



Kansalliset päästömittausten vertailumittaukset 2010

Kirjoittajat: Tuula Kajolinna, Harri Puustinen

Luottamuksellisuus: Julkinen

Raportin nimi Kansalliset päästömittausten vertailumittaukset 2010		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Ympäristöministeriö, Markku Hietamäki Energiateollisuus ry, Pia Oesch Teknologiateollisuus ry, Sirpa Silander Metsäteollisuus ry, Fredrik Blomfelt		Asiakkaan viite
Projektin nimi Päästöjen vertailumittaus 2010		Projektin numero/lyhytnimi 72540/Vermi
Raportin laatija(t) Tuula Kajolinna ja Harri Puustinen		Sivujen/liitesivujen lukumäärä 50/5
Avainsanat Päästömittaus, savukaasu, SFS-EN 14181, QAL2, AST		Raportin numero VTT-R-02101-11
Tiivistelmä <p>Savukaasujen kansalliset vertailumittaukset tehtiin 29.9.2010 Uusiutuvan energian tutkimuskeskuksen Energonin tiloissa Lahdessa. Mittausten kohteena oli teholtaan 2,5 MW:n öljykattilan savukaasut. Ympäristöministeriön, Energiateollisuus ry:n, Metsäteollisuus ry:n, Teknologiateollisuus ry:n ja VTT:n rahoittamaan savukaasujen vertailumittauksiin osallistui kahdeksan päästömittauslaboratoriota.</p> <p>Vertailumittausten tarkoituksena oli selvittää suomalaisten päästömittauslaboratorioiden päästömittausten laadullinen taso ja selvittää, ovatko SFS-EN 14181- standardin periaatteet selvillä laboratorioille sekä korjata mahdollisia standardin soveltamiseen liittyviä virhetulkintoja.</p> <p>Tulokset osoittavat, että savukaasujen mittaustulokset eroavat toisistaan joissakin tapauksissa merkittävästi. Lisäksi standardin SFS-EN 14181 soveltamisessa usealla laboratoriolla on puutteita ja laboratorioiden määrittelemät laitoksen kiinteiden mittalaitteiden (AMS) kalibrointifunktiot olivat joissakin tapauksissa virheellisiä. Tämä voi johtaa muun muassa siihen, että vuotuisissa AST-tarkasteluissa saadaan virheellisiä johtopäätöksiä AMS-laitteiden toiminnasta.</p> <p>Verrattaessa näitä tuloksia vuonna 2005 tehtyjen vertailumittausten tuloksiin, voidaan todeta pitoisuusmittauksissa esiintyvän edelleen joissakin tapauksissa merkittäviä eroja. Standardin SFS-EN 14181 soveltamisessa kalibrointifunktioiden määrittämisen osalta on sen sijaan tapahtunut edistystä.</p> <p>Tämän raportin havainnot osoittavat selvästi sen, että päästömittausten laadunvarmistuksessa on vertailumittauksilla tärkeä rooli, minkä vuoksi kansallisia vertailumittauksia tulee Suomessa järjestää säännöllisin väliajoin. Näin voidaan varmistua päästömittaajien tasosta ja kohdentaa tarvittavat parannustoimet jo hyvissä ajoin oikeisiin kohtiin, jotta virheellisiltä tuloksilta ja tulkinnoilta vältyttäisiin.</p>		
Luottamuksellisuus	Julkinen	
Espoo 12.4.2011 Laatija	Laatija	Hyväksyjä
Tuula Kajolinna, Tutkija	Harri Puustinen, Tutkimusinsinööri	Jukka Lehtomäki, Teknologiapäällikkö
VTT:n yhteystiedot PL 1000, 02044 VTT. Puh. 020 722 111*. Email: etunimi.sukunimi@vtt.fi		
Jakelu (asiakkaat ja VTT) Ympäristöministeriö, Markku Hietamäki; Energiateollisuus ry, Pia Oesch; Teknologiateollisuus ry, Sirpa Silander; Metsäteollisuus ry, Fredrik Blomfelt VTT, arkisto		
<i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i>		

Alkusanat

Savukaasujen kansalliset vertailumittaukset tehtiin 29.9.2010 Uusiutuvan energian tutkimuskeskuksen Energonin tiloissa Lahdessa. Mittausten kohteena oli teholtaan 2,5 MW:n öljykattilan savukaasut.

Ympäristöministeriön, Energiateollisuus ry:n, Metsäteollisuus ry:n, Teknologiateollisuus ry:n ja VTT:n rahoittamaan savukaasujen vertailumittauksiin osallistui kahdeksan päästömittauslaboratoriota. Vertailumittauksiin osallistuneet päästömittauslaboratoriot olivat Envimetria Oy, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu KyAMK, Nab Labs Oy, Ramboll Finland Oy, Outotec Oy, Pöyry Finland Oy, Insinööritoimisto AX-LVI Oy ja Wärtsilä Finland Oy.

Kiitämme projektin rahoittajia sekä suomalaisia päästömittauslaboratorioita aktiivisesta osallistumisesta näihin mittauksiin samoin kuin Energonin henkilökuntaa hyvästä yhteistyöstä vertailumittausten toteuttamisessa.

Espoo 31.3.2011

Tuula Kajolinna

Sisällysluettelo

Alkusanat.....	2
Sisällysluettelo.....	3
1 Johdanto.....	5
2 Menetelmät ja toteutus	6
2.1 Kohteen kuvaus	6
2.1.1 Polttoaineet.....	7
2.1.2 Mittauspaikan edustavuustarkastelut.....	7
2.2 Osallistujat ja mittauspaikat.....	8
2.3 Menetelmät	9
2.4 Tulosaineiston käsittely.....	9
3 Tulokset.....	11
3.1 Mittaustulokset ja niiden vertailu	11
3.1.1 Typenoksidit, NO _x	12
3.1.2 Rikkidioksidi, SO ₂	15
3.1.3 Happi, O ₂	18
3.1.4 Hiilidioksidi, CO ₂	21
3.1.5 Hiilimonoksidi, CO.....	24
3.1.6 Kosteus, H ₂ O	26
3.1.7 Hiukkaspitoisuus	29
3.1.8 Virtausnopeus	33
3.1.9 Tilavuusvirtaus	35
3.1.10 Kanavan lämpötila	37
3.1.11 Kanavan paine	38
3.2 Ilmoitetut mittausepävarmuudet.....	39
4 Standardin SFS-EN 14181 soveltaminen	40
4.1 QAL2.....	40
4.1.1 Hiukkaspitoisuuden kalibrointifunktion määrittäminen.....	40
4.1.2 NO _x -pitoisuuden kalibrointifunktion määrittäminen.....	41
4.1.3 SO ₂ -pitoisuuden kalibrointifunktion määrittäminen.....	42
4.2 AST-tarkastelu	42
4.3 Raporttien sisältö	44
5 Havainnot ja korjaustoimenpiteet laboratorioittain	45
5.1 Envimetria Oy	45
5.2 Kymenlaakson ammattikorkeakoulu KyAMK.....	45
5.3 Nab Labs Oy.....	45
5.4 Ramboll Finland Oy	46
5.5 Outotec Oy.....	46
5.6 Pöyry Finland Oy	46
5.7 Insinööritoimisto AX-LVI Oy	46
5.8 Wärtsilä Finland Oy.....	47

6	Yhteenveto	47
	Lähdeviitteet	50
Liite 1.	Vertailumittauksiin osallistuneiden laboratorioden menetelmät, akkreditoidut alueet ja mittauksissa käytetyt kalibrintikaasut	
Liite 2.	SFS-EN 14181 laskentaa varten ilmoitetut AMS tulokset	

1 Johdanto

EU:n yhteisöainsäädännössä on valmistunut viime vuosina direktiivit suurille polttolaitoksille (large combustion plants, LCP, 2001/80/EC) sekä jätteenpoltoille 2000/76/EC. Nämä direktiivit ovat aiheuttaneet muutoksia suomalaisiin päästömittauskäytäntöihin, kuten päästömittauksiin ja niiden laadunvarmistukseen sekä päästörajoihin. Direktiivit on otettu käyttöön Suomessa valtioneuvoston asetuksina N:o 362/2003 (jätteenpolto) sekä N:o 1017/2002 (LCP- asetus). Yhteistä molemmille edellä mainituille asetuksille on se, että niissä esitetään vaatimuksia päästöjen jatkuvatoimiselle mittaukselle ja mittausten laadunvarmistukselle. Ensimmäisenä nämä uudet mittausvelvoitteet astuivat voimaan 27.11.2004 alkaen yli 100 MW:n voimalaitoksilla, joissa vaaditaan jatkuvatoimisia mittauksia (tiettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta) rikkidioksidi-, typenoksidi ja hiukkaspitoisuudelle.

Kiinteiden mittausten laadun toteamiseksi valmistui kesällä 2004 standardi ”Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistus”, Quality assurance of automated measuring systems, EN14181, jossa esitetään seuraavaa

- miten vertailumittauksin osoitetaan laitoksen päästömittalaitteiden toimivan direktiivin/asetusten esittämien vaatimusten mukaisesti sekä
- kuinka mittausten laatu varmistetaan myös vertailumittausten välillä

Laadunvarmistus on standardissa jaettu neljään osaan:

- QAL 1: Quality check of the measuring procedure = mittausmenetelmän soveltuvuus käyttökohteeseen (EN-ISO14956)
- QAL 2: Quality assurance of installation = kiinteästi asennetun mittalaitteen (AMS) kalibrointi ja validointi referenssimenetelmän (SRM) avulla
- QAL 3: Ongoing quality assurance during operation = käytönaikainen laadunvarmistus
- Lisäksi vuosittainen valvonta eli Annual Surveillance Test, AST

Toiminnanharjoittaja teettää ulkopuolisella päästömittaajalla rinnakkaismittauksia osioissa QAL2 ja AST. Niiden avulla osoitetaan kiinteästi asennettujen mittalaitteiden (AMS) kelpoisuus asetuksessa esitettyjen vaatimusten suhteen.

VTT on järjestänyt ympäristöministeriön rahoittamana useita kansallisia ja kansainvälisiä vertailumittauksia. Kansallisia hiukkasten ja kaasumaisten komponenttien vertailumittauksia on tehty kahdenkymmenen vuoden ajan. Tulokset ovat osoittaneet, että vertailumittauksilla on keskeinen asema päästömittaajien mittausmenetelmien laadunvarmistuksessa. Päästömittaajat ovat käyttäneet vertailumittausten tuloksia muun muassa hakiessaan toiminnalleen akkreditointia. Akkreditoinnin ylläpito edellyttää myös säännöllistä osallistumista vertailumittauksiin.

Edelliset savukaasujen kansalliset vertailumittaukset tehtiin vuonna 2005 Kymin Voima Oy:n Kuusankosken voimalaitoksessa. Tulokset vuodelta 2005 osoittivat, että savukaasujen mittaustulokset eroavat toisistaan joissakin tapauksissa merkittävästi. Päästömittauslaboratorioiden on parannettava mittaustensa laatua ja kehitettävä standardin SFS-EN 14181 käyttöä. Mittausten yhteenvedossa todettiin

myös, että standardin SFS-EN 14181 käytettävyyttä AMS:n laadunvarmistukseen tulee parantaa implementoimalla se kansalliseen käyttöön siten, ettei enää olisi erilaisten tulkintojen mahdollisuutta.

Mittausten jälkeen laadittiin vuonna 2007 Suomessa kansallinen ohjeistus standardin SFS-EN 14181-tulkinnoista ja käyttöönotosta. Ohjeistus on ladattavissa mm. osoitteesta:

<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/VTT-R-10958-07.pdf>

Vuonna 2008 VTT teki ympäristöministeriön toimeksiannosta laadullisen evaluoinnin päästömittaajien QAL2- ja AST- raporteille. Evaluoinnissa keskityttiin muun muassa siihen, kuinka raportit täyttävät edellä mainitun standardin EN 14181 asettamat vaatimukset, kuinka hyvin päästömittaaja on evaluoinut omien mittaustensa laatua ja kuinka selkeän raportin päästömittaajat ovat mittauksistaan toimittaneet toiminnanharjoittajalle ja ympäristölupia valvoville viranomaisille. Tämä raportti on ladattavissa osoitteesta:

http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2009/loppuraportti_QAL2.pdf

Kyseisessä raportissa todettiin, ettei kaikille päästömittaajille ole selvillä standardin EN14181-perusteet ja että myös päästömittausten perustoiminnoissa on kehitettävää. Tämän vuoksi kansallisia vertailumittauksia tulee Suomessa järjestää säännöllisin väliajoin. Näin voidaan varmistua päästömittaajien tasosta ja kohdentaa tarvittavat parannustoimet jo hyvissä ajoin oikeisiin kohtiin, jotta virheellisiltä tuloksilta ja tulkinnoilta vältyttäisiin.

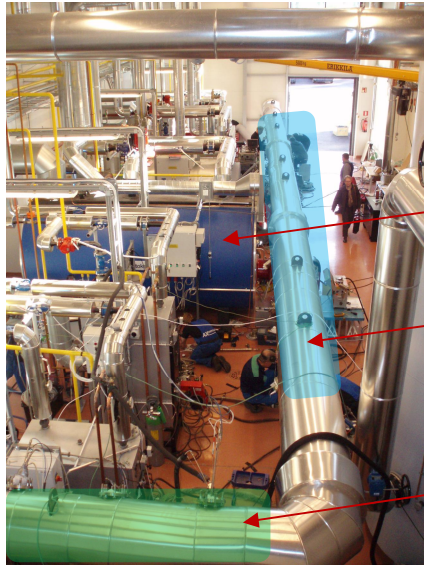
Vuonna 2010 järjestettiin kansalliset vertailumittaukset, joiden avulla voitiin arvioida, kuinka tilanne on Suomessa kehittynyt edellisten vertailumittausten jälkeen. Rahoittajina hankkeessa olivat ympäristöministeriö, Energiateollisuus ry, Metsäteollisuus ry, Teknologiateollisuus ry sekä VTT. Tässä raportissa kuvataan hankkeen tulokset sekä esitetään niistä tehdyt johtopäätökset.

2 Menetelmät ja toteutus

2.1 Kohteen kuvaus

Mittaukset tehtiin Uusiutuvan energian tutkimuskeskuksen Energonin tiloissa Lahdessa, jossa mittauskohteena oli teholtaan 2,5 MW:n öljykattilan savukaasut. Öljykattilan savukaasukanavaksi rakennutettiin vaakakanava, josta kaasu- ja hiukkaspitoisuudet mitattiin VTT:n alustavissa mittauksissa 20.- 22.9.2010 ja varsinaisissa vertailumittauksissa 29.9.2010.

Mittauspaikka on esitetty kuvassa 1. Mittauskanavan alkuosaan oli sijoitettu kaasupitoisuusmittauksia varten 12 kappaletta DN80 laippayhteitä neljään eri mittaustasoon. Kaasumittaustasojen 1-4 mittausyhteet nimettiin alusta alkaen 1 A-C, 2 A-C, 3 A-C ja 4 A-C. Mittauskanavan loppuosaan oli sijoitettu hiukkaspitoisuus- ja kaasun tilavuusvirran mittauksia varten 20 kappaletta DN100 laippayhteitä kymmeneen eri mittaustasoon. Hiukkasmittaustasojen 1-10 mittausyhteet nimettiin alusta alkaen 1A-B, 2A-B, ..., 10A-B.



2,5 MW öljykattila

Hiukkasmittausyhteet, 10 paria
(vaaleansininen väritys)

Kaasumittausyhteet, 12 kpl
(vihreä väritys)

Kuva 1. Kansallisten vertailumittausten mittauskohde, Energon 29.9.2010.

2.1.1 Polttoaineet

Vertailumittauksissa käytettiin polttoaineena kevyttä polttoöljyä (POK) ja raskasta polttoöljyä (POR).

Öljyn toimittajan mukaan raskaan polttoöljyn S-pitoisuus oli 0,78 p-%. Kevyen polttoöljyn S-pitoisuus oli VTT:n analyysin mukaan 0,05 p-%.

2.1.2 Mittauspaikan edustavuustarkastelut

VTT teki eri mittaustasoilla 20.- 22.9.2010 kaasu- ja hiukkasmittauksia selvittääkseen pitoisuuksien tasaisuutta mittaustasoissa. Alustavia mittauksia tehtiin sekä POK:a että POR:a poltettaessa.

Kaasupitoisuusmittauksia tehtiin kaasumittausyhteestä nro 1A ja hiukkasmittausyhteestä nro 10A. Kaasupitoisuusmittaukset tehtiin FTIR-analysointilaitteella ja paramagneettisella happianalysointilaitteella. Mittauksissa todettiin kaasukomponenttien olevan tasaisesti jakautuneena mittauskanavan poikkipinta-alaan ja etäisyyteen nähden.

Hiukkaspitoisuusmittauksia tehtiin alustavissa mittauksissa kahdella tavalla;

- 1) Kokonaishiukkaspitoisuus määritettiin gravimetrisesti standardin SFS-EN 13284-1 mukaisesti. Raskasta polttoöljyä (POR) poltettaessa hiukkaspitoisuustulokset mittaustasossa 2 olivat $29,2 \text{ mg/m}^3$ (NTP, kuiva) ja mittaustasossa 8 vastaavasti $31,7 \text{ mg/m}^3$ (NTP, kuiva). Kevyttä polttoöljyä (POK) poltettaessa hiukkaspitoisuustulokset mittaustasossa 2 olivat $2,1 \text{ mg/m}^3$ (NTP, kuiva) ja mittaustasossa 10 olivat $2,5 \text{ mg/m}^3$ (NTP, kuiva). Tulokset osoittivat, että kokonaishiukkaspitoisuus ei vaihdellut mittaustasojen kesken merkittävästi.
- 2) Hiukkaslukumäärä- ja hiukkaskokojakaumamittaukset määritettiin ELPI (Electrical Low Pressure Impactor)-laitteella hiukkasmittausasosista 1 ja 8. Nämä mittaustulokset osoittivat, ettei tasojen välillä ollut merkittäviä eroja.

Virtausmittaukset tehtiin alustavissa mittauksissa kevyttä polttoöljyä poltettaessa Pitot-menetelmällä jokaisesta hiukkasmittaustasosta. Tulokset osoittivat, että mittaustasojen keskimääräiset virtausnopeudet poikkesivat suurimmillaan ± 2 % keskimääräisestä virtausnopeudesta. Nämä tulokset osoittavat, etteivät mittaustasojen keskimääräiset virtausnopeudet poikkea toisistaan merkittävästi.

