

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka / voimalaitos- ja prosessisuunnittelu

Mari Kanerva

QAL2-MITTAUSTEN OHJEISTUS, LASKENTA JA RAPORTOINTI

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOLU

Energiatekniikan koulutusohjelma

KANERVA, MARI	QAL2-mittausten ohjeistus, laskenta ja raportointi
Insinööriyö	47 sivua + 19 liitesivua
Työn ohjaaja	Lehtori Risto Korhonen
Toimeksiantaja	Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Päästömittauslaboratorio
Helmikuu 2010	
Avainsanat	laadunvarmistus, vertailumittaus, mittalaitteet, QAL2

QAL2 tarkoittaa kiinteästi asennetun mittalaitteen toiminnan tarkastamista. QAL2-mittaukset suoritetaan standardin SFS-EN 14181 mukaan. Standardi SFS-EN 14181 käsittelee mittalaitteen laadunvarmistusta. Laadunvarmistukseen kuuluu myös AST eli vuosittainen valvonta. QAL2- ja AST-testit suoritetaan vertailumittauksilla. QAL2:n tarkoituksena on saada aikaan kalibrointifunktio tarkastelun aiheena olevalle mittalaitteelle. AST taas tarkastelee, että QAL2-mittauksista saatu kalibrointifunktio on edelleen voimassa myös mittausten jälkeen.

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Päästömittauslaboratorio tekee QAL2-mittauksia, ja tämä on ohjeistus laboratoriolle niiden tekemiseen. Työssä käsitellään QAL2-mittausten suorittamisen, QAL2-laskennan suorittamisen ja mittaustulosten raportoinnin teoriaa. Työn pääpaino on teoria osuudessa. Siihen on kerätty eri lähteistä oleelliset tiedot. Laskentaosuus on taas tärkein työvaihe QAL2-tarkastelussa. Työ selvittää myös, mitä näistä mittauksista tuotetun raportin tulisi sisältää. Toinen osa työssä pitää sisällään selvityksen AST-testien ja -laskennan suorittamisesta.

Ohjeistuksen tarkoituksena on helpottaa päästömittaajien työtä. Tavoitteena on varmistaa, että kaikki tarvittava tieto tullaan keräämään. Tätä varten on luotu lomake tietojen keräämiseen laitokselta. Lomake tullaan lähettämään laitokselle ennen mittauksia. Lomake sisältää myös selvityksen, kuinka mittaukset laitoksella tullaan suorittamaan.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

KANERVA, MARI	Instructions for the Execution, Calculation and Reporting of QAL2
Bachelor's Thesis	47 pages + 19 pages of appendices
Supervisor	Risto Korhonen, Senior Lecturer
Comissioned by	Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, Emission Measurement Laboratory
February 2010	
Keywords	quality assurance, parallel measurements, systems, QAL2

QAL2 is a procedure to make sure that the automated measuring system works properly. QAL2 measuring is performed according to the standard SFS-EN 14181. The standard SFS-EN 14181 describes the quality assurance of an Automated Measuring System. An Annual Surveillance Test (AST) is also defined. QAL2 and AST tests are performed with a number of parallel measurements. QAL2 is also a procedure for the determination of a calibration function. AST determines whether the calibration function obtained during the previous QAL2 test is still valid.

The Kyamk emission measurement laboratory performs QAL2. This thesis is an instruction manual for the tests. The thesis consists of a theory for performing QAL2, performing QAL2 calculation and reporting. The main focus of this thesis is on theory. The essential knowledge is gathered from different sources. The calculation is the most important part of a QAL2 test. The thesis also includes instructions for reporting. The second part of this thesis explains the procedure of performing an AST and its calculations procedures.

The purpose of the instruction manual is to facilitate the work of the emission measurer. The objective is to make sure that all the information needed will be collected. For these purposes, a form is generated to collect all the necessary information. This form will be sent to an industrial plant before the measurements. The form also includes an account of how the measurements will be performed in the industrial plant.

ALKUSANAT

Kiitän Kymenlaakson ammattikorkeakoulun, Päästömittauslaboratoriota, että sain aiheen opinnäytetyöhöni. Erityiskiitos kuuluu laboratorion insinööreille Mikko Nykäselle ja Marko Piispalle. He ovat olleet suurena apuna työn tekemisessä ja aina auttaneet tarvittaessa.

Haluan myös kiittää työn ohjaajaa Risto Korhosta ja saamastani avusta työtä tehdessäni.

Erityiskiitoksen haluan myös esittää vanhemmilleni. He ovat aina tarvittaessa auttaneet ja tukeneet minua työn tekemisessä.

Hamina 15.1.2010

Mari Kanerva

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

1 JOHDANTO	8
2 TOIMINTAPERIAATE.....	9
2.1 Kiinteästi asennetun mittalaitteen laadunvarmistus, EN 14181	9
2.2 Kiinteästi asennetun mittalaitteen kalibrointi ja validointi, QAL2.....	10
2.3 Vuosittainen valvonta, AST.....	11
3 MITTAUSMENETELMÄT	12
3.1 UV-fluoresenssi	12
3.2 IR-absorptiomenetelmä.....	14
3.3 Kemiluminenssimenetelmä.....	15
3.4 Liekki-ionisaatiomenetelmä.....	16
3.5 Paramagneettinen menetelmä	17
4 ROOLIT QAL2-MITTAUKSISSA	18
4.1 Päästömittaajan tehtävät mittauksissa.....	20
5 VERTAILUMITTAUSTEN TEKEMINEN	20
5.1 Toiminnalliset testit	21
5.2 Kalibrointi	22
5.3 Kalibrointifunktion muodostus	25
5.4 Vaihtelevuustestit (Variability tests)	26
6 QAL2-LASKENTA	27
6.1 Lähtötiedot	28
6.2 Mittaustulokset.....	28
6.3 Kalibrointifunktio	29
6.4 SRM:n laskenta standardiolosuhteisiin.....	30
6.5 AMS:n kalibrointifunktion laskeminen	31
6.6 AMS:n kalibroidut arvot standardiolosuhteissa.....	33
6.7 Vaihtelevuustestit.....	34
6.8 QAL2-raportointi	37

7 QAL2-TARKASTELUN ONNISTUMINEN	37
7.1 Tiedot QAL2-mittauksia varten	38
7.2 Tapahtumat ennen ja jälkeen mittausten sekä niiden aikana	39
8 VUOSITTAINEN VALVONTA, AST	39
8.1 AST-testien suorittaminen	40
9 AST-LASKENTA.....	41
9.1 Lähtötiedot	41
9.2 AMS:n ja SRM:n tulosten muokkaus	42
9.3 Vaihtelevuustestit.....	43
9.4 AST-raportointi.....	45
10 YHTEENVETO	46
LÄHTEET	47

