

Kansalliset päästöjen vertailumittaukset 2022

VERMI-projektin yhteenveto

Tuula Pellikka | Tuula Kajolinna

Kansalliset päästöjen vertailumittaukset 2022

VERMI-projektin yhteenveto

Tuula Pellikka & Tuula Kajolinna

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

ISBN 978-951-38-8779-7

VTT Technology 417

ISSN-L 2242-1211

ISSN 2242-122X (Verkkójulkaisu)

DOI: 10.32040/2242-122X.2023.T417

Copyright © VTT 2023

JULKAISIJA – PUBLISHER

VTT

PL 1000

02044 VTT

Puh. 020 722 111

<https://www.vtt.fi>

VTT

P.O. Box 1000

FI-02044 VTT, Finland

Tel. +358 20 722 111

<https://www.vttresearch.com>

Alkusanat

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy järjesti suomalaisille päästömittausrakennuksille kansalliset savukaasujen vertailumittaukset vuonna 2022. Tässä VERMI-hankkeessa mitattiin jätevoimalassa kaasumaisia komponentteja (O₂, CO₂, CO, SO₂, NO_x) sekä hiukkaspitoisuuksia. Vertailumittaukset tehtiin Suomessa ensimmäistä kertaa kylläisistä eli kosteista kaasuista, jolloin hiukkasmittauksissa käytetään out-stack-mittausta.

Hankkeen rahoittivat ympäristöministeriö, VTT, Adato Energia Oy (Ympäristöpooli), Metsäteollisuus ry sekä useat yritykset (A-insinöörit Oy, Eurofins Nab Labs Oy, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu XAMK, Ramboll Finland Oy, Sitowise Oy, AFRY Finland Oy sekä Wärtsilä Finland Oy).

Vertailumittausten lisäksi VERMI-hankkeen yhtenä tavoitteena oli tiedonsiirto Suomessa päästömittausten laadunvarmistukseen liittyen, jonka vuoksi projektin aikana järjestettiin aiheeseen liittyvä koulutustilaisuus. Tähän tilaisuuteen osallistui yli 70 osallistujaa, mikä selkeästi osoittaa aiheen olevan tärkeä ja ajankohtainen Suomessa.

Kiitämme projektin rahoittajia, johtoryhmää sekä vertailumittauksiin osallistuneita päästömittausrakennuksia positiivisesta asenteesta, jonka avulla hanke saatiin vietyä yhdessä eteenpäin! Samoin suuret kiitokset laitokselle kaikesta avusta ja mahdollisuudesta käyttää heidän piippuaan vertailumittausten kohteena!

Espoo 3.3.2023

Tekijät



Sisällysluettelo

Alkusanat	3
1. Johdanto	6
2. Kaasu- ja hiukkaspitoisuusvertailu	9
2.1 Menetelmät ja toteutus	9
2.1.1 Mittauspaikan edustavuustarkastelut	11
2.1.2 Osallistujat	11
2.1.3 Menetelmät	11
2.1.4 Tulosaineiston käsittely	12
2.1.5 Kenttätoiminnan tarkastelu.....	14
2.2 Mittaustulokset ja niiden vertailu.....	15
2.2.1 Typenoksidit, NO _x	15
2.2.2 Rikkidioksidi, SO ₂	18
2.2.3 Happi, O ₂	21
2.2.4 Hiilidioksidi, CO ₂	24
2.2.5 Hiilimonoksidi, CO.....	27
2.2.6 Kosteuspitoisuus, H ₂ O	30
2.2.7 Hiukkaspitoisuus	30
2.2.8 Virtausnopeus	34
2.2.9 Tilavuusvirtaus	36
2.2.10 Savukaasun lämpötila	38
3. Kenttätoiminnan huomiot	40
3.1 Laboratorio A.....	40
3.1.1 Mittaus- ja näytteenottomenetelmät	40
3.1.2 Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen	42
3.1.3 Muut huomiot	42
3.2 Laboratorio B.....	43
3.2.1 Mittaus- ja näytteenottomenetelmät	43
3.2.2 Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen	43
3.2.3 Muut huomiot	44
3.3 Laboratorio C.....	44
3.3.1 Mittaus- ja näytteenottomenetelmät	44
3.3.2 Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen	45
3.3.3 Muut huomiot	45
3.4 Laboratorio D.....	46
3.4.1 Mittaus- ja näytteenottomenetelmät	46
3.4.2 Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen	47
3.4.3 Muut huomiot	47
3.5 Laboratorio E.....	48
3.5.1 Mittaus- ja näytteenottomenetelmät	48
3.5.2 Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen	49

3.5.3	Muut huomiot	50
3.6	Laboratorio F	50
3.6.1	Mittaus- ja näytteenottomenetelmät	50
3.6.2	Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen	51
3.6.3	Muut huomiot	51
3.7	Laboratorio G	52
3.7.1	Mittaus- ja näytteenottomenetelmät	52
3.7.2	Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen	53
3.7.3	Muut huomiot	53
4.	Havainnot tuloksista	54
4.1	Kaasumaisten komponenttien mittaukset	54
4.2	Hiukkasmittaukset	54
4.3	Hiukkaspunnitusten laboratorikäytännöt	55
4.3.1	Laboratorio A	56
4.3.2	Laboratorio C	57
4.3.3	Laboratorio D	57
4.3.4	Laboratorio E	58
4.3.5	Laboratorio F	58
4.3.6	Laboratorio G	59
4.4	Apusuureet (kosteus, virtausnopeus, lämpötila)	59
4.5	Päästömittauslaboratorioiden ilmoittamat mittausepävarmuudet	59
4.6	Huomioita mittausraporteista	63
5.	Vertailumittausten yhteenveto	64
	Lähdeviitteet	67

Liitteet

Liite A: Raportointiohjeet päästömittaajille

Abstract

Tiivistelmä

1. Johdanto

VTT on järjestänyt Suomessa ympäristöministeriön sekä usean eri toimijan rahoittamana useita kansallisia ja kansainvälisiä vertailumittauksia vuosikymmenten ajan. Mittauskohteet sekä osallistujien määrät kuten myös mitattavat komponentit ovat vaihdelleet kampanjoittain. Uusien BAT-päätelmien myötä usealle päästökomponentille on tullut alempia päästötasoja (BAT-AEL) ja pienemmät pitoisuudet tarkoittavat sitä, että mittaajan on kyettävä entistä vaativampiin ja laadukkaampiin mittauksiin.

Vertailumittaukset ovat osoittaneet tarpeellisuutensa päästömittausten laadunvarmistuksessa, sillä jokaisella kerralla niissä on havaittu kehityskohteita. Näillä mittauksilla on myös tärkeä merkitys siinä, että ne tarjoavat tilaisuuden päästömittaajille tavata toisiaan, jakaa mielipiteitään eri mittaustekniikoista ja -haasteista sekä keskustella kehitystarpeista vaikkapa päästömittausten ohjeistuksen suhteen.

Vertailumittaukset ovat yksi merkittävimpiä tapahtumia, joiden avulla päästömittaaja voi varmistaa tulostensa laadun sekä ylläpitää sitä.

Suomessa viranomaiset edellyttävät, että päästömittaajilla on akkreditointi, kun he tekevät standardin SFS-EN 14181 mukaisia laadunvarmistuksellisia mittauksia laitoksen jatkuvatoimisille mittalaitteille. Akkreditointi myönnetään kansainvälisen standardin EN ISO/IEC 17025-mukaisesti ja yhtenä olennaisena edellytyksenä akkreditoinnin saamiselle ja sen ylläpitämiselle on osallistua säännöllisesti vertailumittauksiin.

Finasin sivuilla (www.finan.fi) kuvataan akkreditointia seuraavasti:

- Akkreditointi eli pätevyuden toteaminen, on kansainvälisiin kriteereihin perustuva menettelytapa, jonka avulla toimijan pätevyys ja sen antamien todistusten uskottavuus voidaan luotettavasti todeta. Akkreditointipäätöstä edeltävässä arviointiprosessissa osoitetaan, että toimija täyttää akkreditointivaatimuksena olevassa standardissa kuvatut vaatimukset esitellyllä pätevyysalueella.
- Akkreditointitoiminnassa noudatetaan maailmanlaajuisesti yhtenäisiä toimintatapoja ja vaatimuksia.
- Tulosten oikeellisuus ja vertailukelpoisuus on voitava osoittaa.

Euroopassa vertailumittauksia järjestetään ja niihin osallistutaan maasta riippuen vaihtelevasti. Samoin myös vertailumittauskohteet vaihtelevat merkittävästi. Alla muutamia esimerkkejä:

1. Saksassa viranomaiset edellyttävät, että päästömittauslaboratorio osallistuu joka toinen vuosi Kasselissa järjestettäviin vertailumittauksiin. Kasselin vertailumittauksissa mitattava kaasu otetaan ulkoilmasta ja siihen lisätään (ns. spiikataan) tunnettu määrä hiukkasia ja kaasumaisia komponentteja. Etuna tässä järjestelyssä on se, että referenssipitoisuus tunnetaan tarkasti. Mutta toisaalta kyseinen kaasumatriisi ei vastaa todellisia savukaasuja, sillä se on "kylmää" eikä siinä ole kosteutta samoja määriä kuin oikeissa savukaasuissa ja kosteus on usein se komponentti, joka aiheuttaa mittaajille haasteita.
2. Englannissa päästömittaajat osallistuvat vuosittain National Physical Laboratoryn (NPL) tiloissa oleviin mittauksiin, jotka tehdään ns. savukaasusimulaattorissa. Täällä tutkittava kaasuseos valmistetaan sekoittamalla kaasukomponentteja keskenään ja tähän seokseen voidaan lisätä myös tietty määrä kosteutta. Referenssipitoisuus määritetään FTIR-mittalaitteella. Tässä simulaattorissa ei voi tehdä vertailumittauksia hiukkasille.
3. Belgian VITO järjestää vertailumittaukset laboratorio-olosuhteissa. Mittauksiin on osallistuttava vuosittain ja niissä mitataan sekä orgaanisia että epäorgaanisia kaasumaisia yhdisteitä. Kaasuseokset tehdään sekoittamalla kaasuseoksia toisiinsa. Referenssiarvona on VITO:n sekoitussuhteista määrittämät arvot.

Kuten yllä olevista esimerkeistä nähdään, vertailumittauskäytännöt vaihtelevat maittain muun muassa seuraavien seikkojen suhteen:

- kuinka usein vertailumittauksiin on osallistuttava
- miten referenssiarvot määritetään
- mitataanko ns. todellisia savukaasuja, jotka ovat kosteita ja kuumia
- onko mitattavat kaasut tehty kaasupulloista sekoittamalla, jolloin matriisi on ns. kuiva ja kylmä.

Suomessa on ollut käytäntönä se, että vertailumittaukset tehdään todellisissa olosuhteissa eli laitosten savukaasuista. Tällöin saadaan selville kaikki mahdolliset seikat, jotka voivat vaikuttaa mittausten laatuun. Esimerkiksi mittauspaikan olosuhteilla on tähän suuri merkitys kuten myös kaasujen kosteudella, hiukkaspitoisuudella sekä lämpötilalla. Myös Tanskalla on samanlainen käytäntö kuin meillä eli vertailumittaukset tehdään sielläkin todellisissa olosuhteissa.

Myös eurooppalainen standardisointijärjestö CEN on huomannut vaihtelevat käytännöt ja jäsenmaat kannattivat vuonna 2017 ehdotusta siitä, että vertailumittausten järjestämiselle pyritään luomaan yhtenäiset ohjeet. Tätä työtä varten perustettiin työryhmä WG 45 "Requirements on proficiency testing schemes for emission measurements". VTT:n asiantuntija on osallistunut työryhmän työhön sen perustamisesta lähtien. Olemme tällä osallistumisella voineet tuoda näkyvyyttä sille työlle, jota Suomessa tehdään eri osapuolten kesken päästömittausten laadunvarmistusproses-

sien suhteen sekä olemme voineet vaikuttaa standardin sisältöön. Standardin valmistelun alkuvaiheissa joillakin jäsenmailla oli vahva näkemys siitä, että vertailumittauksia ei tule järjestää todellisissa olosuhteissa, vaan ainoastaan ns. simuloituissa olosuhteissa, mutta Suomen soveltamat käytännöt saatiin mukaan standardiin.

WG45 lähetti jäsenmailhin lausunnolle ensimmäisen standardiluonnoksen pr EN17656 keväällä 2021. Standardi SFS-EN 17656 "Stationary source emissions. Requirements on proficiency testing schemes for emission measurements" valmistui vuonna 2022 ja sen pääperiaatteita on seurattu näitä vertailumittauksia järjestettäessä sekä tulosten käsittelyssä.

Päästömittausryhmien välisten vertailumittausten tavoitteena on selvittää mitaustapahtuman mittaustulosten hajonta. Tulosten avulla voidaan korjata mahdollisia mittauksiin liittyviä systemaattisia virheitä sekä oikeista vääriä toimintatapoja. Mittauksiin osallistuvilla laboratorioilla on mahdollisuus tulosten perusteella arvioida mittausten menetelmänsä epävarmuutta, joka on keskeinen asia muun muassa akkreditoinnissa. Kansallisella vertailumittauksella pystymme osoittamaan myös kansainväliselle kentälle toimijoiden ja päästömittaustulostemme oikeellisuuden.

Vertailumittaukset antavat arvokasta tietoa myös toiminnanharjoittajille sekä viranomaisille. Niiden avulla voidaan saada tietoa mittausten tasokkuudesta sekä vertailtavuudesta. Tämä edesauttaa sitä, että Suomen kansainvälisiin tietokantoihin raportoidut päästötiedot ovat luotettavia ja niiden perusteella voidaan tehdä oikeita johtopäätöksiä.

Tässä raportissa esitetään vuonna 2022 järjestettyjen kansallisten vertailumittausten tulokset sekä niistä tehtävät johtopäätökset ja suositukset.

Laboratoriot on esitetty raportissa anonyymisti koodeilla (A, B, C, D, E, F ja G).

2. Kaasu- ja hiukkaspitoisuusvertailu

2.1 Menetelmät ja toteutus

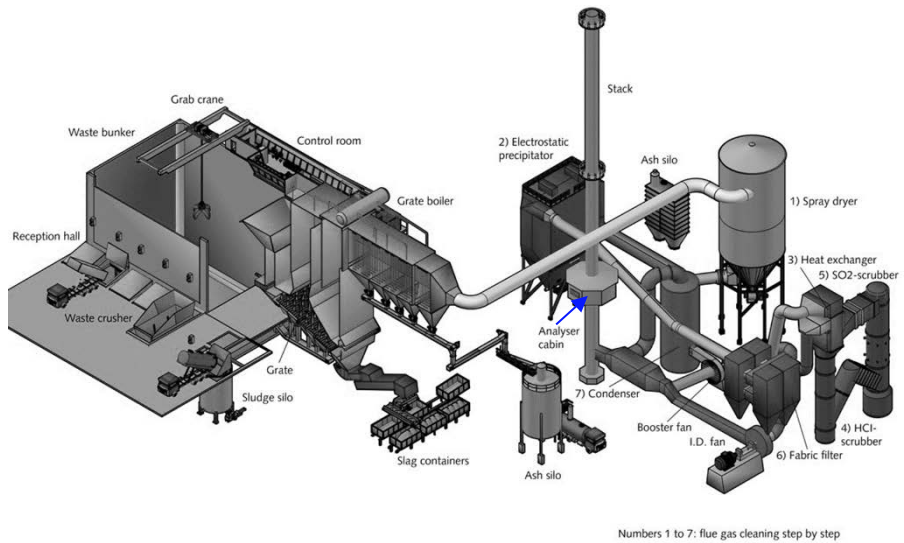
Vertailumittaukset tehtiin jätevoimalassa Etelä-Suomessa. Kyseinen laitos polttaa yhdyskuntajätettä arinakattilassa. Mittauspaikka sijaitsi noin 20 metrin korkeudella voimalaitoksen piipussa savukaasupuhdistimien jälkeen (sähkösuodatin, kuitusuodatin, HCl-pesuri ja SO₂-pesuri).

Laitoksen päästöraja-arvot ovat:

- hiukkaset 10 mg/m³(n)
- NO_x 200 mg/m³(n)
- SO₂ 50 mg/m³(n)
- CO 50 mg/m³(n)
- TVOC 10 mg/m³(n)
- HCl 10 mg/m³(n)
- HF 1 mg/m³(n)
- raskasmetallien summapitoisuus (As, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb ja V), 0,5 mg/m³(n)
- elohopea 0,05 mg/m³(n)
- (Cd+Tl)-summa 0,05 mg/m³(n)
- PCDD/F 0,1 ng I-TEQ/m³(n)

Yllä olevat pitoisuudet on ilmoitettu kuivissa kaasuissa, 11 % happipitoisuuteen muunnettuna.

Kuvissa 1 ja 2 on esitetty kuvat mittauspaikoista.



Kuva 1. Kansallisten vertailumittausten mittauskohteen prosessikuvaus (sinisellä nuolella kuvattu mittauspaikka), jätevoimala, 25.-28.4.2022



Kuva 2. Vertailumittausten piippu ja katettu mittauspaikka piipun ympärillä

Mittauskanavassa oli kuusi yhdettä, joista neljä yhdettä oli DN100 laippayhteitä. Kaksi yhdettä oli noin DN80 laippayhteitä. Mittausyhteet oli numeroitu. Prosessissa oli mittauksen aikana lämmöntalteenotto (LTO) päällä ja mitattava savukaasu oli kosteudeltaan kylläistä.

2.1.1 Mittauspaikan edustavuustarkastelut

Mittauspaikan edustavuustarkastelut (homogeenisuustestit) tehtiin mittauspaikalla VTT:n toimesta. Näiden mittauksen tavoitteena oli selvittää pitoisuuksien tasaisuus mittaustasoissa.

Mittauspaikka sijaitsi noin 20 m:n korkeudella piipussa, ja se täytti standardin SFS-EN 15259 suosituksen häiriöttömystä etäisyyksistä (ennen mittaustasoa $5 \cdot d_h$ ja mittaustason jälkeen $2 \cdot d_h$, missä d_h on kanavan hydraulinen halkaisija).

Homogeenisuustarkastelut tehtiin mittaamalla mittaustason happipitoisuutta. Happipitoisuusmittaukset tehtiin FTIR-analysaattoriin integroiduilla happimittauksilla (Gasmeter Dx4000). FTIR-mittalaite asetettiin referenssiksi yhteen yhteeseen ja toisella FTIR-mittalaitteella happipitoisuudet kahdesta yhteestä. Näin saatiin selvillä pitoisuuksien ajallinen ja paikallinen vaihtelu. Homogeenisuustestit tehtiin kahdessa eri prosessitilanteessa: lämmöntalteenotto (LTO) päällä ja LTO ei päällä.

Tuloksista laskettiin verkkomittauksen tulosten standardihajonta s_{grid} , joka kuvaa pitoisuuksien ajallista ja paikallista vaihtelua. Tätä arvoa verrattiin referenssipisteen mittausten standardihajontaan s_{ref} , joka kuvaa pitoisuuksien ajallista vaihtelua. Standardin SFS-EN 15259 mukaan savukaasu on homogeenista ja mittaus voidaan tehdä verkkomittauksen sijaan yhdestä pisteestä, mikäli $s_{grid} \leq s_{ref}$. Tämä ehto ei täytynyt, sillä s_{grid} oli 0,34 ja s_{ref} oli 0,23. Standardin mukaan tämän jälkeen testataan, onko kyseinen ero tilastollisesti merkittävä. Tämä testi tehdään ns. F-testin avulla. F-testin ehdot täytyivät eli näiden edustavuustarkasteluiden tulosten perusteella voitiin todeta, että savukaasu on mittauspaikassa homogeenisesti jakautunutta ja eri mittausyhteillä ei ole vaikutusta laboratorioden mittaustuloksiin.

2.1.2 Osallistajat

Vertailumittauksiin 25.-28.4.2022 osallistuivat päästömittauslaboratoriot: AFRY Finland Oy, A-Insinöörit Oy, Eurofins Nab Labs Oy, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu XAMK, Ramboll Finland Oy, Sitowise Oy sekä Wärtsilä Finland Oy.

Mittausyhteiden rajallisesta määrästä johtuen mittaukset tehtiin kahdessa osassa, ensimmäisen ryhmän mittauspäivä oli tiistai 26.4.2022 ja toisen ryhmän torstai 28.4.2022.

2.1.3 Menetelmät

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

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. laboratorioille ja muille laboratorioille.

2.1.4 Tulosaineiston käsittely

Vertailumittauksiin osallistuneet laboratoriot lähettivät raporttinsa 19.8.2022 mennessä VTT:lle. Raporttien perusteella VTT teki yhteenvetotaulukot, jotka lähetettiin osallistuneille laboratorioille tarkasteltavaksi.

VTT kävi osallistuneiden laboratorioiden kanssa palautekeskustelut syksyllä 2022. Palautekeskusteluissa käytiin läpi laboratorioiden tulokset ja havaittuja syitä mahdollisiin poikkeaviin tuloksiin. Samalla keskusteltiin myös mahdollisista parannustoimista kenttätoimintaan tai raportointiin liittyen, jos sellaisia havaittiin.

2.1.4.1 Tulosten tilastollinen käsittely

Pitoisuusvertailuissa vertailuarvona käytettiin mittaustulosten keskiarvoa. Koska verrattavia tuloksia oli vähän (tyypillisesti 3 tai 4 kpl), voi keskiarvo vääristyä eri tasoista mittaustuloksista. Tuloksista laskettiin myös keskihajonta, jota verrattiin saatuaan keskiarvoon. Keskiarvon ”edustavuudelle/hyvyydelle” ei ole selvää kriteeriä, mutta keskihajonnan ollessa merkittä suhteessa keskiarvoon, voidaan keskiarvoa pitää heikosti edustavana.

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 keskiarvo 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 ohjeituksen mukaisesti seuraavasti:

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

missä

X_{ij} on laboratorion i ilmoittama mittaustulos komponentille j

C_j on vertailuarvona käytetty keskiarvo komponentin j kyseiselle tulosjoukolle

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

C_k on komponentille j asetetun sallitun mittaushajonnan vertailuarvo. Käytettävä vertailuarvo on joko päästöraja-arvo mitatussa hapessa tai mittaustulosten keskiarvo C_j .