Vertailumittausten aikana VTT teki kaasupitoisuusmittaukset kaasumittausyhteestä nro 1A ja hiukkasmittaukset ELPI-laitteella hiukkasmittausyhteestä 1A. Vertailumittausten aikana mitattiin happipitoisuutta myös kaikkien mittaustasojen jälkeen piipun alaosasta. Mitatut happipitoisuudet olivat POK:ia poltettaessa 4,9 til-% ja POR:ia poltettaessa 4,7 til-%. Verrattaessa näitä mitattuja pitoisuuksia laboratorioden mittaamiin pitoisuuksiin, voidaan todeta, ettei halli-ilmaa ole päässyt kanavaan laimentamaan mitattavia pitoisuuksia.

Tehtyjen edustavuustarkasteluiden tulosten perusteella voidaan olettaa, ettei mittausyhteillä ja -tasoilla ole vaikutuksia laboratorioden mittaustuloksiin.

2.2 Osallistujat ja mittauspaikat

Vertailumittauksiin 29.9.2010 osallistuivat seuraavat päästömittauslaboratoriot ja henkilöt:

Envimetria Oy; Pasi Partanen ja Timo Lehtimäki
Kymenlaakson ammattikorkeakoulu KyAMK; Marko Piispa ja Mikko Nykänen
Nab Labs Oy; Esko Ristinen ja Outi Aitta-oja
Ramboll Finland Oy; Mikko Oksanen ja Mika Vauhkala
Outotec Oy; Jarmo Saarenmaa, Sami Järvenpää, Tero Niemi ja Juha Paturi
Pöyry Finland Oy; Jukka Halme ja Juhani Miettinen
Insinööritoimisto AX-LVI Oy; Marko Liikanen ja Perttu Kriikku
Wärtsilä Finland Oy; Tom Sundell ja Pekka Laine

Päästömittauslaboratorioden sijoittuminen eri mittausyhteisiin oli seuraava:

Kaasumittausyhteet;
1A: VTT (edusti AMS:ia)
1C: Pöyry Finland Oy
2A: Outotec Oy
2C: Nablabs Oy
3A: Envimetria Oy
3B: Ramboll Finland Oy
3C: Kymen ammattikorkeakoulu KyAMK
4B: Wärtsilä Finland Oy
4 C: Insinööritoimisto AX-LVI Oy

Hiukkasmittaustasot;
1: VTT (edusti AMS:ia)
2: Pöyry Finland Oy
3: Insinööritoimisto AX-LVI Oy
5: Envimetria Oy
6: Outotec Oy
7: Nablabs Oy
9: KyAMK

10: Ramboll Finland Oy

2.3 Menetelmät

Päästömittauslaboratorioiden vertailumittauksissa käyttämät mittalaitteet periaatteineen, käytetyt kalibrointikaasut ja akkreditoitujen mittausten mittausaluet on esitetty laboratorioittain liitteessä 1.

Vertailumittauskanavan näytteenottoyhteet kuvattiin osallistuville laboratorioille etukäteen ja pyydettiin, että laboratoriot käyttäisivät näihin yhteisiin sopivia tiiviitä sondien liitososia näytteenotossa. Tämän tarkoituksena oli vähentää mahdollisesti vuotavista mittausyhteistä johtuvaa näytteenoton kontaminaatoriskiä ao. laboratoriolle ja muille laboratorioille.

Vertailumittauksissa huomattiin kuitenkin, että useat laboratoriot joutuivat tiivistämään mittausyhteensä mm. tekstiili- ja teippiasennuksilla, jotka olisivat voineet aiheuttaa häiriöitä. Kanavaan päin vuotavista mittausyhteistä syntynyt riski kuitenkin vältettiin vertailumittauksissa sillä, että kanavan paine pidettiin hieman ulkoilman painetta suurempana.

2.4 Tulosaineiston käsittely

Vertailumittauksiin osallistuneet laboratoriot lähettivät raporttinsa joulukuun puoleen väliin mennessä VTT:lle. Raporttien perusteella VTT teki yhteenvetotaulukot, jotka lähetettiin osallistuneille laboratorioille tarkasteltavaksi.

VTT kävi osallistuneiden laboratorioiden kanssa palautekeskustelut helmimaaliskuussa 2011. Palautekeskusteluissa käytiin läpi laboratorioiden tulokset ja havaittuja syitä mahdollisiin poikkeaviin tuloksiin. Laboratoriot esittivät tuloksiinsa liittyvät kommentit, jotka on esitetty kappaleessa 5.

Pitoisuusvertailuissa vertailuarvona käytettiin mittaustulosten mediaania. Mediaani on tulosjoukon keskimäinen tulos tai parillisessa tulosjoukossa keskimäisten tulosten keskiarvo.

Tuloksista laskettiin mittaustulosten suhteellinen ero vertailuarvosta ja ns. z-arvo.

Suhteellinen ero H_{ij} vertailuarvosta laskettiin seuraavasti:

$$H_{ij} = \frac{100(X_{ij} - C_j)}{C_j} \quad (1)$$

missä

X_{ij} on laboratorion i ilmoittama mittaustulos komponentille j

C_j on vertailuarvona käytetty mediaani komponentin j kyseiselle tulosjoukolle.

z-arvo kuvastaa mittaustulosten poikkeavuutta vertailuarvosta. z-arvo laskettiin kansainvälisen standardisointiliiton (International Organization for Standardization, ISO) julkaiseman standardin EN ISO/IEC 17043:2010 ohjeistuksen mukaisesti seuraavasti:

$$z_{ij} = \frac{X_{ij} - C_j}{\sigma \cdot C_j} \quad (2)$$

missä

X_{ij} on laboratorion i ilmoittama mittaustulos komponentille j

C_j on vertailuarvona käytetty mediaani komponentin j kyseiselle tulosjoukolle

σ on komponentille j asetetun referenssimenetelmästandardin tai muun virallisen tahon määrittelemä sallittu mittaushajonta.

z -arvolle on asetettu seuraavat hyväksymiskriteerit (EN ISO/IEC 17043:2010):

$|z| \leq 2$ Hyväksyttävä tulos

$2 < |z| < 3$ Arveluttava tulos

$|z| \geq 3$ Hylättävä tulos

Referenssimenetelmien standardit määrittelevät komponenteille NO_x , O_2 , H_2O ja CO suurimman sallitun mittausepävarmuuden. Mittausepävarmuus U_j laskettuna 95 %:n luottamusvälillä on $1,96 \sigma$. Näissä laskuissa luku on pyöristetty 2:een. Mittaushajonta σ laskettiin seuraavalla tavalla, esimerkkinä NO_x :

$$\sigma = \frac{U_j}{2} = \frac{10\%}{2} = 5\% = 0,05 \quad (3)$$

Tulosten käsittelyssä käytetyt referenssimenetelmästandardeissa määritetyt suurimmat sallitut epävarmuudet ja niistä johdetut mittaushajonnat olivat seuraavat:

Typenoksidit NO_x , SFS-EN 14792, U_j 10 % $\rightarrow \sigma$ 5 %

Kosteuspitoisuus H_2O , SFS-EN 14790, U_j 20 % $\rightarrow \sigma$ 10 %

Happi O_2 , SFS-EN 14789, U_j 6 % $\rightarrow \sigma$ 3 %

Hiilimonoksidi CO , SFS-EN 15058, U_j 6 % $\rightarrow \sigma$ 3 %

Rikkidioksidin referenssimenetelmästandardi SFS-EN 14791 perustuu märkämiaalliseen menetelmään, jonka suurimmaksi sallituksi epävarmuudeksi on kyseisessä standardissa määritetty 20 %. Koska mittaajat käyttivät näissä vertailumittauksissa jatkuvatoimisia menetelmiä, on tässä tarkastelussa käytetty rikkidioksidille samaa suurinta sallittua epävarmuutta kuin NO_x :lle. Tästä johtuen tulosten käsittelyssä on käytetty SO_2 :lle suurinta sallittua epävarmuutta 10 %, jolloin sallittu mittaushajonta σ on 5 %.

Hiukkaspitoisuuden menetelmästandardissa SFS-EN 13284-1 ei ole esitetty mittauksille suurinta sallittua kokonaisepävarmuutta. Tämän vuoksi tulosten käsittelyssä käytetty sallittu mittaushajonta johdettiin LCP-asetuksessa määritetystä jatkuvatoimisen hiukkasmittauksen suurimmasta sallitusta kokonaisepävarmuudesta, joka on 30 % raja-arvopitoisuudessa määritettynä. Koska referenssimittausmenetelmän kokonaisepävarmuus tulisi olla pienempi kuin kiinteästi asennetun mittalaitteen, päätettiin hiukkasmittauksen suurimmaksi sallituksi epävarmuudeksi tästä puolet eli 15 %. Tästä laskettuna ja tulosten käsittelyssä käytetty sallittu mittaushajonta on näin ollen 7,5 %.

Hiilidioksidille CO₂ ei ole EN-referenssimenetelmästandardia, jossa olisi määritetty sallittu epävarmuus. Näiden tulosten käsittelyssä päädyttiin käyttämään hiilidioksidille hapen (O₂) mittaushajontaa 3 %.

CEN on valmistamassa Pitot-mittausmenetelmään perustuvaa eurooppalaista EN-standardia savukaasun virtausnopeudelle. Alustavassa standardiluonnoksessa (CEN/TC264/WG23/työdokumentti N247) suurimmaksi sallituksi mittausepävarmuudeksi määritellään 10 %. Tämän vuoksi tulosten käsittelyssä käytetään nopeudelle sallittuna mittaushajontana 5 %.

Tilavuusvirtauksen määrittämiselle ei ole erillistä EN-standardia. Näiden tulosten tarkastelussa tilavuusvirtauksen mittausepävarmuudeksi on käytetty 15 %, joten tulosten käsittelyssä käytetään tilavuusvirtaukselle sallittuna mittaushajontana 7,5 %.

3 Tulokset

Tulokset esitetään komponenteittain kappaleessa 3.1 ja kappaleessa 3.2 on esitetty laboratoriodien ilmoittamat mittausepävarmuudet.

3.1 Mittaustulokset ja niiden vertailu

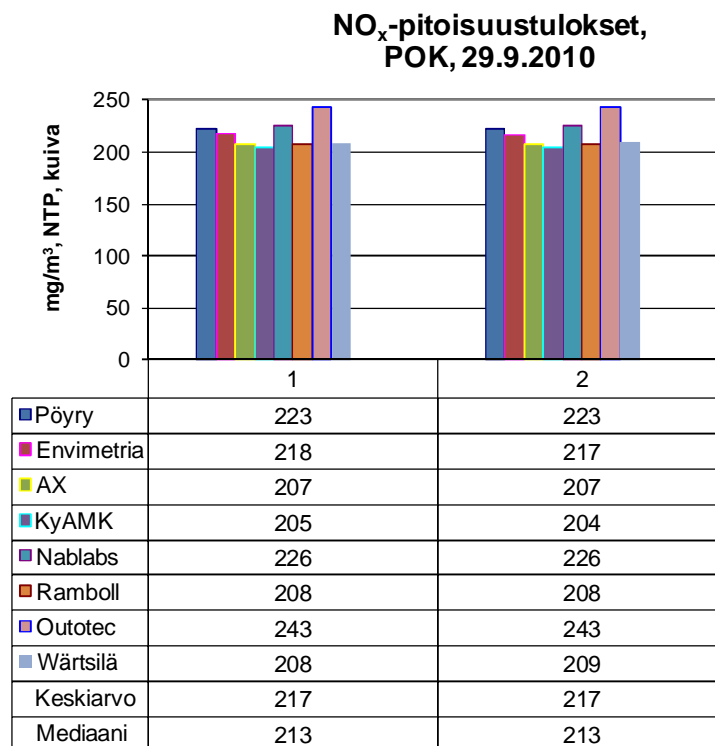
Mittaustulokset on esitetty komponenteittain ja eri polttoaineittain.

Kaasu- ja hiukkasmittauksissa 1-2 käytettiin polttoaineena kevyttä polttoöljyä (POK) ja mittauksissa 3-5 raskasta polttoöljyä (POR).

Ensimmäisessä virtausnopeuden ja tilavuusvirtauksen mittauksessa poltettiin kevyttä polttoöljyä ja mittauksissa 2 ja 3 polttoaineena oli raskasta polttoöljyä.

3.1.1 Typenoksidit, NO_x

Typenoksidien pitoisuustulokset kevyttä polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 2.



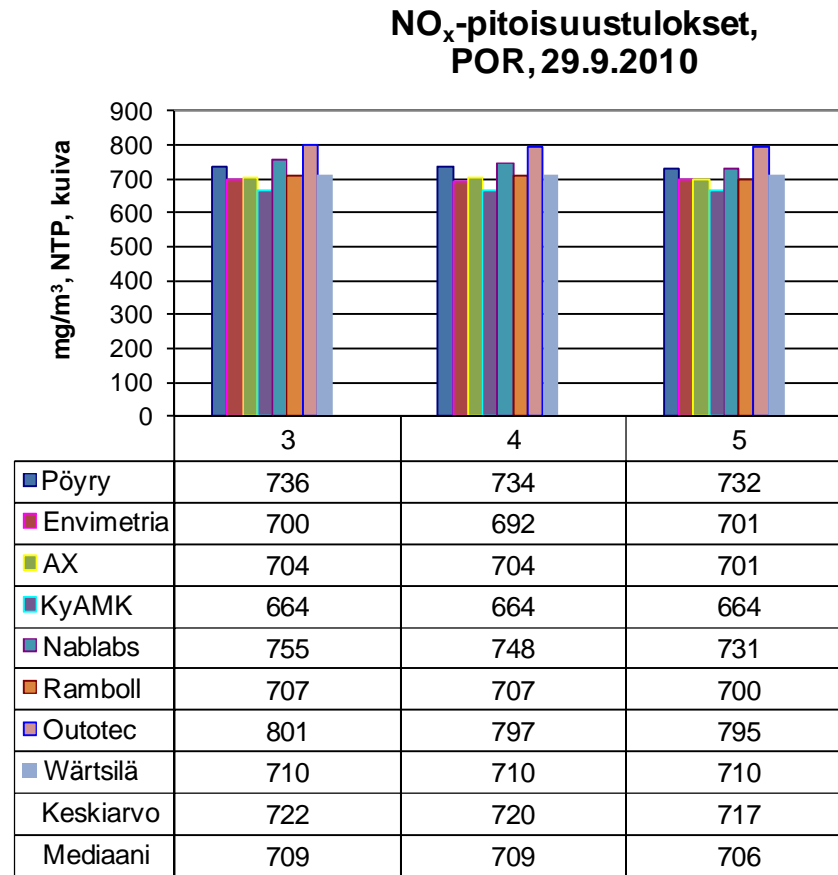
Kuva 2. NO_x-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK.

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. NO_x-tulosten suhteellinen ero mediaanista, polttoaineena POK.

	1	2
	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	4,7	4,7
Envimetria	2,3	1,9
AX	-2,8	-2,8
KyAMK	-3,8	-4,2
Nablabs	6,1	6,1
Ramboll	-2,3	-2,3
Outotec	14,1	14,1
Wärtsilä	-2,3	-1,9

NO_x-pitoisuustulokset raskasta polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 3.



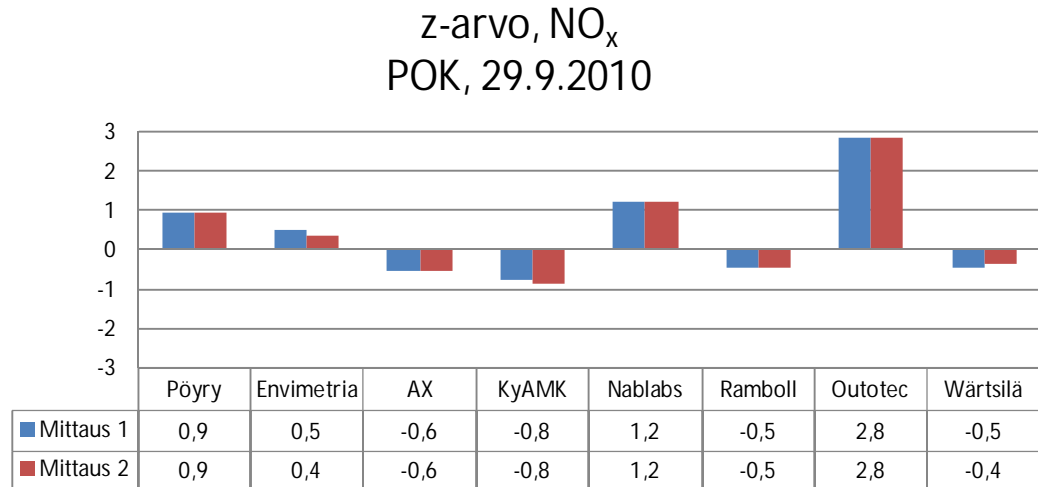
Kuva 3. NO_x-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena raskas polttoöljy POR.

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. NO_x-tulosten suhteellinen ero mediaanista, polttoaineena POR.

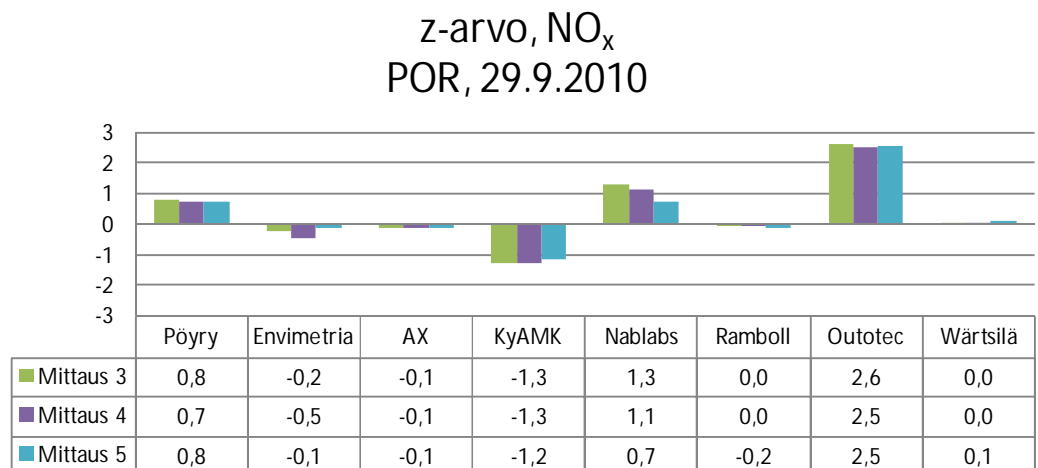
	3	4	5
	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	3,9	3,6	3,8
Envimetria	-1,2	-2,3	-0,6
AX	-0,6	-0,6	-0,6
KyAMK	-6,3	-6,3	-5,9
Nablabs	6,6	5,6	3,6
Ramboll	-0,2	-0,2	-0,8
Outotec	13,1	12,5	12,7
Wärtsilä	0,2	0,2	0,6

Kuvassa 4 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 1-2. z-arvot on laskettu kaavojen 2 ja 3 avulla.