LIITTEET

Liite 1. Laskentaesimerkki 1

Liite 2. Laskentaesimerkki 2

Liite 3. Laitokselle selvitys QAL2-mittauksista ja tiedustelulomake

Liite 4. Tehtävälista

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

AMS	Automated Measuring Systems, kiinteästi asennettu mittalaite
SRM	Standard Reference Method, referenssimenetelmä
ELV	Emission Limit Value, päästöraja-arvo
mA	milliampeeri, ampeeri on SI-järjestelmän mukainen yksikkö sähkövirralle
mV	millivoltti, voltti on SI-järjestelmän mukainen yksikkö jännitteelle
ppm	Parts per million, suhteellinen pitoisuusmitta päästöille
mbar	millibaari, SI-järjestelmän paineen lisäyksikkö
a	Kalibrointifunktion leikkauspiste
b	Kalibrointifunktion kaltevuuskulma
\hat{a}	Paras arvio/laskelma a:sta
\hat{b}	Paras arvio/laskelma b:stä
x_i	AMS:llä mitattu pitoisuus
y_i	SRM:llä mitattu pitoisuus
\bar{x}	AMS:n mitattujen arvojen keskiarvo
\bar{y}	SRM:n mitattujen arvojen keskiarvo
$y_{i,s}$	SRM:n mitatut arvot standardiolosuhteissa
$y_{s, \min}$	Pienin SRM:n arvo standardiolosuhteissa
$y_{s, \max}$	Suurin SRM:n arvo standardiolosuhteissa
\hat{y}_i	AMS:n kalibroitu pitoisuusarvo, kalibrointifunktiolla lasketut AMS:n x_i arvot
\hat{y}_s	AMS:n kalibroidut arvot ilmoitettuna standardiolosuhteissa
D_i	Erotus SRM arvojen y_i ja AMS:n kalibroittujen arvojen \hat{y}_i välillä
\bar{D}	Keskiarvo D_i :stä
p	Prosentuaalinen arvo
Z	Offset, poikkeama (erotus AMS nolla-pisteen ja nollan välillä)

1 JOHDANTO

Työn toimeksiantaja on Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Päästömittauslaboratorio. Tarkoituksena on luoda käytännöllinen ohjeistus QAL2-mittausten tekemisestä. Tarkoituksena on käsitellä niitä mittausmenetelmiä, joilla päästömittaja tekee QAL2-mittauksia. Tavoitteena on myös tehdä selvitys, miten QAL2-laskenta suoritetaan ja miten mittausten raportointi tulisi tehdä. Vuonna 2004 on julkaistu standardi SFS-EN 14181, joka on ohjeistus mittausten tekemiseen. Tämän standardin pohjalta olen luonut oman työni.

Työn toimeksiantajan toiveena oli, että työhön sisällytettäisiin osio AST-testeistä. AST tarkoittaa vuosittaista valvontaa. AST:tä olen käsitellyt suppeammin kuin QAL2-mittauksia. Tulen käsittelemään AST-laskentaa vain pääpiirteittäin, koska se jäljittelee pitkälti QAL2-laskentaa. Olen myös selvittänyt, mitä AST-tarkastelusta tuotetun raportin tulisi sisältää.

QAL2-mittauksissa on ilmennyt ongelmia mittausten suorittamisessa oikein standardin SFS-EN 14181 mukaan. Tarkoituksena on luoda yhtenäinen ohjeistus, jotta mittaukset voitaisiin suorittaa helposti ja oikein. Näihin kansiin on kerätty oleellinen tieto QAL2-mittauksista. Olen myös luonut erilaisia pohjia, joihin voidaan kerätä QAL2-laskentaa varten tarvittavia tietoja. Tämä helpottaa mittausten suorittajien työtä ja mahdollistaa sen, että kaikki oleellinen tieto saadaan selville, siis myös se tieto, mikä tulee kerätä ennen mittauksia kuin myös niiden aikana sekä mitä tulee tehdä mittausten jälkeen.

2 TOIMINTAPERIAATE

Standardissa SFS-EN 14181: Quality assurance of automated measuring systems eli Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistus määritellään yksityiskohtaisesti käsitteet QAL2 ja AST. Näiden menetelmien toimintaperiaatetta tarkastelen työssäni. Seuraavassa esittelen pääpiirteittäin, mitä standardi SFS-EN 14181, QAL2 ja AST pitävät sisällään. Luvussa 2 esitetyt tiedot perustuvat pääasiassa standardiin SFS-EN 14181.

2.1 Kiinteästi asennetun mittalaitteen laadunvarmistus, SFS-EN 14181

Standardi SFS-EN 14181 käsittelee kiinteästi asennetun mittalaitteen laadunvarmistusta. Laadun varmistus on jaettu siinä seuraavasti:

- QAL1 : Quality check of the measuring procedure eli mittausmenetelmän soveltuvuus käyttökohteeseen
- QAL2 : Quality assurance of installation eli kiinteästi asennetun mittalaitteen kalibrointi ja validointi referenssimenetelmän avulla
- QAL3 :Ongoing quality assurance during operation eli käytönaikainen laadunvarmistus
- AST : Annual Surveillance Test eli vuosittainen valvonta

Standardi SFS-EN 14181 on kansainvälinen ohjeistus kiinteästi asennetun mittalaitteen laadunvarmistukseen. Laadunvarmistukseen kuuluu QAL2- ja AST-tarkastelut. Standardi on julkaistu vain englanninkielisenä. Standardia ei siis ole vielä käännetty suomen kielelle. Luultavasti tämän takia standardia on tulkittu virheellisesti ja se aiheuttaa ongelmia mittausten tekemisessä. VTT on julkaissut vuonna 2008 raportin Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistusstandardi (SFS-EN 14181) ja sen kansallinen tulkinta. Tutkimusraportin tarkoituksena on saada yhteinen tulkinta päästömittausten laadunvarmistukseen Suomessa. Olen myös käyttänyt kyseistä raporttia pohjana laatiessani ohjeistusta QAL2-mittausten tekemiseen Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Päästömittauslaboratoriolle.

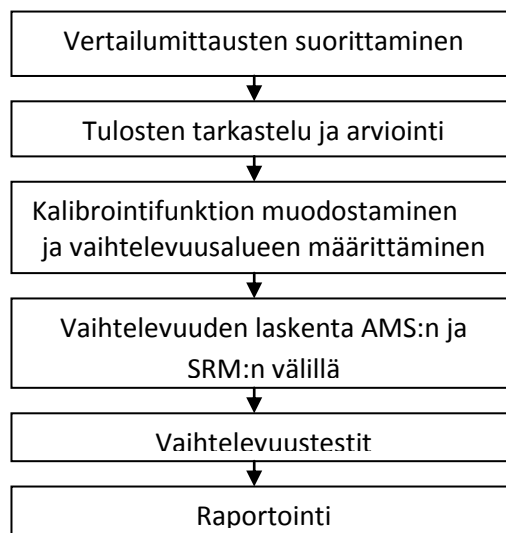
2.2 Kiinteästi asennetun mittalaitteen kalibrointi ja validointi, QAL2

QAL2 pitää sisällään kiinteästi asennetun mittalaitteen toiminnan tarkastamisen. QAL2 on menetelmä, jolla määritetään kalibrointifunktio mittalaitteelle ja samalla sen vaihtelevuusalue. Samalla saadaan myös testattua mittalaitteen vaihtelevuus annettujen asetusten eli viranomaisasetusten vaatimusten suhteen. QAL2-tarkastelu suoritetaan sellaiselle mittalaitteelle, joka on asianmukaisesti asennettu ja toimintakunnossa. Kalibrointifunktio muodostetaan vertailumittauksilla. Suoritettujen referenssimittauksen tuloksia (SRM) verrataan kiinteästi asennetun mittalaitteen raakadataan (AMS). Tämän jälkeen selvitetään asetuksissa ilmoitettu vaatimus mittausepävarmuudelle.