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

2.1.4.2 Suurimmat sallitut mittaushajonnat

Referenssimenetelmien standardit määrittelevät komponenteille suurimman sallitun mittausepävarmuuden U_j . Mittausepävarmuus U_j laskettuna 95 %:n luottamustasolla on $1,96 \sigma$. Näissä laskuissa luku on pyöristetty 2:een. Mittaushajonta σ on laskettu näissä tarkasteluissa seuraavalla tavalla, esimerkkinä NO_x :

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

Referenssimenetelmästandardeissa määritetyt suurimmat sallitut epävarmuudet ja niistä johdetut mittaushajonnat olivat seuraavat:

- Typenoksidit NO_x , SFS-EN 14792, U_j 10 % $\rightarrow \sigma$ 5 % päästöraja-arvosta
- Rikkidioksidi SO_2 , CEN/TS 17021, U_j 15 % $\rightarrow \sigma$ 7,5 % päästöraja-arvosta
- Happi O_2 , SFS-EN 14789, U_j 6 % $\rightarrow \sigma$ 3 % keskiarvosta
- Hiilimonoksidi CO , SFS-EN 15058, U_j 6 % $\rightarrow \sigma$ 3 % päästöraja-arvosta
- Hiukkaspitoisuus, SFS-EN 13284-1:2017, U_j 20 % $\rightarrow \sigma$ 10 % päästöraja-arvosta

Hiilidioksidille CO_2 ei ole EN-referenssimenetelmästandardia, jossa olisi määritetty sallittu epävarmuus. Näiden tulosten käsittelyssä käytetään hiilidioksidille hapen (O_2) sallittua mittaushajontaa 3 % mittaustuloksesta.

Virtausmittaukselle ja tilavuusvirtausmittauksille ei ole tehty z -arvotarkasteluja, sillä laboratorioden mittauksia ei tehty samanaikaisesti, ja prosessi on mittaus-ten välillä vaihdellut. Näin ollen tämä tarkastelu ei ole tarpeen näiden mittaus-ten osalta.

Myöskään hiukkasmittaukselle ei tehty z -arvotarkastelua, sillä useimmat mittaus- tulokset olivat alle määrittämissärajien eikä ko. tarkastelua voi tällöin tehdä.

2.1.4.3 Käytetyt päästöraja-arvot

Sovellettavina päästöraja-arvoina käytettiin pitoisuustasoihin verrattuna mahdollisimman todenmukaisia päästöraja-arvoja. Ensisijaisesti on käytetty vuonna 2018 päivitettyä jätteenpolto-BREF-tekstiä, ja siinä eri komponenteille esitettyjä päästötasoja (BAT-AEL, Best Available Techniques- Associated Emission Levels). Päästöraja-arvona on käytetty ilmoitettujen päästötasojen ylimpiä arvoja. Päästöraja-arvot muunnettiin savukaasussa vallinneeseen happipitoisuuteen.

Mittaushajonnan vertailuarvoina käytetyt päästöraja-arvot on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Tulosten käsittelyssä käytetyt päästöraja-arvot

Komponentti	Tulosten käsittelyssä käytetty päästöraja-arvo mg/m ³ n, 11 % O ₂ -pitoisuudessa ilmaistuna
NO _x	180
SO ₂	40
CO	50
Hiukkaset	5

2.1.5 Kenttätoiminnan tarkastelu

Näissä vertailumittauksissa kiinnitettiin erityistä huomiota mittaajien kenttätoimintaan. Tämä on yksi standardin SFS-EN 17656 Stationary source emissions - Requirements on proficiency testing schemes for emission measurements- mukaisista vaatimuksista.

Raportointiohjeessa (liite B), joka annettiin mittaajille etukäteen, kerrottiin seuraavat asiat, joihin mittauksissa sekä raportoinnissa tullessaan erityisesti kiinnittämään huomiota:

1. Mittausmenetelmien vastaavuus esikuvastandardien kanssa
2. Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen (esim. vuototestit)
3. Valokuvat näytteenottojärjestelyistä
4. Perustietoja käytetyistä mittalaitteista
5. Näytteenkäsittelymenetelmä
6. Käytetyt apusuureiden mittausten menetelmät (happi, kosteus, T, p, virtaus)
7. Havainnot mittausten aikaisesta työturvallisuudesta
8. Muut havainnot mittausten aikana

Kenttätoiminnasta tehtyjä havainnot on kuvattu kappaleessa 4.

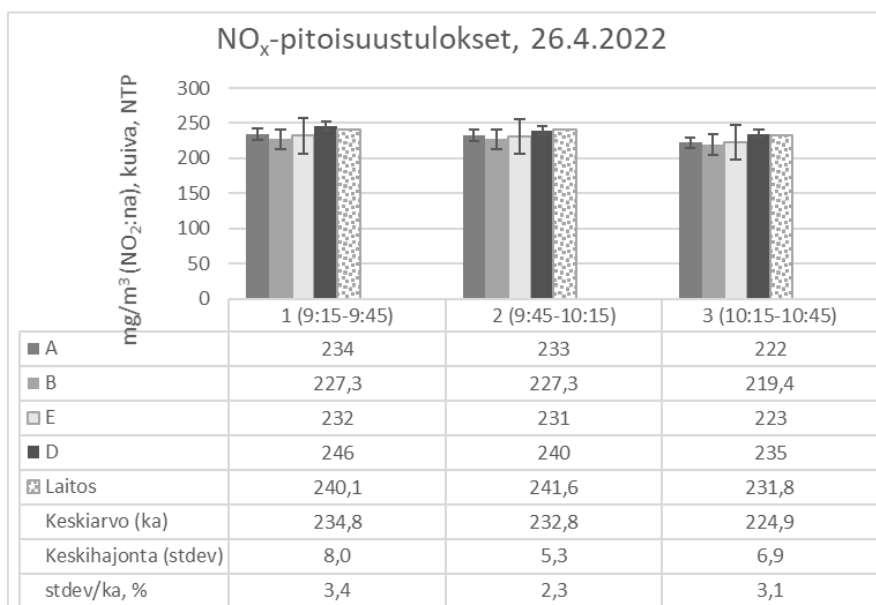
2.2 Mittaustulokset ja niiden vertailu

Mittaustulokset on esitetty komponenteittain ja eri mittauspäivittäin seuraavissa kappaleissa. *Kuvia tarkasteltaessa on huomioitava se, että keskiarvon laskemisessa on käytetty vain mittaajien antamia tuloksia ja laitosdata on esitetty vain vertailun vuoksi, laitosdata ei siis ole mukana keskiarvon laskennassa. Lisäksi on huomioitava se, että kuvissa esitetty laitosdata on ns. raakadataa, eli sitä ei ole laskettu kalibrointifunktion avulla.*

Kappaleessa 2.3 on esitetty laboratorioiden ilmoittamat mittausepävarmuudet kaasumaisille komponenteille, hiukkasille, virtausnopeudelle sekä tilavuusvirtausmittaukselle.

2.2.1 Typenoksidit, NO_x

Typenoksidien pitoisuustulokset typpidioksidina (NO₂) ilmoitettuna mittauspäivältä 26.4.2022 on esitetty kuvassa 3. Kuvaan on merkitty myös laboratorion ilmoittama laajennettu mittausepävarmuus.



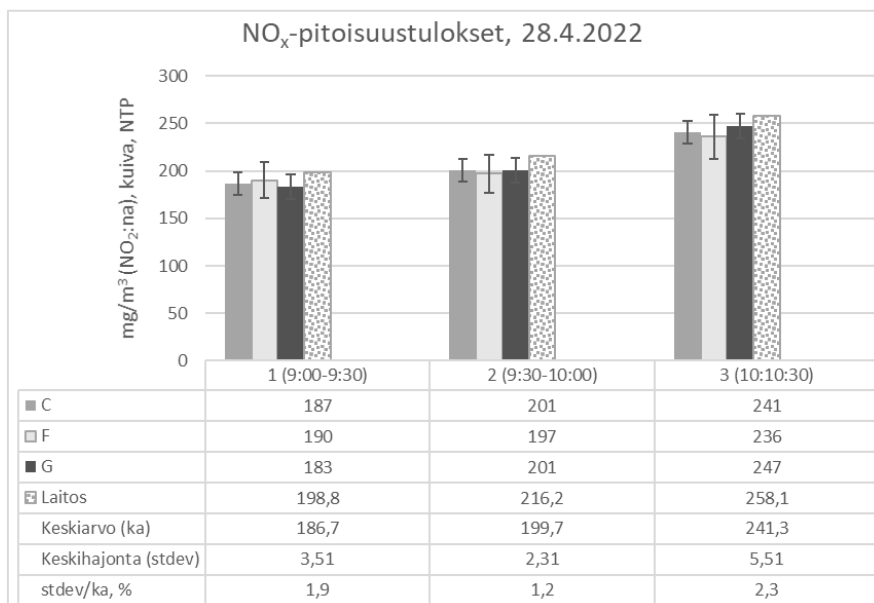
Kuva 3. NO_x-pitoisuustulokset typpidioksidina (NO₂) ilmoitettuna vertailumittauksissa 26.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. NO_x-tulosten suhteellinen ero keskiarvosta 26.4.2022

		1	2	3
A	ero-% keskiarvosta	- 0,4	0,1	-1,3
B	ero-% keskiarvosta	-3,2	-2,4	-2,4
E	ero-% keskiarvosta	-1,2	-0,8	-0,8
D	ero-% keskiarvosta	4,8	3,1	4,5

Typenoksidien pitoisuustulokset typpidioksidina (NO₂) ilmoitettuna mittauspäivältä 28.4.2022 on esitetty kuvassa 4.



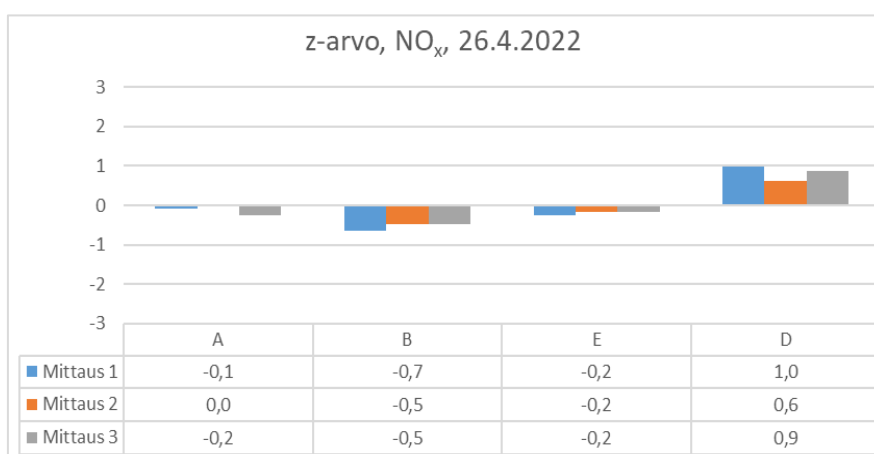
Kuva 4. NO_x-pitoisuustulokset typpidioksidina (NO₂) ilmoitettuna vertailumittauksissa 28.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. NO_x-tulosten suhteellinen ero keskiarvosta 28.4.2022

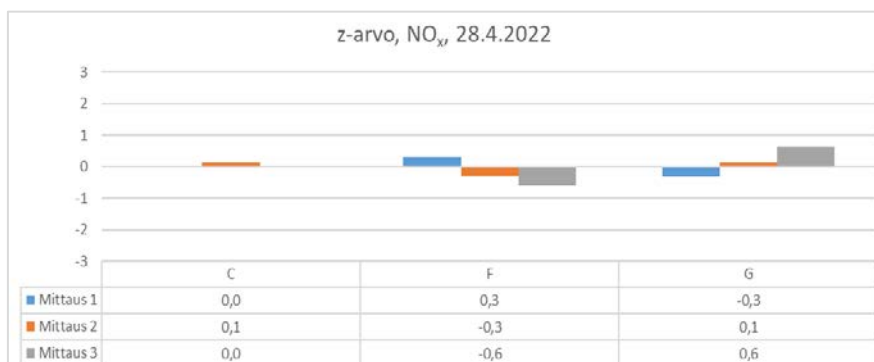
		1	2	3
C	ero-% keskiarvosta	0,2	0,7	-0,1
F	ero-% keskiarvosta	1,8	-1,3	-2,2
G	ero-% keskiarvosta	-2,0	0,7	2,3

Kuvassa 5 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 26.4.2022. z-arvot on laskettu kaavojen 2 ja 3 avulla.



Kuva 5. z-arvot NO_x-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 26.4.2022

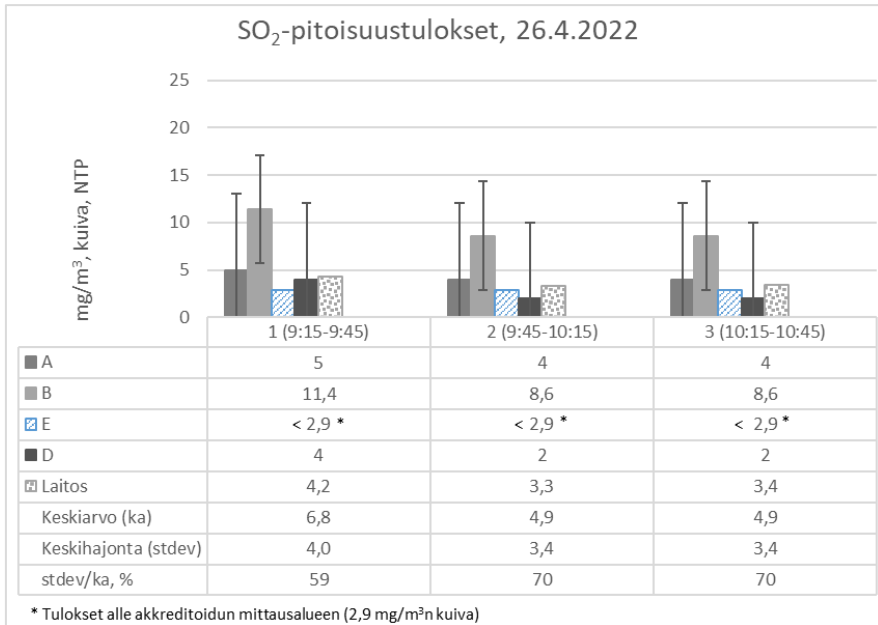
Kuvassa 6 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 28.4.2022.



Kuva 6. z-arvot NO_x-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 28.4.2022

2.2.2 Rikkidioksidi, SO₂

Rikkidioksidin pitoisuustulokset mittauspäivältä 26.4.2022 on esitetty kuvassa 7. Kuvaan on merkitty myös laboratorion ilmoittama laajennettu mittausepävarmuus.

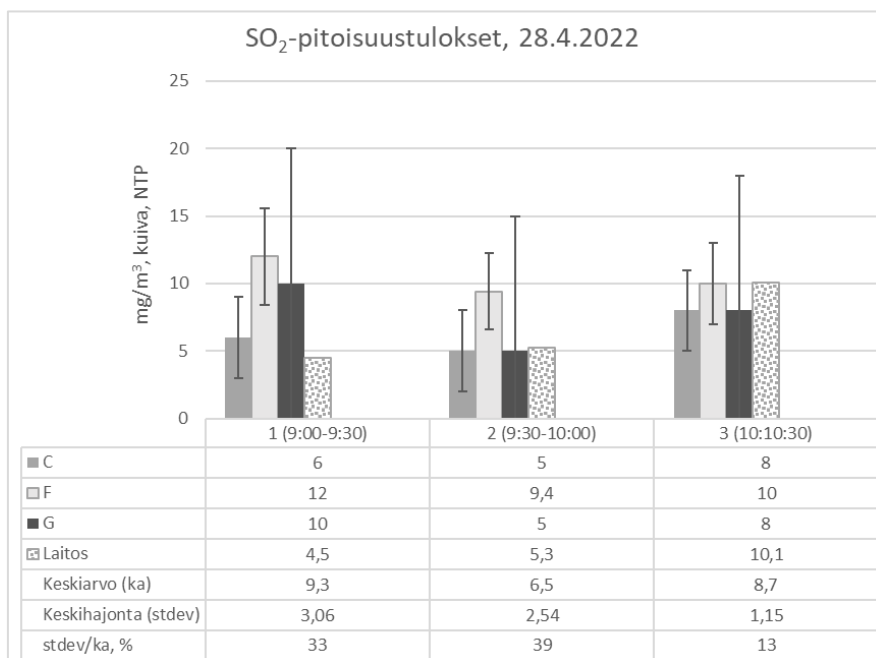


Kuva 7. SO₂-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 26.4.2022

Taulukko 4. SO₂-tulosten suhteellinen ero keskiarvosta 26.4.2022

		1	2	3
A	ero-% keskiarvosta	-26,5	-17,8	-17,8
B	ero-% keskiarvosta	67,6	76,7	76,7
D	ero-% keskiarvosta	-41,2	-58,9	-58,9

Rikkidioksidin pitoisuustulokset mittauspäivältä 28.4.2022 on esitetty kuvassa 8.



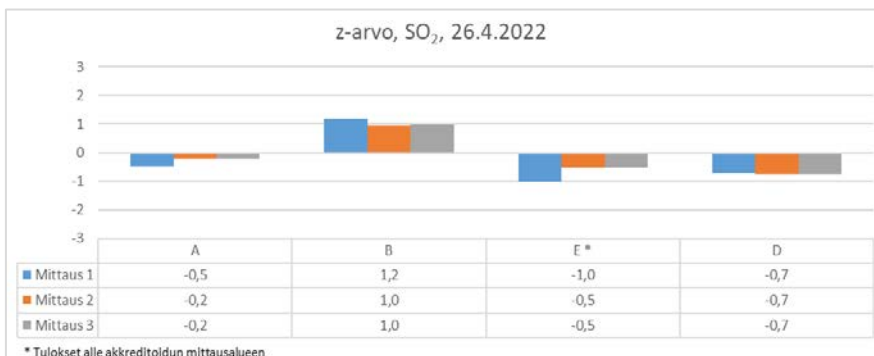
Kuva 8. SO₂-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 28.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. SO₂-tulosten suhteellinen ero keskiarvosta 28.4.2022

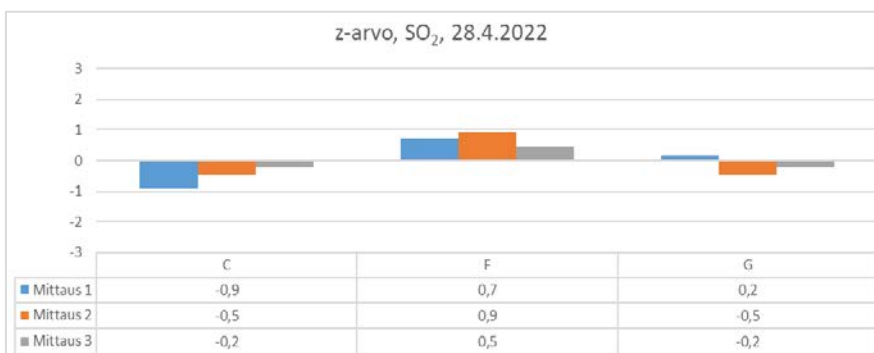
		1	2	3
C	ero-% keskiarvosta	-35,7	-22,7	-7,7
F	ero-% keskiarvosta	28,6	45,4	15,4
G	ero-% keskiarvosta	7,1	-22,7	-7,7

Kuvassa 9 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 26.4.2022



Kuva 9. z-arvot SO₂-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 26.4.2022

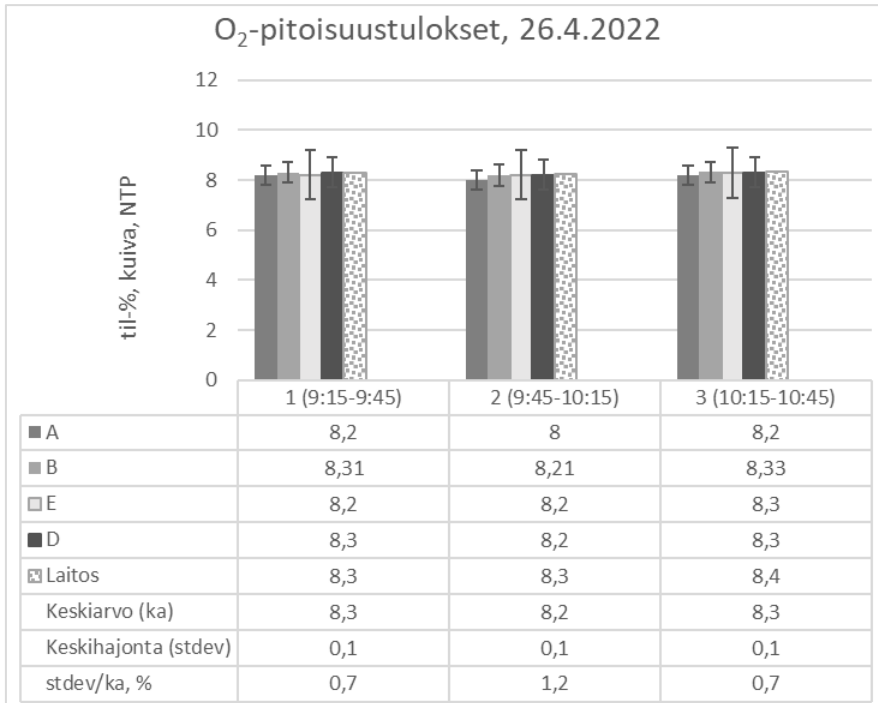
Kuvassa 10 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 28.4.2022.



Kuva 10. z-arvot SO₂-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 28.4.2022

2.2.3 Happi, O₂

Happipitoisuustulokset mittauspäivältä 26.4.2022 on esitetty kuvassa 11. Kuvaan on merkitty myös laboratorion ilmoittama laajennettu mittausepävarmuus.



