17.



Kuvio 15: LPA:an ja mustakangasmenetelmän välinen korrelaatio ensimmäisellä mittausjaksolla.



Kuvio 16: LPA:an ja Mac Millan Bloedelin välinen korrelaatio ensimmäisellä mittausjaksolla.

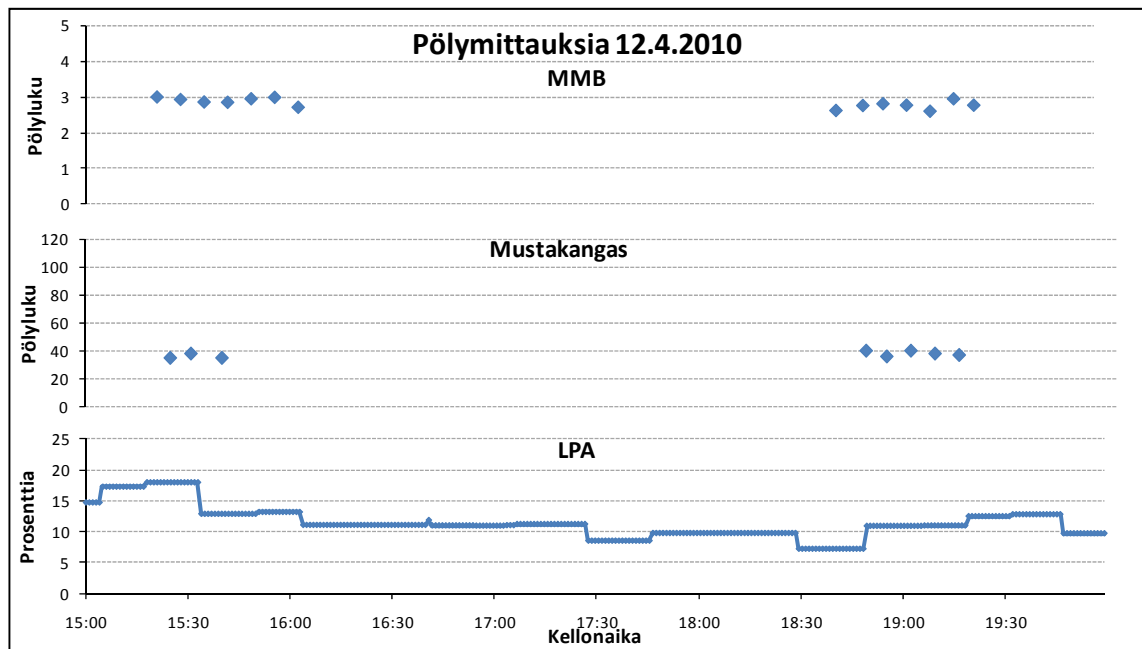


Kuvio 17: Mac Millan Bloedelin ja mustakangasmenetelmän välinen korrelaatio ensimmäisellä mittausjaksolla.

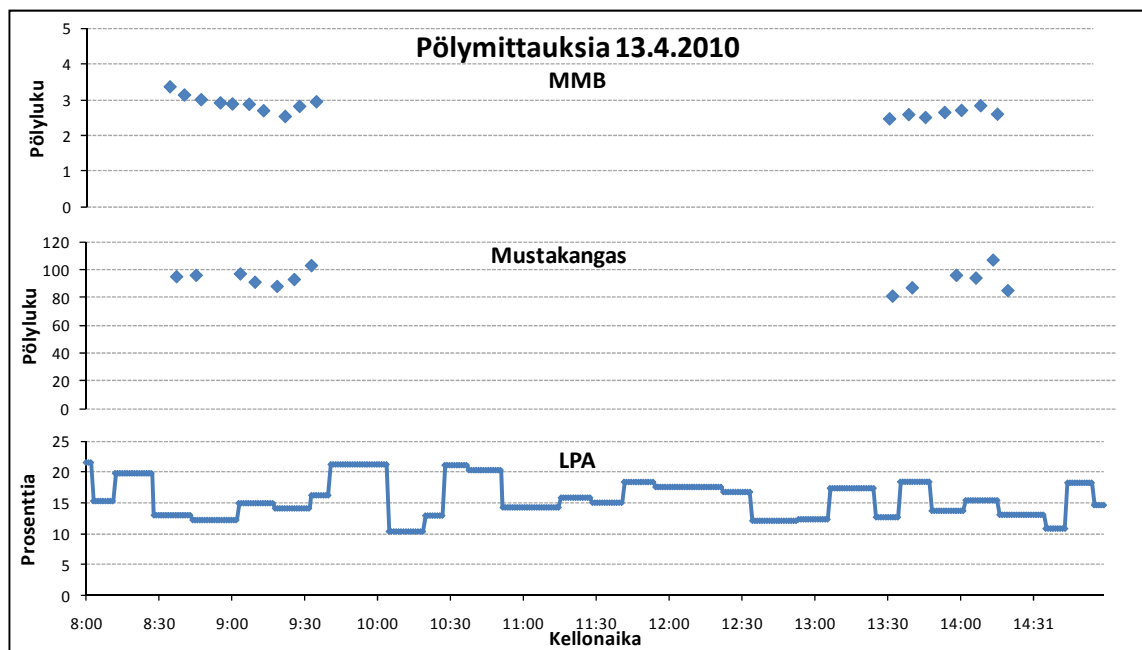
Mittausjakson 1 aikana LPA:in mittaustulokset olivat hyvin pieniä, useimmiten alle viiden prosentin luokkaa. Mustakankaan ja Mac Millan Bloedelin mittaustuloksissa sen sijaan oli vaihtelua. LPA:in korrelaatiot muihin mittausmenetelmiin olivat negatiiviset.

## 8.2 Mittausjakso 2

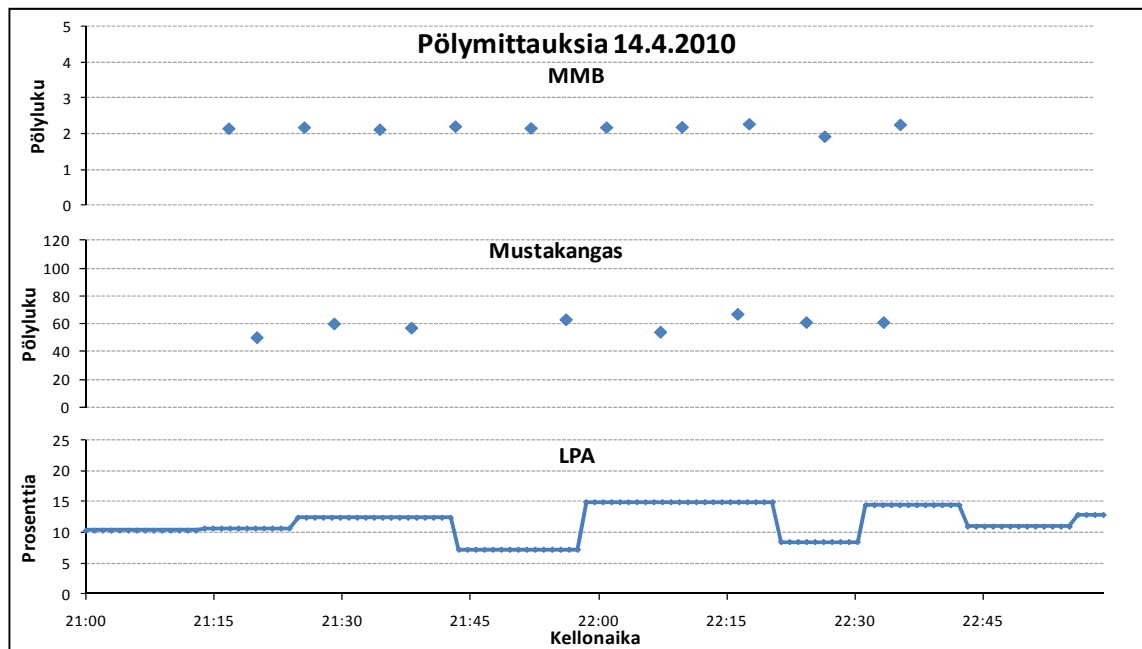
Mittausjaksossa 2 mitattiin seitsemänä päivänä. Mittaukset kuvioissa 18 – 25.