QAL2 testauksen tulee selvittää seuraavat asiat:

- AMS on asennettu oikein voimassa olevien standardien mukaan
- Vertailumittausten avulla tehtävä AMS:n kalibrointi
- Määrittää AMS:n vaihtelevuus ja varmistaa, että se on säädettyjen asetusten mukainen

Seuraavassa kuvassa on havainnollistettu QAL2-tarkastelun menettelyvaiheet.



Kuva 1. Kalibroinnin ja vaihtelevuustestien vaiheet QAL2-mittauksessa.

Kiinteästi asennetun mittalaitteen laadunvarmistus tapahtuu vertailumittausten avulla. Vertailumittaukset pitää tehdä vähintään viiden vuoden välein tai useammin, jos määräykset tai viranomaiset vaativat niin. Jätteenpolttolaitoksilla asetukset vaativat, että vertailumittaukset tehdään kolmen vuoden välein. Vertailumittaukset tulee tehdä myös

silloin, kun laitoksen toiminnassa tapahtuu merkittäviä muutoksia. Näitä voivat olla esimerkiksi polttoaineen vaihto tai jonkin uuden puhdistuslaitteen asennus. Merkittäviä muutoksia voi aiheutua myös mittalaitteen korjauksessa. Sen vuoksi vertailumittaukset on tehtävä myös korjauksen jälkeen, jos sillä on ollut merkittävä vaikutus mitattuihin tuloksiin. Vertailumittausten tulokset tulee raportoida kuuden kuukauden sisällä mittauksista.

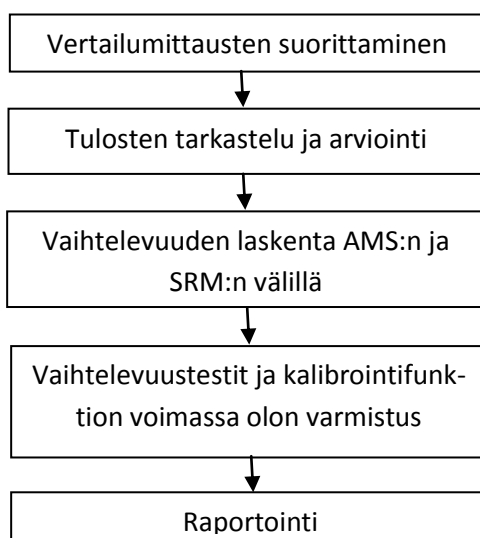
2.3 Vuosittainen valvonta, AST

AST tarkastelee, että aiemmin tehdyt QAL2-mittaukset ovat edelleen paikkansapitäviä. AST varmistaa myös, että QAL2-testien kalibrointifunktio on edelleen voimassa. SRM:n oikeellisuus varmistetaan rajoitetuilla vertailumittauksilla. AMS:n mitattujen tulosten oikeellisuus tarkastetaan vaihtelevuustestien avulla.

AST testauksen ensimmäinen vaihe on toiminnallisten testien suorittaminen. Toiminnalliset testit voi suorittaa päästömittauslaboratorio, jonka pätevyyden akkreditointilaitos (FINAS) on todennut. Toiminnallisten testien menettely on kuvattu luvussa 5.1.

AST-testit suoritetaan viiden vertailumittaparin avulla. Menetelmä on sama kuin QAL2-mittauksissa. Tarkoituksena on varmistaa kalibrointifunktion toimivuus.

Seuraavassa kuvassa on havainnollistettu AST tarkastelun menettelyvaiheet.



Kuva 2. Kalibroinnin ja vaihtelevuustestien vaiheet AST-testeissä.

3 MITTAUSMENETELMÄT

Vertailumittauksia tekevän laboratorion on oltava akkreditoitu tai sillä täytyy olla viranomaisten hyväksyntä kyseisiin vertailumittauksiin standardin EN 14181 mukaan. Suomessa kuitenkin ei viranomaishyväksyntää käytetä, vaan mittaajalla on oltava akkreditointi kyseessä olevalle mittaussuomenetelmälle. Mittaajalla tulee myös olla kokemusta vertailumittauksista. Lisäksi suositellaan, että mittaajalla on akkreditointi QAL2- ja AST-laskennalle. Mittausmenetelmissä tulee käyttää ensisijaisesti EN-standardeja. Tämän puuttuessa on hyväksyttävää käyttää kansainvälisiä tai kansallisia standardeja.

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun päästömittaustalaboratorio käyttää seuraavia menetelmiä QAL2-mittauksissa:

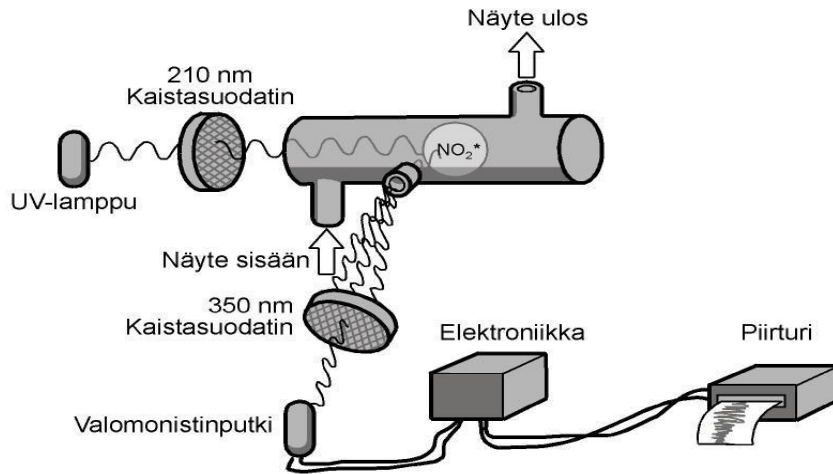
KOMPONENTTI	MENETELMÄ	STANDARDI
SO ₂	UV-fluoresenssi	SFS 5624
SO ₂	IR-absorptio	SFS 5624
NO _x	Kemiluminenssi	SFS 5624
C	Liekki-ionisaatio	SFS 5624
CO	IR-absorptio	SFS 5624
CO ₂	IR-absorptio	SFS 5624
O ₂	Paramagneettinen	SFS 5624

Seuraavassa olen tarkastellut tarkemmin näitä menetelmiä, joita Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Päästömittaustalaboratorio käyttää QAL2-mittauksissa. Luvussa 3 esitetyt mittaussuomenetelmät perustuvat pääasiassa Päästömittausten käsikirjaan, Osa 1.

3.1 UV-fluoresenssi

Fluoresenssimenetelmä on yleisin rikkidioksidin mittaussuomenetelmä. Rikkidioksidimolekyylit viritetään elektroniseen viritystilaan UV-valon avulla. Kun viritystila purkautuu, emittoituu samalla pitempiaaltoista UV-valoa, joka mitataan.