Kuva 4. z-arvot NO_x-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK.

Kuvassa 5 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 3-5.



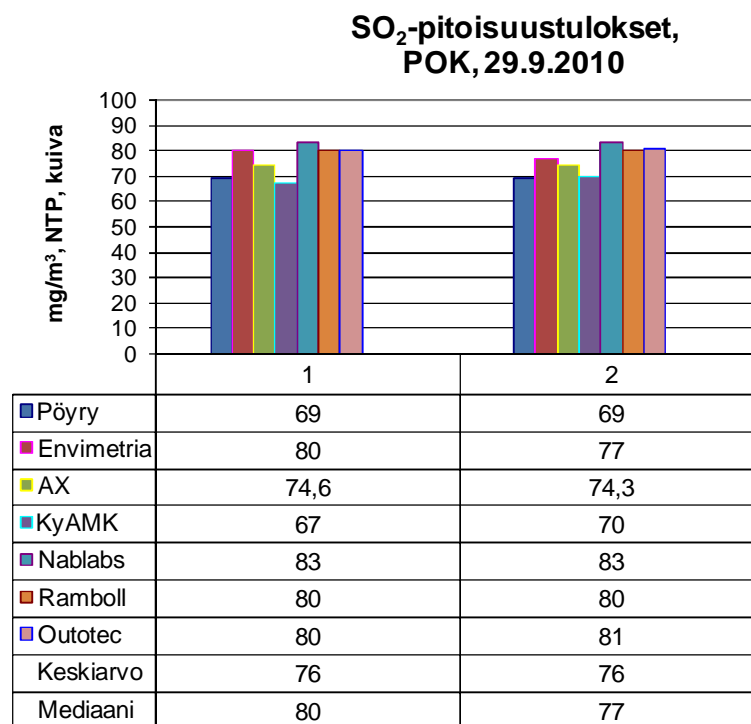
Kuva 5. z-arvot NO_x-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena raskas polttoöljy POR.

Laboratorion Outotec Oy kaikki mittaustulokset olivat arveluttavasti vertailuarvoa suuremmat.

3.1.2 Rikkidioksidi, SO₂

Rikkidioksidin pitoisuustuloksia ei esitetä Wärtsilä Finland Oy:n osalta, koska laboratoriollla ei ole akkreditointia komponentin mittaukselle.

Rikkidioksidipitoisuustulokset kevyttä polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. SO₂-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK.

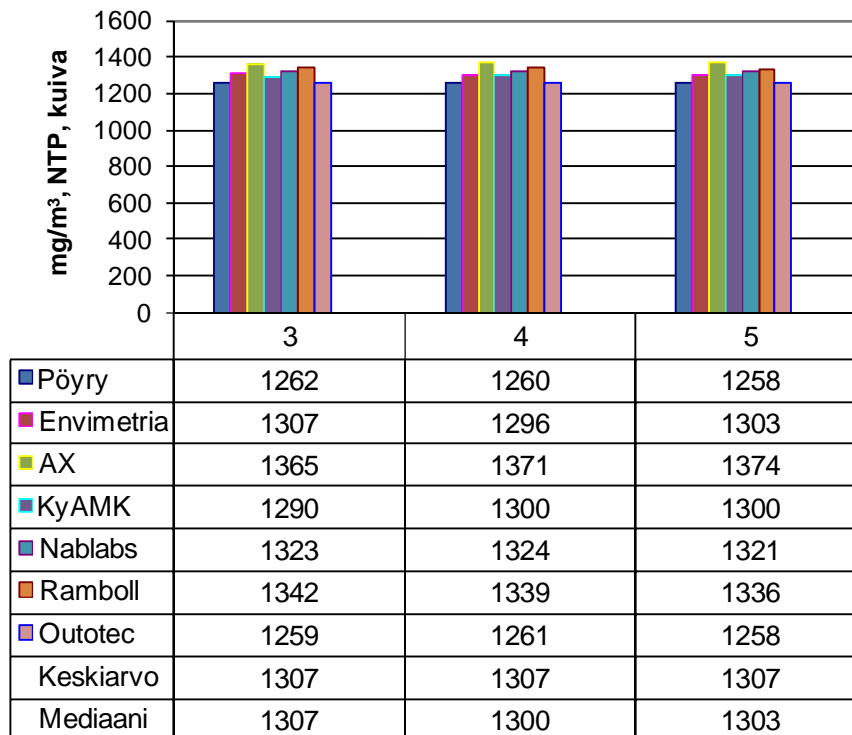
Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. SO₂-tulosten suhteellinen ero mediaanista, polttoaineena POK.

	1	2
	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	-13,8	-10,4
Envimetria	0,0	0,0
AX	-6,8	-3,5
KyAMK	-16,3	-9,1
Nablabs	3,8	7,8
Ramboll	0,0	3,9
Outotec	0,0	5,2

Rikkidioksidipitoisuustulokset raskasta polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 7.

SO₂-pitoisuustulokset, POR, 29.9.2010



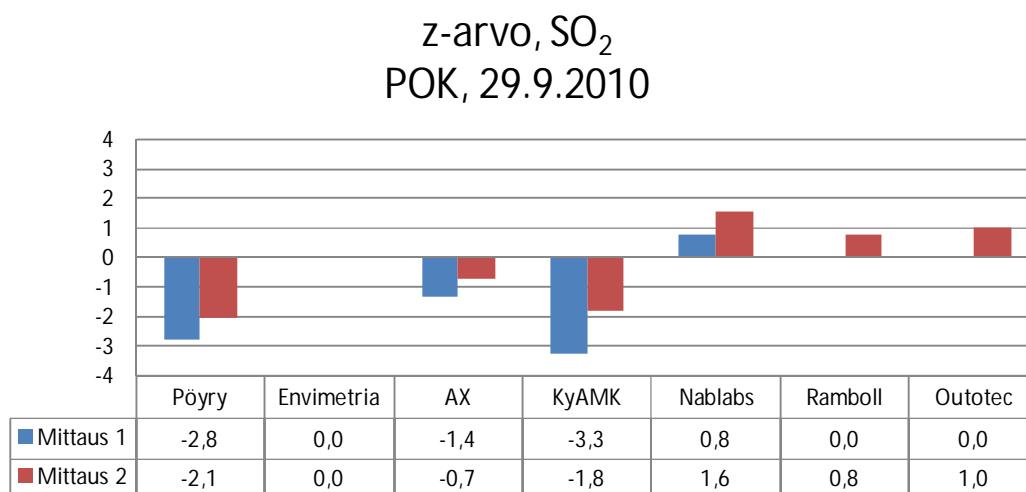
Kuva 7. SO₂-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena raskas polttoöljy POR.

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. SO₂-tulosten suhteellinen ero mediaanista, polttoaineena POR.

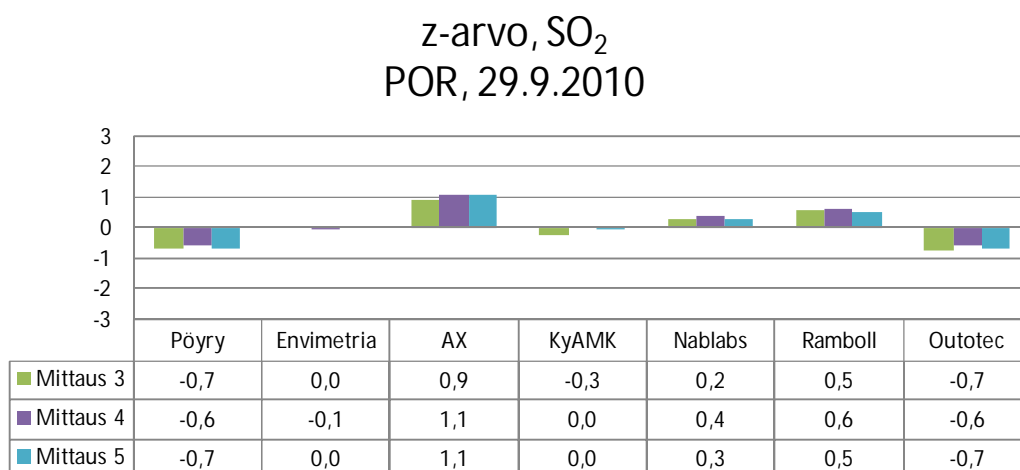
	3	4	5
	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	-3,4	-3,1	-3,5
Envimetria	0,0	-0,3	0,0
AX	4,4	5,5	5,4
KyAMK	-1,3	0,0	-0,2
Nablabs	1,2	1,8	1,4
Ramboll	2,7	3,0	2,5
Outotec	-3,7	-3,0	-3,5

Kuvassa 8 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 1-2.



Kuva 8. z-arvot SO₂-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK.

Kuvassa 9 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 3-5.



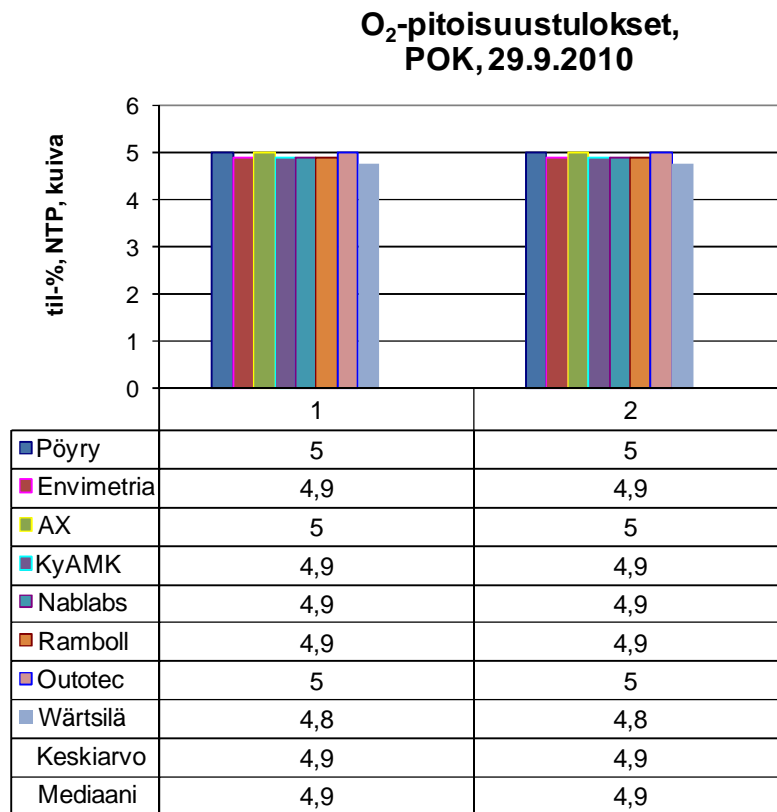
Kuva 9. z-arvot SO₂-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena raskas polttoöljy POR.

Laboratorion Pöyry Finland Oy:n mittausten 1 ja 2 tulokset olivat arveluttavasti vertailuarvoja alempia.

Laboratorion KyAMK ensimmäinen mittaustulos oli hylättävästi vertailuarvoa alempi.

3.1.3 Happi, O₂

Happipitoisuuksien tulokset kevyttä polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. O₂-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK.

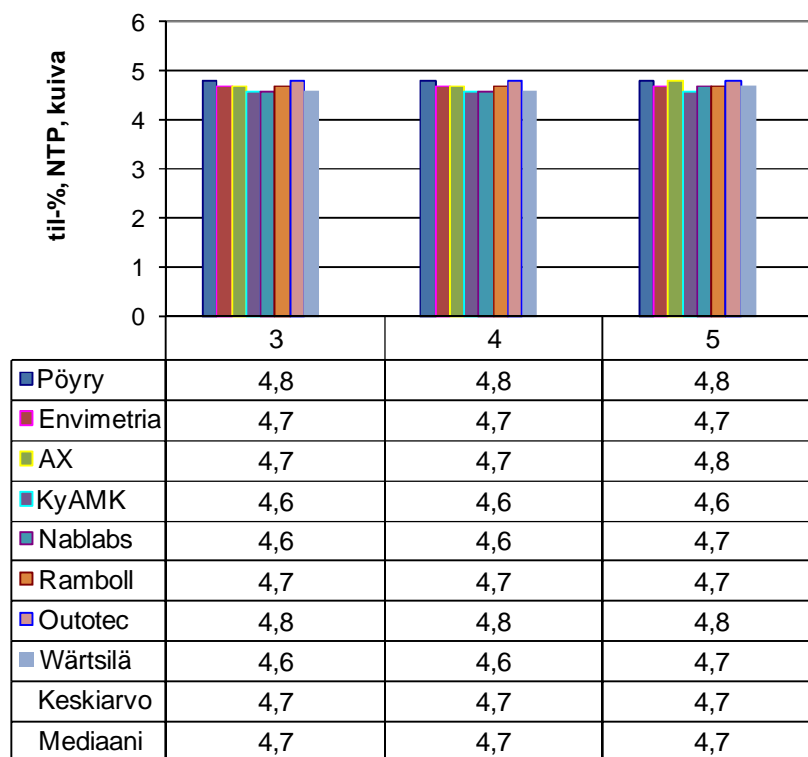
Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. O₂-tulosten suhteellinen ero mediaanista, polttoaineena POK.

	1	2
	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	2,0	2,0
Envimetria	0,0	0,0
AX	2,0	2,0
KyAMK	0,0	0,0
Nablabs	0,0	0,0
Ramboll	0,0	0,0
Outotec	2,0	2,0
Wärtsilä	-2,0	-2,0

Happipitoisuustulokset raskasta polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 11.

O₂-pitoisuustulokset, POR, 29.9.2010



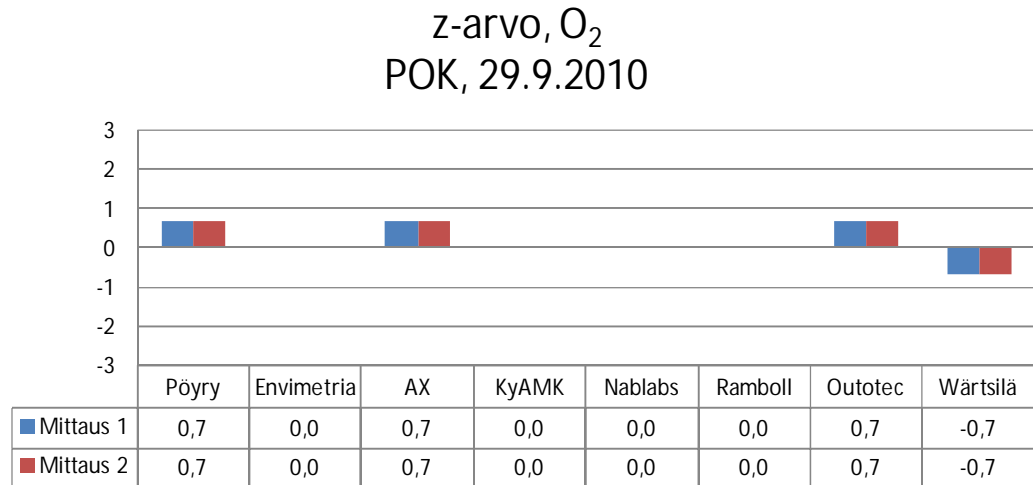
Kuva 11. O₂-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena raskas polttoöljy POR.

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. O₂-tulosten suhteellinen ero mediaanista, polttoaineena POR.

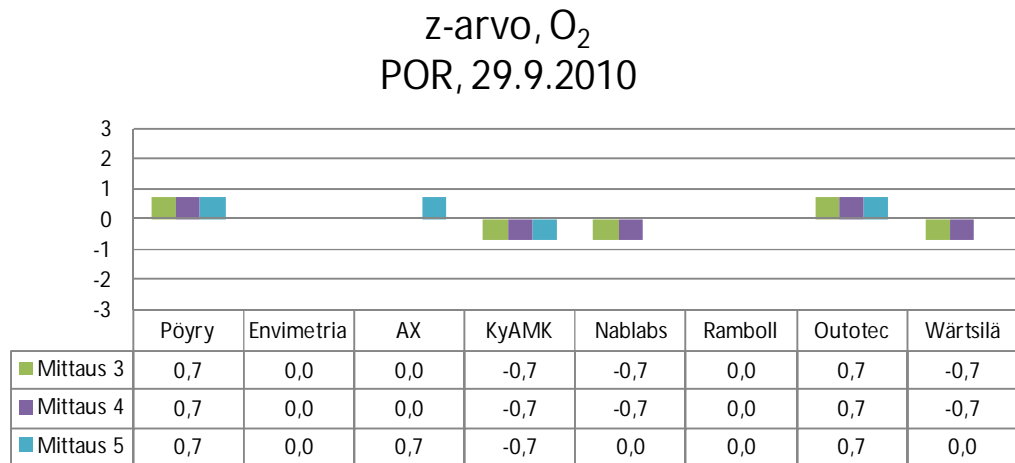
	3	4	5
	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	2,1	2,1	2,1
Envimetria	0,0	0,0	0,0
AX	0,0	0,0	2,1
KyAMK	-2,1	-2,1	-2,1
Nablabs	-2,1	-2,1	0,0
Ramboll	0,0	0,0	0,0
Outotec	2,1	2,1	2,1
Wärtsilä	-2,1	-2,1	0,0

Kuvassa 12 on esitetty z-arvotestitulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 1-2.



Kuva 12. z-arvot O₂-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK.

