

VIRANOMAISTEN VAATIMIEN
PÄÄSTÖMITTAUKSIEN TUOMAT
HAASTEET TALVIOLOSUHTEISSA

Suuret polttolaitokset ja jätteenpoltto

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Ympäristötekniikan suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö
Kevät 2010
Mika Vauhkala

Lahden ammattikorkeakoulu
Tekniikan ala
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

VAUHKALA MIKA:

Viranomaisten vaatimien päästömittausten tuomat haasteet talviolosuhteissa
Suuren polttolaitokset ja jätteenpoltto

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 36 sivua, 4 liitesivua

Kevät 2010

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön aihe on viranomaisten vaatimien päästömittausten tuomat haasteet talviolosuhteissa. Ohjaajinani toimivat projektipäällikkö Sauli Lundström Ramboll Analytics Oy:stä ja yliopettaja Sakari Halmemies Lahden ammattikorkeakoulusta. Työni tarkoitus on selvittää päästömittauksen taustalla olevaa lainsäädäntöä sekä sitä, miten lainsäädäntöä toteutetaan käytännössä. Lisäksi pohdin ympäristöolosuhteiden vaikutusta mittauksen suorittamiseen talviolosuhteissa ja esittelen mittausteknisiä ratkaisuja pakkasolosuhteissa.

Tutkimusongelma on pakkasen vaikuttaminen mittauksiin ja mittausepävarmuuksiin. Ratkaisuja tutkimusongelmaan kehitettiin vuoden 2009 aikana todellisissa mittaustilanteissa, joista saatiin pohjaa eri tekniikoiden kehittämiseen. Kehitystyön tuloksena syntyi muutamia mittausteknisiä ratkaisuja, jotka käydään tarkemmin läpi opinnäytetyössä.

Loppupäätelmänä voidaan todeta, että päästömittausten tekemisessä talviaikaan on runsaasti haasteita ja vaatii vielä paljon tuotekehitystä, jotta mittausprosessi saadaan luotettavaksi ja toimivaksi ääriolosuhteissakin.

Avainsanat: päästömittaus, suuret polttolaitokset, jätteenpoltto

Lahti University of Applied Sciences
Faculty of Technology
Degree programme of Environmental Technology

VAUHKALA MIKA: The measurements of emissions required by environmental authorities in Finland
Large combustion plants and waste incineration.

Bachelor's Thesis in Environmental Technology, 36 pages, 4 appendixes

Autumn 2010

ABSTRACT

The subject of this thesis is the measuring of emissions in Finland and the legislation regulating it. The study was supervised by Sauli Lundström, Project Manager from Ramboll Analytics Oy, and Sakari Halmemies, Senior Lecturer from Lahti University of Applied Sciences. The purpose of this thesis was to clarify the environmental legislation which regulates the measuring of emissions, and how the legislation is implemented in practice. It also discusses the environmental and climatic challenges of measuring, and demonstrates some technical improvements for wintertime measurements.

The research problem was to find out how frost affects the measuring process, and if it causes insecurities to the results. Solutions were developed during the actual measuring in the field in 2009. The solutions are more closely explained in the study.

As a conclusion, it seems that the weather in winter challenges the measuring of emissions in Finland. It will require a lot of research and development to further improve the accuracy of measuring even in the extreme measuring conditions.

Keywords: emissions, measuring, large combustion plants, waste incineration

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	2
2	PÄÄSTÖMITTAUSVELVOITTEET	4
2.1	EU-direktiivit ja valtioneuvoston asetukset	4
2.1.1	LCP-asetus	4
2.1.2	Jätteenpolttoasetus	5
2.2	Suomen ympäristöviranomaisten toiminta	6
2.3	Päästömittaukset Euroopassa	6
3	MITTAUSMENETELMÄT	7
3.1	Typenoksidien (NO, NO _x) ja rikkidioksidin (SO ₂) mittaaminen	7
3.1.1	Näytekaasun laimentaminen	9
3.1.2	Laimennussondin toimintaperiaate	9
3.2	Orgaanisen kokonaishiilivetytitoisuuden mittaaminen	10
3.3	Laskennassa käytettävät apusuureet O ₂ , CO ₂ , CO, virtausmittaus, kosteus ja lämpötila	11
3.3.1	Apusuureiden mittaaminen	11
3.3.2	Savukaasun virtauksen mittaaminen	11
3.3.3	Savukaasun kosteuden mittaaminen	12
4	LAADUNVARMENNUS	14
4.1	Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmennus	14
4.1.1	QAL1, mittausmenelmän soveltuvuus käyttökohteeseen	14
4.1.2	QAL2, kiinteästi asennetun mittalaitteen kalibrointi ja validointi referenssimenetelmän avulla	15
4.1.3	QAL3, käytönaikainen laadunvarmistus ja vuosittainen seuranta AST	16
4.2	Referenssimittausryhmän laadunvarmennus, akkreditointi	17
4.3	Kansalliset päästömittauslaboratorioiden vertailumittaukset Suomessa	17
5	PÄÄSTÖMITTAUS ULKONA TALVELLA	19
5.1	Laimennuslinjan modifiointi talviolosuhteisiin	19
5.2	Talviolosuhteisiin tarkoitettu ”dry gas station”	20
5.3	Mittalaitteiden ympäristöolosuhteet	21

6	YHTEENVETO	22
7	MAHDOLLISET JATKOTUTKIMUKSET	23
	LÄHTEET	24

LYHENTEET

NO, NO_x = Typenoksidit

SO₂ = Rikkioksidit

TOC = Orgaaninen kokonaishiili

HCl = Vetykloridi

HF = Vetyfluoridi

O₂ = Happi

CO₂ = Hiilidioksidi

CO = Hiilimonoksidi, häkä

QAL 1 = Quality check of the measuring procedure: mittausten menetelmän soveltuvuus käyttökohteeseen

QAL 2 = Quality assurance of installation: kiinteästi asennetun mittalaitteen kalibrointi ja validointi referenssimenetelmän avulla

QAL 3 = Ongoing quality assurance during operation: käytönaikainen laadunvarmistus