Kuvassa 3 havainnollistetaan UV-fluoresenssiin perustuvan tyyppillisen SO₂-analysointilaitteen toimintaperiaate. [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 31-32]



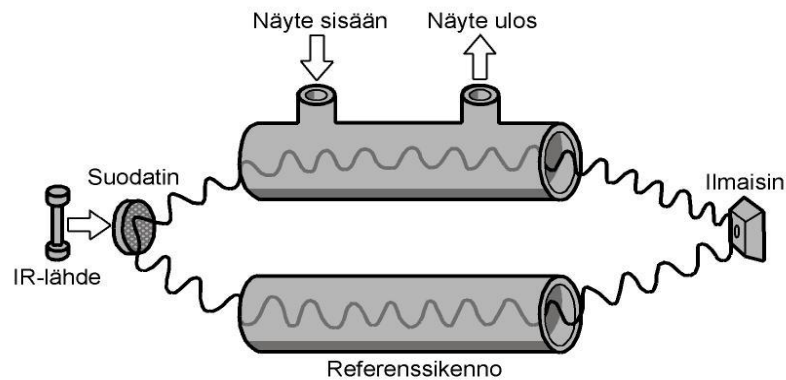
Kuva 3. UV-fluoresenssianalysointilaitteen toimintaperiaate [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 32]

UV-lampulta tuleva valo suodatetaan siten, että noin 210 nm aallonpituutta sisältävä valo menee reaktiokammioon. Reaktiokammiossa tapahtuu SO₂-molekyylin virittyminen ja syntyvä valo kulkee ilmaisimelle suodattimen läpi. Suodatin päästää valomonistinputkeen ainoastaan 350 nm aallonpituutta sisältävän valon. Valomonistimen mittaaman valonvoimakkuuden avulla määritetään tutkittava pitoisuus.

Ongelmana fluoresenssimenetelmällä tehtävissä päästömittauksissa on se, että virittynyt rikkidioksidimolekyylin voi yhtyä toisiin molekyyliin, ennen kuin viritystila loppuu ja valo vapautuu. Vapautunut valoenergia on pienempi kuin ennen yhtymistä. Tätä kutsutaan signaalin vaimentumiseksi. Savukaasuissa muun muassa vesi, hiilidioksidi, happi, typpi ja hiilivedyt vaimentavat fluoresenssia. [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 32]

3.2 IR-absorptiomenetelmä

Infrapunamenetelmä perustuu siihen, että kaasut absorboivat infrapunasäteilyä kullekin kaasulle ominaisilla aallonpitoisuuksilla. Tämä ei kuitenkaan toimi jalokaasuilla ja kaksiatomisilla, samanytimisillä kaasuilla, kuten O_2 ja N_2 . IR-tekniikalla mitataan yleisesti mm. CO , CO_2 , SO_2 , NO ja HCl . Kuva 4 havainnollistaa infrapuna-analysaattorin toimintaa.



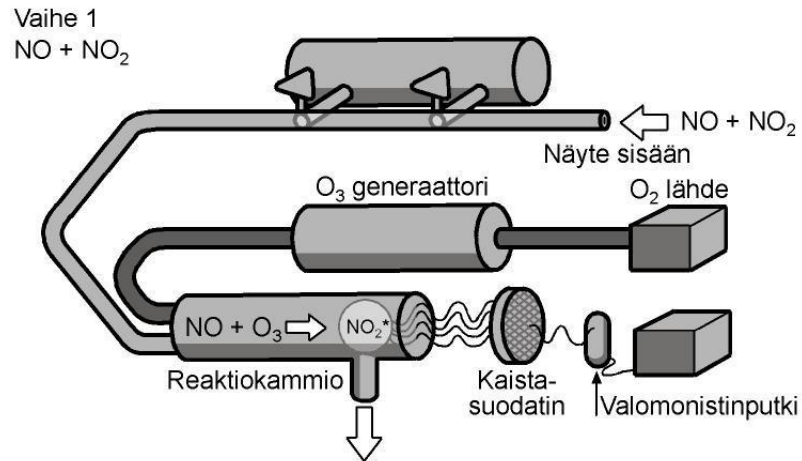
Kuva 4. Infrapuna-analysaattorin toimintakuva [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 29]

Säteilylähteestä (IR-lähde) lähtevä valo kulkee sekä vertailukennon (referenssikello) että näytekennon läpi ilmaisimelle. Vertailukello sisältää kaasua, joka ei absorboi valoa esim. typpeä tai argonia. Kun valo kulkee tällaisen vertailukennon läpi, sen energia ei muutu. Valon kulkiessa tutkittavaa kaasua sisältävän näytekennon läpi valo absorboituu tähän kaasuun, jolloin kennon läpäisevän valon määrä pienenee. Ilmaisim tunnistaa näin saadun energiaeron, josta kaasun pitoisuus voidaan määrittää.

Infrapunatekniikassa kaasun absorptioon vaikuttaa lämpötila ja paine, mikä nykyisissä analysaattoreissa on otettu huomioon jo valmistusvaiheessa. Ongelmana IR – tekniikassa on se, että jotkut kaasut absorboivat valoa samalla aallonpitoisuusalueella kuin mitattava kaasu. Esimerkiksi savukaasuissa vesi ja hiilidioksidi häiritsevät hiilimonoksidin mittausta. [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 29]

3.3 Kemiluminenssimenetelmä

Menetelmää käytetään typen oksidien mittaamiseen. Kemiluminenssireaktio perustuu typpimonoksidin ja otsonin väliseen reaktioon, joka tuottaa infrapunavaloa. Kuva 5 kuvaa kemiluminenssianalysaattorin toimintaperiaatetta.

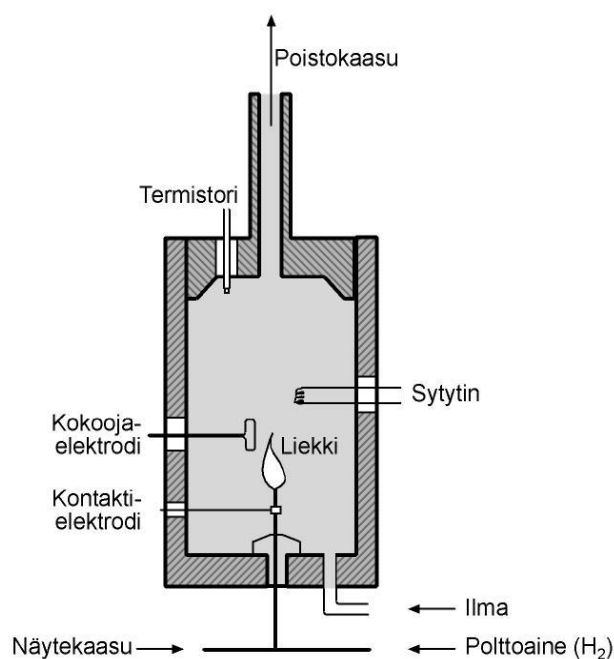


Kuva 5. Kemiluminenssianalysaattorin toiminta, NO- mittaus [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 30]