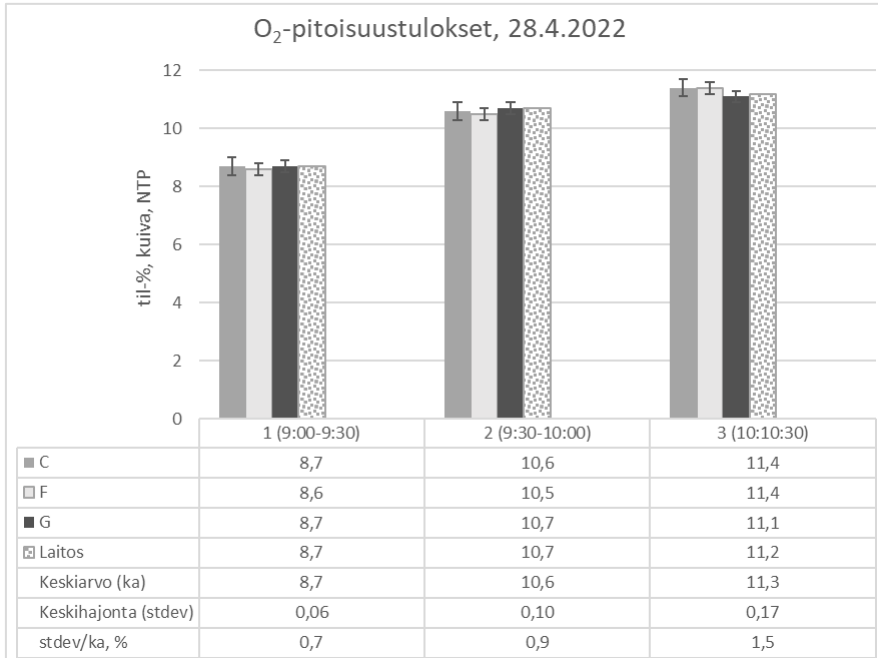
Kuva 11. O₂-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 26.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. O₂-tulosten suhteellinen ero keskiarvosta 26.4.2022

		1	2	3
A	ero-% keskiarvosta	-0,6	-1,9	-1,0
B	ero-% keskiarvosta	0,7	0,7	0,6
E	ero-% keskiarvosta	-0,6	0,6	0,2
D	ero-% keskiarvosta	0,6	0,6	0,2

Happipitoisuustulokset mittauspäivältä 28.4.2022 on esitetty kuvassa 12.



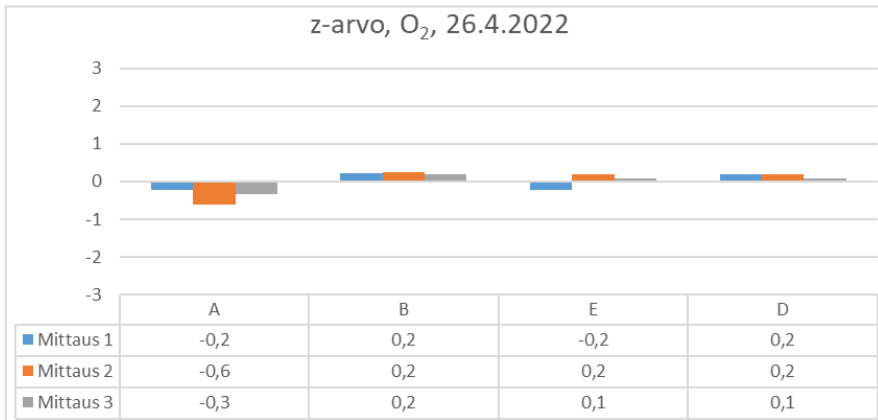
Kuva 12. O₂-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 28.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. O₂-tulosten suhteellinen ero keskiarvosta 28.4.2022

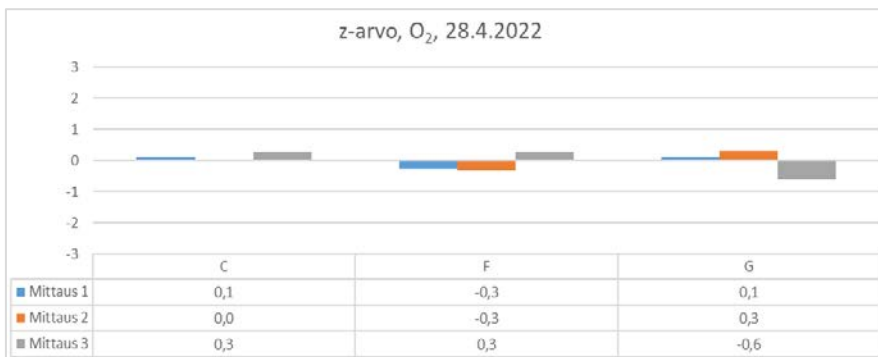
		1	2	3
C	ero-% keskiarvosta	0,4	0,0	0,9
F	ero-% keskiarvosta	-0,8	-0,9	0,9
G	ero-% keskiarvosta	0,4	0,9	-1,8

Kuvassa 13 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 26.4.2022. z-arvot on laskettu kaavojen 2 ja 3 avulla.



Kuva 13. z-arvot O₂-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 26.4.2022

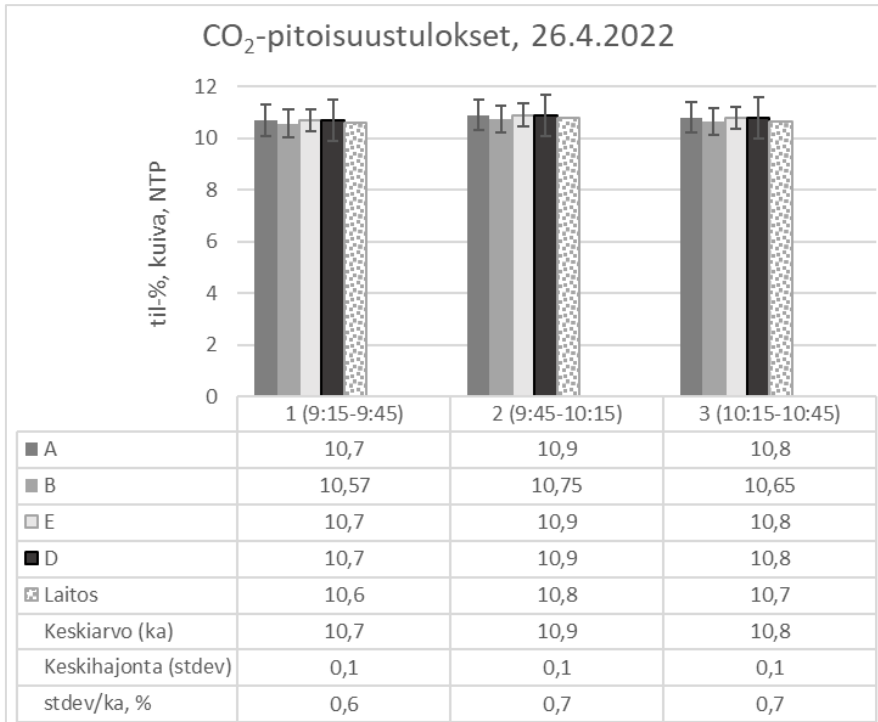
Kuvassa 14 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 28.4.2022.



Kuva 14. z-arvot O₂-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 28.4.2022

2.2.4 Hiilidioksidi, CO₂

Hiilidioksidin pitoisuustulokset mittauspäivältä 26.4.2022 on esitetty kuvassa 15. Kuvaan on merkitty myös laboratorion ilmoittama laajennettu mittausepävarmuus.



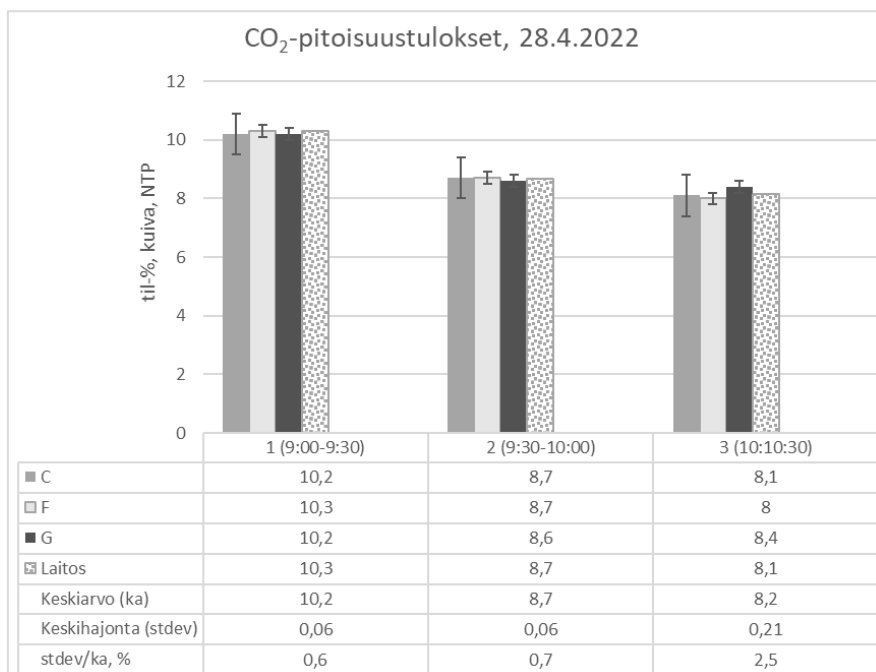
Kuva 15. CO₂-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 26.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. CO₂-tulosten suhteellinen ero keskiarvosta 26.4.2022

		1	2	3
A	ero-% keskiarvosta	0,3	0,3	0,3
B	ero-% keskiarvosta	-0,9	-1,0	-1,0
E	ero-% keskiarvosta	0,3	0,3	0,3
D	ero-% keskiarvosta	0,3	0,3	0,3

Hiiidioksidin pitoisuustulokset mittauspäivältä 28.4.2022 on esitetty kuvassa 16.



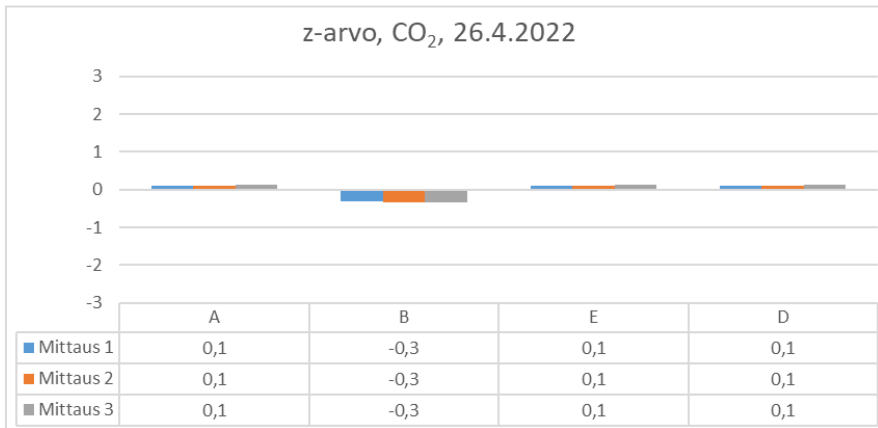
Kuva 16. CO₂-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 28.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. CO₂-tulosten suhteellinen ero keskiarvosta 28.4.2022

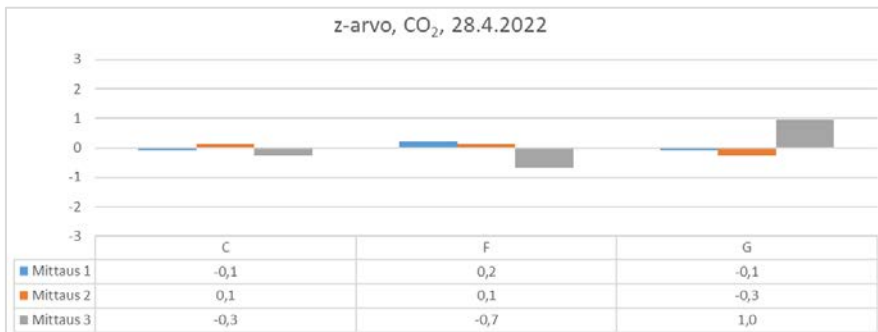
		1	2	3
C	ero-% keskiarvosta	-0,3	0,4	-0,8
F	ero-% keskiarvosta	0,7	0,4	-2,0
G	ero-% keskiarvosta	-0,3	-0,8	2,9

Kuvassa 17 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 26.4.2022. z-arvot on laskettu kaavojen 2 ja 3 avulla.



Kuva 17. z-arvot CO₂-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 26.4.2022

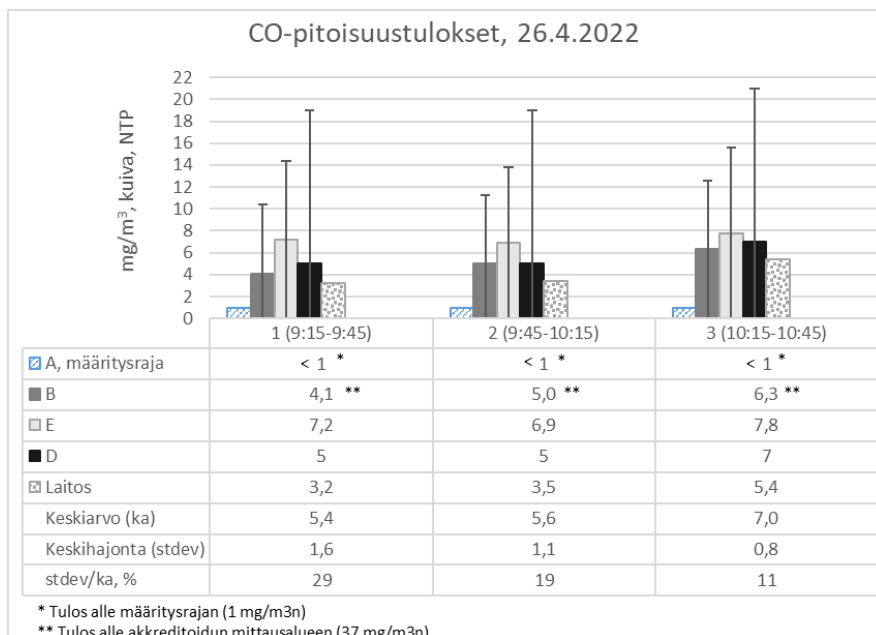
Kuvassa 18 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 28.4.2022.



Kuva 18. z-arvot CO₂-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 28.4.2022

2.2.5 Hiilimonoksidi, CO

Hiilimonoksidin pitoisuustulokset mittauspäivältä 26.4.2022 on esitetty kuvassa 19. Kuvaan on merkitty myös laboratorion ilmoittama laajennettu mittausepävarmuus.



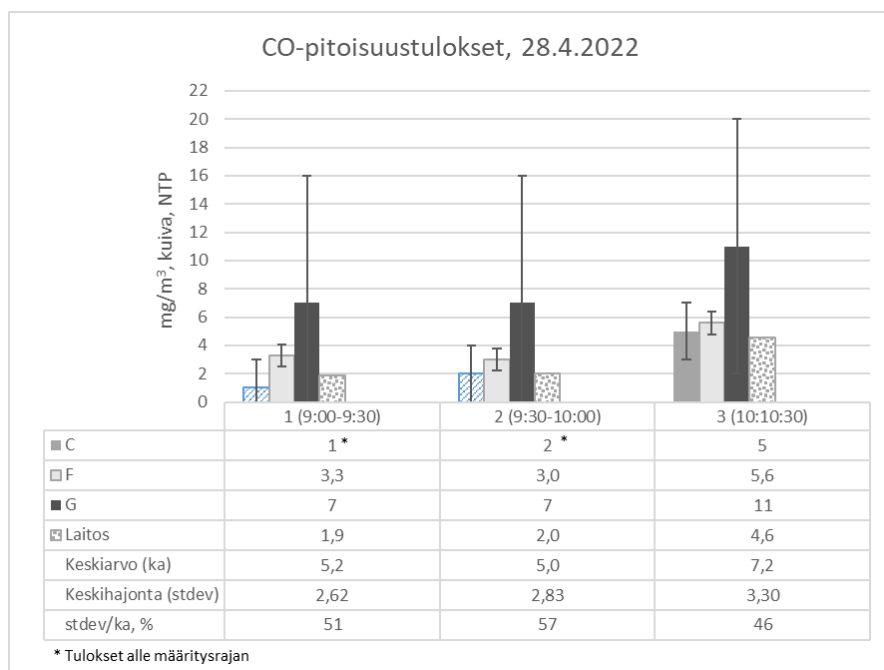
Kuva 19. CO-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 26.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. CO-tulosten suhteellinen ero keskiarvosta 26.4.2022

		1	2	3
B	ero-% keskiarvosta	-24,5	-11,2	-10,4
E	ero-% keskiarvosta	32,5	22,5	10,9
D	ero-% keskiarvosta	-8,0	-11,2	-0,5

Hiilimonoksidin pitoisuustulokset mittauspäivältä 28.4.2022 on esitetty kuvassa 20.



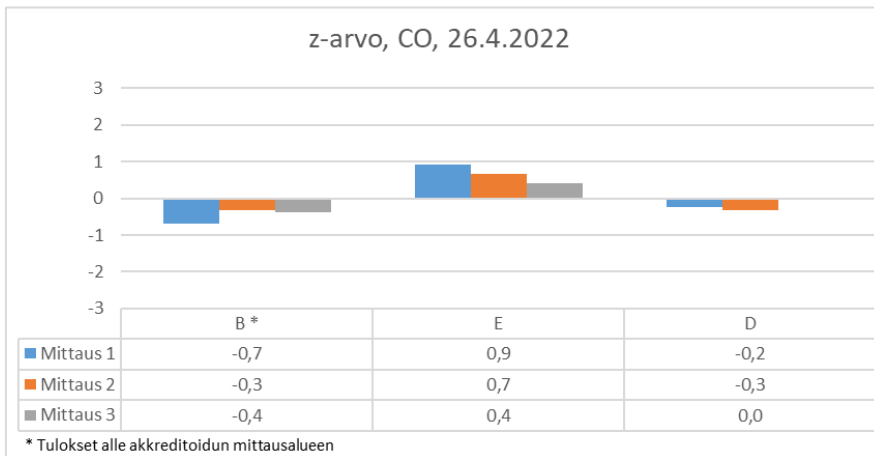
Kuva 20. CO-pitoisuustulokset vertailumittauksissa 28.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. CO-tulosten suhteellinen ero keskiarvosta 28.4.2022

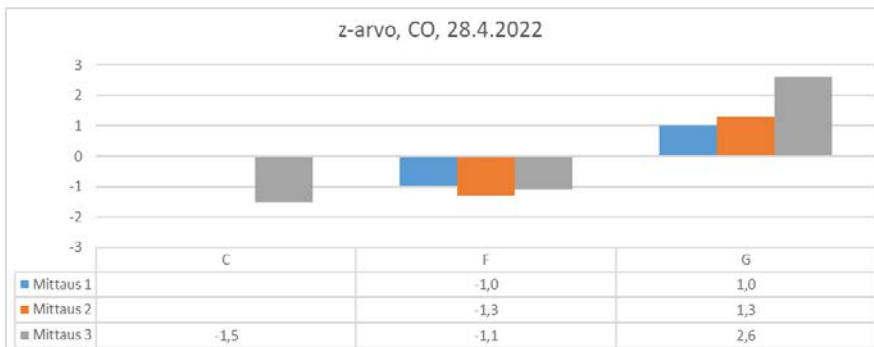
		1	2	3
C	ero-% keskiarvosta			-30,6
F	ero-% keskiarvosta	-35,9	-40,0	-22,2
G	ero-% keskiarvosta	35,9	40,0	52,8

Kuvassa 21 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 26.4.2022. z-arvot on laskettu kaavojen 2 ja 3 avulla.



Kuva 21. z-arvot CO-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 26.4.2022

Kuvassa 22 on esitetty z-arvotestin tulokset pitoisuustuloksille mittauksissa 28.4.2022.



Kuva 22. z-arvot CO-pitoisuustuloksille vertailumittauksissa 28.4.2022

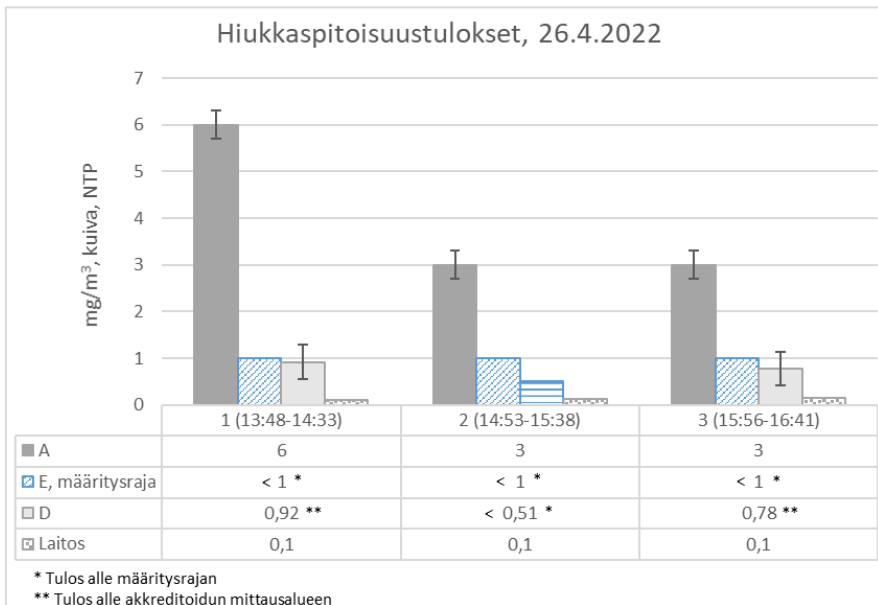
2.2.6 Kosteuspitoisuus, H₂O

Päästömittauslaboratoriot tekivät kosteuden määrittämisen ix-diagrammin avulla, sillä mitattava kaasu oli kylläistä. Kosteuspitoisuuden mittausta ei siis vertailtu näissä vertailumittauksissa.