AST = Annual surveillance test: vuosittainen seuranta

AMS = Automated measuring system: kiinteästi asennettu mittalaitte

SRM = Standard reference method: validointi referenssi menetelmä

LCP = Large combustion plants: suuret polttolaitokset

EPER = European pollutant emission register

PRTR = European pollutant release and transfer register

MW = Megawatti

mV = millivoltti

mA = milliampeeri

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössäni esittelen päästömittaamista mittaajan näkökulmasta Suomen haastavissa olosuhteissa, lisäksi esitän muutamia tekniikoita yleisimpien yhdisteiden (NO_x , SO_2 , TOC ja apusuureet) mittaamiseen sekä pohdin olosuhteiden vaikuttamista mittaamisen laatuun. Tutkimusongelmana on mittaustoiminta talvella ulkona ja siihen liittyvät epävarmuustekijät. Esitän myös muutamia mittaustekniisiä ratkaisuja talvella mittaamiseen ja pohdin niiden vaikutusta mittausepävarmuuksiin.

Opinnäytetyöni ohjaajana toimi työnantajan puolelta projektipäällikkö Sauli Lundström ja tutkimusteknikko Harri Rantala Ramboll Analytics Oy:sta. Molemmilla on noin 20 vuoden kokemus päästömittauksista ja työskentelystä Suomen olosuhteissa.

Suomessa ympäristölainsäädäntö (YSL 86/2000, 46§) ja valtioneuvoston asetukset (N:o 362/2003 ja N:o 1017/2002) määräävät voimalaitoksille ja jätteenpoltolle päästöraja-arvoja ja tarkkailuohjelmia, jotka tulevat suoraan EU:n yhteisölainsäädännöstä. Raja-arvoja valvotaan eri alueiden ympäristökeskuksissa, joissa tapahtuu myös ympäristölupien myöntäminen ja tarkkailuohjelmien laatiminen.

Suomen olosuhteissa suurimman haasteen päästömittaamiselle asettaa ilmasto varsinkin talvella eli pakkasen sekä viima. Ulkona mitattaessa pakkasen tuolloin monia ongelmia, kuten linjojen jäätyneen ja mittalaitteiden mittausepävarmuuden kasvun sekä lisäksi mittaajan työolosuhteet menevät hankaliksi.

Yleensä työskentely tapahtuu ulkona, korkealla piipun kyljessä, joista näytelinjat on vedetty alas mittalaitteille. Kuumasta savukanavasta imetty näytekaasu johdetaan alas pitkiä letkuja pitkin, jolloin varsinkin kostea kaasu jäätyy letkuihin.

Ratkaisumenetelmänä jäätymiseen ja mittaamisen suorittamiseen on yksinkertaisesti letkujen kevyt eristäminen, lämmittäminen, sekä metallisten liitinkappaleiden poistaminen. Nämä seikat auttavat mittaamista yleisesti ja mahdollistavat mittauksen kevyellä pakkasella sekä parantavat saatujen tulosten laatua.

Jäätyminen lisäksi ongelmia tuottaa myös mittalaitteiden herkkyyys lämpötilavaihteluille. Laitevalmistajat ovat antaneet mittalaitteille ihanneolosuhteet, joissa mitaustulokset ovat luotettavia ja mittausepävarmuus pysyy laitevalmistajan antamassa toleranssissa. Käytännössä mittalaitteet pitäisi saada mittauspaikalla aina sisätiloihin, mielellään tasaiseen yli $+10^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan, jotta voidaan varmistua hyvistä tuloksista. Aina tällainen ei kuitenkaan ole mahdollista, vaan laitteita on pidettävä esimerkiksi peräkärjessä tai pakettiautossa. Suurin ongelma on saada laitteet ns. mittausvalmiuteen eli laitteiden sisäinen lämpötila nousee riittävälle tasolle, minkä jälkeen mittaaminen voidaan vasta aloittaa.

Ratkaisuna ongelmaan on nostaa tilan lämpötilaa erillisillä lämpöpuhaltimilla ja näin parantaa ja mahdollistaa mittaaminen. Mitä stabiilimmat ympäristöolosuhteet mittalaitteille saadaan luotua, sitä paremmat ja luotettavammat ovat saadut mitaustulokset.

Käytännössä mittausryhmämme (Rantala, Lundström, Vauhkala) pääsi kokeilemaan uusia mittausteknisiä ratkaisuja tai parannuksia joulukuussa 2009 paukku-pakkasissa ja tuolloin totesimme, että menetelmät toimivat suhteellisen hyvin. Jäätyminen letkuissa oli vähäistä, ja ongelmat saatiin usein ratkaistua hyvin nopeasti. Kuitenkin ongelmia oli edelleen ja jäätymistä tapahtui, mutta vähemmän kuin aikaisemmin.

Edellä mainituille epävarmuustekijöille on mahdotonta laskea tai päätellä mitään prosenttiosuuksia, joita ne aiheuttavat tuloksille, mutta järkeä käyttämällä esitetyt ratkaisumenetelmät tutkimusongelmiin edesauttavat yleensäkin mittauksien suorittamista ja myös parantavat niiden laatua.

2 PÄÄSTÖMITTAUSVELVOITTEET

Suomessa päästöjen tarkkailua säätelee EU:n yhteisölaainsaadanto, joka määrää direktiivejä polttolaitoksille sekä jätteenpoltolle. EU-direktiivit otetaan käytäntöön Suomen ympäristönsuojelulaissa tai valtioneuvoston asetuksina. Lakien ja asetusten valvonta on alueellisten ympäristökeskusten tehtävä.

2.1 EU-direktiivit ja valtioneuvoston asetukset

EU:n direktiivit suurille, vähintään 50 MW:n polttolaitoksille (large combustion plants, LCP, 2001/80/EC), sekä jätteenpolttolaitoksille (2000/76/EC) on Suomessa otettu käyttöön valtioneuvoston asetuksina N:o 1017/2002 ja N:o 362/2003.