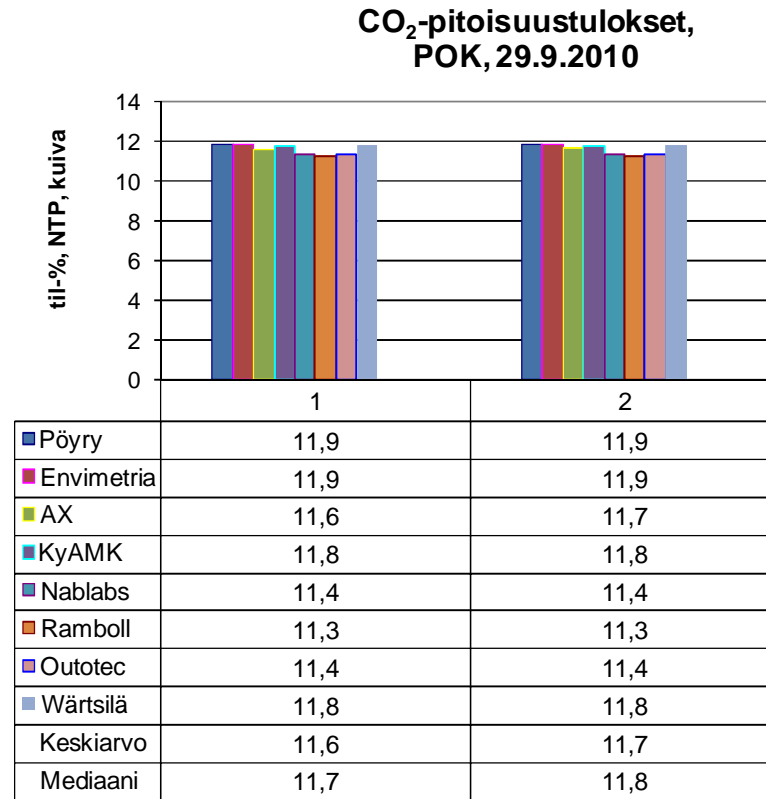
Kuvassa 13 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 3-5.



Kuva 13. z-arvot O₂-pitoisuuksille vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena raskas polttoöljy POR.

3.1.4 Hiilidioksidi, CO₂

Hiilidioksidin pitoisuustulokset kevyttä polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 14.



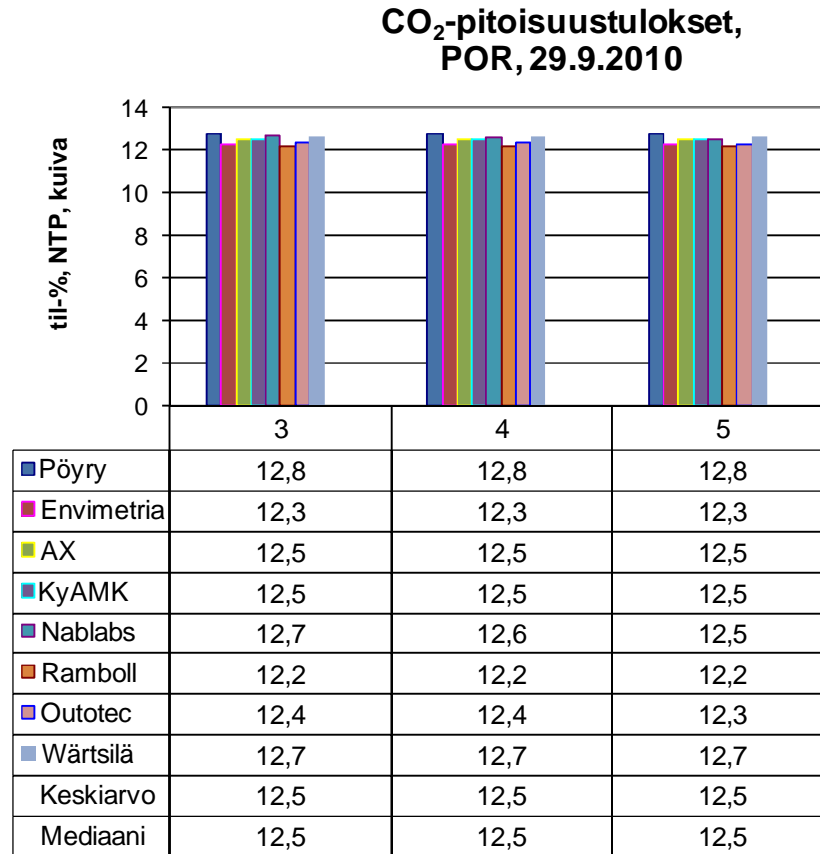
Kuva 14. CO₂-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK.

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. CO₂-tulosten suhteellinen ero mediaanista, polttoaineena POK.

	1	2
	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	1,7	1,3
Envimetria	1,7	1,3
AX	-0,9	-0,4
KyAMK	0,9	0,4
Nablabs	-2,6	-3,0
Ramboll	-3,4	-3,8
Outotec	-2,6	-3,0
Wärtsilä	0,9	0,4

Hiilidioksidipitoisuustulokset raskasta polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 15.



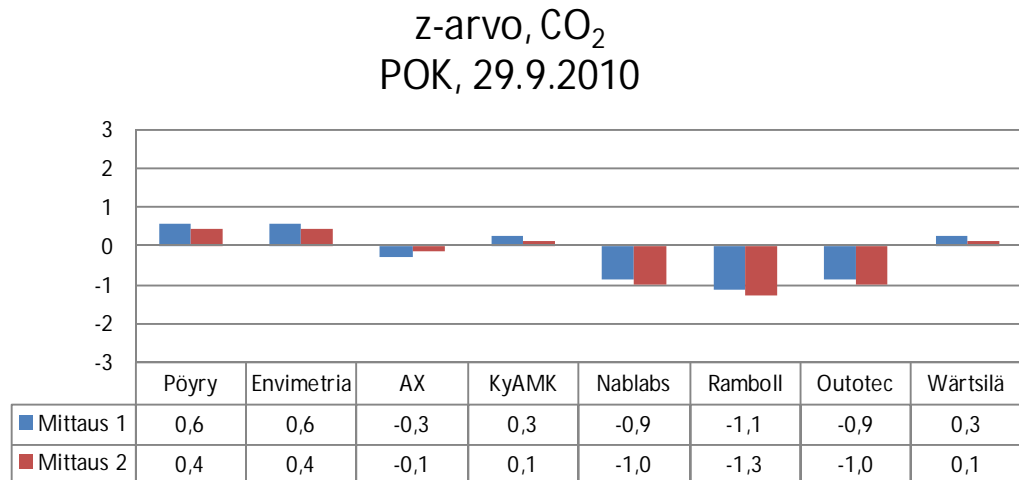
Kuva 15. CO₂-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena raskas polttoöljy POR.

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. CO₂-tulosten suhteellinen ero mediaanista, polttoaineena POR.

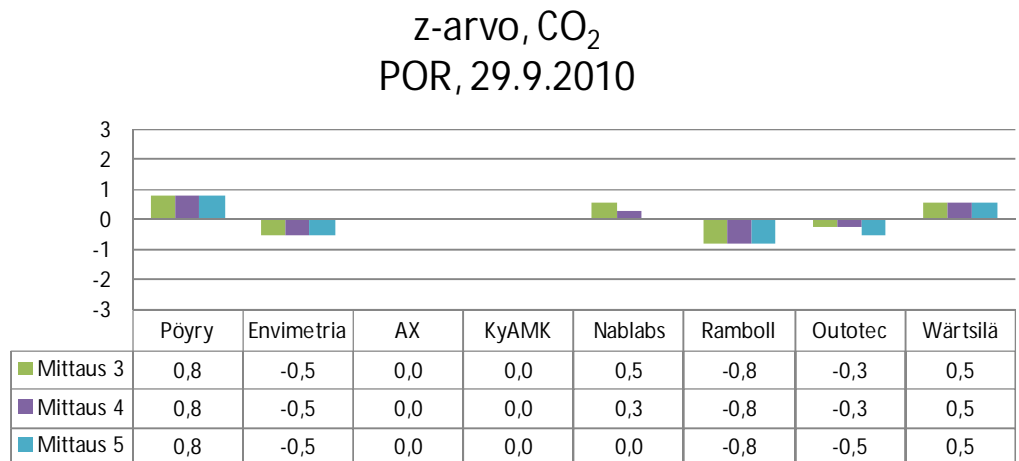
	3	4	5
	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	2,4	2,4	2,4
Envimetria	-1,6	-1,6	-1,6
AX	0,0	0,0	0,0
KyAMK	0,0	0,0	0,0
Nablabs	1,6	0,8	0,0
Ramboll	-2,4	-2,4	-2,4
Outotec	-0,8	-0,8	-1,6
Wärtsilä	1,6	1,6	1,6

Kuvassa 16 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 1-2.



Kuva 16. z-arvot CO₂-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 29.9.2010.
Polttoaineena kevyt polttoöljy POK.

Kuvassa 17 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 3-5.

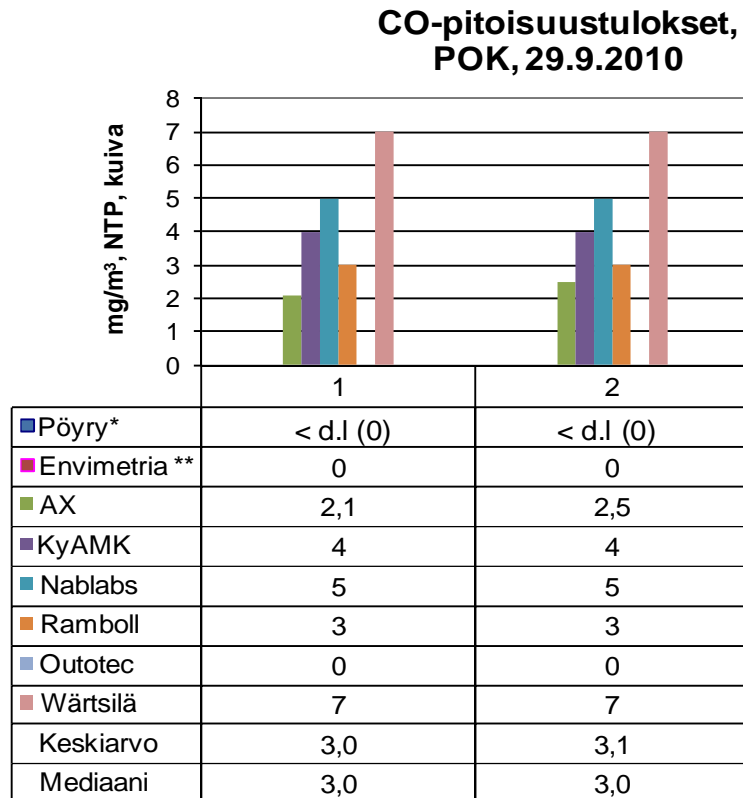


Kuva 17. z-arvot CO₂-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 29.9.2010.
Polttoaineena raskas polttoöljy POR.

3.1.5 Hiilimonoksidi, CO

Hiilimonoksidipitoisuuden mittaustuloksista suurin osa oli laboratorioiden ilmoittamien määrittäysrajojen tasolla tai niiden alapuolella. Sen vuoksi tuloksia ei ole käsitelty tilastollisesti.

Hiilimonoksidipitoisuustulokset kevyttä polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 18.



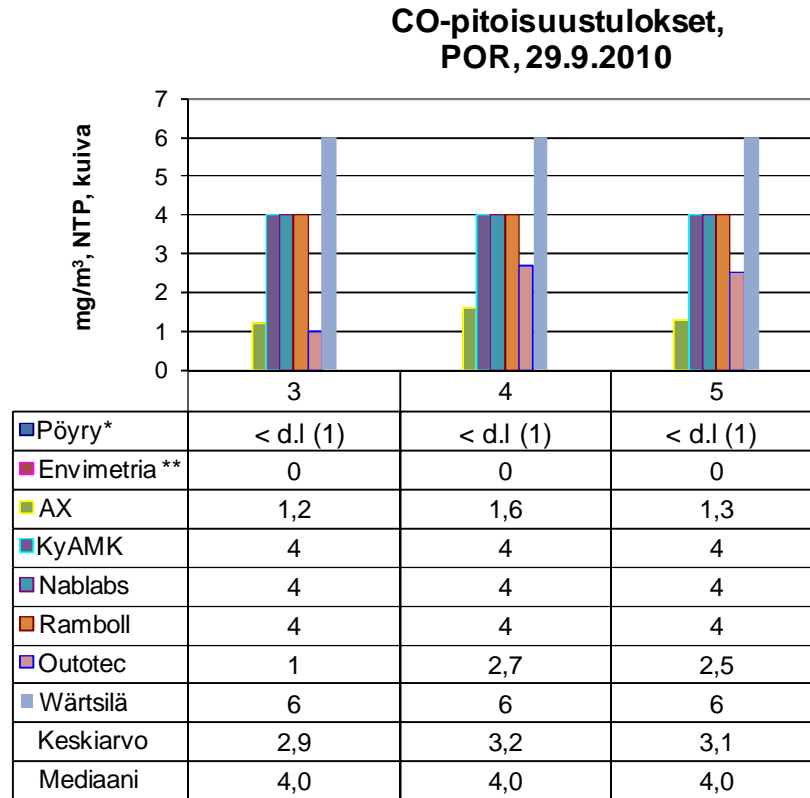
* <d.l. = alle hyväksyttävän määrittäysrajan (mitattu arvo)

** määrittäysrajaksi ilmoitettu 10 ppm varsinaisen raportoinnin jälkeen

Kuva 18. CO-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK.

Laboratorio Pöyry Finland Oy ilmoitti tulosten olevan alle hyväksyttävän määrittäysrajan (d.l), mutta määrittäysrajan arvoa ei ole ilmoitettu.

Hiilimonoksidipitoisuustulokset raskasta polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 19.



* <d.l. = alle hyväksyttävän määritysrajan (mitattu arvo)

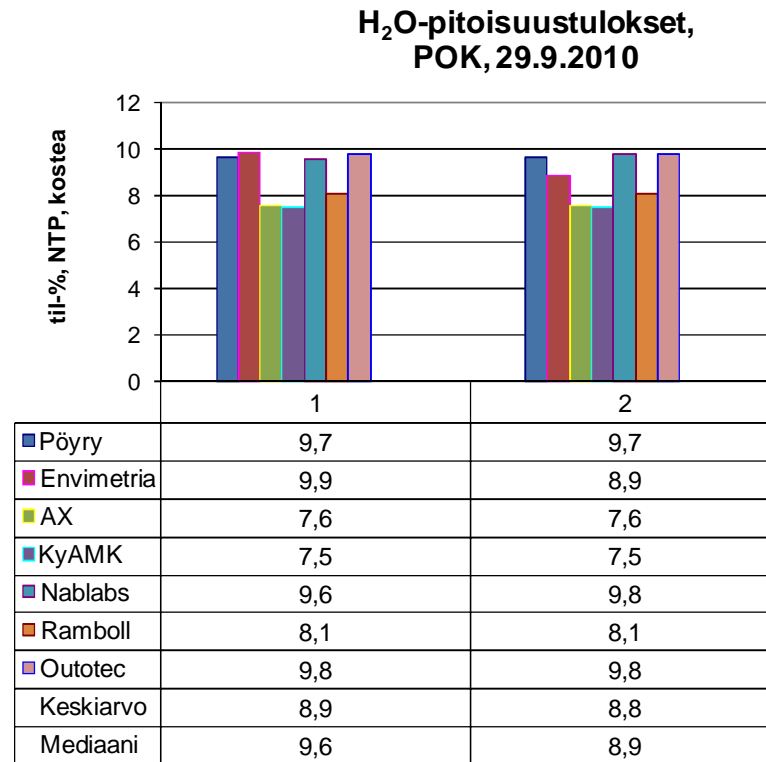
** määritysrajaksi ilmoitettu 10 ppm varsinaisen raportoinnin jälkeen

Kuva 19. CO-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena raskas polttoöljy POR.

3.1.6 Kosteus, H₂O

Laboratorio Wärtsilä Finland Oy ei osallistunut kosteuspitoisuuden vertailuun.

Kaasun kosteuspitoisuustulokset kevyttä polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. H₂O-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK.

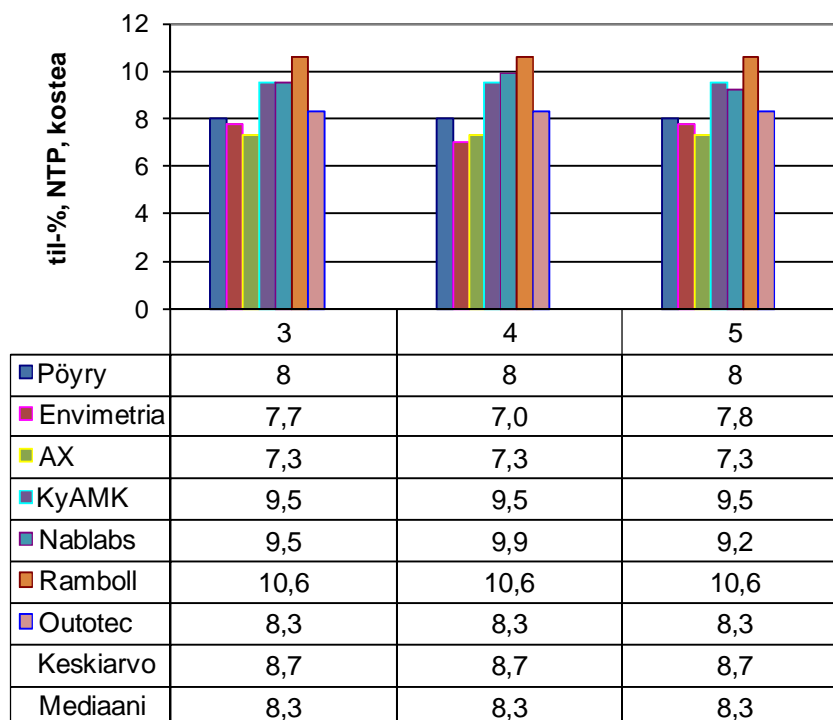
Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. H₂O-tulosten suhteellinen ero mediaanista, polttoaineena POK.

	1	2
	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	1,0	9,2
Envimetria	2,9	0,0
AX	-20,8	-14,4
KyAMK	-21,9	-15,5
Nablabs	0,0	10,4
Ramboll	-15,6	-8,8
Outotec	2,1	10,4

Kosteuspitoisuustulokset raskasta polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 21.