2.2.7 Hiukkaspitoisuus

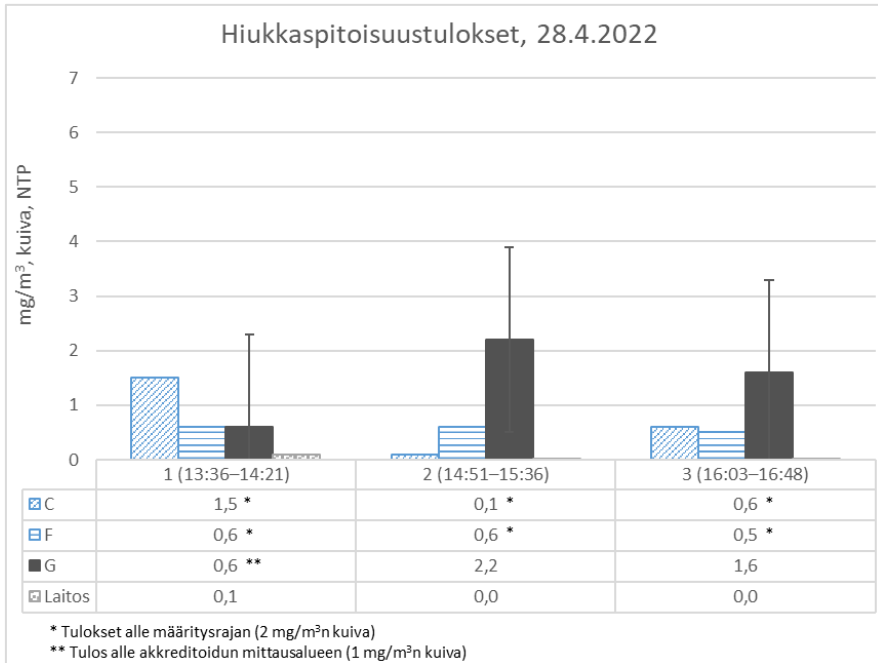
2.2.7.1 Hiukkaspitoisuudet

Hiukkaspitoisuustulokset mittauspäivältä 26.4.2022 on esitetty kuvassa 23. Päästömittauslaboratoriolla E tulos oli alle määritysrajan ja laboratorion D alle akkreditoitun mittausalueen.



Kuva 23. Hiukkaspitoisuustulokset vertailumittauksissa 26.4.2022

Hiukkaspitoisuustulokset mittauspäivältä 28.4.2022 on esitetty kuvassa 24.

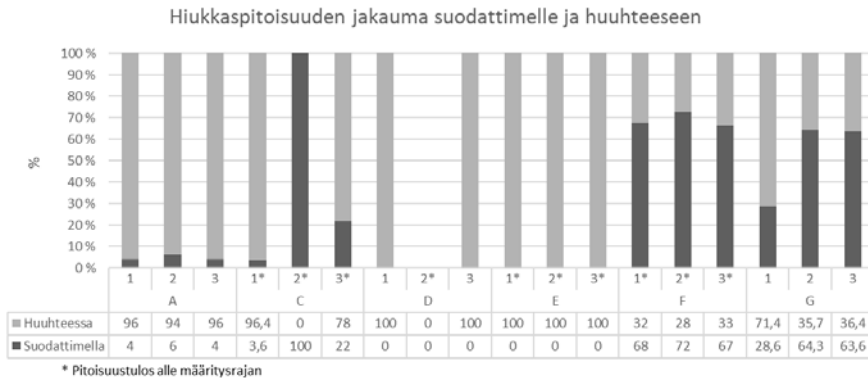


Kuva 24. Hiukkaspitoisuustulokset vertailumittauksissa 28.4.2022

Laboratoriot C ja F raportoivat mitaustuloksensa, mutta ne olivat alle heidän määrittäysrajansa (molemmilla 2 mg/m³n). Laboratorio G:n ensimmäinen mitaustulos oli alle heidän akkreditoituidun mittausalueensa (1 mg/m³n), kahden muun näytteen mitaustulokset olivat yli.

2.2.7.2 Hiukkasjakaumat huuhte/suodatin

Kuvassa 25 on esitetty hiukaspitoisuuksien jakaumat huuhteen ja suodattimen välillä.



Kuva 25. Hiukaspitoisuuden jakauma huuhteeseen ja suodattimelle, päästömittauslaboratoriot A, C, D, E, F ja G, vertailumittaukset huhtikuu 2022

2.2.7.3 Isokineettisyys

Hiukkasnäytteenoton isokineettisyyden poikkeaman hyväksymisrajoiksi on standardissa SFS-EN 13284-1 määritetty -5 - +15 %. Laboratorioiden ilmoittamat isokineettisyydet hiukasmittauksissa on esitetty taulukossa 12.

Taulukko 12. Laboratorioiden hiukasmittausten isokineettisyydet vertailumittauksissa (laboratoriot A, C, D, E, F ja G), näytteenotot 1-6

Mittaus Laboratorio	1	2	3	4	5	6
A	1,02	1,01	1,02			
C				1,06	1,02	1,09
D	1,06	1,10	0,97			
E	1,13	1,14	1,13			
F				1,20*	1,12	1,11
G				0,65*	0,65*	0,70*

* ei täytä standardin vaatimusta

Tavat ilmoittaa isokineettisyysarvot poikkesivat toisistaan. Joillakin laboratorioilla vertailuarvona on 100, joillakin 1 ja jotkut ilmoittavat poikkeaman. Yllä olevaan taulukkoon on vertailun helpottamiseksi kirjattu kaikki arvot käyttämällä vertailuarvoa 1. Standardin mukainen sallittu poikkeama on siis tällöin välillä 0,95-1,15.

Laboratorioilla F ja G isokineettisyysarvot poikkesivat sallituista arvoista (laboratorio F:llä ensimmäisen näytteen osalta ja laboratorio G:llä kaikkien kolmen näytteen osalta). Laboratorio F ei ollut kommentoinut raportissaan yli-isokineettisyyttä eikä sen mahdollista vaikutusta mitattuihin pitoisuuksiin. Laboratorio G oli kommentoinut, että: ”Jaksot olivat ali-isokineettiset. Mahdollinen vaikutus pitoisuutta korotava, alhaisista pitoisuuksista johtuen ei merkittävää vaikutusta tuloksiin”. Muilla laboratorioilla (A, C, D ja E) isokineettisyys oli standardin SFS-EN 13284-1 hyväksymisrajojen sisällä.

2.2.7.4 Kenttänolla

Hiukkasnäytteenotossa kenttänollanäytteen tarkoituksena on varmistaa hiukkas-määrittelyksen luotettavuus varsinkin silloin, kun hiukkaspitoisuus on pieni. Kenttänollan pitoisuusarvo saa olla korkeintaan 10 % päästöraja-arvosta tai 0,5 mg/m³(n). Vertailu tehdään näistä suurempaan arvoon. Eli jos päästöraja-arvo on 4 mg/m³(n), kenttänollan maksimiarvo saa olla 0,5 mg/m³(n), sen ei tarvitse olla 0,4 mg/m³(n). Mikäli varsinaisen hiukkasnäytteen tulos on pienempi kuin kenttänolla, ilmoitetaan hiukkasnäytteen tuloksena kenttänollan tulos.

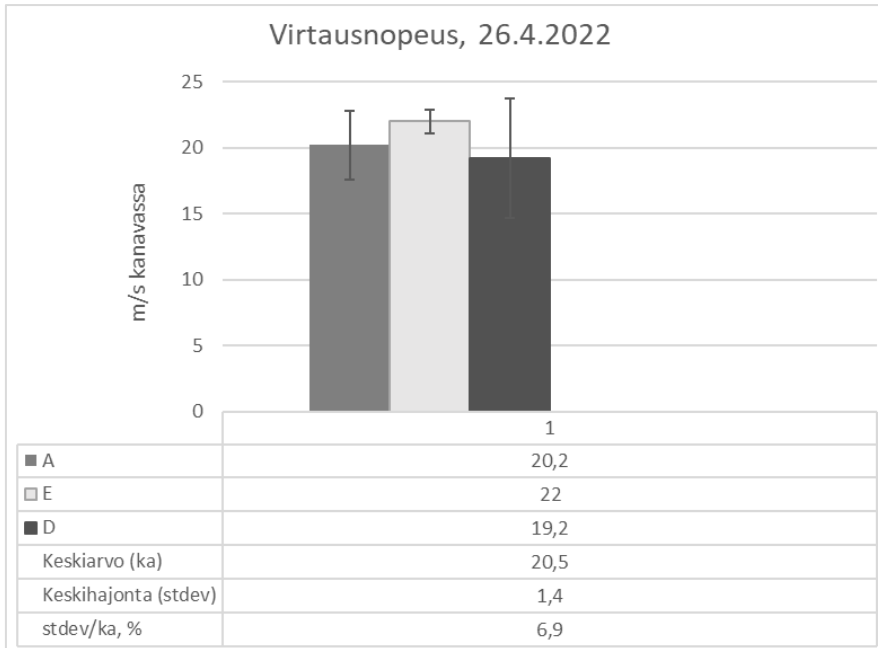
Laboratorioiden kenttänollatulokset olivat:

- laboratorio A: 0,41 mg/m³n, tehty vertailu (VTT:n kommentti: täyttää vaatimuksen)
- laboratorio C: 0,5 mg/m³n, vertailua sallittuun maksimiarvoon ei ole tehty (VTT:n kommentti: täyttää vaatimuksen)
- laboratorio D: 0,09 mg/m³n, tehty vertailu (VTT:n kommentti: täyttää vaatimuksen)
- laboratorio E: 0,0 mg/m³n, tehty vertailu (VTT:n kommentti: täyttää vaatimuksen)
- laboratorio F: <0,10 mg/m³n, tehty vertailu (VTT:n kommentti: täyttää vaatimuksen)
- laboratorio G: 0,8 mg/m³n, kerrottu, että kenttänolla ei täytä standardin SFS-EN 13284-1 vaatimusta (VTT:n kommentti: ei täytä vaatimusta)

2.2.8 Virtausnopeus

Kaasun virtausnopeustulokset kanavan olosuhteessa mittauspäivälle 26.4.2022 on esitetty kuvassa 26. Virtausmittaus tehtiin verkkomittauksena kahdesta yhteestä läpi kanavan.

Päästömittauslaboratoriot tekivät virtausmittaukset laboratorio kerrallaan eli mitauksia ei ole tehty samanaikaisesti. (Yhtäaikainen mittaus ei ole käytännössä mahdollista).



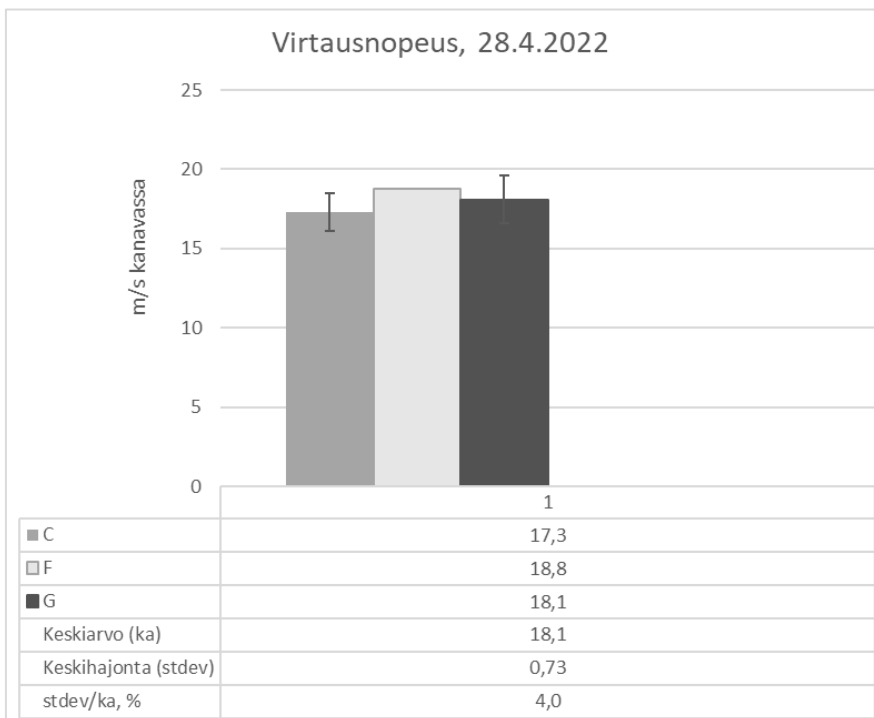
Kuva 26. Savukaasun virtausnopeustulokset vertailumittauksissa 26.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Virtausnopeustulosten suhteellinen ero keskiarvosta 26.4.2022

A	ero-% keskiarvosta	-1,3
E	ero-% keskiarvosta	7,5
D	ero-% keskiarvosta	-6,2

Kaasun virtausnopeustulokset kanavan olosuhteissa mittauspäivälle 28.4.2022 on esitetty kuvassa 27.



Kuva 27. Savukaasun virtausnopeustulokset vertailumittauksissa 28.4.2022

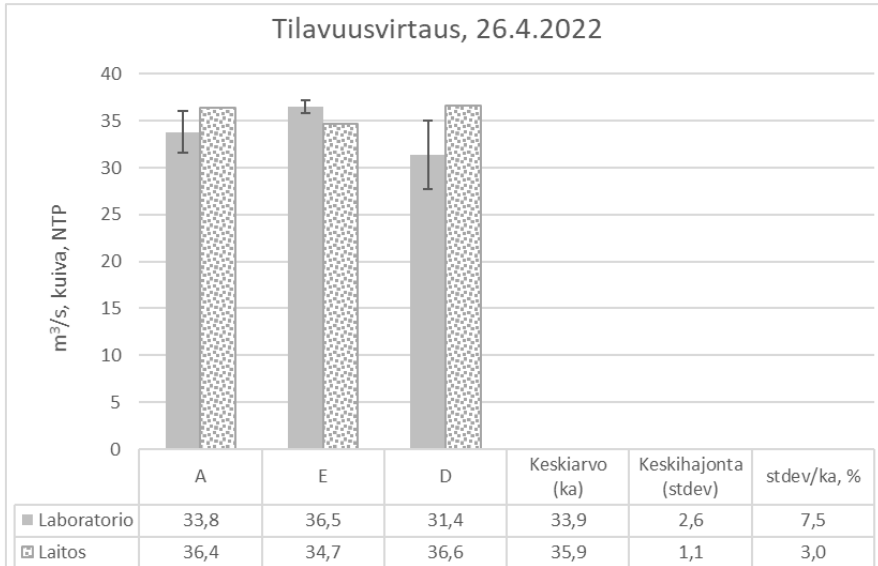
Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Virtausnopeustulosten suhteellinen ero keskiarvosta 28.4.2022

C	ero-% keskiarvosta	-4,2
F	ero-% keskiarvosta	3,9
G	ero-% keskiarvosta	0,3

2.2.9 Tilavuusvirtaus

Kaasun tilavuusvirtaus lasketaan hyödyntäen mitattuja virtausnopeustuloksia, eli mittausajankohdat vastaavat virtausnopeuden mittausajankohtia. Kaasun tilavuusvirtaustulokset mittauspäivälle 26.4.2022 on esitetty kuvassa 28.



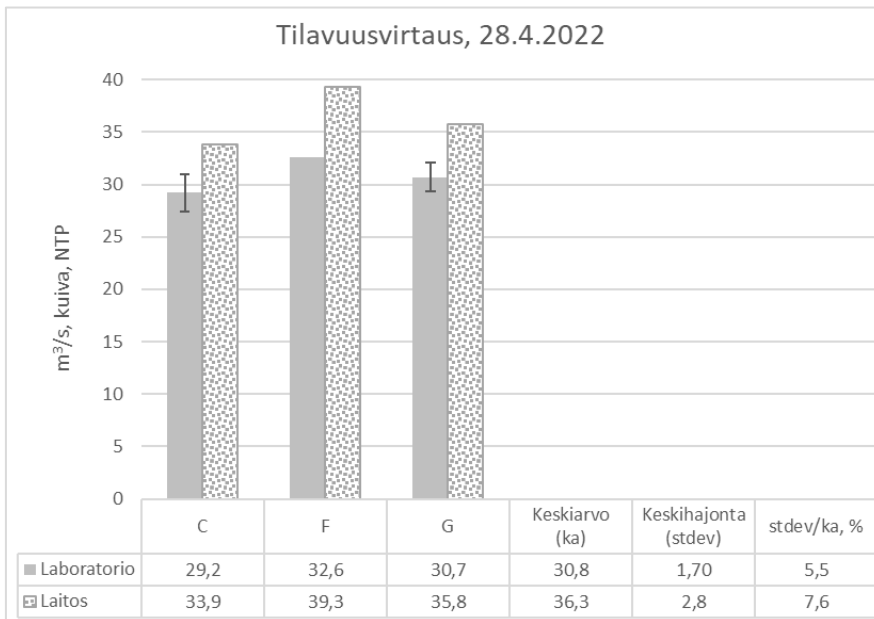
Kuva 28. Savukaasun tilavuusvirtaustulokset vertailumittauksissa 26.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15. Tilavuusvirtaustulosten suhteellinen ero keskiarvosta 26.4.2022

A	ero-% keskiarvosta	-0,3
E	ero-% keskiarvosta	7,7
D	ero-% keskiarvosta	-7,4

Kaasun tilavuusvirtaustulokset kanavan olosuhteissa mittauspäivälle 28.4.2022 on esitetty kuvassa 29.



Kuva 29. Savukaasun tilavuusvirtaustulokset vertailumittauksissa 28.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 16.

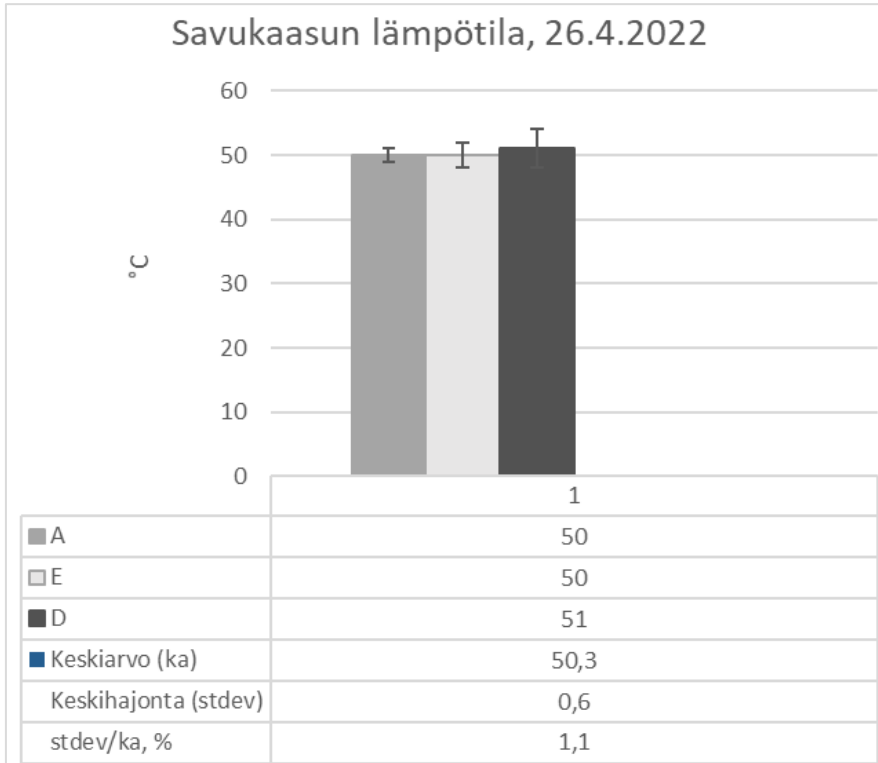
Taulukko 16. Tilavuusvirtaustulosten suhteellinen ero keskiarvosta 28.4.2022

C	ero-% keskiarvosta	-5,3
F	ero-% keskiarvosta	5,7
G	ero-% keskiarvosta	-0,4

2.2.10 Savukaasun lämpötila

Savukaasun lämpötila kanavassa mitattiin nopeusmittausten ajankohtina. Lämpötilamittaukselle ei ole päästömittausstandardeissa määritelty mittausepävarmuutta, joten z-arvotarkastelua ei tehty.

Savukaasun lämpötilatulokset mittauspäivälle 26.4.2022 on esitetty kuvassa 30.



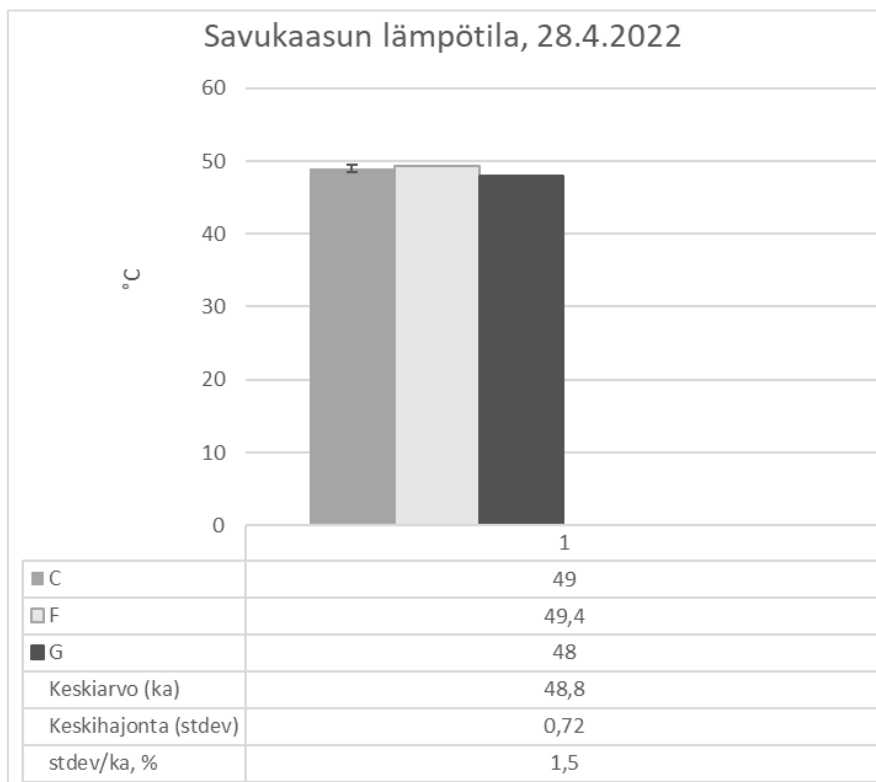
Kuva 30. Savukaasun lämpötilatulokset vertailumittauksissa 26.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 17.

Taulukko 17. Lämpötilatulosten suhteellinen ero keskiarvosta 26.4.2022

A	ero-% keskiarvosta	-0,7
E	ero-% keskiarvosta	-0,7
D	ero-% keskiarvosta	1,3

Savukaasun lämpötilatulokset mittauspäivälle 28.4.2022 on esitetty kuvassa 31.