Yhteisenä piirteenä näille asetuksille ovat vaatimukset jatkuvatoimisille päästömittauksille sekä niiden laadunvarmennukselle. Ensimmäisenä nämä velvoitteet tulivat yli 100 MW:n voimalaitoksille vuonna 2004, ja ne koskivat rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspitoisuuksien jatkuvatoimista mittaamista. (Pellikka & Puustinen 2008, 4.)

2.1.1 LCP-asetus

Suuria polttolaitoksia koskeva asetus (N:o 1017/2002) määrää savukaasupäästöjen rajoittamista koskevan direktiivin velvoitteiden käyttöön ottamisesta sekä asettaa uudet päästöraja-arvot energiantuotantoon tarkoitetuille polttolaitoksille. Savukaasujen jatkuvatoimisia mittauksia edellytetään rikkidioksidien (SO₂), typenoksidien (NO, NO_x) ja hiukkaspitoisuuksien osalta. Myös savukaasun happipitoisuutta, lämpötilaa sekä vesihöyrypitoisuutta on mitattava jatkuvatoimisesti. Velvoitteiden mukaisista päästömittauksista tulee vuosittain toimittaa raportti ympäristöviranomaiselle.

Päästöjen raja-arvot tulivat voimaan vanhoille laitoksille 1.1.2008 ja uusille laitoksille 9.12.2002. Vuonna 2016 yli 500 MW:n kiinteitä polttoaineita polttavien laitoksien typenoksidien päästöraja-arvoja tullaan tiukentamaan. (Leskelä 2003, 2-3.)

2.1.2 Jätteenpolttoasetus

Jätteenpoltttoa koskeva asetus (N:o 362/2003) tuli voimaan 1.6.2003, ja se koskee kaikkea jätteenpoltttoa ilman polttoainetehon tai jätemäärän alarajaa. Vanhoille laitoksille määräykset astuivat voimaan 29.12.2005 ja uusille laitoksille heti.

Asetuksen piiriin kuuluvilla laitoksilla tulee jatkuvatoimisesti mitata typenoksideja (NO , NO_x), hiilimonoksidia (CO), hiukkasten kokonaismäärää, orgaanista kokonaishiiltä (TOC), vetykloridia (HCl), vetyfluoridia (HF) sekä rikkidioksidia (SO_2).

Määräajoin tulee mitata myös raskasmetallien, dioksiinien ja furaanien päästöt sekä savukaasun happipitoisuutta, painetta, lämpötilaa ja vesihöyryn määrää. Eräissä tapauksissa jatkuvatoimisesti mitattavia suureita (SO_2 , HCl ja HF) ei tarvitse mitata kuin määräajoin.

LCP-asetuksen sekä jätteenpolttoasetuksen mukaan savukaasun kosteutta ei tarvitse mitata, jos näytekaasu kuivataan ennen näytteenottoa. Käytännössä kosteus on mitattava aina vuosipäästöjen laskemista varten. (Leskelä 2003, 2-3.)

2.2 Suomen ympäristöviranomaisten toiminta

Suomessa päästömääräysten valvonta kuuluu alueellisille ympäristökeskuksille ja niiden valvontayksiköille, jotka aloittavat yksittäisten lupien valvonnan jo ympäristöluvan lupavalmisteluvaiheessa. Erityisen tärkeää olisi, että viranomaisen ottaisi osaa päästöjen seuranta- ja raportointiohjelman valmisteluun.

Suomen ja muiden EU:n jäsenmaiden pitää tehdä päästöinventaarioita IPPC-direktiivin mukaisista laitoksista ja raportoida ne EU:n komissiolle. Jäsenmaiden tiedot kootaan yhteiseen ja julkiseen EPER-rekisteriin (European Pollutant Emission Register). Rekisteri sisältää noin 20 000 eurooppalaisen teollisuuslaitoksen päästötietoja niin ilmaan kuin veteen. Ensimmäinen raportti tehtiin vuonna 2003 ja sitä seuraava vuonna 2006 ja sen jälkeen vuosittain. EPER muuttui Euroopan PRTR-rekisteriksi (European Pollutant Release and Transfer Register). Raportoinnin luotettavuus sekä vertailukelpoisuus korostuvat yhteisen rekisterin myötä. (Pellikka & Puustinen 2008, 4.)

2.3 Päästömittaukset Euroopassa

Päästömittaukset EU:n alueella perustuvat samoihin EU-direktiiveihin ja lainsäädäntöön kuin Suomessakin. Mittauksien ja raportointien valvonnasta vastaa kukin maa itse, mutta PRTP-rekisteriin pitää jokaisen maan raportoida vuosittain. Mittausolosuhteet vaihtelevat maiden välillä, mutta yhteisten pelisääntöjen mukaan lopputulosten on oltava luotettavia ja vertailukelpoisia keskenään.

3 MITTAUSMENETELMÄT

Savukaasujen mittaukseen on olemassa monia erilaisia mittausmenetelmiä ja analysointilaitteita mitattavien yhdisteiden, savukaasun koostumuksen sekä mittausolosuhteiden mukaan.

Analysaattoreiden viesti tulee yleensä ulos virta- tai jänniteviestinä, joka voidaan kerätä talteen ja tallentaa esimerkiksi Excel-muotoon suoraan pitoisuuksina dataloggerin avulla. Jos käytössä ei ole muuta kuin jännite- tai virtaviestin tallennus, niin viestit voidaan myöhemmin laskennallisesti muuttaa pitoisuuksiksi.

Laitosmittareiden vertailumittauksien kannalta on tärkeää, että tarkastettava mittaus ja referenssimittaus perustuvat samaan analyysitekniikkaan. Näin saadaan mahdollisimman yhtenäiset vertailutulokset. (Lundström 2009.)

3.1 Typenoksidien (NO, NO_x) ja rikkidioksidin (SO₂) mittaaminen

Typenoksidien pitoisuutta voidaan mitata Monitor Labsin valmistamalla kemiluminenssiin perustuvalla analysaattorilla, joka mittaa jatkuvatoimisesti NO- ja NO_x-pitoisuuksia 0 - 20 ppm:n tarkkuudella hiukkasista puhdistetusta näytekaasusta. Laitteen mittauserävarmuus on ± 1,5 % ja käyttölämpötila +5 - +40 °C. Lisäksi laite esittää laskennallisen NO₂-pitoisuuden NO- ja NO_x-viestin erotuksesta. (Ramboll Analytics Oy 2009d.)