H₂O-pitoisuustulokset, POR, 29.9.2010



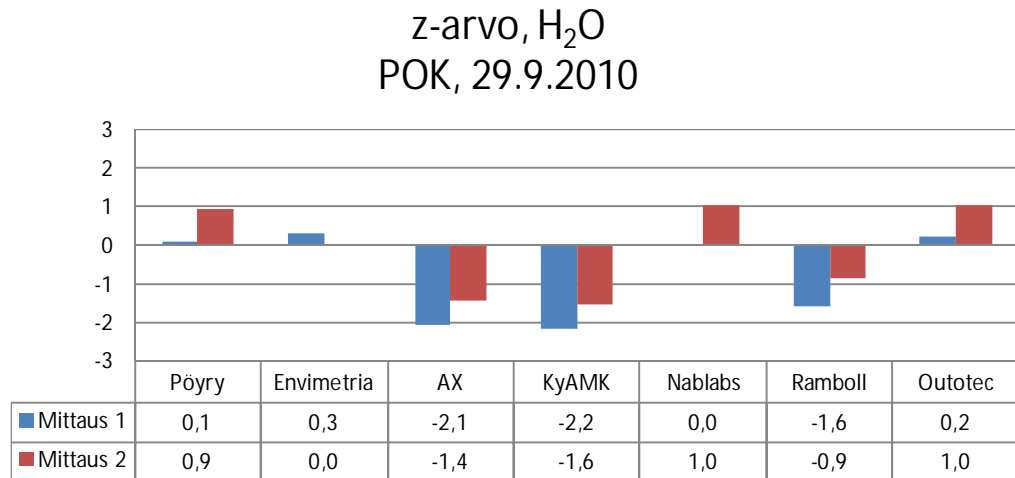
Kuva 21. H₂O-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena raskas polttoöljy POR.

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. H₂O-tulosten suhteellinen ero mediaanista, polttoaineena POR.

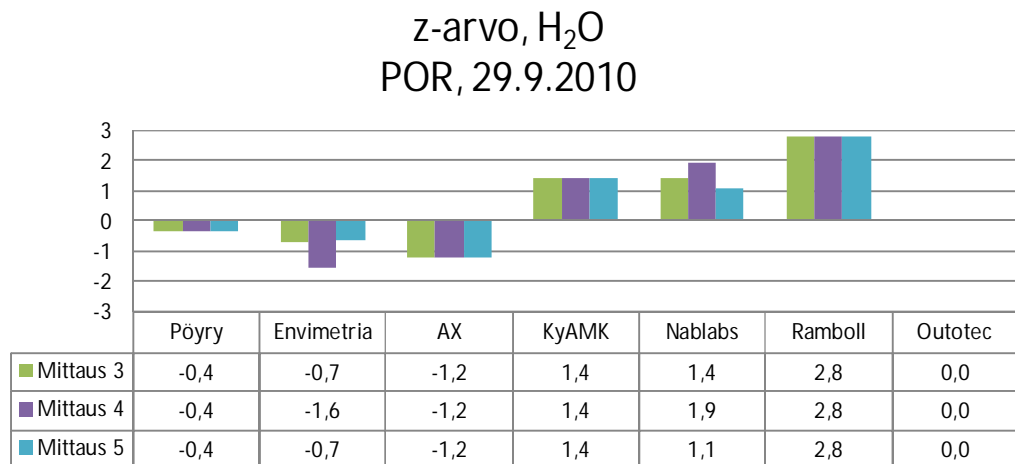
	3	4	5
	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	-3,6	-3,6	-3,6
Envimetria	-6,7	-15,8	-6,6
AX	-12,0	-12,0	-12,0
KyAMK	14,5	14,5	14,5
Nablabs	14,5	19,3	10,8
Ramboll	27,7	27,7	27,7
Outotec	0,0	0,0	0,0

Kuvassa 22 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 1-2.



Kuva 22. z-arvot H₂O-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK.

Kuvassa 23 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 3-5.



Kuva 23. z-arvot H₂O-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena raskas polttoöljy POR.

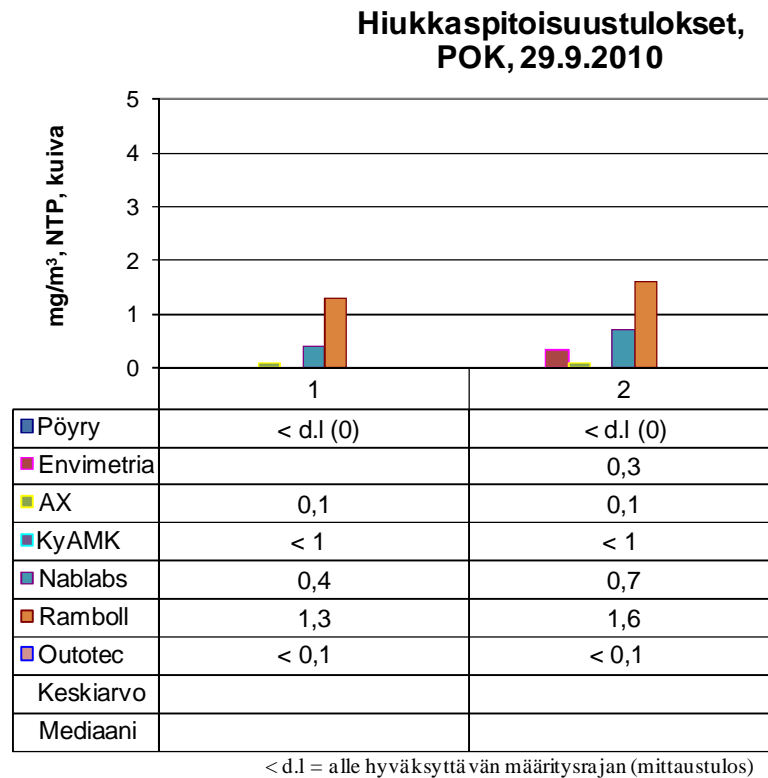
Laboratorioiden Insinööritoimisto AX-LVI Oy:n ja KyAMK ensimmäisen mittauksen mittaustulokset olivat arveluttavasti vertailuarvoa alempia.

Laboratorion Ramboll Finland Oy:n mittauksen 3-5 mittaustulokset olivat arveluttavasti vertailuarvoa suurempia.

3.1.7 Hiukkaspitoisuus

Laboratorio Wärtsilä Finland Oy ei osallistunut hiukkaspitoisuuden vertailuun.

Hiukkaspitoisuustulokset kevyttä polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 24.



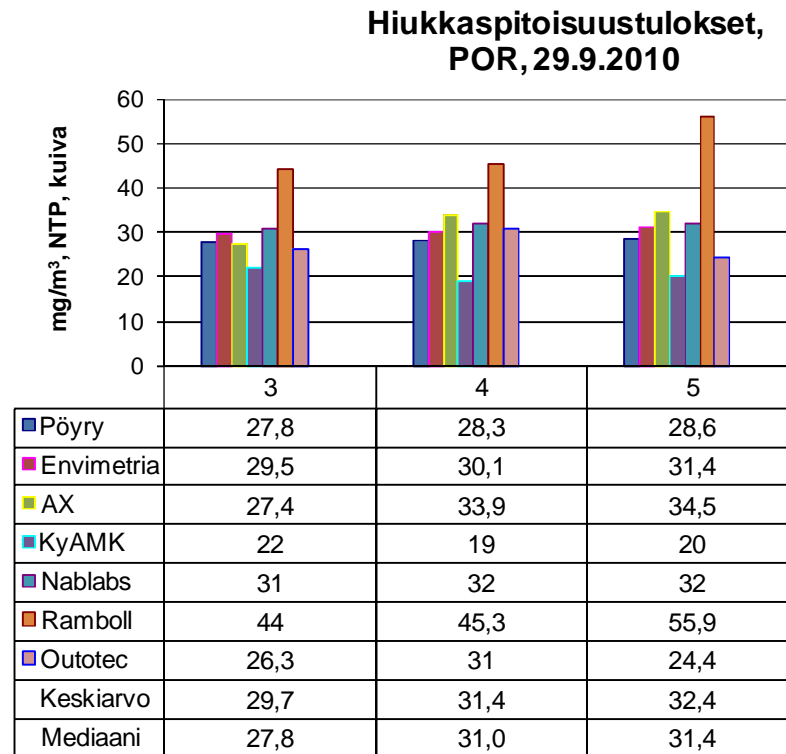
Kuva 24. Hiukkaspitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK.

Laboratorio Pöyry Finland Oy ilmoitti tulosten olevan alle hyväksyttävän määritysrajan (d.l), mutta määritysrajan arvoa ei ole ilmoitettu.

Laboratorio Envimetria Oy oli hylännyt ensimmäisen mittaustuloksensa liian alhaisen isokineettisyyden vuoksi (taulukko 12).

Suurin osa kevyen polttoöljyn poltosta mitatuista hiukkaspitoisuuksista oli samaa suuruusluokkaa standardissa SFS-EN 13284-1 mainitun menetelmän määritysrajan (0,3 mg/m³, NTP, kuiva) kanssa, minkä vuoksi kevyen polttoöljyn poltosta mitattuja hiukkaspitoisuuksia ei tarkastella tilastollisesti.

Hiukkaspitoisuustulokset raskasta polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 25.



Kuva 25. Hiukkaspitoisuustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena raskas polttoöljy POR.

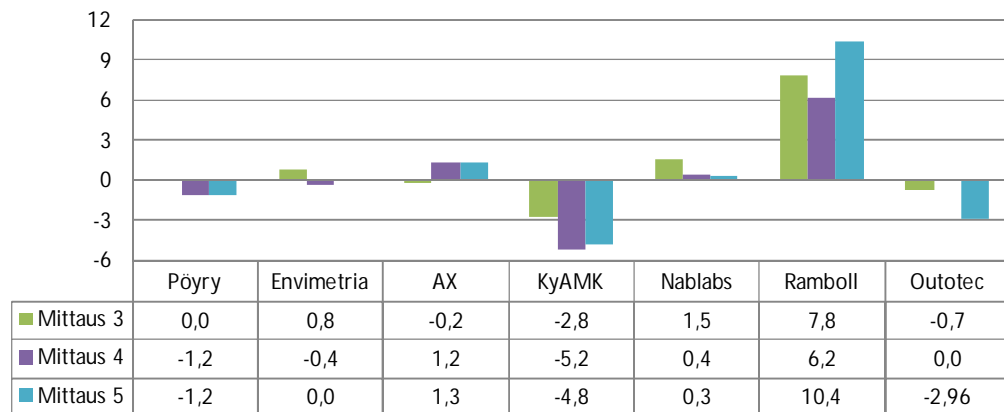
Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Hiukkaspitoisuustulosten suhteellinen ero mediaanista, polttoaineena POR.

	3	4	5
	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	0,0	-8,7	-8,8
Envimetria	6,2	-2,8	0,0
AX	-1,4	9,4	10,0
KyAMK	-20,9	-38,7	-36,2
Nablabs	11,5	3,2	2,0
Ramboll	58,3	46,1	78,2
Outotec	-5,4	0,0	-22,2

Kuvassa 26 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 3-5. Huom! Kuvan skaalaus poikkeaa edellisistä z-arvoja esittävistä kuvista.

z-arvo, Hiukkaset POR, 29.9.2010



Kuva 26. z-arvot hiukkaspitoisuustuloksille vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena raskas polttoöljy POR.

Laboratorion KyAMK kolmannen mittauksen mittaustulos oli arveluttavasti vertailuarvoa alempi ja mittauksien 4 ja 5 mittaustulokset olivat hylättävästi vertailuarvoja alempia.

Laboratorion Ramboll Finland Oy mittausten 3-5 mittaustulokset olivat hylättävästi vertailuarvoja suurempia.

Laboratorion Outotec Oy viidennen mittauksen mittaustulos oli arveluttavasti vertailuarvoa alempi.

Hiukkasnäytteenoton isokineettisyyden poikkeaman hyväksymisrajoiksi on standardissa SFS-EN 13284-1 määritelty -5 - +15 %. Laboratorioiden ilmoittamat poikkeamat isokineettisyydestä hiukkasmittauksissa 29.9.2010 on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Laboratorioiden ilmoittamat poikkeamat isokineettisyydestä 29.9.2010.

	1	2	3	4	5
	%	%	%	%	%
Pöyry	-2	-1	0	-1	-1
Envimetria	-10,8*	0,6	5	4,1	3,2
AX	-3	-3	-4	-3	-4
KyAMK	12	12	-4	-2	-3
Nablabs	0	-2	0	1	1
Ramboll	1	5	1	3	-4
Outotec	-23*	-23*	-7,7*	-8,4*	-10,6*

*Poikkeama isokineettisyydestä standardissa SFS-EN 13284-1 esitettyä sallittua arvoa suurempi

Laboratorioiden Envimetria Oy (mittaus 1) ja Outotec Oy (mittaukset 1-5) hiukkasmittauksen poikkeamat isokineettisyydestä olivat sallittua suurempia taulukon 12 mukaisissa mittauksissa. Näistä laboratorioista Envimetria Oy oli huomionnut asian raportoinnissa, Outotec Oy ei ottanut asiaan kantaa raportissaan.

3.1.8 Virtausnopeus

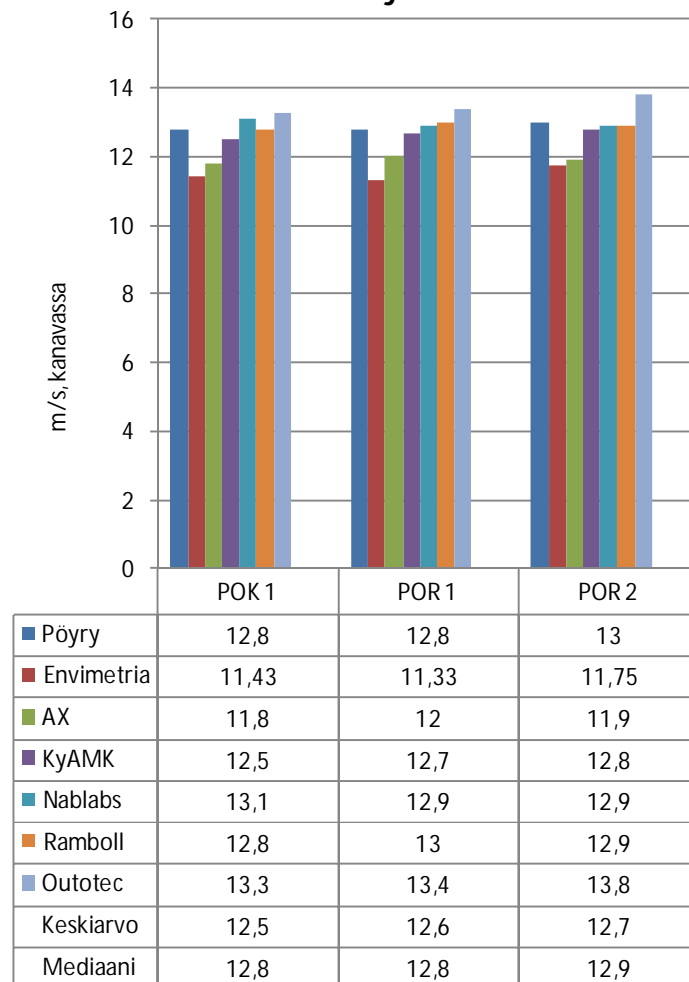
Kaasun virtausnopeus mitattiin kolme kertaa vertailumittauspäivän aikana; yhden kerran poltettaessa kevyttä polttoöljyä ja kaksi kertaa poltettaessa raskasta polttoöljyä. Mittausajankohdat olivat:

POK 1 klo 9:57 - 10:00
 POR 1 klo 13:35 - 13:40
 POR 2 klo 16:31 - 16:35

Laboratorio Wärtsilä Finland Oy ei osallistunut virtausnopeuden vertailuun.

Kaasun virtausnopeustulokset kanavan olosuhteissa kevyttä ja raskasta polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 27.

Virtausnopeustulokset, POK ja POR, 29.9.2010



Kuva 27. Virtausnopeustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK ja raskas polttoöljy POR.

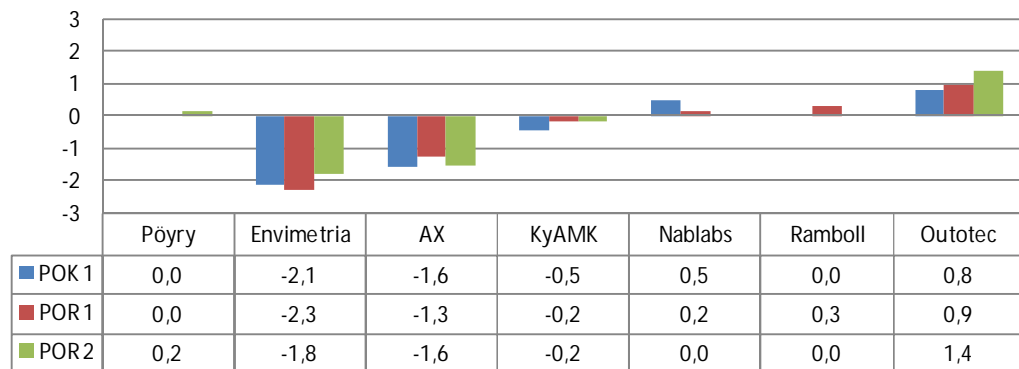
Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Kaasun virtausnopeustulosten suhteellinen ero mediaanista, polttoaineena POK ja POR.

	POK 1	POR 1	POR 2
	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	0,0	0,0	0,8
Envimetria	-10,7	-11,5	-8,9
AX	-7,8	-6,3	-7,8
KyAMK	-2,3	-0,8	-0,8
Nablabs	2,3	0,8	0,0
Ramboll	0,0	1,6	0,0
Outotec	3,9	4,7	7,0

Kuvassa 28 on esitetty z-arvotestin tulokset virtausnopeustuloksille.

z-arvo, Virtausnopeus POK ja POR, 29.9.2010



Kuva 28. z-arvot virtausnopeustuloksille vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK ja raskas polttoöljy POR.

Laboratorion Envimetria Oy:n kaksi ensimmäistä mittaustulosta olivat arveluttavasti vertailuarvoa alemmat.