Kuva 31. Savukaasun lämpötilatulokset vertailumittauksissa 28.4.2022

Suhteelliset erot mittauksittain lasketusta keskiarvosta on esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18. Lämpötilatulosten suhteellinen ero keskiarvosta 28.4.2022

C	ero-% keskiarvosta	0,4
F	ero-% keskiarvosta	1,2
G	ero-% keskiarvosta	-1,6

3. Kenttätöiminnan huomiot

Mittausten aikana seurattiin muun muassa seuraavia asioita kentällä:

1. Mittausmenetelmien vastaavuus esikuvastandardien kanssa
2. Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen
 - a. linjan tiiveystestit
 - b. kaasuanalysointilaitteiden virityksen ryöminän huomiointi
 - c. hiukkasmittauksessa kenttänä
 - d. hiukkasmittauksessa sondihuuhteen tekeminen (käytetyt liuokset, huuhtelut)
 - e. muuta
3. Valokuvat näytteenottojärjestelyistä
4. Perustietoja käytetyistä mittalaitteista
5. Näytteenkäsittelymenetelmä
6. Käytetyt apuaineiden mittausmenetelmät (happi, kosteus, T, p, virtaus)
7. Havainnot mittausten aikaisesta työturvallisuudesta
8. Muut havainnot mittausten aikana

Alla on esitetty kenttätöiminnan tarkastelun aikana havaitut huomioon yllä olevan listan mukaisesti laboratorioittain. Valokuvia ei ole otettu tähän raporttiin mukaan.

Seuraavissa kappaleissa sulussa olevat merkinnät ovat VTT:n kommentteja perustuen kyseisen standardin vaatimuksiin ja siihen, onko laboratorio toiminut niiden mukaisesti.

3.1 Laboratorio A

3.1.1 Mittaus- ja näytteenottomenetelmät

Laboratorio A käytti mittauksissaan taulukossa 19 esitettyjä mittaus- ja näytteenottomenetelmiä. Taulukossa on myös mukana käytetyt mittalaitteet.

Taulukko 19. Päästömittauslaboratorio A:n käyttämät mittaus- ja näytteenottomenetelmät sekä käytetyt mittalaitteet

Komponentti	Mittalaite	Mittausmenetelmä	Näytteen esikäsittely	Kalibrointi-kaasu	Standardi
O ₂	Horiba-PG250	Paramagneettinen	Lauhdutusmenetelmä	5,01 til-% ± 2 %	SFS-EN 14789:2017, SFS 5624:1990
CO ₂	Horiba-PG250	NDIR	Lauhdutusmenetelmä	14,92 til-% ± 2 %	ISO 12039:2019, SFS 5624:1990
SO ₂	Thermo Environmental Instrument 43 A	UV-fluoresenssi	Laimennusmenetelmä, kosteus teoreettinen (SFS-EN 14790:2017)	49,8 ppm ± 2 %	ISO 7935:1992, SFS 5624:1990
NO _x	Horiba-PG250	Kemiluminesenssi	Lauhdutusmenetelmä	179,8 ppm ± 2 %	SFS-EN 14792:2017, SFS 5624:1990
CO	Horiba-PG250	NDIR	Lauhdutusmenetelmä	398,8 ppm ± 2 %	ISO 12039:2019, SFS-EN 15058:2017, SFS 5624:1990
Hiukkaset	EMES 3866	Gravimetrinen, kvartsitassuodatin	Out-stack		SFS-EN 13284-1:2017
Lämpötila	K-tyypin anturi				
Virtaus	Pitot-putki, mikromanometri				ISO 10780:1994, SFS 5624:1990, SFS-EN 16911-1:2013
Kosteus	Teoreettinen: Ylikylläinen savukaasu				SFS-EN 14790:2017

VTT:n kommentti taulukkoon 19:

- viittaus ISO 7935-standardiin akkreditoinnissa SO₂-mittauksessa on kyseenalainen, sillä ISO 7935-standardissa kuvataan kiinteästi asennetun päästömittalaitteen toimintakykyparametreja eikä kannettavien rikkidioksidilaitteiden parametreja
- muut sovelletut standardit ovat ajantasaisia ja tarkoituksen mukaisia

3.1.2 Standardien laadullisten vaatimusten täyttyminen

Linjojen tiiveystestit

- Laboratorio A testasi linjojen tiiveyden (sekä kaasua että hiukkasnäytteenotossa) ns. alipainetestin avulla. Siinä näytteenottolinjastoon vedetään alipaine, jonka pysyvyyttä tarkkaillaan määrätyn ajan verran (tämä OK).

Kaasuanalysointilaitteiden virityksen ryöminän huomiointi/korjaaminen

- mikäli ryömintä (nolla/span) on yli 2 % alku- ja loppuvirityksen välillä, tehdään korjaus (tämä OK).
- sallittu maksimiryömintä on alle 5 % (tämä OK)

Hiukkasmittauksen kenttänäolla

- kenttänäolla tehtiin kasaamalla hiukkasnäytteenottolinjasto kuten normaaliin hiukkasnäytteenottoon valmistautuessa tehdään. Laboratorio A ei laittanut sondia kanavaan (tämä OK) ja he ottivat myös sondin huuhteen mukaan kenttänäolla (tämä OK)

Hiukkasnäytteenoton huuhtelu

- laboratorio A käytti huuhteluun ultrapuhdasta ionivaihdettua vettä ja asetonia (tämä OK). He eivät käännelleet sondia, kun tekivät huuhtelua (ei OK)

Hiukkassondin puhdistus ennen mittauksia

- sondi pestään ennen mittauksia (tämä OK). Pesu tehdään lämmittämällä ja huuhtelemalla sondi ultrapuhdalla ionivaihdetulla vedellä ja asetonilla kuten mittauksissakin.

Hiukkassuodattimen kärjen koko

- halkaisija 6 mm

3.1.3 Muut huomiot

Mittaajilla oli CO-mittarit mukana sekä käytössä. Mittaajilla oli myös kaikki vaadittavat suojaruusteet.

Laboratorio A ei mitannut happea hiukkasmittauslinjan perästä. Hapen mittaamisella näytteenoton aikana voidaan varmistaa näytteenottolinjan tiiveys, tämä on siis suositeltava käytäntö. Mittauksen ei tarvitse olla jatkuvatoimista.

3.2 Laboratorio B

3.2.1 Mittaus- ja näytteenottomenetelmät

Laboratorio B käytti mittauksissaan taulukossa 20 esitettyjä mittaus- ja näytteenottomenetelmiä. Taulukossa on myös mukana käytetyt mittalaitteet.

Taulukko 20. Päästömittauslaboratorio B:n käyttämät mittausmenetelmät

Komponentti	Mittalaitte	Mittausmenetelmä	Näytteen esikäsittely	Kalibrointi-kaasu	Standardi
O ₂	Horiba PG-350	Paramagneettinen	Permeaatio-kuivaus	22 til-% ± 2 %	Modifioitu ISO 8178, part 2
CO ₂	Horiba PG-350	NDIR	Permeaatio-kuivaus	9,5 til-% ± 2 %	Modifioitu ISO 8178, part 2
SO ₂	Horiba PG-350	NDIR	Permeaatio-kuivaus	182,3 ppm ± 2 %	ISO 7935
NO _x	Horiba PG-350	Kemiluminesenssi	Permeaatio-kuivaus	479,53 ppm ± 2 %	Modifioitu ISO 8178, part 2
CO	Horiba PG-350	NDIR	Permeaatio-kuivaus	474 ppm ± 2 %	Modifioitu ISO 8178, part 2

VTT:n kommentti taulukkoon 20:

- viittaus ISO 7935-standardiin akkreditoinnissa SO₂-mittauksessa on kyseenalainen, sillä ISO 7935-standardissa kuvataan kiinteästi asennetun päästömittalaitteen toimintakykyparametreja eikä kannettavien rikkidioksidilaitteiden parametreja
- muut sovelletut standardit ovat ajantasaisia ja tarkoituksen mukaisia

3.2.2 Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen

Linjojen tiiveystestit

- Laboratorio B testasi linjojen tiiveyden ns. alipainetestin avulla. Siinä näytteenottolinjastoon vedetään alipaine, jonka pysyvyyttä tarkkaillaan määrätyn ajan verran (tämä OK).

Kaasuanalysointilaitteiden vaurioiden huomiointi/korjaaminen

- kaasuanalysointilaitteiden näytön ryömintä saa olla maksimissaan 2 % (IMO suositus). Mikäli ryömintä spanissa on < 2 %:ia, tuloksia ei korjata. Mikäli ryömintä on > 2 %:ia, mittaus joudutaan uusimaan (IMO-säännöstö).

3.2.3 Muut huomiot

Laboratorio B:llä ei ollut suojavarusteita, kun he tulivat laitokselle. Lisäksi yhdellä mittaaajista ei ollut omia suojalaseja eikä huomioliivejä- näistä saimme laitokselta huomautuksen.

Autot tulee jättää tehdasalueelle ovet auki ja avaimet virtalukossa, jotta ne voidaan hätätapauksessa siirtää. Laboratorio B oli lukinnut ovet.

3.3 Laboratorio C

3.3.1 Mittaus- ja näytteenottomenetelmät

Laboratorio C käytti mittauksissaan taulukossa 21 esitettyjä mittaus- ja näytteenottomenetelmiä. Taulukossa on myös mukana käytetyt mittalaitteet.

Taulukko 21. Päästömittauslaboratorio C:n käyttämät mittausmenetelmät

Komponentti	Mittalaite	Mittausmenetelmä	Näytteen esikäsittely	Kalibrointi-kaasu	Standardi
O ₂	Horiba PG-350	Paramagneettinen	Permeaatio-kuivaus	ilma 20,95 % ja 7,00 til-% ± 2 %	SFS-EN 14789
CO ₂	Horiba PG-350	NDIR	Permeaatio-kuivaus	12,0 til-% ± 2 %	ISO 12039
SO ₂	Thermo 43i	UV-fluoresenssi	Permeaatio-kuivaus	19,2 ppm ± 1 %	CEN-TS 17021
NO _x	Horiba PG-350	Kemiluminesenssi	Permeaatio-kuivaus	90,1 ppm ja 146 ppm ± 1 % NO	SFS-EN 14792
CO	Horiba PG-350	NDIR	Permeaatio-kuivaus	152 ppm ± 1 %	SFS-EN 15058
Hiukkaset	Metlab STL Combi	Gravimetrisen	Out-stack		SFS-EN 13284-1
Lämpötila	K-tyypin anturi				
Virtaus	S-Pitot-putki				ISO 16911-1
Kosteus	Lämpötila- taulukko				SFS-EN 14790

VTT:n kommentti taulukkoon 21:

- sovelletut standardit ovat ajantasaisia ja tarkoituksen mukaisia

3.3.2 Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen

Linjojen tiiveystestit

- Laboratorio C testasi hiukkaslinjojen tiiveyden ns. alipainetestin avulla. Siinä näytteenottolinjastoon vedetään alipaine, jonka pysyvyyttä tarkkaillaan määrätyn ajan verran (tämä OK).
- Laboratorio C testasi kaasumaisten yhdisteiden järjestelmän tiiveyden syötämällä testikaasua systeemin läpi (tämä OK).

Kaasuanalysointilaitteiden tiiveyden tarkastus/ryömintäkorjaaminen

- mikäli ryömintä (nolla/span) on alle 2 % alku- ja loppuviivien välillä, tuloksia eri korjata. Mikäli ryömintä on 2-5 %, tehdään liukukorjaus ja mikäli ryömintä on > 5 %:ia, mittaukset uusitaan (tämä OK).

Hiukkasmittauksen kenttänä

- kenttänä tehtiin mittausten jälkeen kasaamalla hiukkasnäytteenottolinjasto kuten normaaliin hiukkasnäytteenottoon valmistautuessa tehdään. Laboratorio C ei laittanut sondia kanavaan (tämä OK) ja he ottivat myös sondin huuhteen mukaan kenttänä (tämä OK). Sondin etupesää ei huuhdeltu mukaan näytteeseen (ei OK)

Hiukkasnäytteenoton huuhte

- laboratorio C käytti huuhteluun vettä ja asetonia (tämä OK). Sondia ei käännetty huuhtelun aikana tehokkaan huuhtelun varmistamiseksi (ei OK).

Hiukkassondin puhdistus ennen mittauksia

Kaikkien mittauskampanjoiden **jälkeen** mittalaitteet ja sondit puhdistetaan, minkä jälkeen ne varastoidaan puhtaissa olosuhteissa tulpatuna.

Puhdistus tehdään seuraavasti:

1. Esipuhdistus paineilmalla
2. 'Piippurassilla' harjaus
3. Lämmin vesihuuhtelu
4. 'Kuivaus' asetonilla

Hiukkassuodattimen kärjen koko

- halkaisija 6,2 mm

3.3.3 Muut huomiot

Mittaajilla oli CO-mittarit mukana ja käytössä. Mittaajilla oli myös kaikki vaadittavat suojavarusteet.

Laboratorio C mittasi happea hiukkasmittauslinjan perästä. Hapen mittaamisella näytteenoton aikana voidaan varmistaa näytteenottolinjan tiiveys, tämä on siis suositeltava käytäntö.

3.4 Laboratorio D

3.4.1 Mittaus- ja näytteenottomenetelmät

Laboratorio D käytti mittauksissaan taulukossa 22 esitettyjä mittaus- ja näytteenottomenetelmiä. Taulukossa on myös mukana käytetyt mittalaitteet.

Taulukko 22. Päästömittauslaboratorio D:n käyttämät mittausmenetelmät

Komponentti	Mittalaite	Mittausmenetelmä	Näytteen esikäsittely	Kalibrointi-kaasu	Standardi
O ₂	Horiba PG-350	Paramagneettinen	Lauhdutusmenetelmä	5,0 til-% ± 1 %	SFS-EN 14789
CO ₂	Horiba PG-350	IR-absorptio	Lauhdutusmenetelmä	14,9 til-% ± 1 %	ISO 12039
SO ₂	Teledyne T100	UV-fluoresenssi	Laimennussondi	98 ppm ± 1 %	ISO 7935
NO _x	Teledyne T200	Kemiluminesenssi	Laimennussondi	102 ppm ± 1 %	SFS-EN 14792
CO	Horiba PG-350	IR-absorptio	Lauhdutusmenetelmä	156 ppm ± 1 %	SFS-EN 15058
Hiukkaset	ITES-mittalaite	Gravimetrinen	Out-stack		SFS-EN 13284-1
Lämpötila	Intab Data-loggeri	NiCr-Ni termoelementti			
Virtaus	Mikromanometri, S-Pitot				ISO 10780, SFS 5624
Kosteus	Lauhdutus, gravimetrinen				SFS-EN 14790

VTT:n kommentti taulukkoon 22:

- vertailumittausraportissa taustastandardiksi ilmoitettu ISO 7935, jälkeenpäin laboratorio D ilmoitti, että soveltavat standardia SFS-EN 14791
- viittaus ISO 7935-standardiin akkreditoinnissa SO₂-mittauksessa on kyseenalainen, sillä ISO 7935-standardissa kuvataan kiinteästi asennetun päästömittalaitteen toimintakykyparametreja eikä kannettavien rikkidioksidilaitteiden parametreja
- muut sovelletut standardit ovat ajantasaisia ja tarkoituksen mukaisia

3.4.2 Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen

Linjojen tiiveystestit

- Laboratorio D testasi linjojen tiiveyden ns. alipainetestin avulla. Siinä näytteenottolinjastoon vedetään alipaine, jonka pysyvyyttä tarkkaillaan määrätyn ajan verran (tämä OK).

Kaasuanalysointilaitteiden virityksen ryöminnan huomiointi/korjaaminen

- palautekeskustelussa käydyssä keskustelussa kerrottiin, että mikäli virityksessä on <1 %:n ryömintä ennen ja jälkeen mittauksen, se sallitaan. Tämän keskustelun aikana ei selvinnyt, mitkä ovat laboratorio D:llä käytössä olevat kriteerit ryöminnan käsittelylle, eli ei sille, milloin ryömintä sallitaan korjattavan eikä sille, milloin mittaukset pitää uusida (ei OK)
- myöhemmin laboratorio D kertoi, että heillä on kaikissa menetelmäohjeissa seuraavat ohjeet: Jos näyttämä span- tai nollakaasulla poikkeaa säätöön käytetyn kaasun pitoisuudesta yli 2 %, korjataan liukuma laskennallisesti. Alle 2 % liukumaa ei tarvitse korjata. Jos liukuma on 5 % tai yli, säätöön käytetyn kaasun pitoisuudesta, olisi tulokset periaatteessa hylättävä. Käytännössä tämä on kuitenkin ratkaistava tapauskohtaisesti.

Hiukkasmittauksen kenttänäolla

- laboratorio D:n mielestä kenttänäolla tarkoitetaan suodatinta, joka on kulkenut kentällä mittausten mukana (ei OK)
- nyt näissä mittauksissa laboratorio D kokeili kenttänäolla siten, että he laittoivat kolmannen näytteenoton jälkeen sondipesään kenttänäollasuodattimen ja ottivat sen pois. Tämän jälkeen he huuhtoivat sondin ja tämä huuhte otettiin mukaan kolmanteen näytteeseen, eli kenttänäolla ei ollut omaa huuhtetta (ei OK)

Hiukkasnäytteenoton huuhte

- laboratorio D huuhteli sondin vain vedellä (ei OK). Laboratorio D käänteli sondia huuhtelun aikana (tämä OK).

Hiukkassondin puhdistus ennen mittauksia

- sondin puhdistus tehdään alihankintana määrätyn ohjelman mukaan. Pesu sisältää sekä mekaanisen puhdistuksen että kemikaaleilla tehtävät puhdistukset ja pestävien osien kuivauksen.

Hiukkassuodattimen kärjen koko

- halkaisija 6 mm

3.4.3 Muut huomiot

Mittajilla oli CO-mittarit mukana ja käytössä. Mittajilla oli myös kaikki vaadittavat suojavarusteet

Laboratorio D ei mitannut happea hiukkasmittauslinjan perästä. Tämä olisi suositeltavaa linjan tiiveyden varmistamiseksi. Hiukkasmittauslinjan tiiveys tarkastettiin

jälkeen päin mittaamalla kosteus hiukkasnäytteenoton yhteydessä ja vertaamalla kylläiseen kosteuteen.

Laimennussondin tiivistys oli tehty froteepyyhkeellä. Yhteen tiivistykseen suositellaan käytettävän muuta (paloturvallista ja tiivistä) tapaa.

3.5 Laboratorio E

3.5.1 Mittaus- ja näytteenottomenetelmät

Laboratorio E käytti mittauksissaan taulukossa 23 esitettyjä mittaus- ja näytteenottomenetelmiä. Kaasumittauksissa laiterikon takia käytössä oli varalaitteisto. Taulukossa on myös mukana käytetyt mittalaitteet.

Taulukko 23. Päästömittauslaboratorio E:n käyttämät mittausmenetelmät

Komponentti	Mittalaite	Mittausmenetelmä	Näytteen esikäsittely	Kalibrointikaasu	Standardi
O ₂	Horiba PG-350	Paramagneettinen	Permeaatiokuivaus	6,05 til-% ± 1 %	SFS-EN 14789, ISO 12039
CO ₂	Horiba PG-350	NDIR	Permeaatiokuivaus	10,04 til-% ± 1 %	ISO 12039
SO ₂	API 100E	UV-fluoresenssi	Permeaatiokuivaus	18,1 ppm ± 2 %*	CEN/TS 17021, ISO 7935
NO _x	Horiba PG-350	Kemiluminesenssi	Permeaatiokuivaus	225,6 ppm ± 1 %	SFS-EN 14792
CO	Horiba PG-350	NDIR	Permeaatiokuivaus	450 ppm ± 1 %	SFS-EN 15058, ISO 12039
Hiukkaset	Metlab Mini STL	Gravimetrinen	Out-stack		SFS-EN 13284-1
Lämpötila	K-tyypin termoelementti, Fluke-lämpömittari				
Virtaus ja tilavuusvirtaus	Mikromanometri, S-Pitot, Testo-ilmanpainemittari				ISO 10780
Kosteus	Kondensointi				SFS-EN 14790

* kalibrointipisteen kaasuseos on valmistettu laimentamalla kalibrointikaasua Bronkhorst-massavirtasäätimellä

VTT:n kommentti taulukkoon 23:

- viittaus ISO 7935-standardiin akkreditoinnissa SO₂-mittauksessa on kyseenalainen, sillä ISO 7935-standardissa kuvataan kiinteästi asennetun päästömittalaitteen toimintakykyparametreja eikä kannettavien rikkidioksidilaitteiden parametreja
- muut sovelletut standardit ovat ajantasaisia ja tarkoituksen mukaisia

3.5.2 Standardien laadullisten vaatimusten täyttyminen

Linjojen tiiveydestit

- Laboratorio E testasi kaasunäytteenottolinjojen tiiveyden typpikaasun avulla. Siinä näytteenottolinjastoon syötetään typpeä ja katsotaan, että kaasuanalysaattorit näyttävät ns. nollaa (tämä OK). Tiiveydesti tehtiin samalla virtauksella (2 l/min) kuin itse mittauskin. Linjan päässä oli t-haara, josta ylijäämätyppi pääsi virtaamaan analysaattoreiden ohi.
- Hiukkasnäytteenottolinjojen tiiveys tarkistettiin alipainetestin avulla (tämä OK).

Kaasuanalysaattoreiden virityksen ryöminän huomiointi/korjaaminen

- mikäli viritysten välillä on ryömintää, tuloksiin tehdään aina korjaus. Käytettävät laskentapohjat tekevät sen automaattisesti. Ryömintä on yleensä alle 5 %. Mittaukset uusitaan, jos mittaustulos on epäilyttävä

Hiukkasmittauksen kenttänäolla

- kenttänäolla tehtiin kasaamalla hiukkasnäytteenottolinjasto kuten normaaliin hiukkasnäytteenottoon valmistautuessa tehdään. Laboratorio E laittoi sondin kanavaan tehdessään kenttänäönäytettä (ei OK). He ottivat sondin huuhteen mukaan kenttänäöllään (tämä OK), mutta ilman suodattimen etupesän huuhtelua (ei OK).

Hiukkasnäytteenoton huuhte

- laboratorio E huuhteli sondin vedellä ja sitten asetonilla (tämä OK). He kääntelivät sondia (tämä OK), jotta huuhtelu olisi tehokasta. Huuhtelua ei tehty suodattimen etupesään (ei OK).