Kun mitataan pelkästään NO:ta, näytekaasu kulkee suoraan reaktiokammioon, jolloin NO reagoi O_3 :n kanssa. Muodostunut valo johdetaan optisen suodattimen läpi valomonistinputkelle ja analysaattorin elektroniikka muuntaa vasteen NO-pitoisuudeksi. Kun halutaan määrittää kaasun NO_x -pitoisuus ($NO + NO_2$), johdetaan kaasuseos konvertertiin, jossa kaasun sisältämä NO_2 muuttuu NO:ksi. Kun tämä kaasuseos menee reaktiokammioon, saadaan tulokseksi typen oksidien kokonaispitoisuus. Kun samanaikaisesti mitataan molemmat pitoisuudet, saadaan NO_2 -pitoisuus vähentämällä NO_x -pitoisuudesta NO-pitoisuus. [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 30-31]

3.4 Liekki-ionisaatiomenetelmä

Liekki-ionisaatioon perustuvassa analysaattorissa näyte johdetaan laitteen ilmaisimeen, jossa näytekkaasun hiiliatomit palavat yhdessä polttokaasun kanssa ja ionisoituessaan hiiliatomit aiheuttavat mitattavan sähkövirran. Tämän takia menetelmällä voidaan mitata mm. hiilipitoisuutta savukaasuista. Kuva 6 kuvaa liekki-ionisaatioilmaisimen toimintaperiaatetta.



Kuva 6. Liekki-ionisaatioilmaisimen (FID) kaaviokuva [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 34]

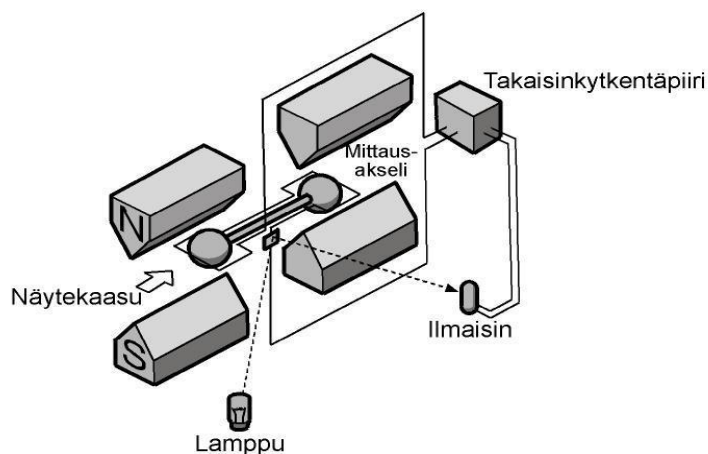
Liekki-ionisaatioilmaisimen pääosat ovat polttokammio ja poltin. Polttokaasu sekä näytekkaasu johdetaan suuttimen läpi ja palamisilma suuttimen ympärillä olevan raon kautta polttokammioon. Polttokaasuna toimii joko vety tai vetyheliumseos. Pelkkä vety tuottaa palaessaan vähän ioneja. Jos näytekkaasussa on orgaanisia yhdisteitä, niistä syntyy hiili-ioneja. Liekki-ionisaatioilmaisimella on erilainen vaste eri orgaanisille yhdisteille.

Jokainen analysaattori on oma yksilönsä, ja sen takia samanmerkkisilläkin analysaattoreilla voi olla erilaiset vasteet samalle yhdisteelle. Yksittäisenkin analysaattorin vaste samalle yhdisteelle voi muuttua ajan kuluessa. Tämän takia FID-vasteen testaus tulee tehdä säännöllisesti.

FID-analysaattori kalibroidaan yleensä propaanilla ja tulokset ilmoitetaan propaaniekvivalenttina. Propaanipitoisuus voidaan muuttaa orgaanisen hiilen kokonaismääräksi (mg/m³). [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 34-35]

3.5 Paramagneettinen menetelmä

Magneettikenttä vetää puoleensa molekyyliä tai sitten lievästi hylkii niitä. Aineita, joita magneettikenttä vetää puoleensa sanotaan paramagneettisiksi ja muita taas diamagneettisiksi. Paramagneettisuutta esiintyy, kun molekyyli sisältää parittoman määrän elektroneja. Suurin osa aineista on diamagneettisia, mutta muutamat aineet ovat paramagneettisia ja tätä ominaisuutta voidaan käyttää hyväksi niiden määrittämisessä. Kaasuista paramagneettisia ovat mm. NO, NO₂ ja ClO₂. Happi kuitenkin on tässä tapauksessa erikoistapaus sen vuoksi, että sillä on parillinen määrä elektroneja. Ne ovat kuitenkin järjestäytyneet molekyylissä siten, että muodostuu kaksi paritonta elektronia. Tämä ominaisuus tekee hapesta voimakkaasti paramagneettisen aineen. Kuvassa 7 on havainnollistettu paramagneettisesti toimivan analysaattorin toimintaperiaatetta.



Kuva 7. Paramagnetisiin perustuvan O₂-analysaattorin toimintaperiaate [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 33]

Magneettikentässä on torsiovaaka, jonka molemmissa päissä on lasipallot. Tilanteessa, jossa happea ei ole läsnä, on torsiovaaka kuvan mukaisesti ja lampusta lähtevä valonsäde suuntautuu ilmaisimeen. Tilanteessa, jossa happea sisältävää näytekaasua johdetaan systeemiin, aiheuttavat happimolekyylit sähkömagneettisen kentän, jolloin torsiovaaka alkaa kiertyä ja valonsäde ei enää osukaan ilmaisimeen. Tämä vaikutus kompensoidaan johtamalla sähkövirta lasipallojen ympärillä oleviin johtimiin, jolloin

syntyy sähkömagneettinen kenttä, joka kumoaa happimolekyylien aiheuttaman poikkeaman magneettikentässä. Tämä kompensatiivirta on suoraan verrannollinen näytekaasun happipitoisuuteen. [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 32-33]

Vaikka savukaasuissa on muun muassa typen oksideja, jotka ovat paramagneettisia, ei niistä käytännön mittaustilanteessa ole haittaa, koska niiden pitoisuudet ovat pieniä happeen verrattuna. [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 33]

4 ROOLIT QAL2-MITTAUKSISSA

QAL2-mittaukset suorittaa akkreditoitu päästömittauslaboratorio. Mittauksissa kuitenkin on muillakin osapuolilla omat vastualueensa. Näitä vastuita havainnollistaa seuraava taulukko. Päästömittaajan vastualueet on eritelty erikseen seuraavassa luvussa.