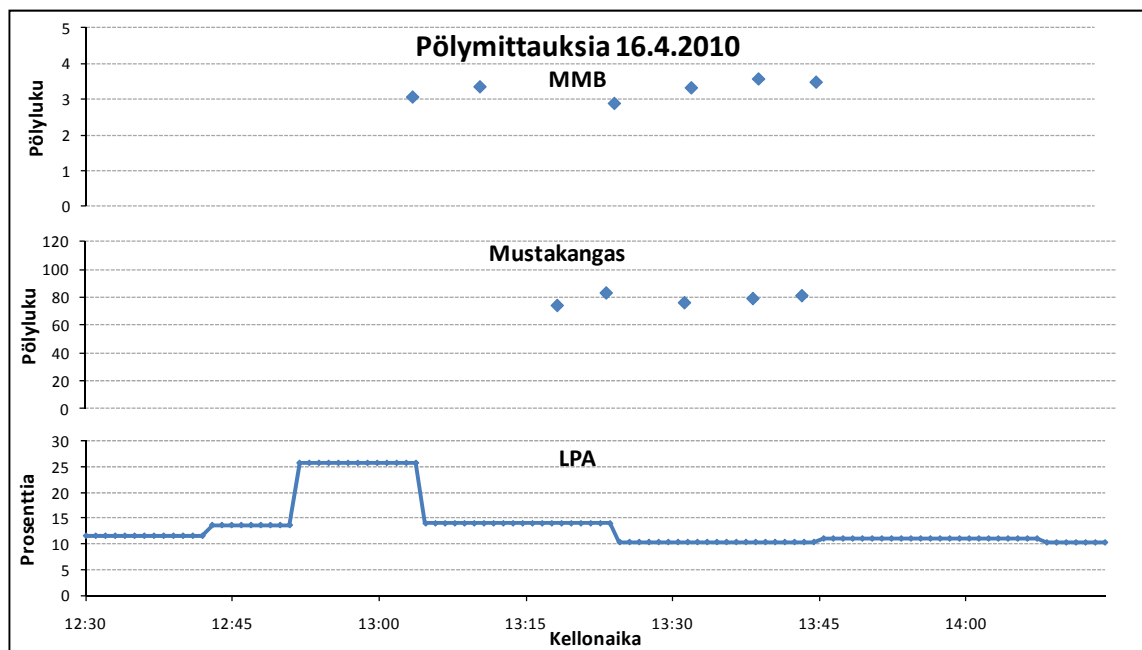
Kuvio 18: Pölymittauksia toisella mittausjaksolla 12.4.2010.



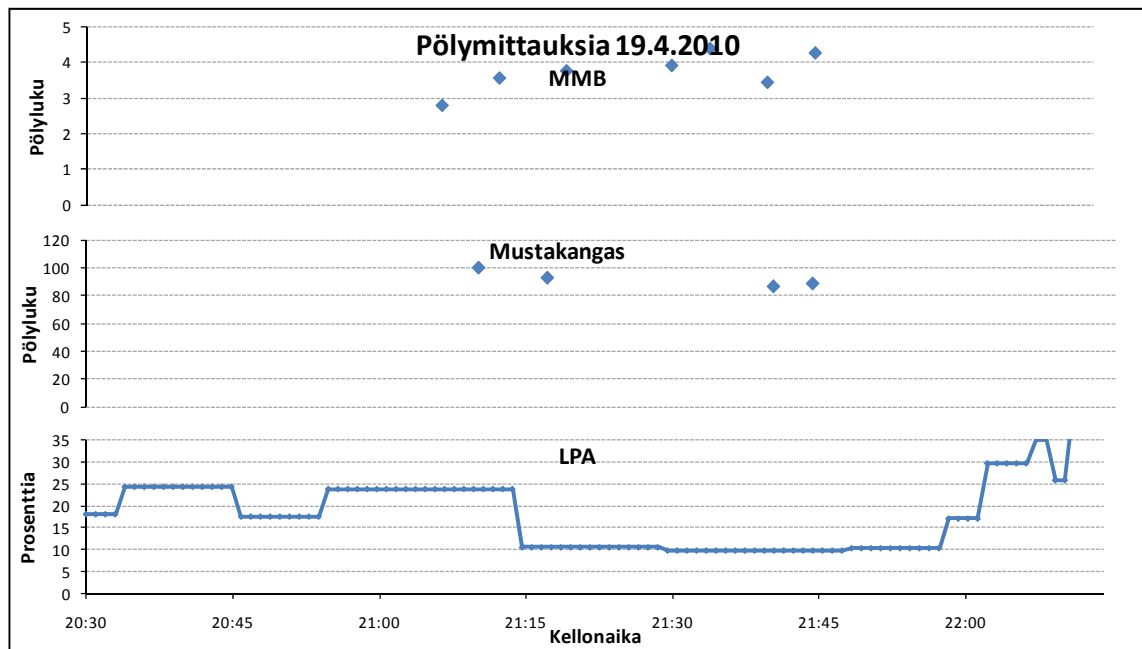
Kuvio 19: Pölymittauksia toisella mittausjaksolla 13.4.2010.



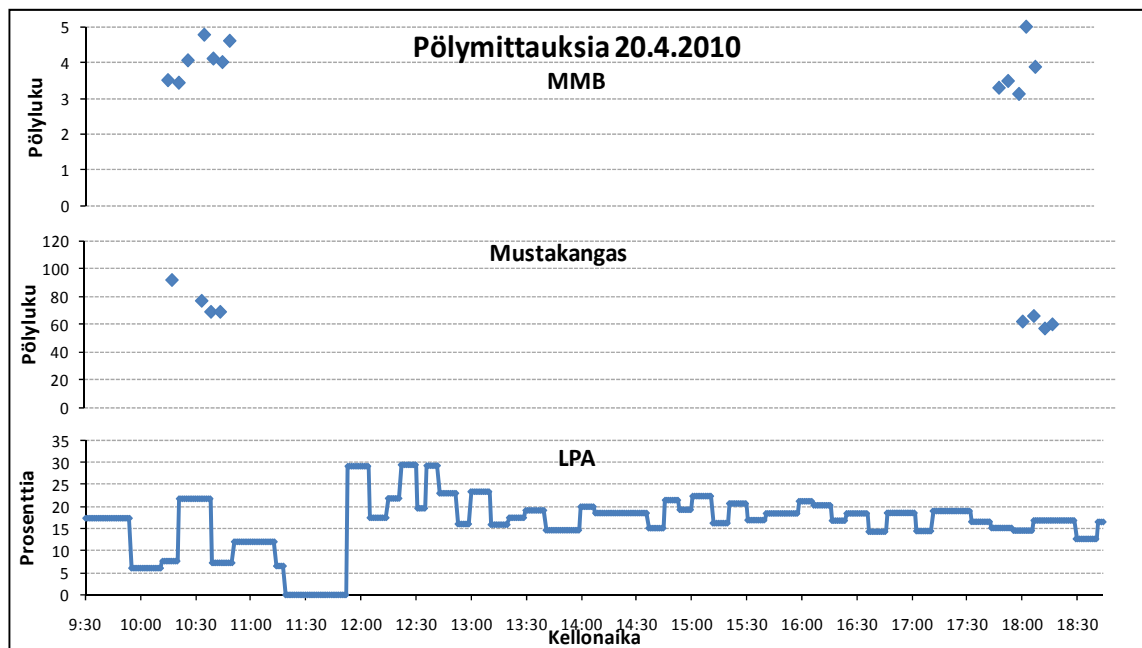
Kuvio 20: Pölymittauksia toisella mittausjaksolla 14.4.2010.