Hiukkassondin puhdistus ennen mittauksia

- Hiukkassondit puhdistetaan mittausten jälkeen veden, etanolin ja sopivien harjojen avulla. Puhtaat sondit säilytetään hyllyssä.

Hiukkassuodattimen kärjen koko

- halkaisija 6 mm

3.5.3 Muut huomiot

Mittaajilla oli CO-mittarit mukana ja käytössä. Mittaajilla oli myös kaikki vaadittavat suojavarusteet.

Laboratorio E mittasi happipitoisuutta linjan perästä sähkökemiallisella kennolla (Testolla) mittausten aikana. Tällä varmistetaan, ettei linjastossa ole tullut vuotoja asennusten jälkeen (hyvä käytäntö).

3.6 Laboratorio F

3.6.1 Mittaus- ja näytteenottomenetelmät

Laboratorio F käytti mittauksissaan taulukossa 24 esitettyjä mittaus- ja näytteenottomenetelmiä. Taulukossa on myös mukana käytetyt mittalaitteet.

Taulukko 24. Päästömittauslaboratorio F:n käyttämät mittausmenetelmät

Komponentti	Mittalaite	Mittausmenetelmä	Näytteen esikäsittely	Kalibrointi-kaasu	Standardi
O ₂	Horiba PG-350	Paramagneettinen	kondensointikuivaus	5.0 typpi/20,9 %	SFS-EN 14789
CO ₂	Horiba PG-350	IR-absorptio	kondensointikuivaus	13,0 til-% ± ??? %	ISO 12039
SO ₂	Horiba PG-350	IR-absorptio	kondensointikuivaus*	100 ppm ± ??? %	CEN/TS 17021:2017
NO _x	Horiba PG-350	Kemiluminesenssi	kondensointikuivaus	198 ppm ± ??? %	SFS-EN 14792
CO	Horiba PG-350	IR-absorptio	kondensointikuivaus	200 ppm ± ??? %	SFS-EN 15058
Hiukkaset	Metlab	Gravimetrinen	Out-stack		SFS-EN 13284
Lämpötila	Fluke thermo				
Virtaus ja tilavuusvirtaus	MIKOR 570SV				
Kosteus	-				

VTT:n kommentti taulukkoon 24:

- EMPIR-projektissa SulfNorm (Pellikka, T., et al, 2019) tutkittiin eri kuivausmenetelmien soveltuvuutta SO₂-mittauksiin. Tässä projektissa todettiin, että kondensoiva kuivaus yhdistettynä IR-menetelmään ei täyttänyt menetelmälle asetuja laadullisia vaatimuksia, sillä kondensoivaa kuivausmenetelmää käytettäessä on hyvin todennäköistä, että osa tutkittavasta rikkidioksidista absorboituu

kondenssiin. Näin ollen tulokseksi saatavat SO₂-pitoisuudet ovat todennäköisesti liian pieniä. Eli käytetty savukaasun kuivausmenetelmä (kondensointi) ei ole suositeltava tapa rikkidioksidia mitattaessa

- virtausnopeuden ja tilavuusvirtauksen mittaamiseen sovellettavaa standardia ei ole raportissa ilmoitettu
- sovelletut standardit ovat ajantasaisia ja tarkoituksen mukaisia
- kalibrointikaasujen epävarmuus ei tiedossa

3.6.2 Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen

Linjojen tiiveystestit

- Laboratorio F testasi linjojen tiiveyden ns. alipainetestin avulla. Siinä näytteenottolinjastoon vedetään alipaine, jonka pysyvyyttä tarkkaillaan määrätyn ajan verran. Hiukkasmittalaite oli heille uusi ja tiiveystesteissä ennen mittauksia kului hetkisen aikaa, sillä yksi venttiili oli auki, minkä vuoksi laboratorio F luuli linjojen vuotavan. Täyttä varmuutta ei ole siitä, saiko laboratorio tiiveystestit oikeaoppisesti tehtyä ennen mittauksia.

Kaasuanalysointilaitteiden virityksen ryöminän huomiointi/korjaaminen

- laboratorio F:n periaatteena on, että mittaukset hylätään, mikäli virityksen ryömintä on > 10 %. Mikäli ryömintä on < 10 %:ia, sallitaan ryöminän korjaus. Kyseinen 10 %:n raja perustuu kokemukseen ja auditoijan kommentteihin (ei OK)

Hiukkasmittauksen kenttänäolla

- kenttänäolla oli tehty ennen mittauksia. Laboratorio F:n mukaan he laittavat suodattimen pesään ja ottavat pois, huuhdetta ei oteta talteen (ei OK), joskus voivat laittaa sondin kanavaan, kun tekevät kenttänäolla (ei OK).

Hiukkasnäytteenoton huuhte

- laboratorio F huuhteli sondin vedellä ja sitten asetonilla (tämä OK). He eivät käänneleet sondia (ei OK) tehostaakseen huuhtelua. Huuhtelua ei tehty suodattimen etupesään (ei OK).

Hiukkassondin puhdistus ennen mittauksia

- laboratorio F huuhtelee sondin vedellä, happoliuoksella ja sitten asetonilla ennen mittauksia (tämä OK).

Hiukkassuodattimen kärjen koko

- halkaisija 8 mm

3.6.3 Muut huomiot

Mittaajilla oli CO-mittarit mukana, mutta ei käytössä.

Päästömittalaitteiden poistoletkut tulee johtaa pois siitä tilasta, missä mittaaajat työskentelevät. Laboratorio F jätti poistoletkut mittaustilaan.

Laboratorio F ei mitannut happea hiukkasmittauslinjan perästä. Tämä olisi suositeltavaa linjan tiiveyden varmistamiseksi.

3.7 Laboratorio G

3.7.1 Mittaus- ja näytteenottomenetelmät

Laboratorio G käytti mittauksissaan taulukossa 25 esitettyjä mittaus- ja näytteenottomenetelmiä. Taulukossa on myös mukana käytetyt mittalaitteet.

Taulukko 25. Päästömittauslaboratorio G:n käyttämät mittausmenetelmät

Komponentti	Mittalaite	Mittausmenetelmä	Näytteen esikäsittely	Kalibrointikaasu	Standardi
O ₂	Horiba PG-350	Paramagneettinen	kuiva	4,08 %, 20,9 % ± 1 %	EN 14789
CO ₂	Horiba PG-350	IR-absorptio	kuiva	12,3 til-% ± 1 %	CEN/TS 17405
SO ₂	ML Tele-dyne T100	UV-fluoresenssi	kostea, laimentava	153 ppm ± 2 %	CEN/TS 17021:2017
NO _x	Horiba PG-350	Kemiluminesenssi	kuiva	156 ppm ± 2 %	SFS-EN 14792
CO	Horiba PG-350	IR-absorptio	kuiva	396 ppm ± 2 %	SFS-EN 15058
Hiukkaset	STL-Metlab	Gravimetrisen	Out-stack		SFS-EN 13284
Lämpötila	K-tyyppin termoelementti				
Virtausnopeus ja tilavuusvirtaus	Pitotputkimittaus				Virtaus: SFS-EN 16911-1
Kosteus	Kondenssi-kuivaus/laskennallinen				SFS-EN 14790

VTT:n kommentti taulukkoon 25:

- sovelletut standardit ovat ajantasaisia ja tarkoituksen mukaisia

3.7.2 Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen

Linjojen tiiveystestit

- Laboratorio G testasi hiukkaslinjojen tiiveyden ns. alipainetestin avulla. Siinä näytteenottolinjastoon vedetään alipaine, jonka pysyvyyttä tarkkaillaan määrätyn ajan verran (tämä OK).
- Kaasulinjat tarkistellaan alipainepumpulla (käsikäyttöinen) (tämä OK).

Kaasuanalysointilinjastojen vaurioiden huomiointi/korjaaminen

- mikäli vaurioiden välillä on vaurioita, tuloksiin tehdään aina korjaus. Käytettävät laskentapohjat tekevät sen automaattisesti. Mikäli vaurioita on > 5 %:ia, tulokset joko hylätään tai vaurioiden vaikutusta tuloksiin kommentoidaan raportissa.

Hiukkasmittauksen kenttänäolla

- Laboratorio G tekee kentällä ns. alkunollahuuhteen, jolla varmistavat, että sondi on puhdas ennen näytteenottoa (tämä OK, hyvä käytäntö). Kenttänäolla tehdään huuhtomalla koko linjasto, myös suodatinpesä (tämä OK), sondia ei laiteta kanavaan kenttänäolla tehtäessä (tämä OK).

Hiukkasnäytteenoton huuhte

- Hiukkassondi huuhdeltiin kentällä ennen mittauksia. Huuhde otettiin talteen laadunvarmistusta varten. Sondi huuhdeltiin ensin vedellä ja sitten asetonilla (tämä OK). Sondia käännettiin huuhtelun tehostamiseksi (tämä OK). Myös suodatimen etupesä huuhdeltiin (tämä OK). Sondi lämmitettiin kuivaksi ennen seuraavaa näytteenottoa.

Hiukkassondin puhdistus ennen mittauksia

- sondi puhdistetaan ennen mittauksia harjalla ja lopuksi ultrapuhtaalla vedellä. Muita kemikaaleja (esim. liuottimia) ei käytetä.

Hiukkassuodatimen kärjen koko

- halkaisija 6,2 mm

3.7.3 Muut huomiot

Mittajilla oli CO-mittarit mukana ja käytössä. Mittajilla oli myös kaikki vaadittavat suojavarusteet.

Laboratorio G mittasi happipitoisuutta linjan perästä sähkökemiallisella kennolla mittausten aikana. Tällä varmistetaan, ettei linjastossa ole tullut vuotoja asennusten jälkeen (hyvä käytäntö).

4. Havaintoja tuloksista

4.1 Kaasumaisten komponenttien mittaukset

Kaasumaisten komponenttien mittauksissa mitatut pitoisuudet olivat alhaisia. Suurimmat suhteelliset vaihtelut mitatuissa pitoisuuksissa oli seuraavilla kaasumaisilla komponenteilla:

- SO₂
- CO

LCP-BAT-päätelmissä on esitetty SO₂:lle päästötasoja, jotka ovat 10 mg/m³(n) luokkaa. Näissä mittauksissa havaittiin vaihteluita mitatuissa näytepareissa välillä 3–11 mg/m³(n) (26.4.2022) sekä 4- 12 mg/m³(n) (28.4.2022), joten tämän päästö-tason mittaaminen näyttää haastavalta. Sama havainto tehtiin vuoden 2019 vertailumittauksissa.

Usealla laboratoriollla oli käytössä mitattuihin SO₂- ja CO-pitoisuustasoihin nähden korkeat kalibroitikaasupitoisuudet ja mittausalueet, mikä vaikuttaa tuloksiin. Mikäli kalibroitikaasujen pitoisuudet ovat merkittävästi suurempia kuin mitatut pitoisuudet, on lineaarisuustarkastuksilla näillä pienillä pitoisuuksilla entistä suurempi merkitys.

Kaasumaisten komponenttien näytteenotossa on tärkeää käyttää kyseisen komponentin mittaamiseen soveltuvaa näytteenottomenetelmää. Näissä mittauksissa mitatuista komponenteista tämä on erityisen tärkeää SO₂- mittauksessa.

EMPIR-projektissa SulfNorm tutkittiin eri kuivausmenetelmien soveltuvuutta SO₂-mittauksiin (Pellikka, T., et al, 2019). Projektissa todettiin, että kondensoiva kuivaus yhdistettynä IR-menetelmään ei täyttänyt menetelmälle asettuja laadullisia vaatimuksia, sillä kondensoivaa kuivausmenetelmää käytettäessä on hyvin todennäköistä, että osa tutkittavasta rikkidioksidista absorboituu kondenssiin. Näin ollen tulokseksi saatavat SO₂-pitoisuudet ovat todennäköisesti liian pieniä.

CO-mittaus on haasteellista, sillä mittauksissa pitää yleensä käyttää suuria mittausalueita, jotta saadaan mitattua prosessissa mahdollisesti tulevat CO-piikit. Suurien mittausalueiden käyttö kasvattaa mittausepävarmuutta ja heikentää laitteen herkkyyttä mitata pieniä pitoisuuksia.

Mitatut NO_x-, O₂- ja CO₂- pitoisuudet olivat laboratorioilla yhteneväisiä.

4.2 Hiukkasmittaukset

Ensimmäisen hiukkasmittausvertailun aikana hiukkasia mittasivat laboratoriot A, E ja D. Näistä laboratorio A sai selkeästi kahta toista laboratoriota suuremmat pitoisuudet, E:n tulokset olivat alle heidän määritysrajansa (1 mg/m³(n)) ja D:n alle akkreditoidun mittausalueen (1 mg/m³(n)).

Toisena hiukkasvertailupäivänä mittasivat laboratoriot C, F ja G. Tämän mittauksen aikana C:n ja F:n tulokset olivat alle heidän määritysrajojensa (molemmilla 2 mg/m³(n)). Laboratorio G:n ensimmäinen tulos oli alle heidän määritysrajansa (1

mg/m³(n)) ja kaksi seuraavaa mittausta selkeästi korkeampia kuin C:n ja F:n tulokset.

Laboratorio G:llä oli vaihtunut hiukkasten punnitukseen käytettävä vaaka alku- ja loppupunnitusten välissä, mikä selittää hiukkastulosten eroja muihin verrattuna.

Laboratorio F valitsi hiukkasmittauksiin suuren kärjen (halkaisija 8 mm), jolloin heidän näytemääränsä olivat myös huomattavasti suuremmat kuin muilla laboratorioilla. Tutkittava savukaasu sisälsi runsaasti kosteutta ja kosteus olisi pitänyt poistaa tehokkaasti ennen savukaasun johtamista kaasukellolle. Tätä ei tehty, vaan pian näytteenoton aloittamisen jälkeen alkoi rotametri huuuamaan ja jonkun ajan päästä laitteiston ulostulosta tuli vettä. Laboratorio F:n kaasukellolla mitaama kaasumäärä ei ole siis ollut kuivaa, vaan siinä on ollut mukana X %:ia vettä kasvattaen mitattua kaasutilavuutta. Laboratorio F:n hiukkaspitoisuustulokset voivat siis olla vääristyneitä todellisuutta alemmalle pitoisuustasolle.

Kaikilla laboratorioilla isokineettisyydet eivät täyttäneet standardin vaatimuksia (laboratorio F:n ensimmäinen näyte ja laboratorio G:n kaikki näytteet).

Kenttänollat (kpl 2.2.7.4) oli ilmoitettu kaikissa mittausraporteissa. Sen sijaan osa laboratorioista ei ollut ilmoittanut, oliko saatu kenttänollan arvo sallituissa rajoissa (tässä kohteessa maksimissaan 0,5 mg/m³(n)). Laboratorio C:n tulos oli 0,5 mg/m³(n), vertailua sallittuun kriteeriin ei raportissa ollut tehty. Laboratorio F raportoi kenttänollan tulokseksi < 0,1 mg/m³(n) ja mainitsevat, että kenttänolla ei ylittänyt 10 %:a kattilalle määrätystä vuorokauden raja-arvosta. Laboratorio G:n kenttänolla oli 0,8 mg/m³n, ja raportissa on kerrottu, että kenttänolla ei täytä standardin SFS-EN 13284-1 vaatimusta.

4.3 Hiukkaspunnitusten laboratoriokäytännöt

Hiukkasmittausstandardissa SFS-EN 13284-1 ei ole kuvattu erityisen yksityiskohdaisesti out-stack-mittausten huuhteen käsittelytapoja. VERMI-projektissa päästömittauslaboratorioilta kysyttiin seuraavia tietoja:

- huuhteen käsittelytavat
- huuhteen punnitusastioiden materiaalit
- punnitusprosessi
- punnituslaboratorion olosuhteet

SFS-EN 13284-1-standardissa on esitetty seuraavia vaatimuksia/suosituksia:

- oma punnitusprosessi tulee validoida (SFS-EN 13284-1, kpl 8.6), sen avulla saadaan selville oman punnitustapahtuman keskihajonta
- huuhteen punnitusastiamateriaaliksi suositellaan joko lasia tai keramiikkaa, ei muoviasiioita (kpl 7.4, SFS-EN 13284-1)
- punnituslaboratorion ympäristöolosuhteet on rekisteröitävä ja tarvittaessa käytettävä vakio-olosuhdehuonetta, sillä muun muassa lämpötilan ja paineen muutokset vaikuttavat punnitustuloksiin
- punnituksissa on huomioitava staattisen sähköön vaikutus punnitukseen ja tarvittaessa käytettävä staattisen sähköön poistoon tarkoitettuja välineitä

- vaa'an resoluutio voi standardin mukaan olla 0,01–0,1 mg. VTT:n huomio: Käytännössä nykyisten pienten hiukkasmassojen punnitukseen edellytetään puolimikrovaa'an (resoluutio 0,01 mg) käyttöä
- punnittavat kappaleet on punnittava kolme kertaa, yhden minuutin välein (SFS-EN 13284-1, kpl 8.3)
- huuhteluoksena on käytettävä vesi-asetoniseosta ja tämän liuoksen taustan on oltava mahdollisimman pieni
- suositellaan referenssikappaleiden (suodattimet, huuhteluastiat) käyttöä, niiden avulla voidaan huomioida mahdolliset olosuhteiden aiheuttamat muutokset punnituksissa.

Alla olevissa kappaleissa on kuvattu päästömittauslaboratoroiden käytäntöjä yllä oleviin asioihin liittyen.

4.3.1 Laboratorio A

Out-stack-mittauksen huuhteen käsittelytavat

Huuhte otettiin talteen kannellisiin lasisiin huuhtepurkkeihin, jotka alku- ja loppupunnitaan ilman kantta laboratoriossa. Huuhtepurkit uunitettiin ennen mittauksia > 105 °C lämpötilassa vähintään yhden tunnin ajan.

Mittausten jälkeen huuhtepurkit uunitettiin 70 °C lämpötilassa, kunnes ne olivat haihtuneet kuiviksi ja tämän jälkeen niitä pidettiin vähintään 1 tunti > 105 °C lämpötilassa. Tämän jälkeen huuhtepurkit laitettiin vähintään yön ylitse eksikaattoriin (kosteus < 3 RH%), jotta purkkien lämpötila on tasoittunut täysin ympäröivän ilman lämpötilaan ennen punnitusta ja mahdollinen jäännöskosteus on hävinnyt kokonaan.

Huuhteliuksesta ei ole tehty ns. taustan määrittystä.

Punnituskäytännöt

Punnitukseen käytetyn vaa'an resoluutio on 0,01 mg.

Suodattimien punnitus tapahtuu punnitushuoneessa, jossa punnitusvaaka sijaitsee kivisellä pöydällä. Vaaka laitetaan lämpeämään vähintään puoli tuntia ennen vaa'an sisäistä kalibrointia. Vaa'an sisäisen kalibroinnin jälkeen vaa'an toiminta tarkastetaan metallisin vertailupunnuksin (50 mg, 5 g, 20 g, 30 g ja 40 g), joiden punnitustulokset kirjataan ylös seurantataulukkaan. Ilmanpaineen, huoneen ilmankosteuden ja lämpötilan lukemat kirjataan ylös. Tämän jälkeen punnitaan laboratorio-nollasuodin, jonka jälkeen punnitaan varsinaiset näytesyodattimet ja huuhtepurkit. Näytesyodattimet ja huuhtepurkit tuodaan punnitushuoneeseen eksikaattoreissa (3 näytettä/eksikaattori). Suodattimien ja huuhtepurkkien punnitukset tehdään siten, että punnitustuloksesta otetaan 1, 2 ja 3 minuutin kohdalla.

Jos punnitustulokset ovat laskevia viimeistä kolmatta minuuttia kohden, niin käytetään viimeistä kolmannen minuutin punnitustulosta. Jos taas punnitustulokset ovat nousevia viimeistä kolmatta minuuttia kohden, niin lasketaan kaikkien kolmen minuutin perusteella punnitustulos hetkelle 0 minuuttia ja käytetään sitä.

4.3.2 Laboratorio C

Out-stack-mittauksen huuhteen käsittelytavat

Sondideposition punnitukseen käytettävät astiat on käsitelty ennen näytteenottoa 180 °C:ssa ja näytteenoton jälkeen 160 °C:ssa, vähintään 1 h, tämän jälkeen jäähdytetty vähintään 4 h ja punnittu analysivaa'an tarkkuudella (0,01 mg).

Huuhdeliuosta haihdutetaan aluksi 105 °C lämpötilassa (jos huuhdetta on enemmän kuin tuo astian tilavuus, lisätään astiaan näytettä, kun tilaa haihtuman myötä vapautuu). Loppukäsittely astialle (lasi) samassa lämpötilassa kuin suodattimet. Punnitukset jäähdytysten (eksikaattorin) jälkeen kuten suotimille.

Huuhdeliuoksesta ei ole tehty ns. taustan määrittystä.

Punnituskäytännöt

Punnitukseen käytetyn vaa'an resoluutio on 0,01 mg.

Laboratorio C:n punnitushuoneesta rekisteröidään lämpötila, ilmanpaine sekä suhteellinen kosteus.

Suodatin nostetaan eksikaattorikaapista vaa'alle, käynnistetään kello, luetaan lukema 1, 2 ja 3 minuutin kohdalla, ekstrapoloidaan 0 minuutin lukema edellisten perusteella. Eri suodatintyypeille on käytössä referenssisuodattimet.

4.3.3 Laboratorio D

Out-stack-mittauksen huuhteen käsittelytavat

Huuhdenäytteet haihdutetaan hitaasti 105 °C:ssa ja tuloksena saadaan haihdutusjäännös mg/näyte (alihankinta Eurofinsilta). Haihdutuksia tehdään myös heidän omassa toimipisteessään, ja proseduuri on sama (haihdutus 105 asteessa ja punnitukseen käytetään samaa vaakaa kuin suodatintenkin punnitukseen). Punnitukset tehdään eksikaattorikäsittelyn jälkeen lasimaljassa.

Huuhdeliuoksesta ei ole tehty ns. taustan määrittystä.

Punnituskäytännöt

Punnitukseen käytetyn vaa'an resoluutio on 0,01 mg. Laboratorio D:n punnitushuone on erillinen vaakahuone, josta rekisteröidään lämpötila, paine sekä suhteellinen kosteus.