Rikkidioksidin pitoisuutta voidaan mitata Monitor Labsin valmistamalla UV-fluoresenssiin perustuvalla analysaattorilla, joka mittaa jatkuvatoimisesti SO₂-pitoisuuksia 0 - 10 ppm:n tarkkuudella hiukkasista puhdistetusta näytekaasusta. Laitteen mittauserävarmuus on ± 1 % ja käyttölämpötila +10 - +40 °C. (Ramboll Analytics Oy 2009c.)

Mittalaitteiden mittausalueiden takia näytkekaasu joudutaan useissa tapauksissa laimentamaan erillisellä laimennusyksiköllä (KUVIO 1).



KUVIO 1. EPM-laimennusyksikkö ja Monitor Labsin NO_x-analysointilaite

Rikkidioksidi ja typpimonoksidi voidaan mitata myös Hartmann & Braun Limas 11 -analysointilaiteella, joka toimii yhdessä Hartmann & Braunin Uras 14-analysointilaiteen kanssa. Analysointilaiteen toiminta perustuu IR-absorptioon. Näytkekaasun tulee olla ehdottomasti kuivaa ja puhdasta virtausnopeuden ollessa 20–60 l/h ja lämpötilan ollessa +5 - +45 °C. (Ramboll Analytics Oy 2009a.)

3.1.1 Näytekaasun laimentaminen

Usein mitattava savukaasu on pitoisuustasoltaan huomattavasti korkeampi kuin mittalaitteiden mitta-alue. Näytekaasu voidaan laimentaa siihen tarkoitettu EPM (Environmental & Process Monitoring) laimennussondilla ja laimennusyksiköllä. Kaasu laimennetaan esimerkiksi suhteessa 1/100 tai 1/50, riippuen näytekaasun pitoisuudesta (KUVIO 2).



KUVIO 2. Laimennussondi

3.1.2 Laimennussondin toimintaperiaate

Laimennussondi on kytketty letkulinjastoon, jossa on neljä erillistä linjaa: paineilma, alipaine, kalibrointikaasu ja näytekaasu. Linjat kytketään laimennusyksikköön, joka ohjaa jokaista komponenttia. Painetta ajetaan ejektorille, joka aiheuttaa alipaineen. Alipaine imee näytekaasua näytteenottosondille kriittisen aukon kautta (KUVIO 3), jonka jälkeen näytekaasu kohtaa puhtaan ilman (Q1 l/min), joka toimii laimentavana kaasuna. Laimennusvirta saa aikaan pienen tyhjiön sondissa,

jota hyödynnetään näytteen imemisessä savukanavasta kriittisen aukon kautta. Kriittisen aukon suuruus määrää näytekaasun virtaaman (Q_2 l/min) ja siitä saadaan laskettua laimennussuhde (KAAVA 1). (Ramboll Analytics Oy 2009b.)

$$\text{Laimennussuhde} = Q_2 / (Q_1 + Q_2) \quad (1)$$

Q_1 = puhdas ilma

Q_2 = Näytekaasu



KUVIO 3. Kriittinen aukko

3.2 Organisen kokonaishiilivetyypitoisuuden mittaaminen

TOC-pitoisuus (Total Organic Carbon) voidaan mitata JUM 3-200-hiilivetyanalysaattorilla. Analysaattori mittaa jatkuvatoimisesti kokonaishiilivetyypitoisuutta. Laitteen toiminta perustuu liekki-ionisaatioon, kun näytekaasu johdetaan lämmitettävää näytelinjaa pitkin analysaattoriin, jossa palaa vetyliekki (vety

40 % / helium 60 %). Analysaattorin käyttölämpötilan tulee olla +5 - +43 °C ja ympäristöolosuhteiden mahdollisimman tasaiset. (Ramboll Analytics Oy 2009g.)

3.3 Laskennassa käytettävät apusuureet O₂, CO₂, CO, virtausmittaus, kosteus ja lämpötila

Laskennassa tarvitaan kyseisiä suureita, joita kutsutaan apusuureiksi. Niiden avulla saadaan laskettua esimerkiksi laitoksen vuosipäästöt. Apusuureiden avulla selviää myös kaasun koostumus, jotta tiedetään, että käytettävä mittausmenetelmä soveltuu kohteeseen. Lämpötila voidaan mitata yksinkertaisesti k-tyypin termoelementin avulla.

3.3.1 Apusuureiden mittaaminen

Apusuureet happi, hiilidioksidi ja hiilimonoksidi voidaan mitata Hartmann & Braunin Uras 14 analysaattorilla. Analysaattorin toiminta perustuu sähkökennotekniikkaan hapen osalta ja IR-absorptioon hiilidioksin ja hään osalta. Näytekaasun tulee olla ehdottomasti kuivaa ja puhdasta, virtausnopeuden ollessa 20–60 l/h ja lämpötilan ollessa +5 - +45 °C. (Ramboll Analytics Oy 2009h.)

3.3.2 Savukaasun virtauksen mittaaminen

Kanavassa virtaavan kaasun nopeus voidaan mitata manuaalisesti pitot-putki menetelmän avulla. Menetelmässä voidaan käyttää joko L- tai S-tyypin pitot-putkea. Ennen mittaamista tulee selvittää mitattavan kanavan sisämitat. Tämän jälkeen mittapistekenttä määritetään standardin SFS-3866 tai SFS-EN-13284 mukaisesti mittaustason pinta-alan, muodon sekä kanaviston rakenteen avulla.

Kaasun nopeus määritetään mittaamalla virtauksen aiheuttama dynaaminen paine, joka muodostuu kokonaispaineen ja staattisen paineen erotuksesta. Pitot-putkella mitataan dynaaminen paine mittapistekentän jokaisesta pisteestä. Kanavasta mää-

ritetään myös absoluuttinen paine mittaamalla mittauspainetta ja kanavan välinen staattinen paine-ero. Savukaasun virtaus saadaan laskettua mitattujen suureiden perusteella standardin SFS-3866 tai SFS-EN-13284 mukaisesti. (Ramboll Analytics Oy 2009e.)