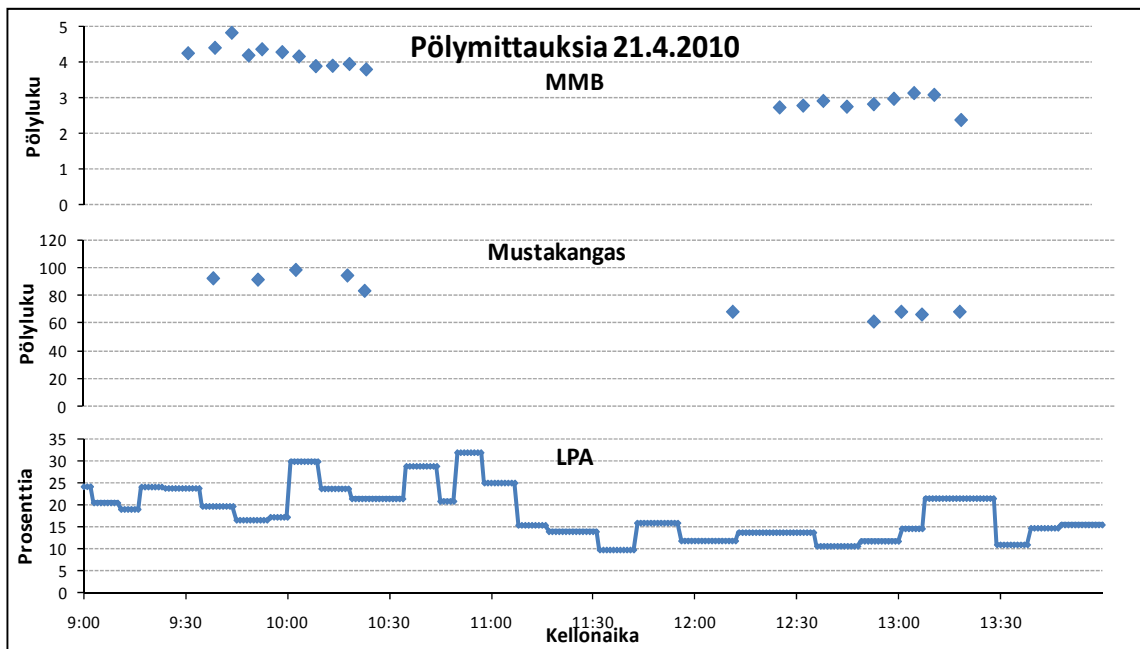
Kuvio 21: Pölymittauksia toisella mittausjaksolla 16.4.2010.



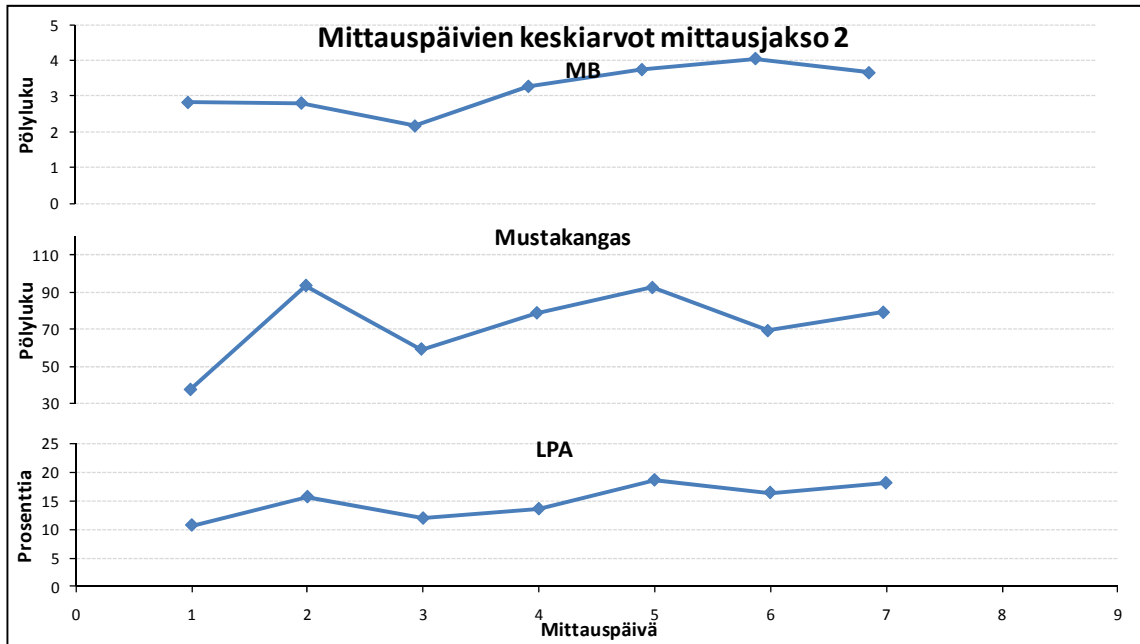
Kuvio 22: Pölymittauksia toisella mittausjaksolla 19.4.2010.



Kuvio 23: Pölymittauksia toisella mittausjaksolla 20.4.2010.

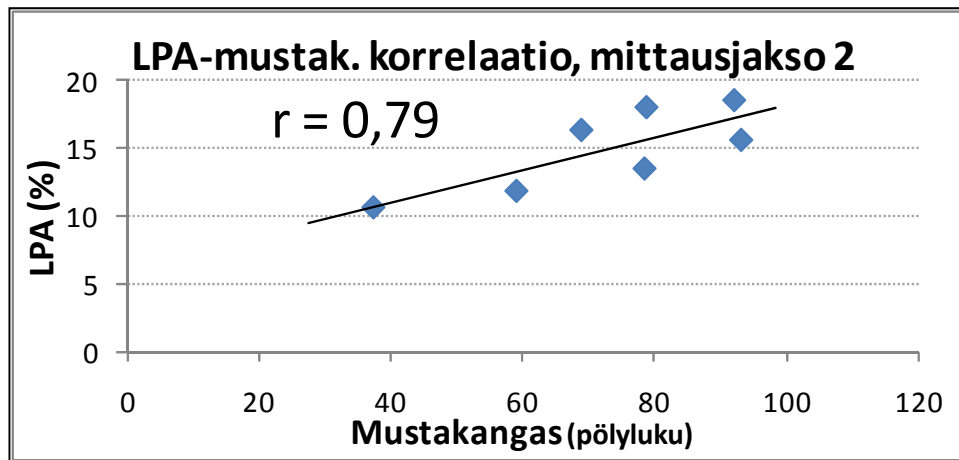


Kuvio 24: Pölymittauksia toisella mittausjaksolla 21.4.2010.