Laboratorio D käyttää referenssipunnuksia (3 kpl), joille on käytössä hyväksymisrajat. Punnuksilla tarkistetaan vaa'an toiminta ennen varsinaisia punnituksia.

Suodattimet punnitaan tekemällä kolme punnitusta 1 min välein. Tulokset syötetään excel-ohjelmaan, joka laskee tuloksen 0-ajankohtaan. 0-hetken painoa korjataan vielä ns. nostekorjauksella, joka huomioi ilmanpaineen, lämpötilan ja suhteellisen kosteuden.

4.3.4 Laboratorio E

Out-stack-mittauksen huuhteen käsittelytavat

Huuhteet kerättiin muovipulloihin. Sondihuuhteet siirrettiin laboratoriossa ennalta punnittuihin alumiiniastioihin (lasiastiat ja keraamiset astiat on havaittu epätarkoiksi niiden suuren massan vuoksi) ja huuhteiden neste haihdutettiin uunissa 120 asteen lämpötilassa. Astiat siirrettiin uunista eksikaattoriin jäähtymään ja punnittiin >24 tunnin kuluttua.

Huuhdeliuksesta tehtiin taustan määrittäminen.

Punnituskäytännöt

Punnitukseen käytetyn vaa'an resoluutio on 0,01 mg.

Punnitukset tehdään laboratoriotilassa, josta seurataan suureita: p, T sekä kosteus.

Näytteet laitetaan eksikaattorista vaa'alle ja punnitustulos merkitään punnitustiedostoon 1 minuutin, 2 min ja 3 min jälkeen. Tulos ekstrapoloidaan hetkeen "nolla".

Laboratorio E:lla on käytössä referenssisuodatin. Vaaka tarkastetaan ennen punnitusten aloittamista myös referenssipunnuksilla. Sen jälkeen suodattimet otetaan yksitellen eksikaattorista punnitukseen, ja punnituksen jälkeen näytteitä säilytetään vuoden ajan näytearkistossa.

4.3.5 Laboratorio F

Out-stack-mittauksen huuhteen käsittelytavat

Laboratorio F käyttää etukäteen punnittuja ja pussitettuja purkkeja, joiden paino on tiedossa. Huuhteet laitetaan purkkeihin (materiaali ei ole tiedossa) ja laboratoriossa kuivataan ne uunissa 105 asteessa riittävän pitkään, jonka jälkeen punnitaan purkit (eksikaattorin jälkeen) ja lasketaan erotus.

Huuhdeliuksesta ei ole tehty ns. taustan määrittäystä.

Punnituskäytännöt

Punnitukseen käytetyn vaa'an resoluutio on 0,01 mg.

Punnitushuoneen lämpötilaa ei pysty nyt säätämään tarkasti, kuten ei myöskään ilmankosteutta. Punnitushuoneessa ei ole vakio-olosuhteita. Punnitushuoneen olosuhteiden seurannasta ei ole tietoa eikä siitä, käyttääkö laboratorio F referenssi-suodattimia tai referenssiastioita.

Laboratorio F punnitsee suodattimen kolme kertaa, mutta punnituksille ei tehdä standardin SFS-EN 13284-1 mukaista ekstrapolointia ajanhetkeen nolla. Heidän käyttämänsä laskentataulukko antaa ilmoituksen, jos punnitusten välinen ero on liian suuri. Ei ole tietoa, mikä kriteeri tässä on käytössä.

4.3.6 Laboratorio G

Out-stack-mittauksen huuhteen käsittelytavat

Huuhte kaadettiin muovisiin näytepulloihin, joista se kaadettiin alkupunnittuihin ja eksikaattorissa vakioituihin lasisiin haihdutusastioihin ja kuivattiin uunissa 120 °C normaalissa ilmanpaineessa niin kauan, että neste on haihtunut. Tämän jälkeen astiat kuivattiin vielä 1 h 160 °C. Astiat vakioitiin eksikaattorissa ennen loppupunnitusta.

Huuhdeliuksesta ei ole tehty ns. taustan määrittystä.

Punnituskäytännöt

Punnitukseen käytetyn vaa'an resoluutio on 0,1 mg.

Punnitukset tehdään erillisessä huoneessa. Huoneen lämpötila, kosteus ja ilmanpaine kirjataan ylös punnitusten yhteydessä. Käytössä on varauksenpoisto ja vaaka on asetettu kivitasolle.

Suodattimet punnitaan neljä kertaa ja paino tallentuu suoraan järjestelmään. Suodattimen loppupainoksi tallentuu neljän punnituksen keskiarvo. Vaaka tarkistetaan joka punnituksen yhteydessä referenssipunnuksilla. Out-stack-mittauksen osalta referenssinä käytetään haihdutusastiaa, jota pidetään eksikaattorissa (olosuhdereferenssi). Muita referenssejä ei ole käytössä.

4.4 Apusuureet (kosteus, virtausnopeus, lämpötila)

Kosteuspitoisuutta käytetään päästömittauksissa useaan eri tarkoitukseen, kuten esimerkiksi savukaasun tilan määrittämiseen ja tulosten muuntamiseen kosteista pitoisuuksista kuiviin pitoisuuksiin.

Näissä vertailumittauksissa savukaasu oli kylläistä ja kosteuspitoisuudet määritettiin pääosin ix-diagrammin avulla. Näin ollen kosteuspitoisuuden vertailua ei näissä mittauksissa tehty.

Virtausnopeusvertailut tehtiin yksi laboratorio kerrallaan, sillä käytännön syistä johtuen virtauksia ei ole mahdollista määrittää läpi kanavan samanaikaisesti. Ottaen huomioon mittausten eri aikaisuuden ja prosessin vaihtelut mitatut tulokset eivät eronneet toisistaan merkittävästi. Päästömittauslaboratorioiden ilmoittamissa virtausnopeuden mittausepävarmuustuloksissa oli sen sijaan vaihteluita.

Savukaasun lämpötilamittauksien tulokset olivat mittaajilla yhteneviä.

4.5 Päästömittauslaboratorioiden ilmoittamat mittausepävarmuudet

Päästömittauslaboratorioiden ilmoittamat mittausepävarmuudet eri komponenteille on esitetty taulukossa 26. Kuten taulukosta nähdään, mittaajien ilmoittamat epävarmuudet vaihtelivat komponenteittain laajasti.

Päästömittaajan on todennettava, että hänen mittausmenetelmänsä epävarmuus on alle esikuvastandardissa esitetyn arvon päästöraja-arvosta laskettuna ja vain silloin hän voi käyttää kyseistä menetelmää esimerkiksi SFS-EN 14181-mukaisissa QAL2/AST-mittauksissa. Esimerkiksi hiukkasmittauksessa maksimimittausepävarmuus on 20 % ja kun jätteenpolton BAT-AEL-päästötason yläraja hiukkasille on 5 mg/m³, tämä tarkoittaa sitä, että näissä mittauksissa mittaajan hiukkasmittauksen epävarmuus saa maksimissaan olla 1 mg/m³.

Päästömittaajien absoluuttisina arvoina ilmoitetut mittausepävarmuudet on laskettu vertailun helpottamiseksi suhteellisiksi epävarmuuksiksi kyseisen laboratorion mittaustulosten keskiarvosta. Mikäli taulukossa on laboratorion kohdalla viiva, tarkoittaa se sitä, että laboratorio ei osallistunut kyseisen komponentin vertailumittaukseen.

Taulukko 26. Laboratorioiden ilmoittamat suhteelliset mittausepävarmuudet kaasumaisten komponenttien, hiukkasten, nopeuden ja tilavuusvirran mittauksissa

	A ¹⁾	B ¹⁾	C	D ¹⁾	E	F	G ¹⁾
	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%
NO _x	3,5	6,3	5,7 ¹⁾	2,5	11	10	6,2
SO ₂	185	50	47 ¹⁾	300	*	30	130
O ₂	4,9	5,1	3 ¹⁾	7,3	12	2 ¹⁾	2
CO ₂	5,6	5,0 ⁵⁾	8 ¹⁾	7,4	4	2,2 ¹⁾	2
CO	625	167 ⁶⁾	40 ¹⁾	247	>± 100	20	108
Hiukkaset	7,5	-	>100 ²⁾	112 ³⁾	*	30 ⁴⁾	114
Virtausnopeus	13	-	7	23,4	4	?	8,3
Tilavuusvirtaus	13	-	12	23,2	4	?	8,8
Lämpötila	2	-	1	5,8	4	?	4,2

- 1) Epävarmuudet oli ilmoitettu absoluuttisina arvoina ja tähän ne on laskettu vertailun helpottamiseksi suhteellisiksi epävarmuuksiksi laboratorion mittaustulosten keskiarvoa käyttäen
- 2) pitoisuus alle akkreditoitujen out stack-menetelmän määrittäjärajan (2 mg/m³)
- 3) pitoisuus alle akkreditoitujen menetelmän määrittäjärajan (1 mg/m³)
- 4) hiukkasmittausten tulos alle määrittäjärajan (1 mg/m³)
- 5) mitattu CO₂- pitoisuus yli akkreditoitujen menetelmän mittausalueen
- 6) mitattu CO-pitoisuus alle akkreditoitujen menetelmän mittausalueen
- * mitattu tulos ei ole akkreditoitulla alueella
- laboratorio ei mitannut ko. komponenttia
- ? epävarmuutta ei raportoitu

Taulukossa 27 on esitetty laboratorioiden ilmoittamat mittausepävarmuudet suhteutettuna kyseisen komponentin raja-arvoon tai mittaustulosten keskiarvoon, riip-

puen komponentille asetetusta vaatimuksesta. Raportin kohdassa 2.1.4.2 on esitetty vertailuarvot ja vaaditut kriteerit mittausepävarmuudelle komponenteittain. Päästöraja-arvoon verrattavia komponentteja ovat NO_x, SO₂, CO ja hiukkaset ja mittaustulosten keskiarvoon puolestaan verrataan O₂- ja CO₂- tuloksia. Arvot, jotka ylittävät mittaukselle asetetut epävarmuuskriteerit, on merkitty tummalla värillä.

Taulukko 27. Laboratorioiden ilmoittamat mittausepävarmuudet kaasumaisten komponenttien, hiukkasten, nopeuden ja tilavuusvirran mittauksissa verrattuna sallittuun epävarmuuteen (kpl 2.1.4.2)

	A	B	C	D	E	F	G	Kriteeri
	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%	±%
NO _x	4,4	8	6,7	3,3	14,4	11,5	7,4	10
SO ₂	20	14	7,5	20	7,5	8	25	15
O ₂	4,9	5	2,9	7,3	12	2	2	6
CO ₂	5,6	5	7,8	7,4	4	2,2	2,2	6
CO	12	12,6	4	28	14,6	1,6	18	6
Hiukkaset	9,7	-	*	86**	*	30	114	20
Nopeus	13	-	7	23	4	?	8	5
Tilavuusvirtaus	13	-	12	23	4	?	9	10

* ei ilmoitettu epävarmuutta, koska mitattu tulos on ollut alle määrittäjärajan

** epävarmuus ilmoitettu alle akkreditoidun mittausalueen tuloksille

- ei osallistunut mittaukseen

? mittausepävarmuus ei tiedossa

Taulukosta 27 nähdään, että usealla laboratoriollla mittausepävarmuudet ylittivät sallitut arvot. Epävarmuuksia voidaan saada pienennettyä esimerkiksi valitsemalla mitattuun pitoisuustasoon paremmin soveltuva mittausalue. Joillekin komponenteille, kuten esimerkiksi hapelle, mittausalue on kuitenkin tyypillisesti aina sama, joko 0–21 % tai 0–25 %, eikä siihen voida vaikuttaa.

On huomioitava, että suurin osa mittausten esikuvastandardeista on laadittu ja validoitu 1990-luvulla, jolloin mitatut pitoisuustasot olivat suuremmat ja tällä hetkellä nämä standardit odottavat validointitestejä alhaisille pitoisuustasoille. *Usean komponentin kohdalla on tiedostettu se, että tällä hetkellä standardeissa esitettyjä mittausepävarmuuskriteereitä ei saavuteta silloin, kun mitataan pieniä pitoisuuksia.*

Vuonna 2022 valmistuneessa BATE-raportissa (Pellikka, T., Kajolinna, T., 2022) on kerrottu ns. alhaisen pitoisuuden määritelmästä, joka on otettu käyttöön uusimmissa CEN:in tuottamissa EN-standardeissa sekä TS-asiakirjoissa. Syynä tähän on se, että on tiedostettu, että mitattavien pitoisuustasojen lasiessa suhteelliset mittaasepävarmuudet kasvavat. Onkin hyvin todennäköistä, että kun standardien päivityksiä tehdään, sama lähestymistapa otetaan niissä käyttöön. *Ko. periaate tarkoittaa sitä, että kullekin komponentille määritetään pitoisuus, jonka alapuolella olevien mittaustulosten maksimimittaasepävarmuuden kriteerit ilmoitetaan absoluuttisina*

pitoisuuksina. Vastaavasti mitattaessa suurempia pitoisuuksia, epävarmuuskriteerit ovat suhteellisia.

Ranskassa on laadittu vuonna 2021 määritelmät alhaisille pitoisuuksille sekä standardireferenssi- että CEMS-mittauksille. Taulukossa 26 olevia mittausepävarmuuksia tarkasteltiin lisäksi myös tämän Ranskassa käytössä olevan "alhaisen pitoisuuden määritelmän" avulla. Tämä tarkastelu on esitetty taulukossa 28. Tarkastelu on tehty vain niille komponenteille, joiden mittaukset ovat alittaneet alhaisen pitoisuuden määritelmän. Taulukon arvot ovat yksikössä mg/m³(n). Jos laboratorio on ilmoittanut mittauksen suhteellisenä arvona, on se muunnettu absoluuttiseksi mittauksen keskiarvosta laskettuna. Arvot, jotka ylittävät tällä tavalla tarkasteltuna mittaukselle asetetut epävarmuuskriteerit, on merkitty tummalla värillä.

Taulukko 28. Laboratorioiden ilmoittamat mittausepävarmuudet absoluuttisina arvoina tarkasteltuna Ranskassa voimassa olevan käytännön mukaisesti

	LC	U _{SRM,max}	A	B	C	D	E	F	G
SO ₂	10	2	8	5,7	3	8	3	3,1	10
CO	100	6	6	6,3	2	14	7,3	0,8	9
Hiukkaset	5	1	0,3	-	*	0,73**	*	*	1,7

LC = alhaisen pitoisuuden määritelmä (Low concentration)

U_{SRM,max} = suurin sallittu mittausepävarmuus, jos mitattu pitoisuus on alle LC - ei osallistunut mittaukseen

* mitattu tulos on ollut alle määrittämissä, ei tarkastella mittausepävarmuutta

** mitatut tulokset ovat alle akkreditoitujen mittausalueen

Taulukosta 28 havaitaan, että SO₂-pitoisuusmittauksissa kaikki ilmoitetut mittausepävarmuudet ylittävät Ranskassa asetetut mittausepävarmuusvaatimukset. CO-pitoisuusmittauksissa laboratorioden A, B, D ja E mittausepävarmuudet ylittävät ko. kriteerit ja laboratorioden C ja F ilmoittamat mittausepävarmuudet eivät ylitä niitä. Laboratorio E on huomionoinut mittausepävarmuuslaskelmissaan sen, että heidän mittauksiinsa valmistettu kaasuanalysointilaitteensa meni rikki juuri ennen mittauksia ja he joutuivat käyttämään varalaitetta, joka ei ehtinyt lämmitä tarpeeksi. Tämä näkyi alku- ja loppukalibrointien välisissä ryöminöissä ja siten normaalia suuremmissa mittausepävarmuuksissa.

Hiukkaspitoisuusmittauksissa ilmoitettuja mittausepävarmuuksia oli vähän, koska suurin osa mittauksista oli alle määrittämissä (laboratoriot C, E ja F). Tässä tarkastelussa laboratorioden A ja D ilmoittamat mittausepävarmuudet täyttävät Ranskassa asetetun mittausepävarmuusvaatimuksen. Laboratorio G joutui tekemään alku- ja loppupunnitukset eri vaailla, sillä alkupunnituksissa käytetty vaaka oli huollossa. Tämä lisäsi heidän hiukkasmittauksensa epävarmuutta.

Harmonisoidut tavat laskea mittausepävarmuuksia sekä niiden huomiointi verrattaessa tuloksia päästöarvoon nousevat entistä merkittävämpään rooliin tulevaisuudessa. Muun muassa teollisuuspäästädirektiivin (IE-direktiivi) päivityksessä tultaneen ennakkotietojen mukaan kiinnittämään tähän asiaan huomiota.

4.6 Huomioita mittausraporteista

Mittausraporttien laatu vaihteli runsaasti. Jotkut raportit olivat selkeitä ja loogisia, kun taas jotkut olivat vaikeaselkoisia tai niissä oli esimerkiksi käytetty väärä termiä. Alla muutamia esimerkkejä:

- useasta raportista puuttui tieto siitä, millä kattavuuskertoimella laajennetut epävarmuudet on ilmoitettu. Normaalikäytäntö on ilmoittaa ne 95 % luottamustasolla, kertoimella $k=2$
- joistakin raporteista puuttui tieto siitä, mikä on ollut laskuissa käytetty NTP-tila. Euroopassa käytetään tilana 0 °C ja 101,3 kPa, mutta esimerkiksi Intiassa tila on 25 °C ja 101,3 kPa. Käytetty NTP-arvo vaikuttaa laskentoihin, joten se on muistettava aina ilmoittaa raportissa
- raporteissa pitää olla ilmoitettuna muunnoskertoimet, millä ppm:t on muutettu yksikköön mg/m^3
- pitoisuudet on yleensä muutettava referenssihappipitoisuuteen. Tästä on käytetty raporteissa muun muassa termejä happikorjaus tai happiredusointi. Näiden sijasta suositellaan, että terminä käytettäisiin "muunnos referenssihappipitoisuuteen"
- yhdessä mittausraportissa puhuttiin siitä, että mittausepävarmuudet laskeaan todennäköisyytlaskentaan perustuen, mikä ei pidä paikkansa.

5. Vertailumittausten yhteenveto

Kansalliset vertailumittaukset järjestettiin Suomessa vuonna 2022 jätevoimalassa. Kyseinen laitos polttaa yhdyskuntajätettä arinakattilassa. Mittauspaikka sijaitsi noin 20 metrin korkeudella voimalaitoksen piipussa savukaasupuhdistimien jälkeen (sähkösuodatin, kuitusuodatin, HCl-pesuri ja SO₂-pesuri).

Näissä vertailumittauksissa keskityttiin kaasumaisten epäpuhtauksien sekä hiukkasten mittaamiseen. Hiukkasmittaukset tehtiin ns. out stack-menetelmällä (suodatin sijaitsee kanavan ulkopuolella) ja tämä vertailu tehtiin Suomessa ensimmäistä kertaa Suomessa.

Out stack-menetelmää tulee käyttää silloin, kun savukaasut ovat kosteudesta kyläisiä (kuten esim. pesurin jälkeen) tai käytännön syistä johtuen (esim. silloin, jos in-stack-suodatin ei mahdu mittausyhteestä kanavaan). Out-stack-mittauksissa hiukkaspitoisuus määritetään suodattimen massan lisäyksen sekä sondihuuhteen haihdutusjäännöksen summasta. Verrattuna in-stack-mittaukseen on näissä mittauksissa siis mukana yksi työvaihe lisää.

Tämän vertailumittauskampanjan aikana painotettiin myös mittaajien käytännön toimien auditointia mittausten aikana.

Mittauksiin osallistui seitsemän päästömittauslaboratorioita, joista kaikilla oli akkreditointi SFS-EN ISO/IEC 17025:2017:n mukaisesti kaikille mitatuille komponenteille.

Kaikki mittauksiin osallistuneet päästömittauslaboratoriot mittasivat näitä (pieniä) pitoisuuksia samoilla alhaisilla pitoisuustasoilla ja erityisen merkittäviä hajontoja tulosten välillä ei ollut. Joitakin eroja tuloksissa kuitenkin oli, erityisesti SO₂- ja CO-pitoisuuksissa sekä hiukkaspitoisuuksissa. Kenttätoimintaan kiinnitettiin tällä kertaa erityistä huomiota, ja näissä käytännön laadunvarmistustoimissa kentällä havaittiin puutteita.

Yhteenvetona kaikista mittauksista voidaan tehdä seuraavia huomioita seuraavista teknisistä asioista **kaasumaisten komponenttien mittauksiin** liittyen:

- mittausalueen ja kalibrintikaasujen pitoisuuden valintaan on jatkossa kiinnitettävä enemmän huomiota. Mikäli kalibrintikaasujen pitoisuudet ovat reilusti suuremmat kuin mitattu pitoisuus on, voi tästä aiheutua suurta epävarmuutta mitattuun pitoisuuteen nähden
- Analyysointien lineaarisuuskien tarkastuksista on huolehdittava
- kaasumaisten komponenttien mittaamisessa oli joillakin laboratorion suurilla ryömintöillä alku- ja loppukalibrointien välillä
- kaikille laboratorioille ei ollut selvää, mitkä ovat standardien säännöt kaasuanalyysointien alku- ja loppukalibrointien ryöminän sallimiselle/korjaukselle. (Standardien mukaan kaasumaisten komponenttien mittauksessa sallitaan alku- ja loppukalibrointien välillä ± 2 %:n ero, jos > 5 %, tulokset pitää hylätä)

Hiukkasmittauksista tehtiin seuraavia huomioita

- hiukkasmittauksissa kenttänollan määrittäminen ja sen merkitys ei ollut selvää kaikille laboratorioille
- hiukkasmittauksessa out-stack-menetelmässä vaadittava sondin huuhteen keräys ei ollut kaikilla oikeaoppinen
- yhdellä laboratorioilla oli haasteita kaasun kuivauksen kanssa eikä tätä huomioitu tulosten tarkastelussa

Muita huomioita:

- joissakin raporteissa oli viittauksia vanhoihin, poistettuihin dokumentteihin (esimerkkinä kumottu Finas S12/1992) sekä vanhoihin standardeihin
- joillakin laboratorioilla on viitattu esim. ISO-standardeihin, vaikka ko. päästökomponentin mittaamiseen on laadittu eurooppalainen EN-standardi tai TS-asiakirja, jota voidaan käyttää esikuvana
- viittaus ISO 7935-standardiin akkreditoinnissa SO₂-mittauksessa on kyseenalainen, sillä ISO 7935-standardissa kuvataan kiinteästi asennetun päästömittalaitteen toimintakykyparametreja eikä kannettavien (P-AMS, portable automated measuring systems) rikkidioksidilaitteiden parametreja. CEN on laatinut TS-dokumentin (CEN/TS 17021:2017), jossa esitetään P-AMS-mittalaitteen toimintakykyvaatimukset, ja tämä asiakirja olisi soveltuvampi käytettäväksi akkreditoinnin pohjana SO₂-mittauksille
- virtausmittausten akkreditointi pohjautuu joillakin päästämittauslaboratorioilla ISO 10780:1994 standardiin. CENillä on virtausmittausstandardi SFS-EN ISO 16911-1:2013, jota voidaan soveltaa Suomessa
- joissain raporttien viittauksissa puuttui standardien osien numerot (esim. SFS-EN 13284, kun pitäisi olla SFS-EN 13284-1)
- joissakin raporteissa oli tulkinnanvaraisia, epäselviä lauseita. Erityisesti mitatausepävarmuuksien laskentaan liittyvät teksteissä oli tällaisia kohtia, puhuttiin mm. siitä, että mitatausepävarmuudet lasketaan todennäköisyyslaskentaan perustuen (mitä ei tehdä!).