3.3.3 Savukaasun kosteuden mittaaminen

Savukaasun kosteus voidaan määrittää lauhdutustekniikalla (KUVIO 4). Ennen mittauksen alkua on tärkeää varmistua näytelinjan tiivyydestä. Lauhdutuksessa näytekaasu imetään pumpulla, noin 3 - 5 l/min, suoraan mittayhteestä letkua pitkin ensin tyhjään astiaan, johon vesi tiivistyy. Seuraavaksi ilma menee läpi silikageeliastian, johon jäljelle jäänyt kosteus imeytyy. Sen jälkeen ilma siirtyy kaasukelloon ja sieltä vapaaksi. Kaasukellon alku- ja loppulukeman sekä lämpötilan, vesimäärän, ilmanpaineen ja silikageelin painon nousun perusteella kosteus voidaan laskea (KAAVA 2). (Ramboll Analytics Oy 2009f.)



KUVIO 4. kosteuden määrittäminen

$$\mathbf{V}_n = \mathbf{V}_m * (\mathbf{T}_n / \mathbf{T}_r) * (\mathbf{P}_r / \mathbf{P}_{bn}) \quad (2)$$

\mathbf{V}_n = Kaasumäärän tilavuus normaalitilassa, m³n.

\mathbf{V}_m = Mitattu kaasumäärä, m³.

\mathbf{T}_n = Kaasun lämpötila normaalitilassa (273.15 K)

\mathbf{T}_r = Kaasukellon lämpötila, K

\mathbf{P}_{bn} = Kaasun paine normaalitilassa (101.3 kPa)

\mathbf{P}_r = Vallitseva ilmanpaine, kPa

$$\mathbf{V}_v = \mathbf{M}_v / (1000 * \mathbf{\rho}_v)$$

\mathbf{V}_v = vesihöyryn tilavuus normaalitilassa, m³n.

\mathbf{M}_v = kondensoituneen vesihöyryn massa, g (1 ml \cong 1 g)

$\mathbf{\rho}_v$ = vesihöyryn tiheys normaalitilassa, (0,8038 kg/m³n)

$$\mathbf{V}_p = \mathbf{V}_v / (\mathbf{V}_v + \mathbf{V}_n)$$

\mathbf{V}_p = näyttegaasun kosteus, tilavuus- %

4 LAADUNVARMENNUS

Tehtailla sijaitsevien kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistuksesta on annettu standardi EN-14181, joka on Suomessa otettu käyttöön elokuussa 2004 muodossa SFS-EN-14181.

Standardi esittelee laadunvarmistuksen neljä osa-alueita: QAL 1 (mittausmenetelmän soveltuvuus käyttökohteeseen, SFS-EN-ISO-14956), QAL 2 (kiinteästi asennetun mittalaitteen (AMS) kalibrointi ja validointi referenssimenetelmän (SRM) avulla), QAL3 (käytönaikainen laadunvarmistus) sekä vuosittainen valvonta eli AST.

Edellä mainittuja mittauksia tekevän ryhmän tulee myös olla todistetusti pätevä tekemään tämänkaltaisia mittauksia. Finaksen akkreditointi antaa ryhmälle todistuksen pätevydestä. Pätevyys tarkastetaan vuosittain ulkopuolisen akkreditointitarkastajan toimesta.

4.1 Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmennus

Laitteen haltijan tulee huolehtia, että edellä mainitut mittaukset suoritetaan oikeassa aikataulussa aikaisemmin tehdyn suunnitelman mukaisesti sekä varmistaa laitoksen laitteiston toimivuus moitteetta mittausten aikana. Mittausten aikana laitokselta tulee olla mukana mittaauksissa yhteyshenkilö, joka tiedottaa prosessin tilasta ja mahdollisista muutoksista laitoksella.

4.1.1 QAL1, mittausmenetelmän soveltuvuus käyttökohteeseen

Laitokselle valittavan mittalaitteen on sovelluttava mitattavan savukaasun mittaukseen ja läpäistävä standardin SFS-EN-ISO-19456 vaatimukset kokonaisuvarmuuksista. Vastuu QAL1-vaatimusten täyttymisestä kuuluu pääsääntöisesti laite-

valmistajalle, joka toteaa asian tyyppihyväksyntätestien avulla. Yhdessä laitoksen henkilökunnan kanssa laitetoimittaja katsoo mittalaitteelle sopivan mittapaikan standardin SFS-EN-15259 mukaisesti. Tärkeää on näytekaasun mahdollisimman tasainen virtaus kanavassa, jotta näyte olisi mahdollisimman edustava. Laitteen asennuksessa tulisi huomioida myös vertailumittaukset siten, että mahdollisimman lähelle, häiritsemättä laitoksen mittausta, laitetta saataisiin myös referenssimittalaitteet. (Pellikka & Puustinen 2008, 8.)