Taulukko 1. Roolit QAL2-mittauksissa

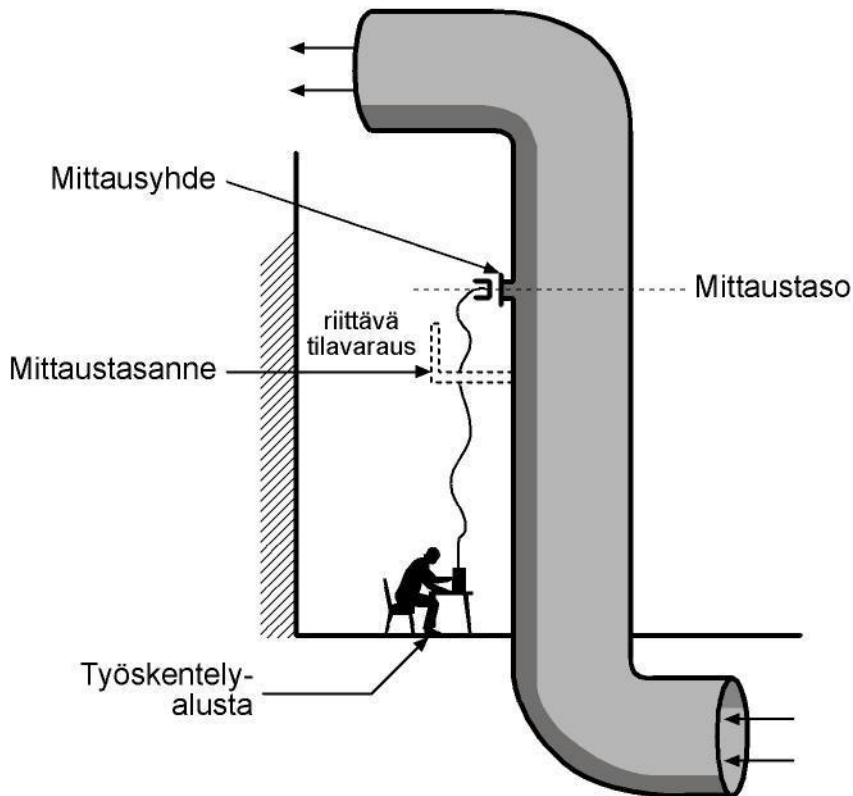
MITTALAITE-VALMISTAJA	TOIMINNAN-HARJOITTAJA	VIRANOMAINEN
Mittalaitteen asianmukainen asennus	QAL2, QAL3 ja AST -raporttien toimittaminen viranomaisille	Toiminnanharjoittajan päästöjen seurannan ja raportointiohjelman hyväksyminen, valvonta laitoksella sekä raporttien tarkastus ja toimenpiteisiin ryhtyminen tarvittaessa
Yhteistyö toiminnanharjoittajan kanssa ennen mittauksia, tarvittaessa myös niiden aikana	QAL3 -tarkastelun toteuttaminen	
Tarvittaessa toiminnallisten testien suoritus		

Mittalaitteen paikka on valittava oikein. Tämän varmistamiseen tulee myös itse laitoksen, jossa mittalaite sijaitsee, osallistua. Mittaustaso on laitettava paikkaan, jossa aineen virtaus on mahdollisimman häiriötöntä. Mittalaitteen paikkaa varten on säädetty seuraavat vaatimukset. Ennen mittaustasoa on vähintään viisi kertaa hydraulinen hal-

kaisija ja jälkeen vähintään kaksi kertaa hydraulinen halkaisija. Ennen piipun päätä on oltava häiriötöntä etäisyyttä vähintään viisi kertaa hydraulinen halkaisija.

Pyöreässä kanavassa hydraulinen halkaisija on sama kuin kanavan halkaisija ja suorakulmaisessa kanavassa hydraulinen halkaisija on neljä kertaa kanavan pinta-ala jaettuna kanavan ympäröimällä. [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 6]

Mittauspaikan valinnassa on myös huomioitava työturvallisuus. Jo laitteen asennusvaiheessa on otettava huomioon, että mittalaitteen luokse on mahdollisesti päästävä esimerkiksi mittalaitteen laadunvarmennuksessa (QAL2). Mittalaitteelle on asennettava tarvittaessa mittaustasanne ja sen on oltava tarpeeksi iso työskentelyä varten. Näytteenottosondi on saatava asennettua yhteeseen ilman, että ulkoiset esteet häiritsevät työtä kuten liian lähellä oleva seinä tai jokin laite. Mittauspaikalle on myös saatava kuljetettua kaikki tarvittavat tavarat ilman esteitä. Myös mahdolliset ulkoilmanvaihtelut on otettava huomioon. Mittausyhteen ympärille on tarvittaessa siis rakennettava suojarakennus. Seuraava kuva havainnollistaa mittalaitteen sijainnin mittauspaikalla.



Kuva 8. Kuva mittauspaikasta [Päästömittausten käsikirja, Osa 1,12]

Päästömittausten käsikirjan 1. osassa on oivallisesti kiteytetty mittauspaikan vaatimukset yhteen lauseeseen: *Kaikki työturvallisuusriskit ja mittauspaikan teknilliset vaatimukset on kartoitettava etukäteen laitoksen ja mittajaan kesken, sillä mittauspaikan on täytettävä kaikki työturvallisuus vaatimukset.* [Päästömittausten käsikirja, Osa 1, 11]

Työturvallisuuden lisäksi on huomioitava, että mittalaite on kunnossa ennen vertailumittauksia. Laitoksen tehtävänä on huoltaa ja myös tarkistaa, että mittalaite toimii moitteettomasti ennen QAL2-mittauksia. Mittalaite on myös kalibroitava toiminnanharjoittajan toimesta riittävän aikaisin ennen vertailumittauksia. Laite on myös huollettava ennen mittauksia, jos on tarvetta. Tämä asia sovitaan päästömittauslaboratorion kanssa ennen mittauksia, jottei aiheudu turhia ylimääräisiä kustannuksia kummallekaan osapuolelle.

4.1 Päästömittajaan tehtävät mittauksissa

Standardissa SFS-EN 14181 on määritelty seuraavat tehtävät päästömittauslaboratoriolle. Päästömittauslaboratorion on ylläpidettävä akkreditoituja mittausmenetelmiä ja tehtävä vertailumittaukset QAL2- ja AST-testeissä. Laboratorion on joko suoritettava toiminnalliset testit tai auditoitava raportit muiden osapuolten tekemistä toiminnallisista testeistä.

Ennen QAL2- ja AST-mittausten suorittamista päästömittajaan on hyvä varmistaa mittalaitteidensa toimivuus. Näin mahdollistetaan mittaustulosten oikeellisuus. Näistä huolimatta voivat mittaustulokset silti olla virheellisiä. Mittausten suorittajien on siis huomioitava, jos tulokset ovat hälyttävän erilaisia. Tällöin on mahdollisesti tehtävä uudet mittaukset. Tärkeää on myös perehtyä standardeihin ja muuhun kirjallisuuteen perusteellisesti, jotta ei tule väärinymmärrysten takia virheitä.

5 VERTAILUMITTAUSTEN TEKEMINEN

QAL2-mittaukset tehdään vertailumittausten avulla. Vertailumittauksilla määritetään mittalaitteelle kalibroitifunktiot. QAL2-mittausten tuloksena saadaan aikaan kalibroitifunktiot jokaiselle mitattavalle komponentille tai yhdisteelle. Kalibroitifunktioiden on katettava kaikki laitoksen toimintaan liittyvät tilanteet. Tämän takia suositel-

laan laitosta ajettavan normaalin toiminnan puitteissa siten, että pitoisuudet vaihtelevat niin paljon kuin mahdollista.

QAL2-mittauksissa syntyy niin monta kalibrointifunktiota kuin on mitattavia komponenttejäkin. QAL2-tarkastelu siis tehdään niin monelle komponentille kuin on toimeksiantajan kanssa sovittu. Mitattavia komponentteja on yleisesti ainakin seuraavat: O₂, CO₂, CO, NO_x, TOC, SO₂, HF, HCl ja hiukkaset. Näitä komponentteja on yleisesti laitoksen savukaasukanavassa. QAL2-tarkastelu tehdäänkin yleisesti laitoksen savukaasukanavassa olevalle kiinteästi asennetulle mittalaitteelle.