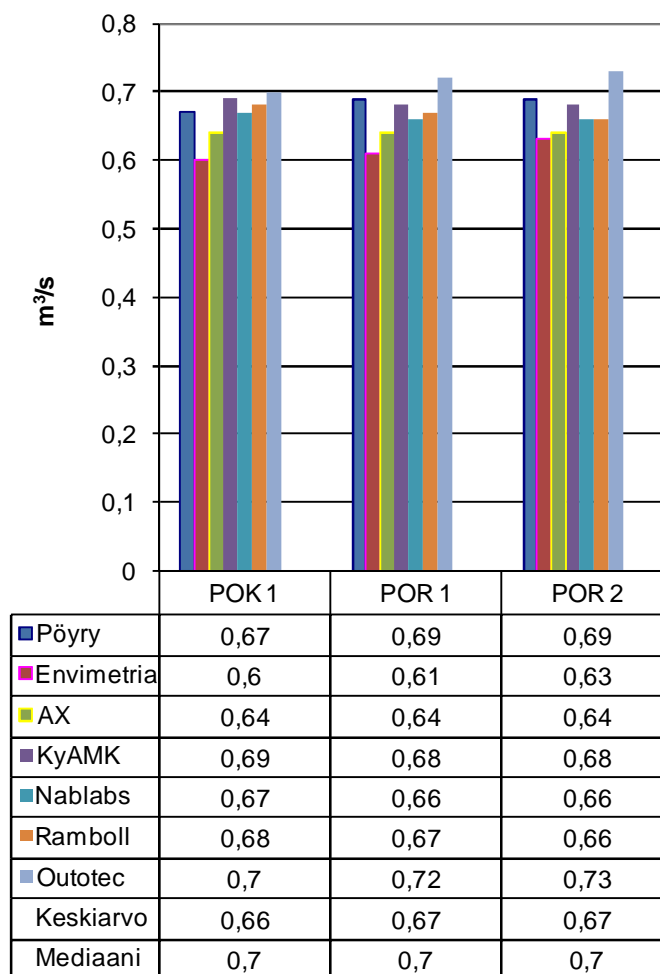
3.1.9 Tilavuusvirtaus

Kaasun tilavuusvirtaus lasketaan hyödyntäen mitattuja virtausnopeustuloksia, eli mittausajankohdat vastaavat virtausnopeuden mittauksia.

Laboratorio Wärtsilä Finland Oy ei osallistunut tilavuusvirtauksen vertailuun.

Kaasun tilavuusvirtaustulokset kuivassa NTP – olosuhteessa kevyttä ja raskasta polttoöljyä poltettaessa on esitetty kuvassa 29.

**Tilavuusvirtaus, NTP, kuiva
POK ja POR, 29.9.2010**



Kuva 29. Tilavuusvirtaustulokset vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK ja raskas polttoöljy POR.

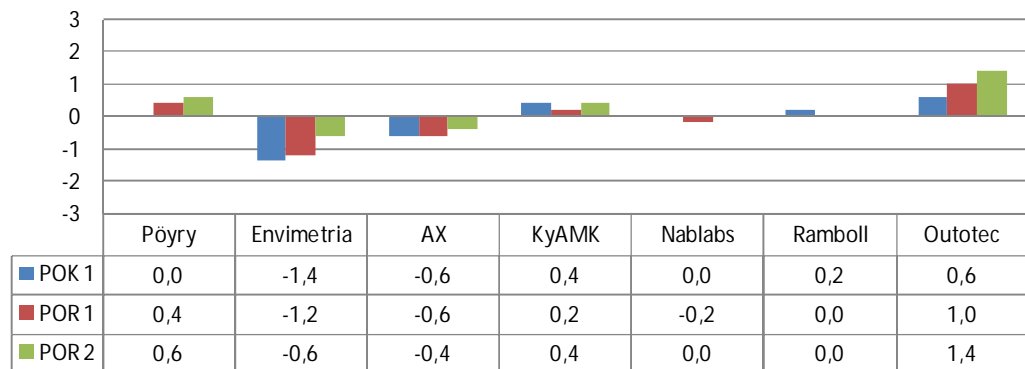
Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Kaasun tilavuusvirtaustulosten suhteellinen ero mediaanista, polttoaineena POK ja POR.

	POK 1	POR 1	POR 2
	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	0,0	3,0	4,5
Envimetria	-10,4	-9,0	-4,5
AX	-4,5	-4,5	-3,0
KyAMK	3,0	1,5	3,0
Nablabs	0,0	-1,5	0,0
Ramboll	1,5	0,0	0,0
Outotec	4,5	7,5	10,6

Kuvassa 30 on esitetty z-arvotestin tulokset tilavuusvirtaustuloksille.

z-arvo, Tilavuusvirtaus POK ja POR, 29.9.2010



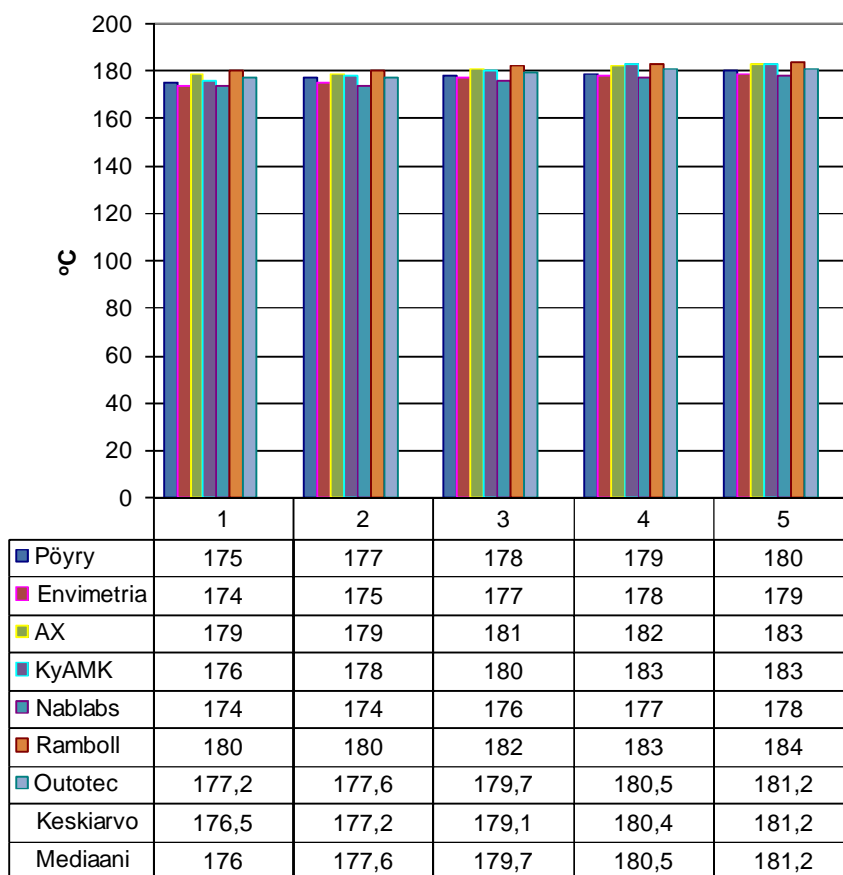
Kuva 30. z-arvot tilavuusvirtaustuloksille vertailumittauksissa 29.9.2010. Polttoaineena kevyt polttoöljy POK ja raskas polttoöljy POR.

3.1.10 Kanavan lämpötila

Kaasun lämpötila kanavassa mitattiin hiukkasmittausten ajankohtina. Koska polttoaineen vaihtumisella ei ole merkitystä lämpötilan mittausten menetelmiin, kaikki lämpötilatulokset on esitetty kuvassa 31. Lämpötilamittaukselle ei ole päästömittauststandardeissa määritelty mittausepävarmuutta, joten z-arvotarkastelua ei tehty.

Laboratorio Wärtsilä Finland Oy ei osallistunut lämpötilamittauksen vertailuun.

Kanavan lämpötila, 29.2.2010



Kuva 31. Lämpötilatulokset vertailumittauksissa 29.9.2010.

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 15.

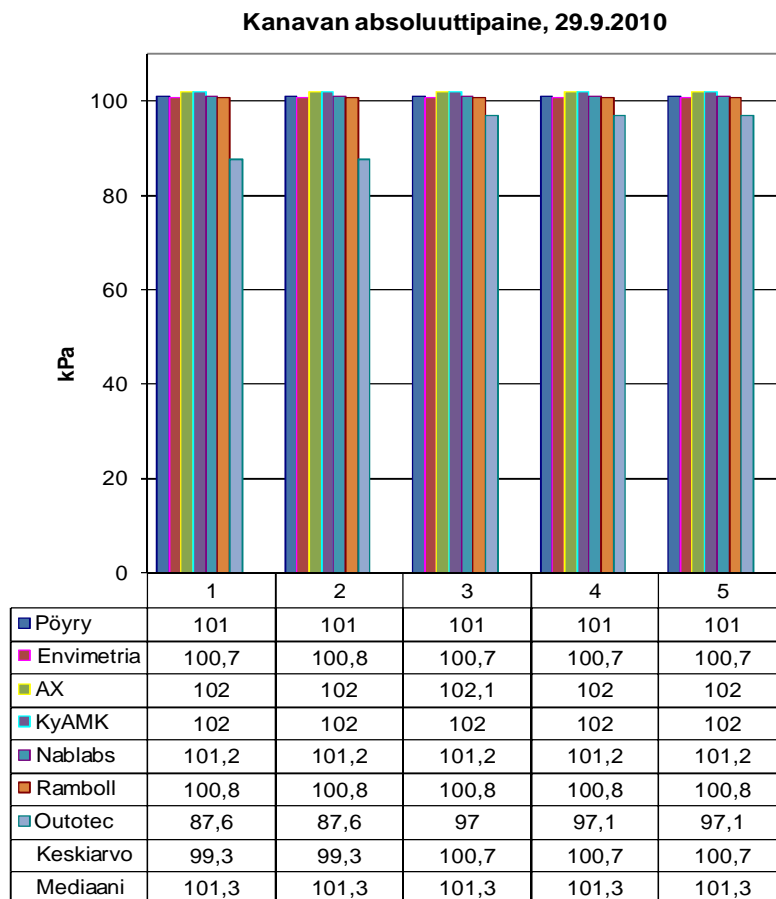
Taulukko 15. Kaasun lämpötilatulosten suhteellinen ero mediaanista.

	1	2	3	4	5
	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	-0,6	-0,3	-0,9	-0,8	-0,7
Envimetria	-1,1	-1,5	-1,5	-1,4	-1,2
AX	1,7	0,8	0,7	0,8	1,0
KyAMK	0,0	0,2	0,2	1,4	1,0
Nablabs	-1,1	-2,0	-2,1	-1,9	-1,8
Ramboll	2,3	1,4	1,3	1,4	1,5
Outotec	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0

3.1.11 Kanavan paine

Kanavassa vallitseva absoluuttinen paine mitattiin virtausnopeusmittausten ajankohtina. Koska polttoaineen vaihtumisella ei ole merkitystä paineen mittaamenetelmiin, kaikki absoluuttipainetulokset on esitetty kuvassa 32. Painemittaukselle ei ole määritelty päästömittauksiin liittyvissä standardeissa mittausepävarmuutta, joten z-arvotarkastelua ei tehty.

Laboratorio Wärtsilä Finland Oy ei osallistunut paineen mittauksen vertailuun.



Kuva 32. Absoluuttipainetulokset vertailumittauksissa 29.9.2010.

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta mediaanista on esitetty taulukossa 16.

Taulukko 16. Kanavan absoluuttipainetulosten suhteellinen ero mediaanista.

	1	2	3	4	5
	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista	% mediaanista
Pöyry	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
Envimetria	-0,6	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6
AX	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7
KyAMK	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Nablabs	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Ramboll	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
Outotec	-13,5	-13,5	-4,2	-4,1	-4,1

Outotec Oy:n kaikki mittaustulokset olivat selvästi vertailuarvoja alemmat.

3.2 Ilmoitetut mittausepävarmuudet

Laboratorioiden ilmoittamat mittausepävarmuudet eri komponenteille on esitetty polttoaineittain. Kevyen polttoöljyn poltosta mitattujen tulosten suhteelliset epävarmuudet on esitetty taulukossa 17 ja raskaan polttoöljyn poltosta taulukossa 18. Referenssimenetelmästandardien määrittelemät suurimmat sallitut mittausepävarmuudet on esitetty taulukossa 19. Vertailumittauksiin käytettävien mittausmenetelmien tulee täyttää standardin asettamat vaatimukset sallitun mittausepävarmuuden suhteen.

Taulukko 17. Ilmoitetut mittausepävarmuudet (suht. ±%) komponenteittain, polttoaineena kevyt polttoöljy POK, 29.9.2010.

	NO _x	SO ₂	H ₂ O	O ₂	CO ₂	CO	Hiukkaset	Tilavuusvirtaus
	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%
Pöyry	6	17	10	2	6	100	100	15
Envimetria	11	11	11**	8	11	11	7	8
AX	6	15	5	5	5	100	100	5
KyAMK	20	20	10	4	2	10	30	30
Nablabs	12*	12*	15	12	12	12*	100	15
Ramboll	14	20	11	10	11	100	100	19
Outotec	17	15	15**	12	16	16	27	10
Wärtsilä	4			4	5***	5***		

* kuitenkin vähintään 2 ppm.

** epävarmuus ilmoitettiin varsinaisen raportoinnin jälkeen

*** mitatut pitoisuudet poikkesivat akkreditoidusta alueesta, joille epävarmuudet oli annettu.

Taulukko 18. Ilmoitetut mittausepävarmuudet (suht. ±%) komponenteittain, polttoaineena raskas polttoöljy POR, 29.9.2010.

	NO _x	SO ₂	H ₂ O	O ₂	CO ₂	CO	Hiukkaset	Tilavuusvirtaus
	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%
Pöyry	8	6	13	3	5,5	100	11	15
Envimetria	11	11	11**	8	11	11	7	8
AX	4	6	5	5	5	100	10	5
KyAMK	20	20	10	4	1,6	10	30	30
Nablabs	12*	12*	15	12	12	12*	26	15
Ramboll	11	10	11	11	11	100	13	18
Outotec	17	15	15**	12	16	16	27	10
Wärtsilä	4			4	5***	5***		

* kuitenkin vähintään 2 ppm.

** epävarmuus ilmoitettiin varsinaisen raportoinnin jälkeen

*** mitatut pitoisuudet poikkesivat akkreditoidusta alueesta, joille epävarmuudet oli annettu.

Taulukko 19. Referenssimenetelmästandardien määrittelemät suurimmat sallitut mittausepävarmuudet komponenteittain (kts. tarkemmat tiedot kappale 2.4).

	Mittausepävarmuus ±% tuloksesta
NO _x	10
SO ₂ *	20*
CO	6
O ₂	6
H ₂ O	20

* Märkämääräiselle menetelmälle. Tämän raportin tulosten tarkastelussa käytetty sallittuna epävarmuutena 10 %.

4 Standardin SFS-EN 14181 soveltaminen

Päästömittauslaboratorioiden, jotka tekevät vertailumittauksia LCP- ja jätteenpolttodirektiivin alaisille kiinteille mittalaitteille (AMS), tulee käsitellä tulokset standardin SFS-EN 14181 mukaisesti. Kyseisessä standardissa on esitetty, kuinka QAL2 ja AST tarkastelut tehdään. QAL2:ssa määritetään kiinteälle mittalaitteelle kalibrointifunktio ja sen voimassaoloalue. AST tarkoittaa vuosittain tehtävää vertailumittausta, jossa tarkistetaan kalibrointisuoran paikkansapitävyys. Standardissa määritellään myös raportoinnin kattavuus QAL2 ja AST raportoinneille.

Vertailumittausten yhteydessä tehdyistä laboratorioiden raporteista on tässä loppuraportissa tarkasteltu sitä, kuinka QAL2- ja AST-laskennat on tehty ja miten hyvin laboratorioiden laatimista raporteista käy ilmi standardissa SFS-EN 14181 esitetyt vaatimukset raportoinnissa esitettävistä asioista.

Wärtsilä Finland Oy ja Outotec Oy eivät osallistuneet standardin SFS-EN 14181 mukaisiin vertailuihin.

4.1 QAL2

QAL2-laskennan tarkastelua varten VTT lähetti vertailumittauksiin osallistuneille laboratorioille QAL2-laskentoihin tarvittavat lähtötiedot typen oksideille, rikkidioksidille ja hiukkaspitoisuudelle. Lähtötietojen perusteella laboratoriot määrittivät komponenteille kalibrointifunktiot ja niiden voimassaoloalueen standardin EN14181 mukaisesti. Samoista lähtöarvoista johtuen kaikkien laboratorioiden määrittämien kalibrointifunktioiden ja niiden voimassaoloalueiden pitäisi olla samanlaiset. Lähetetyt arvot on esitetty liitteessä 2.

QAL2-tarkastelut esitetään komponenteittain. Kalibrointifunktiot on esitetty muodossa $y = ax + b$.

4.1.1 Hiukkaspitoisuuden kalibrointifunktion määrittäminen

Liitteessä 2 esitetyistä lähtötiedoista laskien hiukkaspitoisuuden kalibrointifunktion tulisi olla $y = 1,105 \text{ mg/m}^3 / \text{mg/m}^3 * x - 0,167 \text{ mg/m}^3$ ja kalibrointifunktion voimassaoloalueen tulisi olla 0 – 183 mg/m^3 , NTP, kuiva, 3 % O_2 .

Laboratorioiden ilmoittamat kalibrointifunktiot ja niiden voimassaoloalueet on esitetty taulukossa 20.

Taulukko 20. Hiukkaspitoisuuden kalibrointifunktiot ja niiden voimassaoloalueet laboratorioittain.

	Kalibrointifunktio		Voimassaoloalue mg/m ³ , NTP, kuiva, 3 % O ₂
	a mg/m ³ / mg/m ³ kanavassa	b mg/m ³ kanavassa	
Pöyry	1,105	-0,167	183
Envimetria	1,105	-0,1675	91,3
AX-LVI	1,1	-0,14	183,1
KyAMK	1,105	-0,1675	183,05
Nablabs	1,1	-0,2	183
Ramboll	1,105	-0,167	183

Taulukon 20 kalibrointifunktioista voidaan havaita laboratorion AX-LVI olevan väärän b-arvon. Laboratorion NabLabs poikkeava b-arvo on pyörityksestä johtuvaa. Laboratorion Envimetria on väärä kalibrointifunktion voimassaoloalue.

4.1.2 NO_x-pitoisuuden kalibrointifunktion määrittäminen

Liitteessä 2 esitetyistä lähtötiedoista laskien typenoksidipitoisuuden kalibrointifunktion tulisi olla $y = 1,087 \text{ ppm/ppm} \cdot x - 5,315 \text{ ppm}$ ja kalibrointifunktion voimassaoloalueen tulisi olla 0 – 888 mg/m³, NTP, kuiva, 3 % O₂.

Laboratorioiden ilmoittamat kalibrointifunktiot ja niiden voimassaoloalueet on esitetty taulukossa 21.

Taulukko 21. Typenoksidipitoisuuden kalibrointifunktiot ja niiden voimassaoloalueet laboratorioittain.