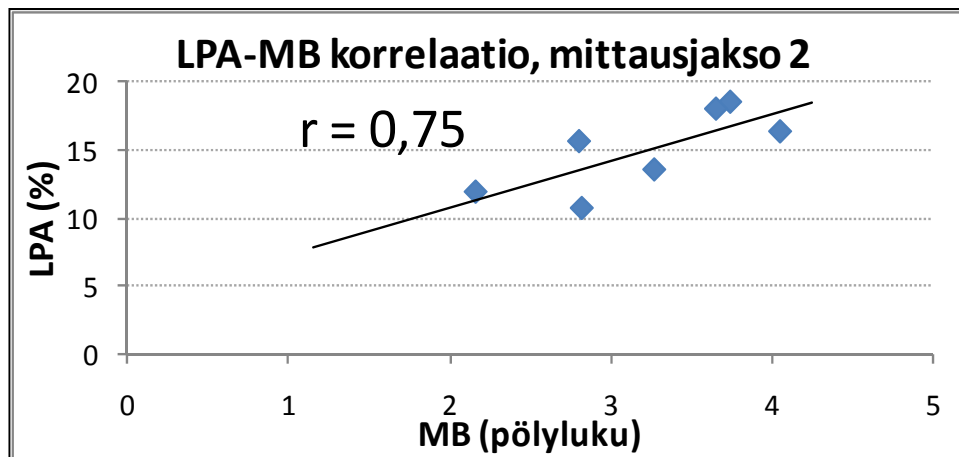


Kuvio 25: Toisen mittausjakson pölymittausten päivittäiset keskiarvot.

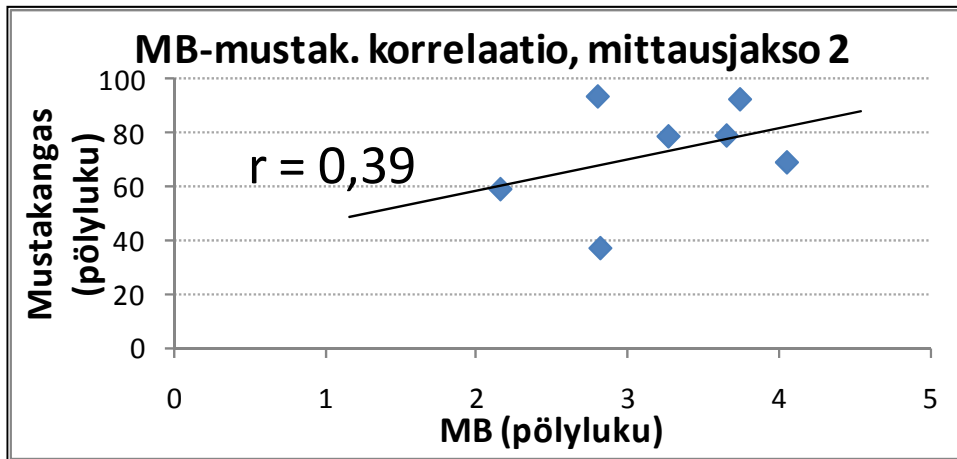
Mittaustuloksista laskettiin korrelaatiokertoimet, jotka ovat kuvioissa 26 – 28.



Kuvio 26: LPA:an ja mustakangasmenetelmän välinen korrelaatio toisella mittausjaksolla.



Kuvio 27: LPA:an ja Mac Millan Bloedelin välinen korrelaatio toisella mittausjaksolla.



Kuvio 28: Mac Millan Bloedelin ja mustakangasmenetelnän välinen korrelaatio toisella mittausjaksolla.

Mittausjaksolla 2 ilmapuhalluksen asennuksen jälkeen LPA:n mittaus alkoi elää huomattavasti enemmän ja mittausajat pitenevät. Korrelaatiokertoimet LPA:n ja muiden menetelmien välillä muuttuivat negatiivisista positiivisiksi ja melko korkeiksi. LPA – Mustakangas – korrelaatio oli korkein ja Mustakangas – Mac Millan Bloedel – korrelaatio pysyi odotetusti lähes samana kuin mittausjaksolla 1. Toisella mittausjaksolla mittauspäivien keskiarvojen muutokset olivat samansuuntaiset LPA:n ja Mustakankaan välillä. LPA:n ja Mac Millan Bloedelin välillä näin ei joka kerta ollut.

Tutkimuksessa Mustakangasmenetelmää ja Mac Millan Bloedelia verrattiin pölyämiseen testipainatuksessa. Sen mukaan Mustakangasmenetelmällä voidaan karkeasti arvioida pölyämistä painatuksessa. Testipainatuksen pölyävyyden ja Mac Millan Bloedelin kesken ei löytynyt selvää korrelaatiota. (Hietala 2005, 59 – 60)

## 9 Pölymittalaite LPA ja prosessimuuttajat

LPA:n mittaustuloksia verrattiin prosessissa tapahtuviin muutoksiin. Vertailussa käytettiin apuna KCL Wedge -prosessianalyysijärjestelmää. Järjestelmä tallentaa mittausdataa paperikoneella tapahtuvista muutoksista myöhempää tarkastelua varten. Pölynmittauksen tuloksia verrattiin muun muassa eri lisäaineiden määriin ja kalanteroinnin muuttujiin.

Liitteessä 1 näkyy pölymittauksen reagointia tuhkapitoisuuden muutoksiin. Pölyäminen lisääntyy tuhkapitoisuuden kasvaessa ja vähenee tuhkapitoisuuden pienentyessä, niin kuin odotettua on. Liitteessä 2 PCC korvataan kaoliinilla tuhkapitoisuuden ja kalanteroinnin muuttujien pysyessä vakioina. Tämä ei näy muutoksena pölymittauksessa.

Liitteissä 3 – 5 näkyy kalanteroinnin vaikutuksia pölymittaukseen. Liitteessä 3 tuhkapitoisuus noin kaksinkertaistuu, mutta mittauksen mukaan pölyäminen vähenee. Tämä selittyy kalanteroinnin lämpötilojen ja viivapaineiden nousulla. Liitteessä 4 tuhkapitoisuus laskee huomattavasti, mutta pölyäminen suhteessa huomattavasti vähemmän, sillä samaan aikaan myös kalanteroinnin lämpötila laskee huomattavasti. Liitteessä 5 tuhkapitoisuuden ollessa korkeimmillaan myös kalanteroinnin lämpötilat ovat korkeimmillaan. Tämä estää pölyämisen kasvun tuhkapitoisuuden kasvun mukana.

## **10 Kehitysehdotuksia pölymittalaite LPA:han**

### **10.1 Ilmapuhallus**

Pölyä paperin pinnasta irrottava ilmapuhallus on voimakkuudeltaan toispuoleinen. Paperiradan tulosuunnasta katsottaessa vasemman puoleisista rei'istä ilma purkautuu voimakkaammin ulos kuin oikean puoleisista. Puhalluksesta kannattaisi tehdä voimakkuudeltaan tasainen koko matkalta, mikä onnistunee helposti ilmaletkun paikkaa suuttimessa muuttamalla. Näin saatetaan saada pölyn irrotus paperista tehokkaammaksi.

Ilmapuhalluksen voimakkuus on säädettävissä välillä 0–0,45 Mpa. Suurin osa mittauksista tehtiin täydellä paineella. Paineen säätöaluetta olisi hyvä hieman laajentaa. Näin sopiva puhalluksen voimakkuus löytyisi varmemmin myös hyvin vähän pölyäville papereille.