Vertailumittaukset koostuvat kahdesta osasta. Nämä osat ovat AMS:n tulokset ja SRM:n tulokset. Kiinteästi asennettu mittalaite tuottaa AMS:n tulokset. Nämä tulokset kerätään riippumattomalla tiedonkeruujärjestelmällä, joka yleensä on laitoksen itse tuottama järjestelmä. AMS-tietoa ei siis kerätä kiinteästi asennetun mittalaitteen tuottamasta tiedosta vaan siihen liitetyn erillisen tiedonkeruujärjestelmän tiedoista. SRM:n tulokset saadaan aikaan referenssimittauksilla, jotka päästömittaustalaboratorio suorittaa. Referenssimittaukset suoritetaan laitteella, jonka mittauslaboratorio tuo mukanaan. AMS ja SRM siis mittaa samaa asiaa esimerkiksi savukaasukanavassa olevia yhdisteitä.

Ennen QAL2-tarkastelun tekemistä on todistettava, että kiinteästi asennettu mittalaite toimii moitteettomasti. Aivan kuten laitetoimittaja on sen toiminnan määritellyt. On myös varmistettava, että AMS antaa nolla lukeman syötettäessä siihen nollakaasua.

Referenssimittauksen yhteet on asennettava niin lähelle AMS-yhteitä kuin mahdollista, kuitenkin niin, ettei mittauksiin synny häiriöitä. Etäisyys saa olla korkeintaan kolme kertaa kanavan hydraulinen halkaisija ennen tai jälkeen AMS:n. [Päästömittausten käsikirja, Osa 2, 7]

5.1 Toiminnalliset testit

Ennen mittauksia tehdään mittalaitteelle toiminnalliset testit. Toiminnallisissa testeissä käydään läpi seuraavat asiat, jotka on esitetty taulukossa 2. Ekstraktiivinen menetelmä lukeutuu näytteenoton jatkuvatoimisiin menetelmiin. Ekstraktiivinen menetelmä tarkoittaa näytettä ottavaa menetelmää. Ei-ekstraktiivinen tarkoittaa tällöin päinvastaista.

Taulukko 2. Toiminnallisten testien tarkistuslista

Toiminta	QAL2		AST	
	Ekstraktiivinen AMS	Ei-Ekstraktiivinen AMS	Ekstraktiivinen AMS	Ei-Ekstraktiivinen AMS
Mittalaitteen puh- taus ja suuntaus		X		X
Näytteenkäsittely	X		X	
Dokumentointi	X	X	X	X
Huollettavuus	X	X	X	X
Tiiveystestit	X		X	
Nolla- ja kalibroin- tipisteen tarkistus	X	X	X	X
Lineaarisuus			X	X
Häiriövaikutukset			X	X
Nolla- ja kalibroin- tipisteen ryömin- nän tarkistus			X	X
Vasteaika	X	X	X	X
Raportointi	X	X	X	X

Standardin mukaan toiminnallisten testien tekeminen kuuluu päästömittauslaboratoriolle. Joissakin tapauksissa kuitenkin mittalaittevalmistajalla on paras tietämys toiminnallisten testien tekemiseen. Toisaalta taas toiminnanharjoittajan oma mittauslaboratorio voi tehdä nämä testit. Asiasta voidaan sopia asianomaisten kanssa.

5.2 Kalibrointi

Tämä luku on pitkälti luotu standardin SFS-EN 14181 pohjalta. Apuna olen myös käyttänyt Päästömittausten käsikirjan toista osaa ja VTT:n tutkimusraporttia Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistusstandardi ja sen kansallinen tulkinta.

Kiinteästi asennetun mittalaitteen kalibrointifunktion määrittäminen tehdään vertailumittausten avulla, joissa verrataan AMS-näyttämää referenssimenetelmällä SRM:llä saatuihin arvoihin. SRM on CEN-standardissa mainittu menetelmä (manuaalinen tai automaattinen), joka toimii mittausten referenssinä. [Pellikka, T., 2008, 11]

Vertailumittauksissa käytetään kiinteästi asennetun mittalaitteen raakadataa eli AMS (esim. mA-muodossa), joka kerätään riippumattomalla tiedonkeruujärjestelmällä. Standardi SFS-EN 14181 ei käsittele siis laitoksen omaa tiedonkeruuta vaan sen laadunvarmistusta. Tieto kerätään samassa muodossa kuin kiinteästi asennettu mittalaite sen ilmoittaa. Selvyyden vuoksi siis raakadata ei välttämättä ole yllä ilmoitetussa muodossa (mA). Kun käytetään laitoksen omaa riippumatonta tiedonkeruujärjestelmää, raakadata voi olla muodossa mA, mV, ppm tai mg/m^3 . AMS:n arvot suositellaan lopuksi muutettavan pitoisuudeksi ppm tai mg/m^3 . Tällöin on helpompi arvioida saatua kalibrointifunktiota. Arvioinnin voi tehdä tällöin silmämääräisestikin käyttämällä apuna vaikka kulmakerrointa. Ongelmia mittauksissa on juuri esiintynyt siinä asiassa, missä yksikössä data kerätään ja se missä yksikössä se loppujenlopuksi ilmoitetaan.

Vertailumittauksilla saadut SRM:n arvot on mitattu referenssimenetelmällä. Referenssimenetelmällä saadut arvot ilmoitetaan aina samassa tilassa kuin AMS:n korjaamattomat tulokset ja näiden arvojen avulla muodostetaan kalibrointifunktio. Esimerkiksi jos AMS mittaa HCl mg/m^3 kosteissa kaasuissa, SRM ilmoitetaan samoissa olosuhteissa! Yleisesti SRM:n tulokset muutetaan laskentaa varten yksikköön ppm tai mg/m^3 .

Vertailumittaukset suoritetaan vähintään 15 mittausparin avulla. Nämä jaetaan tasaisesti kolmelle päivälle. Yhden mittauksen kesto on vähintään 30 min niin, että kokonaiskesto on 15×30 min eli 7 h 30 min. Toisaalta taas yhden mittauksen kesto voi olla neljä kertaa AMS:n vasteaika. Näistä valitaan se, kumpi on kestoiltaan suurempi. Mittausten ei välttämättä tarvitse olla peräkkäisinä päivinä, mutta ne on tehtävä neljän viikon aikana.

Jatkuvatoimisten hiukkasmittalaitteiden laadunvarmistusstandardissa (EN 13284-2) esitetään poikkeus mittaparien lukumäärään. Jos kaikkien hiukkasmittaustulosten pitoisuudet ovat alle 30 % päästöraja-arvosta, voidaan mittaparien lukumäärää vähentää kuitenkin niin, että niitä on vähintään 5 kappaletta. Kuitenkin mittausten kokonaisaika säilyy ennallaan (7 h 30 min).

Jos vertailumittauksissa saadaan katettua pitoisuusalue, joka on paljon pienempi kuin päästöraja-arvo, voidaan kalibrointifunktion toimivuus päästöraja-arvopitoisuudesta testata referenssikaasuseoksilla. [Päästömittausten käsikirja, Osa 2, 8] Nämä Referenssikaasut voidaan syöttää suoraan analysaattorille tai koko näytteenottolinjan läpi.