	Kalibrointifunktio		Voimassaoloalue mg/m ³ , NTP, kuiva, 3 % O ₂
	a ppm/ppm NTP, kuiva	b ppm, NTP, kuiva	
Pöyry	1,087	-5,315	887
Envimetria	1,0871	-5,3149	603,0*
AX-LVI	1,08	88,73**	1012,8
KyAMK	1,0871	-10,916**	887,89
Nablabs	1,09	-5,3	888
Ramboll	1,087	-5,315	888

* ppm, NTP, kuiva, 3 % O₂

** mg/m³, NTP, kuiva

Taulukon 21 kalibrointifunktioista voidaan havaita laboratorion AX-LVI ja KyAMK olevan väärät b-arvot.

Laboratorion AX-LVI on väärä kalibrointifunktion voimassaoloalue.

Laboratoriolla Envimetria Oy kalibrointifunktion voimassaoloalue oli ilmoitettu ppm-yksiköissä, vaikka se olisi pitänyt ilmoittaa mg/m^3 NTP, kuiva, 3 % O_2 – olosuhteessa ja lisäksi se oli laskettu väärin.

4.1.3 SO_2 -pitoisuuden kalibrointifunktion määrittäminen

Liitteessä 2 esitetyistä lähtötiedoista laskien rikkidioksidipitoisuuden kalibrointifunktion tulisi olla $y = 0,999 \text{ ppm/ppm} \cdot x + 0,252 \text{ ppm}$ ja kalibrointifunktion voimassaoloalueen tulisi olla 0 – 1641 mg/m^3 , NTP, kuiva, 3 % O_2 .

Laboratorioiden ilmoittamat kalibrointifunktiot ja niiden voimassaoloalueet on esitetty taulukossa 22.

Taulukko 22. Rikkidioksidipitoisuuden kalibrointifunktiot ja niiden voimassaoloalueet laboratorioittain.

	Kalibrointifunktio		Voimassaoloalue
	a ppm/ppm NTP, kuiva	b ppm, NTP, kuiva	mg/m^3 , NTP, kuiva, 3 % O_2
Pöyry	0,998	0,252	1641
Envimetria	0,9985	0,2518	561,0*
AX-LVI	1	132,71**	1829,5
KyAMK	0,9985	0,7369**	1640,96
Nablabs	1	0,3	1642
Ramboll	0,998	0,252	1641

* ppm, NTP, kuiva, 3 % O_2

** mg/m^3 , NTP, kuiva

Taulukon 22 kalibrointifunktioista voidaan havaita laboratorioilla AX-LVI ja KyAMK olevan väärät b-arvot.

Laboratoriolla AX-LVI on väärä kalibrointifunktion voimassaoloalue.

Laboratoriolla Envimetria kalibrointifunktion voimassaoloalue on ilmoitettu ppm-yksiköissä, vaikka se olisi pitänyt ilmoittaa mg/m^3 NTP, kuiva, 3 % O_2 – olosuhteessa. Kun pitoisuuksien muunnoskertoimet ($\text{ppm} \rightarrow \text{mg/m}^3$) otetaan huomioon, funktio oli laskettu oikein.

4.2 AST-tarkastelu

Vertailumittaukset tehtiin standardin SFS-EN 14181 AST-määrityksen mukaisesti. AST-määrityksissä päästömittaja tekee vertailumittaukset kiinteästi asennetun mittalaitteen (AMS) kanssa. AST-mittauksilla tarkastellaan AMS:n kalibroinnin voimassaoloa vaihtelevuustestin ja t-testin avulla.

AST-mittausten perusteella tarkastellaan, onko aiempien QAL2-mittausten (kappale 4.1) mukainen kalibrointifunktio pätevä.

Standardin SFS-EN 14181 mukaan vaihtelevuustestin tulokset hyväksytään, jos

$$S_D \leq 1,5 \cdot \sigma_0 \cdot k_v \quad (4)$$

missä

S_D = AMS- ja SRM-mittausten erotusten keskihajonta

σ_0 = (p*ELV)/ 1,96

k_v on viidelle mittausarvolle 0,9161

Vaihtelevuustestin kriteerien pitäisi olla kaikilla samanlaiset;

NO_x 84,1 mg/m³, NTP, kuiva

SO₂ 140,2 mg/m³, NTP, kuiva

hiukkasille 10,52 mg/m³, NTP, kuiva

Kaikki laboratoriot olivat laskeneet nämä oikein, ottaen huomioon laboratorion Envimetria Oy muunnoskertoimet ppm:stä mg/m³:ksi ja hiukkasissa neljän mittauspisteen mukaisesti käytetyn k_v -arvon.

Taulukossa 23 on esitetty vaihtelevuustestien tulokset laboratorioittain eri komponenteille. Mittalaite menee läpi vaihtelevuustestistä, jos vasemmanpuoleinen luku on pienempi tai yhtä suuri kuin oikeanpuoleinen luku.

Taulukko 23. Vaihtelevuustestien arvot, NTP, kuiva, 3 % O₂.

	NO _x	SO ₂	Hiukkaset
Pöyry	16,28 < 84,13 mg/m ³	484,47 > 140,22 mg/m ³	69,99 > 10,52 mg/m ³
Envimetria	15,94 < 40,944 ppm	159,96 > 47,955 ppm	55,12 > 11,86 mg/m ³
AX	25,1 < 84,1 mg/m ³	440 > 140 mg/m ³	66,8 > 10,5 mg/m ³
KyAMK	48,1 < 84,1 mg/m ³	469,9 > 140,2 mg/mg ³	75,2 > 10,5 mg/mg ³
Nablabs	19 < 84	466 > 140	68 > 11 mg/m ³ 6%O ₂
Ramboll	26,1 < 84,12	449,88 > 140,2	58,77 > 10,52

Laboratorio Envimetria on hylännyt yhden hiukkasmittaustuloksensa, jonka vuoksi oikeanpuoleisen arvon laskemisessa on otettu huomioon mittaustuloksia olevan vain neljä kappaletta.

Laboratorio NabLabs on raportoinut (taulukot 23 ja 24) hiukkasmittaukset 6 % hapessa. Laskenta on kuitenkin tehty oikein 3 % happeen.

Kaikki laboratoriot olivat tehneet vaihtelevuustestitarkastelut standardin SFS-EN 14181 mukaisesti.

Taulukossa 24 on esitetty t-testien tulokset laboratorioittain eri komponenteille.

Taulukko 24. t-testien arvot, NTP, kuiva, 3 % O₂.

	NO _x	SO ₂	Hiukkaset
Pöyry	16,726 < 76,7 mg/m ³	631,9 > 564,0 mg/m ³	75,116 > 74,4 mg/m ³
Envimetria	23 < 44,998 ppm	207 > 187,409 ppm	92,19 > 68,09 mg/m ³
AX	158,4 > 85,1 mg/m ³	728 > 521 mg/m ³	72,1 > 71,4 mg/m ³
KyAMK	76,8 < 107,0 mg/m ³	617,1 > 550,0 mg/m ³	80,3 > 79,4 mg/m ³
Nablabs	16 < 80 mg/m ³	596 > 546 mg/m ³	72 < 73 mg/m ³ 6%O ₂
Ramboll	48 < 86,1	582 > 531	61,7 < 63,6

Laboratorion Insinööritoimisto AX-LVI t-testi NO_x:lle ei mennyt läpi, vaikka sen olisi pitänyt mennä. Laskenta on tehty oikein, mutta lopputulos oli väärin johtuen virheellisestä kalibrointifunktiosta (kappale 4.1.2).

4.3 Raporttien sisältö

Päästömittauslaboratorioiden QAL2- ja AST- raporttien sisällölle on asetettu vaatimuksia standardissa SFS-EN 14181. Taulukossa 25 on esitetty soveltuvin osin laboratorioittain vaatimusten toteuma AST- raporttien vaatimuksiin verrattuna.

Taulukko 25. Vertailumittauksiin soveltuvin osin AST-raportointivaatimukset ja toteuma laboratorioittain.

	Nab-Labs	Ramboll	AX-LVI	Envimetria	KyAMK	Pöyry
kuvaus laitoksesta ja näytteenottoapaikasta	x	x	x	x	-	x
kuvaus SRM mukaan luettuna mittausperiaate, malli, mittausalue, toistettavuus ja/tai mittausepävarmuus	x x - x	x x - x	x x - x	x x - x	x x - x	x x - x
ja viittaus mahdolliseen SRM:n EU tai ISO referenssiin	x	x	x	x	x	x
vertailumittausten ajankohdat	x	x	x	x	x	x
kaikki AMS:n ja SRM:n mittausarvot sekä mitattuina arvoina (raakadatana) että keskiarvoina mittausjaksoilta	x	x	Ei kaikkia	x	Ei kaikkia	x
ASTvaihtelevuustestin ja kalibrointisuoran hyväksyttävyyys	x	x	x	x	x	x
mikä tahansa poikkeama standardista SFS-EN 14181 ja poikkeaman mahdollinen vaikutus esitettyihin tuloksiin	-	-	-	x	-	x

5 Havainnot ja korjaustoimenpiteet laboratorioittain

Havainnot ja niiden pohjalta tehdyt korjaustoimenpiteet on esitetty laboratorioittain. Havainnot on merkitty H:lla ja korjaustoimenpiteet K:lla. Korjaustoimenpiteet perustuvat laboratorioiden omiin ilmoituksiin.

5.1 Envimetria Oy

H: Hiukkasmittausten ensimmäisen näytteenoton isokineettisyys kevyttä polttoöljyä poltettaessa ei täyttänyt standardin SFS-EN 13284 vaatimuksia.
K: Laboratorio oli käsitellyt asian ja ottanut asian huomioon ilmoittamissaan tuloksissa ja AST-laskennassa.

H: Hiukkaspitoisuuden- ja typenoksidien QAL2-kalibrointifunktioiden voimassaoloalueet olivat virheelliset.
K: Laskentapohjassa oli virhe. Laskenta on korjattu ja tarkistettu.

5.2 Kymenlaakson ammattikorkeakoulu KyAMK

H: Hiukkaspitoisuudet raskaalla polttoöljyllä tehdyissä mittauksissa olivat arveluttavasti tai hylättävästi vertailuarvoja alemmat (z-arvot >2 tai >3).
K: Mittausten aikana oli laitteistossa tekninen vika. Laboratorio on käsitellyt asian ja tehnyt tarvittavat korjaustoimenpiteet.

H: Rikkidioksidipitoisuus ensimmäisessä mittauksessa kevyellä polttoöljyllä oli hylättävästi vertailuarvoa alempi (z-arvo >3).
K: Laboratorio on käsitellyt asian.

H: Hiukkasmittausten näytteenoton isokineettisyys kevyellä polttoöljyllä ajettaessa ei täyttänyt standardin SFS-EN 13284 vaatimuksia.
K: Laboratorio on käsitellyt asian.

H: Kaasumaisten yhdisteiden QAL2-kalibrointifunktiot oli laskettu mg/m^3 -yksiköissä. Funktiot olisi pitänyt olla ppm-yksikössä ilmoitettu, koska AMS-laitteiston primääriviesti oli annettu ppm-yksikössä.
K: Laboratorio on käsitellyt asian ja tehnyt tarvittavat korjaustoimenpiteet laskentoihin.

5.3 Nab Labs Oy

H: Hiukkaspitoisuuden AST-raportissa mittaustulos raportoitu normalisoituna 6 til-% happipitoisuuteen. Tulokset olisi pitänyt ilmoittaa 3 til-% hapessa, koska polttoaineena oli nestemäinen, jonka normalisointi tehdään 3 til-%;n happipitoisuuteen.
K: Merkintä oli jäänyt vanhasta raportointipohjasta. Laskenta oli kuitenkin tehty oikein 3 til-% happipitoisuuteen.

5.4 Ramboll Finland Oy

H: Hiukkaspitoisuudet raskaalla polttoöljyllä tehdyissä mittauksissa olivat hylättävästi vertailuarvoja suuremmat (z-arvot >3).

K: Näytteidenkäsittelyssä oli tapahtunut inhimillinen virhe. Laboratorio on käsitellyt asian ja tehnyt tarvittavat korjaustoimenpiteet.

H: Kosteuspitoisuus raskaalla polttoöljyllä ajettaessa oli arveluttavasti vertailuarvoja suuremmat (z-arvot >2 , mutta ≤ 3).

K: Laboratorio on käsitellyt asian ja tehnyt tarvittavat korjaustoimenpiteet.

5.5 Outotec Oy

H: Hiukkaspitoisuus kolmannessa raskaalla polttoöljyllä tehdyssä mittauksessa oli arveluttavasti vertailuarvoa alempi (z-arvo >2 , mutta ≤ 3).

K: Laboratorio on käsitellyt asian.

H: Hiukkasmittausten ensimmäisen, toisen ja viidennen näytteenoton isokineettisyys ei täyttänyt standardin SFS-EN 13284 vaatimuksia.

K: Laskennassa oli ollut virhe. Laboratorio on käsitellyt asian ja tehnyt tarvittavat korjaustoimenpiteet.

H: Typenoksidien pitoisuudet olivat kaikissa mittauksissa arveluttavasti vertailuarvoja suuremmat (z-arvot >2 , mutta ≤ 3).

K: Laboratorio on käsitellyt asian ja tehnyt suunnitelman korjaustoimenpiteistä.

H: Kanavan paineenmittauksen tulokset olivat kaikissa mittauksissa selvästi muiden tuloksia alemmat.

K: Mittausten aikana oli laitteessa tekninen vika. Laboratorio on käsitellyt asian ja tehnyt tarvittavat korjaustoimenpiteet.

5.6 Pöyry Finland Oy

H: Rikkidioksidipitoisuudet kevyellä polttoöljyllä tehdyissä mittauksissa olivat arveluttavasti vertailuarvoja alempia (z-arvo >2 , mutta ≤ 3).

K: Mittalaite oli toimitettu huoltoon vertailumittausten jälkeen.

Rikkidioksidinäytteen kuivauksessa ei laboratorio havainnut toimintahäiriötä. Laboratorio käsittelee asiaa.

5.7 Insinööritoimisto AX-LVI Oy

H: Kosteuspitoisuus ensimmäisessä mittauksessa kevyellä polttoöljyllä oli arveluttavasti vertailuarvoa alempi (z-arvo >2 , mutta ≤ 3).

K: Laboratorio on käsitellyt asian.

H: Kaasumaisten yhdisteiden QAL2-kalibrointifunktiot oli laskettu mg/m^3 -yksiköissä. Funktiot olisi pitänyt olla ppm-yksikössä ilmoitettu, koska AMS-laitteiston primääriviesti oli annettu ppm-yksikössä.

K: Laboratorio on käsitellyt asian ja tehnyt tarvittavat korjaustoimenpiteet laskentoihin.

H: Kaikki kolme QAL2-kalibrointifunktiota olivat virheelliset.

K: Laskentataulukkaan oli näppäilty virheellisiä arvoja. Laskennat on korjattu ja tarkistettu.

H: Typenoksidien pitoisuuksien AST-tarkastelussa virheellinen johtopäätös.

K: Virheellinen johtopäätös johtui virheellisestä kalibrointifunktiosta. AST-laskenta ja johtopäätös korjaantui kalibrointifunktion laskennan korjaamisella.

5.8 Wärtsilä Finland Oy

Ei mainittavia havaintoja.

6 Yhteenveto

Savukaasujen kansalliset vertailumittaukset tehtiin 29.9.2010 Uusiutuvan energian tutkimuskeskuksen Energonin tiloissa Lahdessa. Mittausten kohteena oli teholtaan 2,5 MW:n öljykattilan savukaasut.

Ympäristöministeriön, Energiateollisuus ry:n, Metsäteollisuus ry:n, Teknologiateollisuus ry:n ja VTT:n rahoittamaan savukaasujen vertailumittauksiin osallistui kahdeksan päästömittauslaboratoriota: Envimetria Oy, Kymenlaakson ammattikorkeakoulu KyAMK, Nab Labs Oy, Ramboll Finland Oy, Outotec Oy, Pöyry Finland Oy, Insinööritoimisto AX-LVI Oy ja Wärtsilä Finland Oy.

Vertailumittausten tarkoituksena oli selvittää suomalaisten päästömittauslaboratorioiden päästömittausten laadullinen taso ja selvittää, ovatko SFS-EN 14181- standardin periaatteet selvillä laboratorioille sekä korjata mahdollisia standardin soveltamiseen liittyviä virhetulkintoja.

Vertailumittaukset tehtiin yhden päivän aikana. Kaasu- ja hiukkaspitoisuudet mitattiin samanaikaisesti viidessä mittausjaksossa. Laboratoriot tekivät viisi pitoisuusvertailumittausta, määrittivät laskennallisesti laitoksen kiinteille mittalaitteille (AMS) kalibrointifunktiot (QAL2) ja vuotuiset vertailutestit (AST) standardin SFS-EN 14181 mukaisesti. Outotec Oy ja Wärtsilä Finland Oy osallistuivat vain pitoisuusvertailuihin, sillä nämä laboratoriot eivät tee SFS-EN 14181-mukaisia vertailumittauksia laitoksilla.

Raportissa käsiteltiin sekä akkreditoituilla että akkreditoinnin hakuvaiheessa olevilla päästömittausmenetelmillä saatuja tuloksia.

Tuloksista tehdyt havainnot komponenteittain osoittavat seuraavaa:

- NO_x-mittauksissa oli arveluttavia tuloksia yhdellä laboratorionlailla
- SO₂-mittauksissa oli arveluttavia tai hylättäviä tuloksia kahdella laboratorionlailla
- O₂-mittausten tulokset olivat kaikki hyväksyttäviä
- CO₂-mittausten tulokset olivat kaikki hyväksyttäviä
- CO-mittausten tulokset olivat kaikki hyväksyttäviä
- H₂O-mittauksissa oli arveluttavia tuloksia kahdella laboratorionlailla
- Hiukkasmittauksissa oli arveluttavia tai hylättäviä tuloksia kolmella laboratorionlailla
- Virtausnopeuden mittauksissa oli arveluttavia tuloksia yhdellä laboratorionlailla

- Tilavuusvirtausmittausten tulokset olivat kaikki hyväksyttäviä
- Lämpötilamittauksissa ei havaittu suuria eroavaisuuksia tuloksissa
- Kanavan absoluuttipaineen mittauksessa oli yhdellä laboratorion muiden tuloksista poikkeavia tuloksia

Standardin SFS-EN 14181 soveltamisesta tehdyt havainnot osoittavat seuraavaa:

- Kalibrointifunktiot väärin kahdella laboratorion
- Kalibrointifunktioiden voimassaoloalueet väärin kahdella laboratorion
- AST-tarkastelujen laskennat olivat laskennallisesti oikein kaikilla laboratorion
- AST-tarkastelusta tuli väärä lopputulos, koska kalibrointifunktio oli väärin laskettu
- Raportoinnissa havaittiin muutamia lieviä huolimattomuusvirheitä ja puutteellisuksia, jotka eivät vaikuttaneet laboratorion laskelmien lopputuloksiin ja johtopäätöksiin

Taulukossa 26 esitetään yhteenveto vertailumittauksiin osallistuneiden laboratorion tulosten hyväksyttävyydestä. Mittaussuureiden osalta hyväksyttävyys perustuu z-arvotarkasteluun. QAL2- ja AST-tulosten arviointi perustuu laskennan virheettömyyteen.