### **10.2 Toiminta ratakatkon aikana**

Ratakatkon pitäisi näkyä pölyanalysointorin mittauksessa nollana. Välillä näin on, mutta useimmiten LPA lähettää katkon ajan viimeisintä mittaustulosta. Jos katkon tullessa mittausaika jää lyhyeksi, se näkyy mittauksessa korkeana pölylukemana. Virhe johtuu ilmeisesti ohjelmistovirheestä, joka kannattaisi korjata, mikäli mahdollista. Tällöin katkot eivät aiheuttaisi korkeita pölylukemia mittaukseen ja mittaustuloksia olisi helpompi tulkita. Liitteessä 6 näkyy sekä pölymittaus että tuotannon katkot. Pidemmät katkot on helppo havaita pölymittauksessa, mutta lyhyempiä ei välttämättä näe, jos mittaus ei mene nolllaan.

### 10.3 Filtterin puhdistus

Tämän työn aikana kertyneen mittausdatan perusteella näyttäisi, että filtterin puhdistus mittausten välissä ei olisi aivan riittävää. Pidemmällä aikavälillä filteriin ilmeisesti kertyy pölyä, joka ei puhdistuksessa irtoa. Tämä häiritsee oikean mittauksen aloituspaineen saavuttamista. Ajan mittaan aloituspaine alkoi vaihdella huomattavasti sekä yli että alle asetetun arvon. Vaihteleva aloituspaine näkyy peräkkäisten mittaustulosten suurena vaihteluna.

Filtterin huolellisen vedellä puhdistamisen jälkeen LPA saavutti asetetun aloitusarvon mallikkaasti. Oikean aloituspaineen vuoksi myös peräkkäisten mittausten vaihtelu pieni huomattavasti. Tämä näkyy liitteessä 7. Näin voidaan olettaa, että aloituspaineen vaihtelun aiheuttaa filteriin ajan saatossa pinttynyt pöly.

Filtterin puhdistusta pitäisi tehostaa. Mittausten välistä puhdistusjaksoa voisi pidentää tai kokeilla suurempaa painetta puhdistavan puhalluksen voimakkuudessa. Myös tietyin väliajoin toistuvaa pidempää puhdistusjaksoa voisi kokeilla. Mikäli LPA:n automaattisesta puhdistuksesta ei saada tarpeeksi tehokasta, filteri pitää puhdistaa tasaisin väliajoin esimerkiksi vedellä huoltoseisakin yhteydessä.

Jos puhdistuksesta ei saada riittävän tehokasta ja oikean aloituspaineen saavuttaminen on epävarmaa, voisi lopetuspainesta tehdä muuttuvan. Jos lopetuspainetta olisi aloituspaine lisättyä tietyllä paine-erolla, paineen muutos mittauksien aikana pysyisi vakiona, jolloin mittaustulosten vaihtelu pieneneisi.

## 11 Päätelmiä

Ilmapuhalluksen asennuksen jälkeen LPA:n reagointi pölyyn muuttui huomattavasti herkemmäksi. Puhallus irrotti tehokkaasti pölyä paperin pinnasta, ja mittausajat lyhenivät käyttökelpoiselle tasolle. Yhtenevyudet Mustakangasmenetelmän ja LPA:n mittaustulosten välillä olivat melko selkeät. LPA reagoi paperin tuhkapitoisuuden ja kalanteroinnin muutoksiin, niin kuin niiden tiedetään pölyämiseen vaikuttavan.

LPA:ssa on vielä kehitettävää, ennen kuin siitä saadaan täysin käyttökelpoinen tuote. Suurimpana haasteena on saada filterin puhdistuksesta tarpeeksi tehokas, jolloin mittausten vaihtelu pienenee. Tämän ja muutamien pienempien parannusten sekä kunnollisen koekäytön jälkeen, LPA:sta voidaan hyvinkin saada erittäin hyödyllinen laite pölyämisen seurantaan paperikoneella, ja hyvä apuväline pölyämisen hallitsemiseen.

## Lähteet

Aspler, Joseph 2003, Linting and surface contamination: current status. TAGA Proceedings 2003: 55th annual conference, Montreal, QC, Canada, 14-17 Apr. 2003, 375-398.

Hietala, Eeva-Kaisa 2005. Pölymittausmenetelmien luotettavuuden arviointi ja prosessiolosuhteiden vaikutus pölyävyyteen. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Kemiantekniikan osasto. Lappeenranta.

Hägglom-Ahnger, Ulla & Komulainen Pekka 2003. Paperin ja kartongin valmistus. Kemiallinen metsäteollisuus II. Helsinki. Opetushallitus.

Ionides, George 1984. The linting tendency of newsprint – a general review. Paperi ja puu – Papper och Trä 4/1984, 298-306.

Kalamazoo Paper Chemicals [www-sivu]. [viitattu 10.1.2010] Saatavissa:  
<http://www.kalpaperchem.com/smaller/mblinttester.jpg>

Karinen, Kai 2009. Sähköposti. [kai.karinen@aca.fi](mailto:kai.karinen@aca.fi). Tulostettu 9.5.2010.

Kurra, Jani 2008. Development and application of acoustic air flow paper dust measuring device in POLYTEST-project. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. International Pulp and Paper Technology. Tampere.

McDonald, David & Tchepel, Marina 2008. The effect of dryer section operation on the linting propensity of newsprint. ATIP 2/2008, 16-24.

Mustalahti, Heikki 2009. Sähköposti. [heikki.mustalahti@aca.fi](mailto:heikki.mustalahti@aca.fi). Tulostettu 9.5.2010.

Mustalahti, Heikki 2009. Sähköposti. [heikki.mustalahti@aca.fi](mailto:heikki.mustalahti@aca.fi). Tulostettu 5.5.2010.

Papermaking Science and Technology 2000. Cd-kirjakokoelma. Helsinki. Fapet Oy.

R.A. Emerson & Company [www-sivu]. [viitattu 10.1.2010] Saatavissa:

<http://www.dustingauge.com/>

VTT Tuotteet ja tuotanto 2008. KnowPap Versio 10.0. VTT tuotteet ja tuotanto.

[online][viitattu 12.10.2009]. Saatavissa:

[file:///book/knowpap/suomi/knowpap\\_system  
/user\\_interfaces/tuotantoprosessit/papvalm.htm](file:///book/knowpap/suomi/knowpap_system/user_interfaces/tuotantoprosessit/papvalm.htm).

VTT Tuotteet ja tuotanto 2009. KnowPap Versio 11.0. VTT tuotteet ja tuotanto.