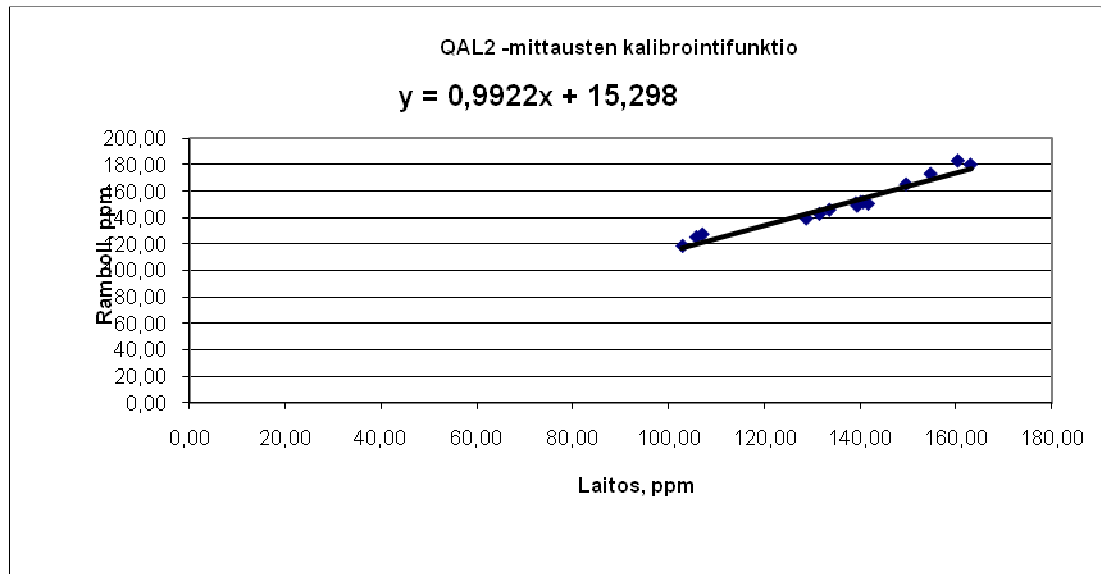
Huomioitavaa ja erittäin tärkeää on myös työturvallisuus laitetta huollettaessa sekä vertailumittauksien aikana. Loppuraportoinnissa olisi hyvä myös mainita, onko mittapaikka työturvallisuuden kannalta riittävä ja täyttykö työsuojeluun liittyvät seikat riittävän hyvin (LIITE 1). (Pellikka & Puustinen 2008, 8.)

4.1.2 QAL2, kiinteästi asennetun mittalaitteen kalibrointi ja validointi referenssimenetelmän avulla

Ennen vertailumittauksien aloittamista laitoksen tulisi huoltaa ja tarkastaa mitattava laite, minkä jälkeen ulkopuolinen akkreditoitu mittausryhmä tekee vertailumittaukset referenssimenetelmällä. Mittaukset on tehtävä vähintään viiden vuoden välein suurille polttolaitoksille ja jätteenpolttolaitoksille kolmen vuoden välein. Mittaukset on kuitenkin uusittava, jos päästömittausjärjestelmään tulee muutoksia, esimerkiksi mittalaite vaihtaa paikkaa. Myös viranomainen voi asettaa tiukempia aikatauluja mittauksille. Uuden laitteen asennuksen jälkeen QAL2-testit tulisi tehdä mahdollisimman nopeasti. (Pellikka & Puustinen 2008, 9.)

Vertailumittauksissa tulee mitata vähintään 15 mittaparia/yhdiste vähintään kolmen vuorokauden aikana. Mittaparin ajallinen pituus voi olla esimerkiksi tunti, jonka aikaisista pitoisuuksista lasketaan keskiarvot, joita vertaillaan. Vertailu tehdään laitoksen mittalaitteen muokkaamattomasta datasta eli suoraan mittalaitteen lähettämästä viestistä (mA tai mV tms.). Mittauksien aikana prosessiin olisi hyvä saada vaihtelevuutta, jotta mittaustuloksiin tuli ns. piikkejä, joiden avulla saadaan laskettua kalibrointifunktio (KUVIO 5). Laitos syöttää kalibrointifunktion järjes-

telmänsä, joka korjaa laitoksen mittalaitteen mittausvirheen. Vertailumittausten tulokset on raportoitava kuuden kuukauden sisällä mittauksista.



KUVIO 5. Kalibrointifunktio

QAL2-mittauksiin ja siihen liittyvään laskentaan kuuluu erittäin paljon eri seikkoja, jotka vaikuttavat mittauksiin, laskentaan, virhearviointiin, kalibrointifunktioon ja tuloksiin (LIITE 2). Tarkempaa lisätietoa kyseisistä seikoista löytyy muun muassa standardista EN-14181.

4.1.3 QAL3, käytönaikainen laadunvarmistus ja vuosittainen seuranta AST

Vertailumittausten välissä laadunvalvonta QAL3 kuuluu laitokselle, eli käytännössä mittalaitteiden kalibrointi ja nollapisteet tarkastetaan säännöllisesti mieluiten viikon välein ja vähintään kuukausihuoltojen yhteydessä. Tarkoituksena on pitää laitteisto QAL2-mittausten jälkeisessä kunnossa. Tulokset kirjataan valvontakortteihin, joista lasketaan sallittu keskihajonta nolla- ja kalibrointipisteelle. (Pellikka & Puustinen 2008, 21.)

Ulkopuolinen mittausryhmä suorittaa vuosittain AST-mittaukset. Mittaukset ovat lähes samanlaiset kuin QAL2-mittaukset pienemmässä mittakaavassa. Mittapareja

on vain viisi kappaletta, joiden avulla tarkastetaan, onko QAL2-mittauksissa laskeutunut kalibroitifunktio vielä voimassa. Jos funktio ei pidä enää paikkansa, on laitoksen laitteet huollettava ja kalibroitava ja syy funktion epätarkkuudelle selvitettävä. Tämän jälkeen on QAL2-mittaukset tehtävä uudelleen. (Pellikka & Puustinen 2008, 22.)

4.2 Referenssimittausryhmän laadunvarmennus, akkreditointi

Vertailumittauksia tekevän ryhmän tulee suorittaa tarvittavat laadunvarmennukseen liittyvät tarkastukset ja seurannat mittalaitteidensa ja mittausalueidensa pätevyydestä niille määrättyjen väliaikojen mukaisesti. Ryhmän tulee myös järjestää rinnakkaismittaukset toisen mittausryhmän kanssa ja tehdä tästä pöytäkirja akkreditointi tarkastusta varten. (Rantala 2009.)

Ulkopuolinen auditoija tarkastaa toiminnan vuosittain. Ennen tarkastusta tarkastajalle lähetetään ennakkotietoja ryhmän toiminnasta, esimerkiksi vuoden aikana syntyneitä raportteja ja kalibrointipöytäkirjoja. Akkreditoinnin tarkistuspäivänä ryhmää kuullaan ja tietoja tarkistetaan. Jos tarkastuksen aikana löytyy poikkeamia esimerkiksi laitteiden kalibroinneissa, antaa tarkastaja määräajan, jossa poikkeama on korjattava ja siitä on lähetettävä kirjallinen dokumentti tarkastajalle. Tarkastuksen läpäistyään mittausryhmä voi suorittaa akkreditoinnin mukaisia mittauksia. (Rantala 2009.)