Taulukko 26. Vertailumittauksiin osallistumiset ja tulosten hyväksyttävyydet.

	Nab-Labs	Ram-boll	AX-LVI	Envi-metria	KyAMK	Pöyry	Outotec	Wärtsilä
NO _x	O	O	O	O	O	O	E	O
SO ₂	O	O	O	O	H	E	O	-
O ₂	O	O	O	O	O	O	O	O
CO ₂	O	O	O	O	O	O	O	O
CO	O	O	O	O	O	O	O	O
H ₂ O	O	E	E	O	O	O	O	-
Hiukkaset	O	H	O	O	H	O	E	-
Virtausnopeus	O	O	O	O	O	O	O	-
Tilavuusvirtaus	O	O	O	O	O	O	O	-
Lämpötila	O	O	O	O	O	O	O	-
Paine	O	O	O	O	O	O	H	-
QAL2								
NO _x	O	O	H	H	H	O	-	-
SO ₂	O	O	H	O	H	O	-	-
Hiukkaset	O	O	H	H	O	O	-	-
AST								
NO _x	O	O	O	O	O	O	-	-
SO ₂	O	O	O	O	O	O	-	-
Hiukkaset	O	O	O	O	O	O	-	-

O = osallistui, tulos hyväksyttävä / laskenta oikein

E = osallistui, tulos arveluttava (vähintään yksi tulos arveluttava)

H = osallistui, tulos hylättävä (vähintään yksi tulos hylättävä) / laskenta väärin

- = ei osallistunut / ei akkreditoitu menetelmä

Yhteenvedona tulokset osoittavat, että savukaasujen mittaustulokset eroavat toisistaan joissakin tapauksissa merkittävästi. Lisäksi standardin SFS-EN 14181 soveltamisessa usealla laboratoriolla on puutteita ja joissakin tapauksissa laboratorioiden määrittelemät laitoksen kiinteiden mittalaitteiden (AMS) kalibrointifunktiot olivat virheellisiä. Tämä voi johtaa muun muassa siihen, että vuotuisissa AST- tarkasteluissa saadaan virheellisiä johtopäätöksiä AMS-laitteiden toiminnasta.

Verrattaessa näitä tuloksia vuonna 2005 tehtyjen vertailumittausten tuloksiin, voidaan todeta pitoisuusmittauksissa esiintyvän edelleen joissakin tapauksissa merkittäviä eroja. Standardin SFS-EN 14181 soveltamisessa kalibrointifunktioiden määrittämisen osalta on sen sijaan tapahtunut edistystä.

Tämän raportin havainnot osoittavat selvästi sen, että päästömittausten laadunvarmistuksessa on vertailumittauksilla tärkeä rooli, minkä vuoksi kansallisia vertailumittauksia tulee Suomessa järjestää säännöllisin väliajoin. Näin voidaan varmistua päästömittaajien tasosta ja kohdentaa tarvittavat parannustoimet jo hyvissä ajoin oikeisiin kohtiin, jotta virheellisiltä tuloksilta ja tulkinnoilta vältyttäisiin. Lisäksi standardin SFS-EN 14181 käytön tueksi tulee valmistaa yhteinen harmonisoitu raportointipohja, joka parantaa päästömittaajien raportoinnin laatua ja viranomaisten valmiuksia seurata päästöraja-arvomääräyksiä toteutumista. Näiden päästömittaajia koskevien kehittämistoimien lisäksi tulee yleistä tietämystä laadunvarmistuksesta, siihen liittyvistä standardeista ja toimintatavoista lisätä kaikkien osapuolten (toiminnanharjoittajat, viranomaiset, mittaajat) kesken, jolloin voidaan varmistua suomalaisen teollisuuden päästötietojen luotettavuudesta.

Lähdeviitteet

EN ISO/IEC 17043:2010. Conformity assessment - General requirements for proficiency testing.

CEN/TC264/WG23 Air Quality - Measurement of stationary source emissions — Manual and automatic determination of velocity and volumetric flow in ducts — Part 1: Manual Method, N247, valmistelussa. 2011.

Pellikka, T.; Puustinen, H. Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistusstandardi, Quality Assurance of Automated Measuring Systems, QA of AMS (SFS-EN 14181) ja sen kansallinen tulkinta/Yhteinen menettelytapa. VTT Tutkimusraportti VTT-R-10958-07. 36 s. Espoo 2008. www.vtt.fi.

SFS-EN 14792. Stationary source emissions. Determination of mass concentration of nitrogen oxides (NO_x). Reference method: Chemiluminescence. 2005.

SFS-EN 14790. Stationary source emissions. Determination of the water vapour in ducts. 2005.

SFS-EN 14789. Stationary source emissions. Determination of volume concentration of oxygen (O₂). Reference method. Paramagnetism. 2005.

SFS-EN 14791. Stationary source emissions. Determination of mass concentration of sulphur dioxide. 2005.

SFS-EN 15058. Stationary source emissions. Determination of the mass concentration of carbon monoxide (CO). Reference method: Non-dispersive infrared spectrometry. 2006.

SFS-EN 14181. Stationary source emissions. Quality assurance of automated measuring systems. 2004.

SFS-EN 13284-1. Kiinteät päästölähteet. Pienten hiukkauspitoisuuksien määrittäminen. Osa 1: Manuaalinen gravimetrinen menetelmä. 2002.

Vertailumittauksiin osallistuneiden laboratorioiden menetelmät, akkreditoitut alueet, akkreditoitut testausmenetelmät ja mittauksissa käytetyt kalibrointikaasut.

Wärtsilä	Laite	Periaate	Akkreditoitu alue	Testausmenetelmä	Kalibrointikaasu
NO _x	Horiba PG-250	Kemiluminesenssi	40-2000 ppm	Modifioitu ISO 8178, Part 2	197 ppm 2200 ppm NO
O ₂	Horiba PG-250	paramagneettinen	1-25 til-%	Modifioitu IMO NO _x code, chapter 6	0 ja 20,9 til-%
CO ₂	Horiba PG-250	NDIR	0,4-10 til-%	Modifioitu ISO 8178, Part 2	18,03 til-%
CO	Horiba PG-250	NDIR	30-1000 ppm		417 ppm
SO ₂	Horiba PG-250	NDIR	Ei akkreditointia		830 ppm
H ₂ O			Ei akkreditointia		

Outotec	Laite	Periaate	Akkreditoitu alue	Testausmenetelmä	Kalibrointikaasu
NO _x	Gasmet DX4000	FTIR	1-1000 ppm 1-300 ppm	Sisäiset menetelmät 030KEM, perustuvat SFS 3869, SFS 5624	998 ppm NO 305 ppm NO ₂
O ₂	OMT355	Laser-absorptio	0-25 til-%		10,0 til-%, 0, ilma
CO ₂	Gasmet DX4000	FTIR	0-25 til-%		9,8 til-%
CO	Gasmet DX4000	FTIR	3-3000 ppm		3000 ppm
SO ₂	Gasmet DX4000	FTIR	1-1000 ppm		2940 ppm
H ₂ O	Gasmet DX4000	FTIR	0 til-% - kylläinen kaasu		
hiukkaset	Sick Gravimat	Gravimetrinen	1-50 mg/m ³	Sisäiset menetelmät 029KEM ja 268KEM perustuvat SFS 3866, SFS 5624	
lämpötila	Fluke	K-termoelementti			
paine	DPM TT570SV Thommen HM30				
virtausnopeus		S-pitot	5-30 m/s	Sisäiset menetelmät 019KEM, 226KEM ja 268KEM perustuvat SFS 3866 ja SFS 5624	

Nablabs	Laite	Periaate	Akkreditoitu alue	Testausmenetelmä	Kalibrointikaasu
NO _x	Monitorlabs 8840 + EPM-laimennus	kemiluminesenssi	1-2000 ppm	Sisäinen menetelmä P-T202, P-T205	157 ppm

				perustuvat SFS 5425 SFS 3869 ja SFS 5624	
O ₂	Sick Maihak Sidor	paramagneettinen	0,5-21 til-%	SFS 3869	4,05 til-% ja ilma
CO ₂	Sick Maihak Sidor	NDIR	0,5-30 til-%	SFS 5624	12,0 til-%
CO	Sick Maihak Sidor	NDIR	0-1000 ppm	SFS 5412	706 ppm
SO ₂	Monitor Europe 9850 B + EPM-laimennus	UV-fluoresenssi	1-2000 ppm	Sisäinen menetelmä P- T205, P-T202 perustuvat SFS 3869 SFS 5624	150 ppm
H ₂ O		kondensointi	1-100 % suht.	SFS 3866	
hiukkaset	Sick Gravimat	Gravimetrinen	1-50 mg/m ³	SFS-EN 13284-1	
lämpötila	Fluke	K-termoelementti			
paine	Alnor MP6KAV				
virtausnopeus		L-pitot	5-40 m/s	SFS 3866 ja SFS 5624	

Ramboll	Laite	Periaate	Akkreditoitu alue	Testausmenetelmä	Kalibrointikaasu
NO _x	API 200 A	kemiluminesenssi	0-500 ppm	SFS 3869	301 ppm
O ₂	ABB 3020	paramagneettinen	0-21 til-%	SFS 5624	5,04 til-%
CO ₂	ABB 3020	NDIR	0-20 til-%		15 til-%
CO	ABB 3020	NDIR	0-5000 ppm		150 ppm
SO ₂	API 100 A	UV-fluoresenssi	0-1000 ppm		193 ppm
H ₂ O		kondensointi	0 til-% -kylläinen kaasu	SFS 3866 SFS 5624	
hiukkaset	Sick Gravimat	Gravimetrinen	0,1-5000 mg/m ³	SFS 3866, SFS 5624 ja EN 13284	
lämpötila		K-termoelementti			
paine	Alnor AXD				
virtausnopeus		S-pitot	5-30 m/s	SFS 3866, SFS 5624	

AX-LVI	Laite	Periaate	Akkreditoitu alue	Testausmenetelmä	Kalibrointikaasu
NO _x	Horiba PG-250	Kemiluminesenssi	1-500 ppm	mittausohje MEN119 perustuvat ISO 10849	502,7 ppm
O ₂	Horiba PG-250	paramagneettinen	0,5-21 til-%	Mittausohje MEN119	4,02 til-%
CO ₂	Horiba PG-250	NDIR	0,5-20 til-%	perustuvat ISO 12039	10 til-%
CO	Horiba PG-250	NDIR	1-500 ppm		449 ppm
SO ₂	API 100 E	UV-fluoresenssi	1-500 ppm		400 ppm
H ₂ O		Kondensointi +	akkreditoitu		

		Kuiva/märkälämpötila		mittausohje MEN011B perustuvat SFS-EN 13284	
hiukkaset	Metlab Mini STL	Gravimetrinen	2-50 mg/m ³		
lämpötila	Testo 175 loggeri	K-termoelementti		SFS-EN 13284	
paine	Testo 511 DPM-mikromanometri			SFS-EN 13284	
virtausnopeus		S-pitot	3-30 m/s	mittausohjeet MEN021L perustuvat SFS-EN 13284	

Envimetria	Laite	Periaate	Akkreditoitu alue	Testausmenetelmä	Kalibrointikaasu
NO _x	Monitor Labs INC, Model 8840 + laimennus	Kemiluminesenssi	1-1500 ppm	SFS 3869 ja SFS 5624	226 ppm
O ₂	Testo 350 XL	Sähkökemiallinen kenno	0,5-21 til-%		0, 10% ja ilma
CO ₂	Testo 350 XL	NDIR	0,5-35 til-%		
CO	Monitor Labs 9830 + laimennus	IR	1-10000 ppm		201 ppm
SO ₂	Thermo Electron Instruments, Model 43A + laimennus	UV-fluoresenssi	1-600 ppm		177 ppm
H ₂ O		kondensointi	0,1 til-% - kylläinen kaasu	ISO 9096 ja SFS 5624	
hiukkaset	Sick Gravimat SHC 502	gravimetrinen	1-200 mg/m ³ 10-2000 mg/m ³	SFS-EN 13284-1	
lämpötila	Testo 922	K-termoelementti			
paine	Mikromanometri				
virtausnopeus		L-pitot	3-30 m/s	ISO 9096 ja SFS 5624	

KyAMK	Laite	Periaate	Akkreditoitu alue	Testausmenetelmä	Kalibrointikaasu
NO _x	Horiba PG-250	Kemiluminesenssi	10-2000 ppm	SFS 5624	199 ppm
O ₂	Horiba PG-250	paramagneettinen	0,1-21 til-%		0 ja ilma
CO ₂	Horiba PG-250	NDIR	0,2-16 til-%		12 til-%
CO	Horiba PG-250	NDIR	2-200 ppm		200 ppm
SO ₂	API 152 + laimennus	UV-fluoresenssi	Akkreditoitihaku		90 ppm

H ₂ O		Kondensointi	Akkreditointihak	SFS-EN 13284	
hiukkaset	EMES 3866	Gravimetrinen	Akkreditointihak		
lämpötila	Fluke 51	K-termoelementti			
paine	Mikor AP 170S				
virtausnopeus		S-pitot	Akkreditointihak	SFS 3866	

Pöyry	Laite	Periaate	Akkreditoitu alue	Testausmenetelmä	Kalibrointikaasu
NO _x	Horiba PGA-250	Kemiluminesenssi	1-2000 ppm	SFS-EN 14792	149 ja 198 ppm
O ₂	Horiba PGA-250	paramagneettinen	0,5-21 til-%	SFS-EN 14789	9 til-%
CO ₂	Horiba PGA-250	NDIR	0,5-20 til-%	ISO 12039	19,4 til-%
CO	Horiba PGA-250	NDIR	1-2000 ppm	SFS-EN 15058	400 ppm
SO ₂	Horiba PGA-250	UV-fluoresenssi	1-1000 ppm	ISO 7935	86 ja 19,7 ppm
H ₂ O		Kondensointi	1-100 til-%	SFS-EN 14790	
hiukkaset	Sick Gravimat SHC 502	Gravimetrinen	3 mg/m ³ – 100 g/m ³	SFS-EN 13284-1	
lämpötila		K-termoelementti			
paine	Mikor TT 570 SV				
virtausnopeus		S-pitot	5-40 m/s	SFS 3866	

EN14181 laskentaa varten ilmoitetut AMS tulokset

AMS:n ja SRM:n SO₂- ja NO_x-mittaukset tehtiin kuivatusta näytekaasusta, ja lukema on pitoisuusarvona (ppm, NTP).

AMS:n hiukkasmittaukset tehtiin in-situ mittalaitteella, lukemana on pitoisuusarvo (mg/m³, kanavan olosuhde).

AMS:n ja SRM:n O₂-mittaukset tehtiin kuivatusta näytekaasusta, ja lukema on pitoisuusarvona (til-%).

QAL2-laskentaa varten AMS ja SRM tulokset:

	AMS							SRM						
	NO _x	SO ₂	Hiukkaset	O ₂ , kuiva	H ₂ O	p _{kanava, abs.}	t	NO _x	SO ₂	Hiukkaset	O ₂	H ₂ O	p _{kanava, abs.}	t
	ppm	ppm	mg/m ³	til-%	til-%, kostea	kPa	°C	ppm	ppm	mg/m ³	til-%	til-%, kostea	kPa	°C
1	103,9	19	1	5,1	9,9	100,9	178	107,1	20,2	0,2	4,9	9,8	101,6	176
2	104,2	20	0,5	5,4	9,8	100,9	178	106,3	21,3	0,1	5,1	10,1	101,6	177
3	102,9	20	0,1	5,2	10,4	100,9	179	107,1	20,5	0,5	4,9	10,4	101,6	178
4	103,3	21	0,9	5,1	10	100,9	178	108,5	20,9	0,4	4,8	9,9	101,6	179
5	101,9	22	0,3	5,3	9,7	100,9	178	104,9	21,6	0,5	5,1	10	101,6	178
6	103,4	22	1	5	10,2	100,9	177	108,7	21,1	0,2	4,9	10,1	101,6	178
7	102,3	23	1,5	5,2	9,8	100,9	178	104,4	22	0,6	5	10,4	101,6	177
8	102,2	21	0,2	5,2	9,4	100,9	179	106,4	21,4	0,1	4,9	9,8	101,6	178
9	317,7	430	50	5,1	8,9	100,9	177	333,7	424	61	4,7	8,7	101,6	177
10	318,4	445	65	5,3	9,8	100,9	178	340,8	438	76	4,6	9,4	101,6	176
11	318,2	439	60	5,4	9,2	100,9	178	346,9	430	64	4,8	9	101,6	176
12	315,1	426	71	5,1	8,7	100,9	177	334,1	422	69	4,8	8,9	101,6	176
13	314,6	424	72	5,3	9,3	100,9	178	339,8	432	79	4,7	9,1	101,6	177
14	314,5	421	64	5,2	9,1	100,9	179	330,3	429	72	4,7	9,4	101,6	178
15	316,1	428	66	5	8,6	100,9	179	344,6	436	75	4,9	9	101,6	178

AST-laskentaa varten AMS tulokset:

	29.9.2010	AMS						
		NO _x	SO ₂	Hiukkaset	O ₂	H ₂ O, kostea	p _{kanava, abs.}	t
	klo	ppm	ppm	mg/m ³	til-%	til-%	kPa	°C
1	10:30-11:07	108	51	0,1	5,1	10,4	101,7	176
2	11:18-11:52	105	59	0,2	4,8	10,4	101,7	177
3	14:07-14:43	345	713	61	4,8	8,5	101,7	175
4	14:54-15:30	341	754	75	4,7	8,5	101,7	177
5	15:40-16:15	349	741	78	4,8	8,5	101,7	178