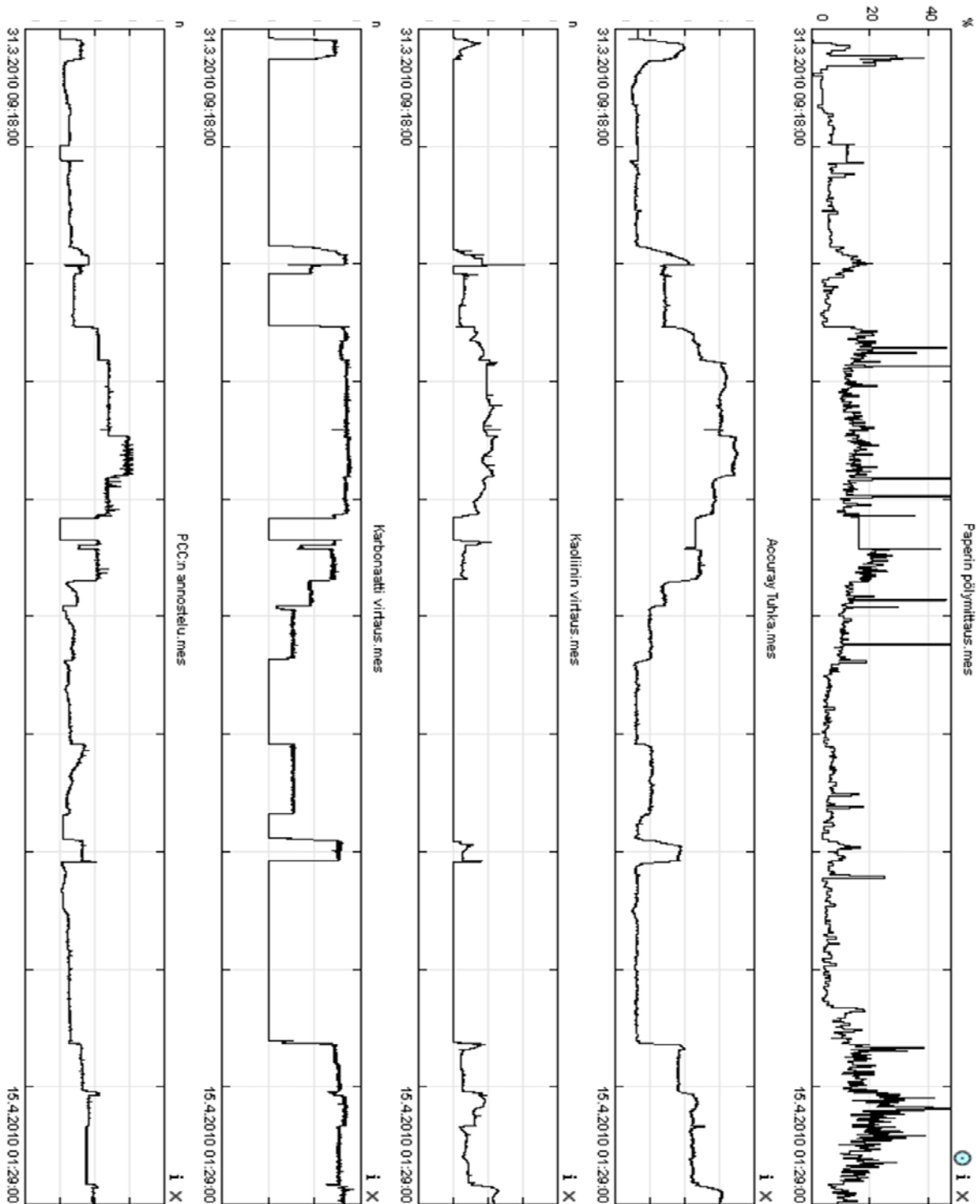
[online][viitattu 13.4.2010]. Saatavissa:

[file:///book/knowpap/suomi/knowpap\\_system  
/user\\_interfaces/tuotantoprosessit/papvalm.htm](file:///book/knowpap/suomi/knowpap_system/user_interfaces/tuotantoprosessit/papvalm.htm).

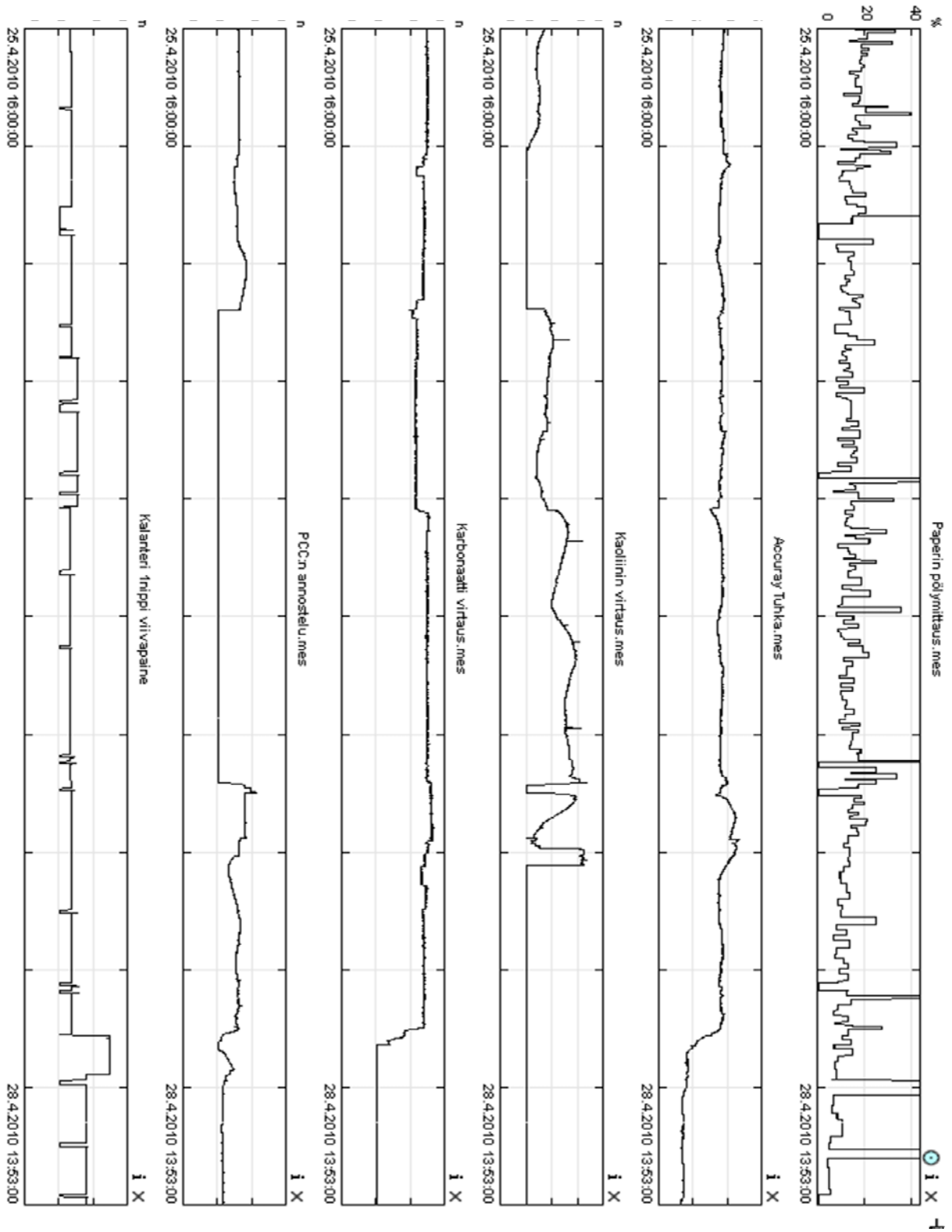
Wood, J.R. & Karnis, A. 1992. Linting propensity of mechanical pulps. Pulp & Paper Canada 93:7 1992, 17-24.