4.3 Kansalliset päästömittauslaboratorioiden vertailumittaukset Suomessa

Suomessa on järjestetty kansallisia vertailumittauksia jo viidentoista vuoden ajan. Rahoittajina vertailumittauksissa ovat toimineet Suomen ympäristöministeriö ja VTT. Vertailumittauksien järjestäjänä ja toteuttajana on toiminut VTT. Jokainen mittauksiin osallistunut päästömittauslaboratorio on vastannut omista kuluistaan.

Kansallisten vertailumittauksien tavoitteena on selvittää eri päästömittauslaboratorioiden mittauksien hajontaa ja laatua. Tuloksia voidaan käyttää myös mahdol-

listen systemaattisten virheiden korjaamiseksi sekä virheellisten toimintatapojen korjaamiseksi. (Kajolinna, Pellikka & Puustinen 2007, 4-5.)

Viimeisimmät vertailumittaukset tehtiin vuonna 2005 ja niihin osallistui yhdeksän mittauslaboratoriota. Mittausten tarkoituksena oli selvittää päästömittausten laadullinen taso ja QAL 2-laskentojen taso. (Kajolinna, Pellikka & Puustinen 2007, 1.)

Vuoden 2005 vertailumittauksista saadut tulokset osoittivat, että tulosten keskinäinen hajonta oli merkittävä ja tulosten laskentatavoissa oli eroa. VTT:n raportissa todetaan, että laboratorioiden tulisi kiinnittää enemmän huomiota mittaustapah-tuman laadunvarmistukseen ja tulostenlaskentaan. Tulosten erot voivat johtua savukaasun pitoisuus eroista tai laskentamallien virheellisyydestä. Tulosten keskinäinen hajonta voi johtaa virheellisiin johtopäätöksiin QAL2- laskennassa ja näin ollen laitoksen päästöt voivat olla liian pieniä tai suuria raja-arvoihin nähden. (Kajolinna, Pellikka & Puustinen 2007, 39-40.)

5 PÄÄSTÖMITTAUS ULKONA TALVELLA

Suurimman ongelman mittaajan näkökulmasta aiheuttaa talvi varsinkin ulkona mitattaessa. Kosteat savukaasut jäätyvät letkuihin tai mittalaitteet eivät toimi kylmyyden takia. Mittausryhmämme pyrki kehittämään muutamia menetelmiä, jotka helpottavat ja edesauttavat mittaamista talviolosuhteissa.

Työtämme helpotti jo ennalta saatu kokemus talvella mittaamisesta ja tiesimme suunnilleen mittauksen ns. ”heikot” kohdat, joihin jäätä kehittyi ja jotka tarvitsevat jonkinlaisen muutoksen. Käytännössä pääsimme kokeilemaan uusia mittaus-tekniisiä ratkaisuja tai parannuksia joulukuussa 2009 paukkupakkasissa, jolloin totesimme, että menetelmät toimivat suhteellisen hyvin. Jäätymistä tapahtui edelleen, mutta huomattavasti vähemmän kuin aikaisemmin ja mahdollisia jäätymiskohteita oli vähemmän.

5.1 Laimennuslinjan modifiointi talviolosuhteisiin

Laimennuslinjaa käytettäessä ongelmana on, että letkussa kulkeva näytekaasu on kosteaa, mikä aiheuttaa helposti jäätymistä. Letkua ei käytännön syistä voi kokonaan eristää tai lämmittää, koska letkua on usein yli 30 metriä ja laimennussondiin menee yhteensä neljä eri letkua. Todennäköisimmin letku kuitenkin jäätyy metallisten liitosten kohdalta heti sondin jälkeen tai letkujen jatkokohdista, joten letkunipun modifiointi ei ole ollenkaan mahdotonta.



KUVIO 6. Eristetty laimennussondi

Käytännössä letkua eristettiin sondin jälkeen tavallisella putkieristeellä, joka näkyy kuvassa. Metalliset jatkoliitännät poistettiin ja letkut vaihdettiin uusiin yhtenäisiin letkuihin, jotta liitoksia ei tule ollenkaan (KUVIO 6).

5.2 Talviolosuhteisiin tarkoitettu ”dry gas station”

Savukaasun kosteuden poistamiseen kehitettiin talviolosuhteisiin sopiva kaasunkuivauslaitteisto, joka sai nimen dry gas station. Pääosin Harri Rantalan ideoima laite koostuu lämmitettävästä letkusta, kaasun lauhdutusastiasta, siligageeliastias- ta, hehkulampusta, kaasukellosta, lämpömittarista ja pumpusta (KUVIO 7).

Lämmitettävää letkua pitkin näytekaasu johdetaan lauhdutus astiaan, johon vesi kondensoituu. Siitä kaasu jatkaa matkaa siligageeliastiaan, johon loppukosteus imeytyy. Tästä kuivattu kaasu jatkaa letkua pitkin mittalaitteelle. Hehkulamppu tuo lämpöä lauhdutusyksikölle ja estää sen jäätyksen. Tämä on yksinkertainen laitteisto, mutta todella hyödyllinen ja toimiva.