Hiukkasmittauksessa (out-stack) on suositeltavaa tarkistaa hiukkassondin puhdistuksen tehokkuutta säännöllisin väliajoin. Sondin huuhteluun käytetyn huuhteliuoksen tausta tulisi tarkistaa eli tehdä siitä ns. kemikaalinolla. (Tämän taustan voi niin halutessa vähentää haihdutusjäännöksen tuloksesta). Mitattavien pitoisuuksien pienentyessä on entistä tärkeämpää, että hiukkasmassan punnitukseen ja punnitusolosuhteisiin kiinnitetään jatkossa entistä enemmän huomiota. Punnituksissa on huomioitava muun muassa, että:

- käytetään vaakaa, jolla on punnitukseen soveltuva tarkkuus
- huolehditaan staattisen sähköön poistosta
- käytetään referenssipunnusten lisäksi referenssisuodattimia sekä referenssiastioita (huuhteliuoksen punnitukseen käytettävät astiat)
- huolehditaan siitä, että punnitukset eivät häiriinny punnittavien kappaleiden lämpötilavaihteluiden takia.

Kaasumaisten komponenttien mittauksessa tulee huomioida mitattavat pitoisuudet ja valita niihin soveltuvat kalibrointikaasut/tarkistaa analysointilinjien lineaarisuus mitatulla tasolla.

Yleisenä huomiona se, että standardien vaatimuksia tulee huomioida tarkemmin. Päästömittauslaboratorioiden tulee kouluttaa ja perehdyttää mittaajia siten, että he tietävät standardien vaatimukset, kuten esimerkiksi hiukkasmittauksissa kenttänollan merkityksen tai kaasuanalysaattoreiden viritysten ryöminnän korjaamisen huomiointiin.

Päästömittausraporttien laatu vaihtelee paljon. Joillakin mittaajilla raportit ovat selkeitä ja ymmärrettäviä, kun taas joillakin teksti on sekavaa ja sisältää epätarkkuuksia käytettyjen termien suhteen. *Raporttien laatuun tulee panostaa* jatkossa siten, että sekä laitokset että ympäristöviranomaiset saavat niistä selkeän kuvan siitä, mitä on tehty, miten mittausten laatu on varmistettu ja mitkä ovat lopputulokset.

Mittaajien ilmoittamat epävarmuudet vaihtelivat komponenteittain laajasti. Harmonisoidut tavat laskea mittausepävarmuuksia sekä niiden huomiointi verrattaessa tuloksia päästöraja-arvoon nousevat entistä merkittävämpään rooliin tulevaisuudessa. Muun muassa teollisuuspäästödirektiivin (IE-direktiivi) päivityksessä tultaneen ennakkotietojen mukaan kiinnittämään tähän asiaan huomiota.

Lähdeviitteet

- Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration. WI_Final_DRAFT. December 2018. BAT 25-31.
- CEN/TS 17021. 2017. Stationary source emissions. Determination of the mass concentration of sulphur dioxide by instrumental techniques. 43 s.
- ISO 7935. 1992. Stationary Source emissions - Determination of the mass concentration of sulfur dioxide in flue gas - Performance characteristics of automated measuring systems
- Pellikka, T., & Kajolinna, T. 2022. Päästömittausten haasteet alhaisilla pitoisuustasoilla: BATE-projektin havaintoja. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Technology No. 407 <https://doi.org/10.32040/2242-122X.2022.T407>
- Pellikka, T., Kajolinna, T., Perälä, M., 2019. SO₂ emission measurement with the European standard reference method, EN 14791, and alternative methods – observations from laboratory and field studies, J. Air Waste Manage. Assoc. 69 (9):1122-1131. <https://doi.org/10.1080/10962247.2019.1640809>
- SFS-EN 13284-1.2017. Stationary source emissions. Determination of low range mass concentration of dust. Part 1: Manual gravimetric method, 61 s.
- SFS-EN 14798. 2017. Stationary source emissions. Determination of volume concentration of oxygen (O₂). Reference method. Paramagnetism, 39 s.
- SFS-EN 14792. 2017. Stationary source emissions. Determination of mass concentration of nitrogen oxides (NO_x). Reference method: Chemiluminescence, 46 s.
- SFS-EN 15058. 2017. Stationary source emissions. Determination of the mass concentration of carbon monoxide (CO). Reference method: Non-dispersive infrared spectrometry, 46 s.
- SFS-EN 14181. 2015. Stationary source emissions. Quality assurance of automated measuring systems, 84 s.
- SFS-EN 15259. 2008. Air quality. Measurement of stationary source emissions. Requirements for measurement sections and sites and for the measurement objective, plan and report, 78 s.
- SFS-EN 15267-3. 2008. Air quality. Certification of automated measuring systems. Part 3: Performance criteria and test procedures for automated measuring systems for monitoring emissions from stationary sources, 62 s.
- SFS-EN 17656. 2022. Stationary source emissions. Requirements on proficiency testing schemes for emission measurements, 24 s.

SFS-EN ISO 16911-1. 2013. Stationary source emissions. Manual and automated determination of velocity and volume flow rate in ducts. Part 1: Manual reference method, 84 s.

SFS-EN ISO/IEC 17025. 2017. Testaus- ja kalibrointilaboratorioiden pätevyys. Yleiset vaatimukset, 69 s.

Liite A: Raportointiohjeet päästömittaajille

KANSALLISET VERTAILUMITTAUKSET 2022

Tämä ohjeistus on valmistettu vuoden 2022 päästömittausten vertailumittausten raportointia varten. Mittaukset tehdään viikolla 17 jätevoimalassa.

Jos laboratorio tarvitsee raportointiin laitoksen jatkuvatoimisen mittalaitteen dataa, tulee kyseiset suureet ja haluttu aikaväli ilmoittaa VTT:lle mahdollisimman pian mittausten jälkeen ja VTT toimittaa kyseiset tiedot laboratorioille.

1. Yleiset asiat raportissa

- Mittaajat
- Mittauspaikka, mittausyhde ja mittausajankohta
- Mittausmenetelmät, mittalaitteet ja kalibrointikaasujen pitoisuudet
- Koekohtaiset mittaustulokset
- Mittausepävarmuudet

2. Kaasumaisten komponenttien mittaus

Kaasumaiset komponenttien tulokset lasketaan puolen tunnin keskiarvoina (kuivina, $\text{mg}/\text{m}^3(\text{n})$ tai %) ilman happimuunnoksia. Jos on käytetty esimerkiksi laimennussondia, raporttiin mukaan, miten savukaasujen kosteus on määritetty. Toimitetaan myös jatkuvat mittaustulokset esim. minuutin keskiarvoilla Excel-tiedostona. VTT ilmoittaa laboratorioille mittausten jälkeen tarkat ajat, miltä keskiarvot lasketaan.

Mittausepävarmuudet voi raportoida omien käytäntöjen mukaisesti.

koe nro		1	2	3	4
klo					
O ₂ , NTP, kuiva	til-%				
CO ₂ , NTP, kuiva	til-%				
CO, NTP, kuiva	mg/m^3				
NO _x , NTP, kuiva	mg/m^3				
SO ₂ , NTP, kuiva	mg/m^3				

3. Savukaasun nopeuden ja tilavuusvirtauksen mittaus

Laboratoriot mittaavat savukaasun nopeuden peräkkäin. Ilmoitetaan

- mittauksen aika
- savukaasun lämpötila
- savukaasun kosteus
- kanavan staattinen paine
- virtausnopeus m/s, kanavassa
- tilavuusvirtaus m^3/s , kanavassa

- tilavuusvirtaus m³/s, NTP, kostea
- tilavuusvirtaus m³/s, NTP, kuiva
- mitä lähtötietoja on käytetty savukaasun tiheyttä laskettaessa (omat mittaukset, laitoksen CEMS?)

4. Hiukkaspitoisuuden mittaus

Hiukkaspitoisuudet mitataan yhdestä kohtaa kanavaa, sondit asetetaan samalle syvyydelle kanavassa. Ilmoitetaan

- imetyt näytemäärät m³, NTP, kuiva
- hiukkaspitoisuudet mg/m³, NTP, kuiva. Huom! Ilmoitetaan kokonaishiukkaspitoisuus ja sen lisäksi pitoisuudet eriteltynä huuhteessa sekä suodattimella (sekä mg/m³ että prosentteina)
- raporttiin mukaan, miten huuhte on otettu talteen kentällä ja miten huuhte on käsitelty laboratoriossa
- kenttänollapitoisuus mg/m³, NTP, kuiva
- isokineettisyys
- mistä tiedoista savukaasun tiheys isokineettisyyden hallintaa varten on laskettu (omat mittaukset, laitoksen CEMS?)

Mittausepävarmuudet voi raportoida omien käytäntöjen mukaisesti.

5. Raportoinnin aikataulu

Raporttien muoto on vapaasti valittavissa eli voitte tehdä omannäköisen sisällysluettelon, järjestyksen ei siis tarvitse olla yksi yhteen yllä esitetyn järjestyksen mukainen.

Kaikki laboratoriot toimittavat raporttinsa Tuula Pellikalle (tuula.pellikka@vtt.fi) 19.8.2022 mennessä.

6. Vertailuarvon määrittäminen

VTT laskee mittauksissa käytetyn vertailuarvon (ns. assigned value) mittaajien tulosten perusteella (ns. consensus value).

Mittaustuloksille tehdään ns. z-score tarkastelu standardin EN ISO/IEC 17043:2010 mukaan, mikäli se on mahdollista.

z-arvo lasketaan kansainvälisen standardisointiliiton (International Organization for Standardization, ISO) julkaiseman standardin EN ISO/IEC 17043:2010 ohjeituksen mukaisesti seuraavasti:

$$z_{ij} = \frac{X_{ij} - C_j}{\sigma \cdot C_k} \quad (1)$$

Missä X_{ij} on laboratorion i ilmoittama mittaustulos komponentille j

- C_j on vertailuarvona käytetty keskiarvo komponentin j kyseiselle tulosjoukolle
- σ on komponentille j asetetun referenssimenetelmästandardin tai muun virallisen tahon määrittelemä sallittu mittaushajonta

- Ck on komponentille j asetetun sallitun mittaushajonnan vertailuarvo. Käytettävä vertailuarvo on joko päästöraja-arvo mitatussa hapessa tai mittaustulosten keskiarvo Cj.

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

- Typenoksidit NO_x, SFS-EN 14792, Uj 10 % → σ 5 % päästöraja-arvosta
- Rikkidioksidi SO₂, Uj 10 % → σ 7,5 % päästöraja-arvosta
- Kosteuspitoisuus H₂O, SFS-EN 14790, Uj 20 % → σ 10 % keskiarvosta
- Happi O₂, SFS-EN 14789, Uj 6 % → σ 3 % keskiarvosta
- Hiilidioksidi, CO₂, CEN/TS 17045:2020, Uj 6 % → σ 3 % keskiarvosta
- Hiilimonoksidi CO, SFS-EN 15058, Uj 6 % → σ 3 % päästöraja-arvosta
- Virtausnopeus, SFS-EN ISO 16911-1:2013, Uj 5 % → σ 2,5 % keskiarvosta
- Hiukkaspitoisuus, SFS-EN 13284-1:2017, Uj 20 % → σ 10 % päästöraja-arvosta.

Pitot-mittausmenetelmään perustuva SFS-EN ISO 16911-1:2013 standardissa ei ole suoraan esitetty kriteeriä menetelmän epävarmuudelle, standardissa on kuitenkin esitetty standardin validoinnin aikaisia tuloksia ja niissä suurimmat mittausepävarmuudet olivat noin 5 %. Tämän vuoksi tulosten käsittelyssä käytetään nopeudelle sallittuna mittaushajontana 2,5 % mittaustuloksesta.

Tilavuusvirtauksen määrittämiselle ei ole erillistä EN-standardia. Näiden tulosten tarkastelussa tilavuusvirtauksen mittausepävarmuutena on käytetty 10 %, joten tulosten käsittelyssä käytetään tilavuusvirtaukselle sallittuna mittaushajontana 5 % mittaustuloksesta.

Sovellettavina päästöraja-arvoina käytetään pitoisuustasoihin verrattuna mahdollisimman todenmukaisia päästöraja-arvoja eli vuonna 2018 päivitettyä jätteenpolttobREF-tekstiä, ja siinä eri komponenteille esitettyjä päästötasoja (BAT-AEL, Best Available Techniques- Associated Emission Levels). Päästöraja-arvona tullaan käyttämään ilmoitettujen päästötasojen ylimpiä arvoja. Päästöraja-arvot muunnetaan savukaasussa vallinneeseen happipitoisuuteen.

Mittaushajonnan vertailuarvoina käytetyt päästöraja-arvot on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Tulosten käsittelyssä käytetyt päästöraja-arvot

Komponentti	Tulosten käsittelyssä käytetty päästöraja-arvo mg/m ³ n, 11 % O ₂ -pitoisuudessa ilmaistuna
NO _x	180
SO ₂	40
CO	50
Hiukkaset	5

Vertailumittausten tulokset raportoidaan suomenkielisessä VTT Technology-sarjan raportissa, jossa päästömittaustulokset esitetään anonyymeinä.

7. Kenttätyöskentelyn tarkastelulista

VERMI-hankkeen johtoryhmässä sovittiin, että kenttätyöskentelyä vertailumittausten aikana seurataan standardiluonnoksen prEN17656 Stationary source emissions - Requirements on proficiency testing schemes for emission measurements- periaatteiden mukaan. Alla tarkasteltavia asioita:

1. Mittausmenetelmien vastaavuus esikuvastandardien kanssa
2. Standardien laadullisten vaatimusten täytyminen (esim. vuototestit)
3. Valokuvat näytteenottojärjestelyistä
4. Perustietoja käytetyistä mittalaitteista
5. Näytteenkäsittelymenetelmä
6. Käytetyt apusuureiden mittaussuureet (happi, kosteus, T, p, virtaus)
7. Havainnot mittausten aikaisesta työturvallisuudesta
8. Muut havainnot mittausten aikana

Terveisin

Tuula Pellikka, puh. XXX
Tuula Kajolinna, puh. YYY

Nimeke	Kansalliset päästöjen vertailumittaukset 2022 VERMI-projektin yhteenveto
Tekijä(t)	Tuula Pellikka & Tuula Kajolinna
Tiivistelmä	<p>Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy järjesti suomalaisille päästömittauslaboratorioille kansalliset savukaasujen vertailumittaukset vuonna 2022. Tässä VERMI- hankkeessa mitattiin jätevoimalassa kaasumaisia komponentteja (O₂, CO₂, CO, SO₂, NO_x) sekä hiukkaspitoisuuksia. Vertailumittaukset tehtiin Suomessa ensimmäistä kertaa kylläisistä eli kosteista kaasuista, jolloin hiukkasmittauksissa käytetään out-stack-mittausta.</p> <p>Mittauskohdetta valittaessa oli jo etukäteen tiedossa, että mitattavat pitoisuudet kyseisessä prosessissa ovat alhaisia. Päästörajat tulevat tulevaisuudessa alenemaan entisestään nykyisistä arvoista muun muassa BAT-AEL-asiakirjojen myötä, joten tämä kohde valittiin, sillä näiden mittausten perusteella saatiin näkemys pienten pitoisuuksien mittaamiseen liittyvistä haasteista Suomessa.</p> <p>Mittauksiin osallistui seitsemän päästömittauslaboratoriota, joilla kaikilla oli akkreditointi SFS-EN ISO/IEC 17025:n mukaisesti kaikille niille komponenteille, joiden mittauksiin he osallistuivat.</p> <p>Kaikki mittauksiin osallistuneet päästömittauslaboratoriot mittasivat näitä (pieniä) pitoisuuksia samoilla alhaisilla pitoisuustasoilla ja erityisen merkittäviä hajontoja tulosten välillä ei ollut. Joitakin eroja tuloksissa kuitenkin oli, erityisesti SO₂- ja CO-pitoisuuksissa sekä hiukkaspitoisuuksissa. Tässä raportissa esitetään, mitkä ovat näiden erojen todennäköisimpiä syitä.</p> <p>Kenttätoimintaan kiinnitettiin tällä kertaa erityistä huomiota, ja näissä käytännön laadunvarmistustoimissa kentällä havaittiin puutteita. Osa laboratorioista seuraa esikuvastandardien ohjeita systemaattisesti, mutta osalla tämä oli puutteellista. Yleisenä huomiona mittauksista voidaan todeta se, että standardien vaatimuksia tulee huomioida tarkemmin.</p> <p>Päästömittauslaboratorioiden tulee kouluttaa ja perehdyttää mittajia siten, että he tietävät standardien vaatimukset. Suomessa ei järjestetä tällä hetkellä missään alan säännöllistä koulutusta ja tähän tulisi panostaa kansallisella tasolla tulevaisuudessa.</p>
ISBN, ISSN, URN	ISBN 978-951-38-8779-7 ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Verkkojulkaisu) DOI: 10.32040/2242-122X.2023.T417
Julkaisu-aika	Huhtikuu 2023
Kieli	Suomi, englanninkielinen tiivistelmä
Sivumäärä	70 s. + liitt. 4 s.
Projektin nimi	
Rahoittajat	
Avainsanat	päästömittaukset, vertailumittaukset, laadunvarmistus, out-stack-hiukkasmittaus
Julkaisija	Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy PL 1000, 02044 VTT, puh. 020 722 111, https://www.vtt.fi/

Title	Interlaboratory comparison measurements (ILC) for emissions in Finland in year 2022 Summary of VERMI project
Author(s)	Tuula Pellikka & Tuula Kajolinna
Abstract	<p>Interlaboratory comparison measurements (ILCs) for Finnish emission measurement teams were organised year 2022 by VTT Technical Research Centre of Finland. The measurement place was waste to energy plant, combusting municipal waste in the grid furnace. Measurement platform was located at the height of 20 meters, after the flue gas cleaning units (electrostatic precipitator, textile filter and scrubbers for SO₂ and HCl).</p> <p>During this measurement campaign gaseous components, such as O₂, CO, CO₂, NO_x and SO₂ were measured. Particulates were measured with out- stack measurement method. This ILC with out-stack method was organized for the first time in Finland.</p> <p>It was known already when selecting the measurement place that the concentration levels will be there at the low level. However, since BAT-AEL (associated emission levels) describe low emission levels for many components, this place was selected since based on these measurements it was possible to have a picture of the challenges that emission measurement teams will face in the future.</p> <p>Seven emission measurement teams took part in this campaign. All teams had accreditation according to SFS-EN ISO/IEC 17025 for the components that they measured.</p> <p>As a conclusion it can be said that there were no large deviations noted between the participants for most of the components. Only exceptions were SO₂, CO and particulate results. This report describes possible reasons for these deviations and how they could be avoided in the future.</p> <p>During this ILC, also the practical working procedures during measurements were evaluated. Some teams followed the instructions given in the standards carefully while others had some challenges in this respect. This shows the importance of constant training and monitoring competence of the personnel. At the moment, emission measurement training is not organized in Finland and tools for this should be developed in the future.</p>
ISBN, ISSN, URN	ISBN 978-951-38-8779-7 ISSN-L 2242-1211 ISSN 2242-122X (Online) DOI: 10.32040/2242-122X.2023.T417
Date	April 2023
Language	Finnish, English abstract
Pages	70 p. + app. 4 p.
Name of the project	
Commissioned by	
Keywords	emission measurements, ILC, quality assurance, out-stack PM measurements
Publisher	VTT Technical Research Centre of Finland Ltd P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland, Tel. 020 722 111, https://www.vttresearch.com

Kansalliset päästöjen vertailumittaukset 2022

VERMI-projektin yhteenveto

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy järjesti suomalaisille päästömittauslaboratorioille kansalliset savukaasujen vertailumittaukset vuonna 2022. Tässä VERMI- hankkeessa mitattiin jätevoimalassa kaasumaisia komponentteja (O₂, CO₂, CO, SO₂, NO_x) sekä hiukkaspitoisuuksia.

Vertailumittaukset tehtiin Suomessa ensimmäistä kertaa kylläisistä eli kosteista kaasusta, jolloin hiukkasmittauksissa käytetään out-stack-mittausta. Näissä mittauksissa tarkasteltiin myös päästömittaajien toimintaa.

Hankkeen rahoittivat ympäristöministeriö, VTT, Adato Energia Oy (Ympäristöpooli), Metsäteollisuus ry sekä useat yritykset (A-insinöörit Oy, Eurofins Nab Labs Oy, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu XAMK, Ramboll Finland Oy, Sitowise Oy, AFRY Finland Oy sekä Wärtsilä Finland Oy).

Vertailumittausten lisäksi VERMI-hankkeen yhtenä tavoitteena oli tiedonsiirto Suomessa päästömittausten laadunvarmistukseen liittyen, jonka vuoksi projektin aikana järjestettiin aiheeseen liittyvä koulutustilaisuus.

Tässä raportissa esitetään vertailumittausten tulokset ja niiden havainnot sekä tärkeimmät kehityskohteet.

ISBN 978-951-38-8779-7
ISSN-L 2242-1211
ISSN 2242-122X (Verkkójulkaisu)
DOI: 10.32040/2242-122X.2023.T417



beyond the obvious