# Liitteet

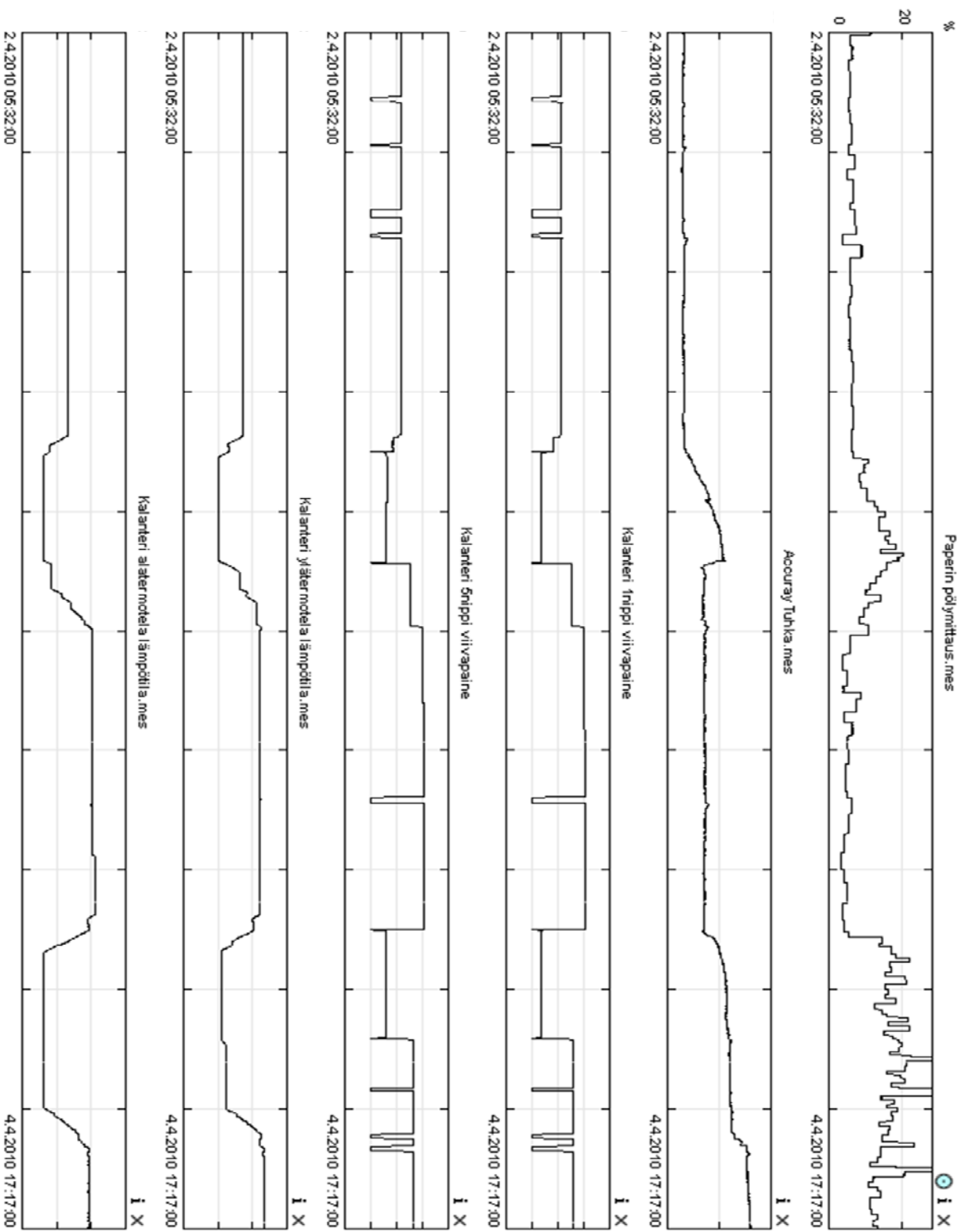
## Liite 1: LPA:n mittausta ja täyteainepitoisuuksia



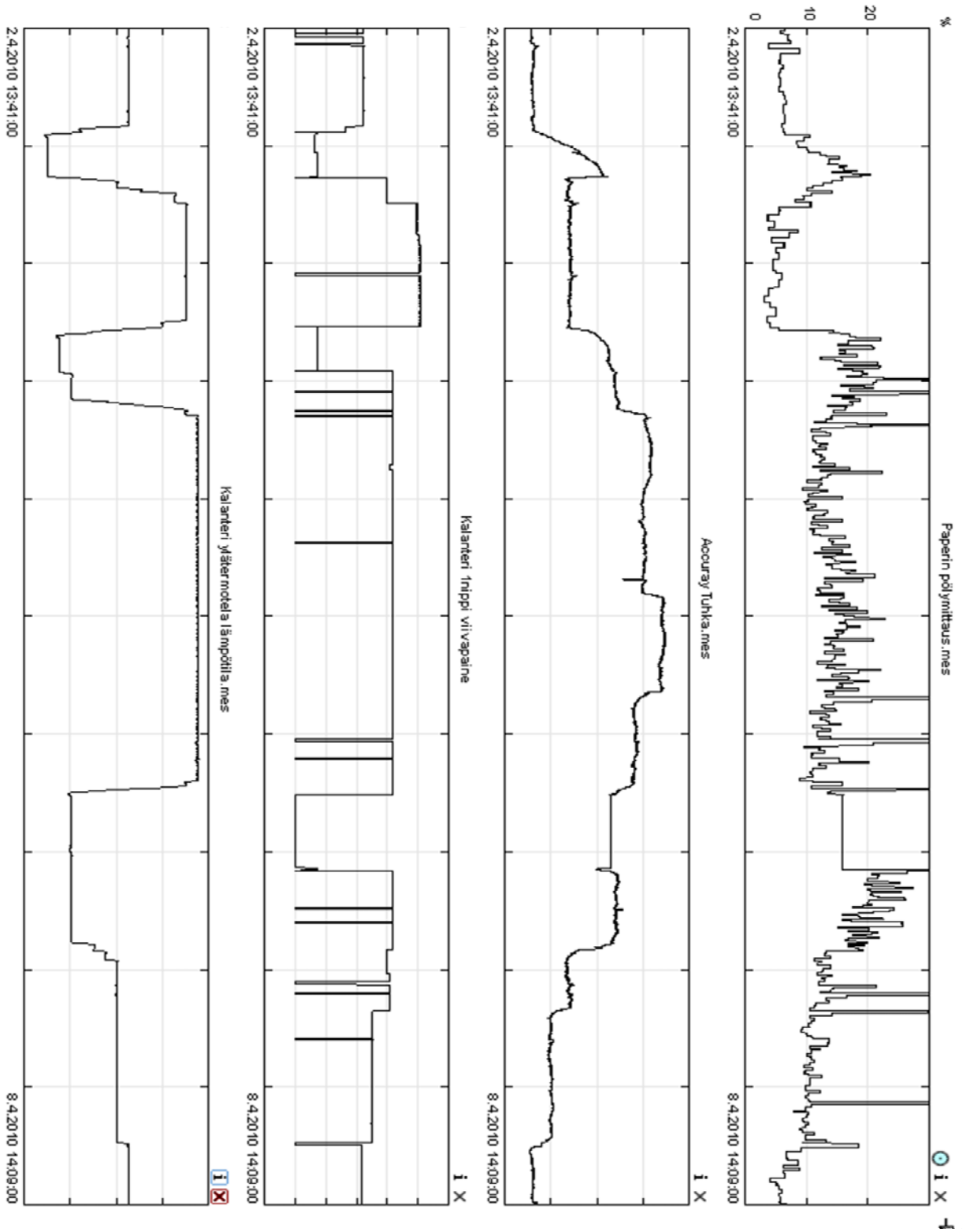
## Liite 2: LPA:n mittausta ja täyteainepitoisuuksia