KUVIO 7. Kaasunkuivauslaitteisto

5.3 Mittalaitteiden ympäristöolosuhteet

Mittalaitteita pidetään usein pakettiautossa tai peräkärryssä, joten ne tarvitsevat jonkinlaisen lämmityksen, jotta olosuhteet olisivat mittaamiselle edes kohtuulliset. Tilan lämmitys hoidetaan lämpöpuhaltimilla, joilla pyritään luomaan mahdollisimman tasainen lämpötila. Muutaman mittalaitteitten sisälle on tarkoitus asentaa pieniä lämmittäjiä, jotka auttavat laitteita saavuttamaan mittausvalmiuden nopeammin ja pitämään sitä yllä helpommin.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössäni käsittelin ympäristöviranomaisen vaatimia päästömittauksia Suomessa suurien polttolaitoksien ja jätteenpolton osalta. Työssäni selvitin EU:n ja Suomen ympäristölainsäädännön velvoitteita laitoksien sekä päästömittausryhmien näkökulmasta, mitä tehdään, miksi tehdään ja miten tehdään. Mittauksien suorittamisen kannalta on ehdottoman tärkeää pitää mittauslaitteisto mahdollisimman stabiileissa ympäristöolosuhteissa, jotta laitteiston mittausepävarmuus pysyy kohtuullisena. Myös näytteenottolinjojen pitää pysyä sulina ja suojassa jäätymiseltä, jotta mittaus voidaan suorittaa.

Tutkimusongelmani oli päästömittauksien suorittaminen talviolosuhteissa ja sen vaikuttaminen mittauksien laatuun ja luotettavuuteen. Tutkimusongelmaan kehitettiin mittausryhmän kanssa muutama ratkaisu, joita pääsimme käytännössä kokeilemaan joulukuussa 2009.

Tutkimusongelmaan saadut tulokset ja ratkaisut olivat mielestäni hyviä, koska ne mahdollistavat mittaukset ulkona pakkasessa. Tärkeää olisi ollut saada tarkempia tuloksia liittyen mittausepävarmuuksiin ja niiden vaihteluun eri olosuhteissa. Tämä jäi tekemättä, koska se olisi vaatinut monia testejä ja mahdollisesti vuosien mittauksia joita verrata keskenään. Siihen ei kuitenkaan tämän tutkimuksen puitteissa ollut mahdollisuuksia. Toisaalta ei ollut myöskään varmaa, olisivatko saadut epävarmuuskertoimet tai keskiarvot käyttökelpoisia raportoinnissa ja olisivatko ne viranomaisen hyväksyttävissä.

Olen sitä mieltä, että mittauslaitteistoa ja etenkin mittauspaikkoja pitää kehittää paremmin talviolosuhteita silmällä pitäen. Jos mittauspaikka on suunniteltu hyvin, esimerkiksi lämmitetty mittauskoppi, jäätymisongelmia ei ole ja mittaukset ovat laadultaan luotettavia. Seuraavaksi esitän kuitenkin mahdollisen jatkotutkimus- ja kehitysidean, joka luo paremmat ympäristöolosuhteet mittalaitteille.

7 MAHDOLLISET JATKOTUTKIMUKSET

Mahdollisina jatkotutkimuksina voisi olla mittalaitteiston kehittäminen edelleen talviolosuhteisiin suotuisammiksi ja helpommaksi käyttää työtilanteessa. Yksi idea voisi olla kuomullisen peräkärryn rakentaminen niin, että siinä olisi kevyt eristyskerros, jonkinlainen lämmityslaite, tuuletusventtiileitä, pistorasioita ja niin edelleen.

Peräkärri olisi helppo ottaa mukaan ja sen voisi lämmittää valmiiksi ennen työkeikalle lähtemistä. Näin laitteet olisivat heti lämpimässä tilassa ja nopeammin mittausvalmiudessa. Lisäksi ympäristöolosuhteet olisivat näin tasaiset.

LÄHTEET

Painetut lähteet

Leskelä, J. 2003. Tutkimusraportti nro 14, uusien säädösten vaikutus savukaasupäästöjen mittauksiin. Elektrowatt-Ekono Oy.

Pellikka, T. & Puustinen, H. & Kajolinna, T. 2007. VTT-R-08530-06. Päästömittausryhmien väliset savukaasujen vertailumittaukset ja kiinteästi asennettujen päästömittalaitteiden toiminnan laadunvarmistus referenssimenetelmien avulla, julkinen.

Pellikka, T. & Puustinen, H. 2008. VTT-R-10958-07. Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistusstandardi (EN 14181) ja sen kansallinen tulkinta, julkinen.

Ramboll Analytics Oy. 2009a. TEO-ohje 3063.

Ramboll Analytics Oy. 2009b. TEO-ohje 3269.

Ramboll Analytics Oy. 2009c. TEO-ohje 3270.

Ramboll Analytics Oy. 2009d. TEO-ohje 3271.

Ramboll Analytics Oy. 2009e. TEO-ohje 3848.

Ramboll Analytics Oy. 2009f. TEO-ohje 3926.

Ramboll Analytics Oy. 2009g. TEO-ohje 3952.

Ramboll Analytics Oy. 2009h. TEO-ohje 3985.

Standardit, valtioneuvoston asetukset, lait, EU direktiivit

EU- direktiivi, LCP, 2001/80/EC

EU- direktiivi, 2000/76/EC

SFS-3866. 1990. Kiintoaineen määrittäminen manuaalisella menetelmällä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Standardi vahvistettu 20.12.1990.

SFS-5625. 1990. Mittausyhteiden asentaminen kanavaan. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Standardi vahvistettu 22.8.1990.

SFS-EN-13284. 2002. Pienten hiukkaspitoisuuksien määrittäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Standardi vahvistettu 4.3.2002.

SFS-EN-14181. 2004. Quality assurance of automated measuring systems. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Standardi vahvistettu 16.8.2004.

SFS-EN-15259. 2008. Measurement of stationary source emissions. Requirements for measurement sections and sites and for the measurement objective, plan and report. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Standardi vahvistettu 3.3.2008.

SFS-EN-ISO- 19456. 2002. Evaluation of a suitability of a measurement procedure by comparison with a required measurement uncertainty. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Standardi vahvistettu 30.9.2002.

Valtioneuvoston asetus 362/2003, Annettu Helsingissä 15.5.2003.

Valtioneuvoston asetus 1017/2002, Annettu Helsingissä 9.12.2002.

Ympäristönsuojelulaki 86/2000, Annettu Helsingissä 14.6.2002.

Suulliset lähteet

Lundström S. 2009. Projektipäällikkö. Ramboll Analytics Oy, Hollola.

Rantala H. 2009. Tutkimusteknikko. Ramboll Analytics Oy, Hollola.