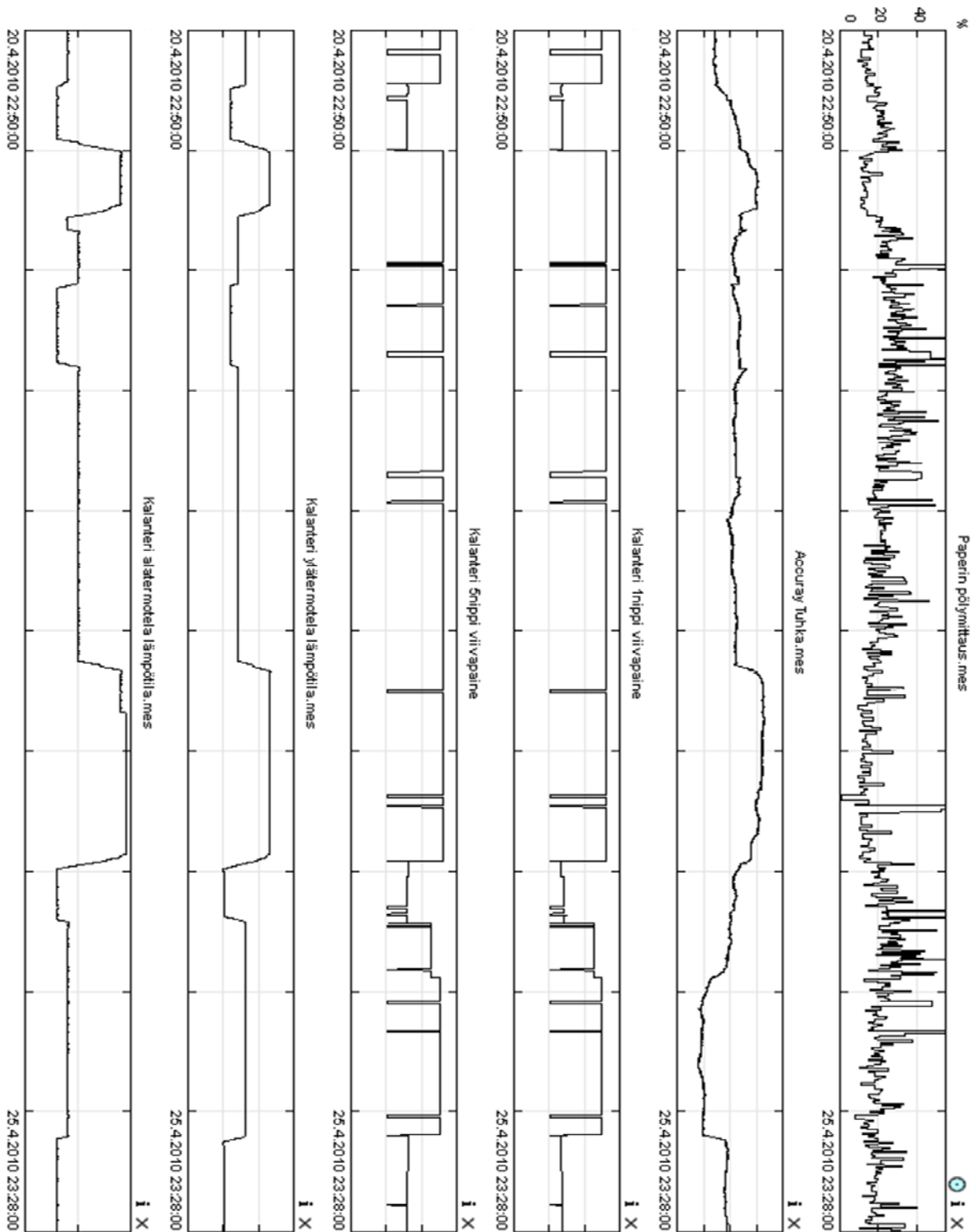
### Liite 3: LPA:n mittausta ja kalanteroinnin muuttujia

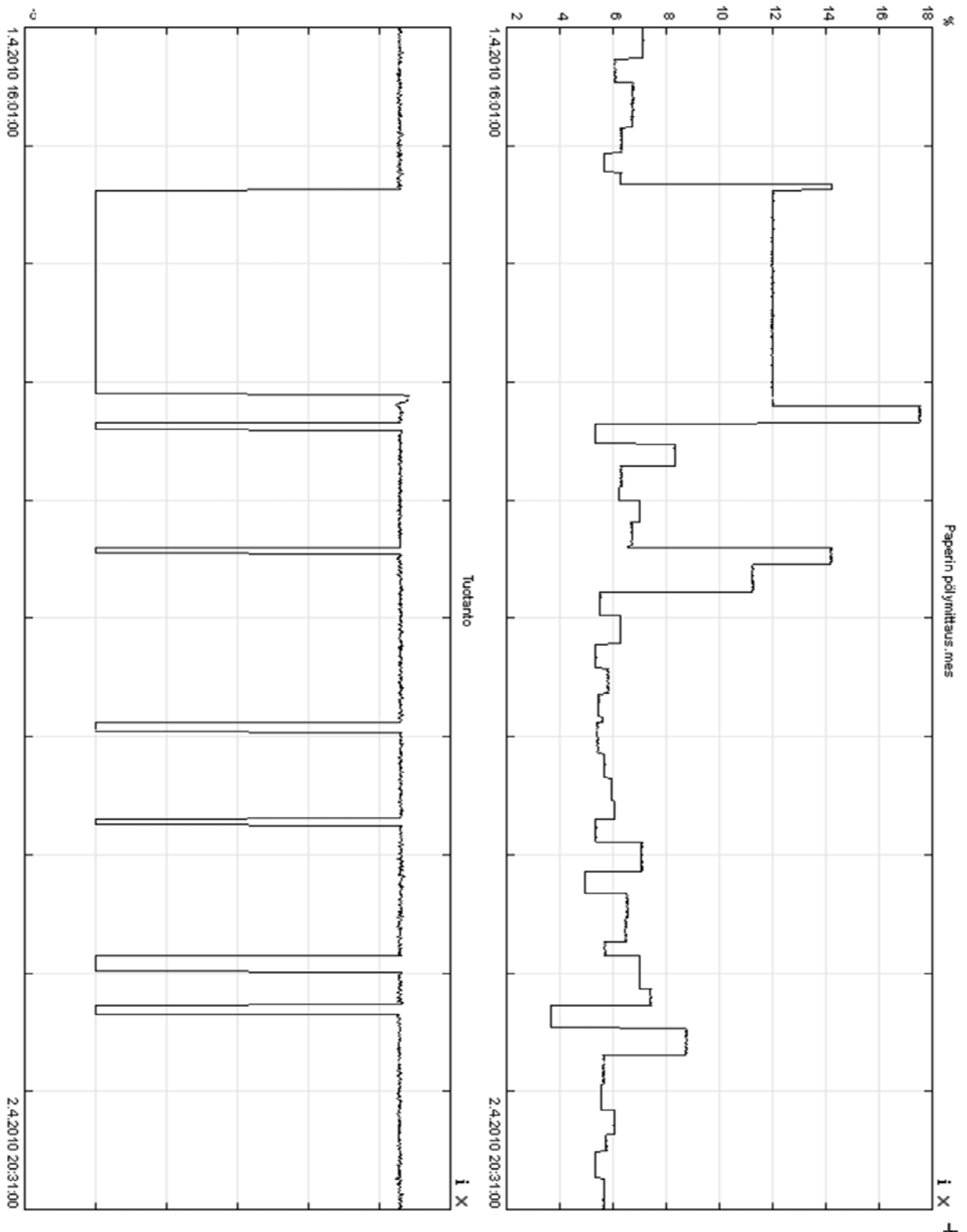


**Liite 4: LPA:n mittausta ja kalanteroinnin muuttujia**



## Liite 5: LPA:n mittausta ja kalanteroinnin muuttujia



**Liite 6: LPA:n mittausta ja tuotantokatkot**

**Liite 7: LPA:n mittausta, filterin puhdistus**