Kaasut voidaan syöttää analysaattorille, jos on todettu, ettei näytteenottolinjalla ole vaikutusta tutkittaviin pitoisuuksiin. Näin saadaan todettua kalibrointifunktion toimivuus myös päästöraja-arvopitoisuudessa ja sen yläpuolellakin. Tällöin laitoksen, jolla on tyypillisesti pienet pitoisuudet, ei tarvitse hetkittäisten pitoisuuksien nousun takia tehdä heti uutta kalibrointifunktiota. [Pellikka T., 2008, 13]

Päästömittaajat ovat raportoineet Suomessa niin alhaisia pitoisuuksia, että niiden mittaaminen on vaikeaa. Tämän takia on otettu käyttöön kansallinen ns. alhaisen pitoisuuden määritelmä. Kun pitoisuudet ovat pysyvästi alhaisia, ei kalibrointifunktiota tarvitse välttämättä määrittää. Tämä voidaan helposti todeta ensimmäisten QAL2-mittausten aikana. Toiminnanharjoittajan eli laitoksen, jossa mittaukset suoritetaan, tulee pystyä todistamaan viranomaisille, että pitoisuudet ovat pysyvästi alhaisia. Tällöin voidaan viranomaisten kanssa sopia, että mittalaitteelle tehdään vain toiminnalliset testit ja vuosittainen laadunvalvonta eli AST. Jos pienistä pitoisuuksista kuitenkin saadaan aikaan toimiva kalibrointifunktio, voi laitos käyttää sitä halutessaan.

Vertailumittauksilla mitatut pitoisuudet eivät aina välttämättä vaihtele paljoakaan. Laitosta tulee ajaa mittausten aikana niin, että pitoisuudet vaihtelevat mahdollisimman paljon. Mittaustuloksista ei välttämättä saada toimivaa kalibrointifunktiota, jos pitoisuudet eivät juuri vaihtele. Tällaisessa tapauksessa kalibrointifunktio tulee sitoa nollassa. Tämä tapahtuu esimerkiksi käyttämällä toiminnallisissa testeissä testattua vastetta nollassa.

Standardissa SFS-EN 14181 on määritelty milloin QAL2-testit pitää tehdä uudelleen. Testit on tehtävä uudelleen, jos enemmän kuin 5 %:a kalibrointifunktion avulla lasketuista AMS:n arvoista ylittää kalibrointifunktion alueen yli 5 viikon ajan. Tämä tulee tapahtua kahden AST-testin välisenä aikana. Testit on tehtävä uudelleen myös, jos enemmän kuin 40 %:a kalibrointifunktion avulla lasketuista AMS:n arvoista ylittää kalibrointialueen viikon aikana. [Pellikka, T., 2008, 19]

5.3 Kalibrointifunktion muodostus

Vertailumittausten avulla määritetään AMS:lle kalibrointifunktio, joka on muotoa:

$$\hat{y}_i = \hat{a} + \hat{b}x_i \quad (1)$$

missä \hat{y}_i = AMS:n kalibroitu pitoisuusarvo
 x_i = AMS:llä mitattu pitoisuus

Kyseisen kaavan avulla lasketaan AMS:lle kalibroidut arvot. Eli jokainen AMS:n mitattu arvo x_i muunnetaan kalibroiduiksi arvoiksi \hat{y}_i kalibrointifunktion (1) avulla.

Kalibrointifunktio on voimassa vain tietyllä alueella. Funktio on voimassa nolasta arvoon $\hat{y}_{s,max}$, joka määritetään QAL2-mittausten aikana. Sekä tähän suurimpaan arvoon lisää 10 % . Eli välillä nolla – 1,1 x suurin kalibrointifunktion avulla määritetty arvo ($\hat{y}_{s,max}$).

Kalibrointifunktion avulla lasketaan uudet kalibroidut arvot AMS:lle. Tämän jälkeen ne tulee muuntaa ns. standardiolosuhteisiin. Päästöraja-arvo määrää sen, mihin olosuhteisiin AMS:n kalibroidut ja SRM:n mitatut arvot muunnetaan. Kun tulokset lasketaan standardiolosuhteisiin, muunnetaan ne siihen olosuhteeseen, jossa päästöraja-arvo on ilmoitettu (esim. 0 °C, 1013 mbar, 11 % O₂).

Referenssimittauksen SRM tuottama mittaustiedot muunnetaan myös ns. standardiolosuhteisiin. Näiden standardiolotilaan laskettujen arvojen perusteella valitaan, mitä laskentatapaa kalibrointifunktiossa käytettävälle suureille \hat{a} ja \hat{b} käytetään. Standardissa SFS-EN 14181 on esitetty kaksi tapaa määrittellä \hat{a} ja \hat{b} . Se kumpaa tapaa käytetään riippuu siitä, kuinka suuri pitoisuusalue päästöraja-arvoon verrattuna vertailumittauksissa saadaan katettua:

- A vaihtoehto : pitoisuusalue suurempi kuin 15 % ELV:stä
- B vaihtoehto : pitoisuusalue pienempi kuin 15 % ELV:stä

A ja B vaihtoehtoilla saadaan erilaiset kaavat \hat{a} ja \hat{b} laskentaa varten. Nämä kaavat tulevat tarkemmin esiin luvussa 6.

Standardissa mainitaan kuitenkin, että jos käytettäessä A-menetelmää saadaan kelvoton kalibroitifunktio, voidaan laskennassa soveltaa myös B-menetelmää, jossa kalibroitifunktion kulku nollan kautta varmistetaan.

Kalibroitifunktio syötetään laitoksen järjestelmiin ja sen avulla lasketaan viranomaisille raportoitavat tulokset.

5.4 Vaihtelevuustestit (Variability tests)

Vaihtelevuustestit suoritetaan AMS:n kalibroituille arvoille. AMS on myös muutettava ensin standardiolosuhteisiin. Vaihtelevuustestit määrittelevät maksimi epävarmuuden AMS:lle.

Tarkasteltava mittalaite on läpäissyt vaihtelevuustestit, kun

$$S_D \leq \sigma_0 k_v \quad (2)$$

jossa S_D = mittaparien välinen keskihajonta
 σ_0 = asetusten vaatimus mittauksen epävarmuudelle,
keskihajontana ilmaistuna
 k_v = testikerroin

Käsitteet S_D ja σ_0 on määritelty tarkemmin luvussa 6.7.

Standardissa SFS-EN 14181 on esitetty joitakin k_v -arvoja. VTT:n raportissa Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistusstandardi ja sen kansallinen tulkinta on esitetty vielä lisää k_v -arvoja. Olen koontanut taulukkoon 3 joitakin k_v -arvoja.

Taulukko 3. kv-arvoja

Vertailumittausten lukumäärä	k_v
5	0,9161
10	0,9623
15	0,9761
16	0,9777
17	0,9791
18	0,9803
19	0,9814
20	0,9824
25	0,9861
30	0,9885

Kiinteästi asennettu mittalaite kalibroidaan ensin vertailumittausten avulla. Sitten tutkitaan saman datajoukon avulla, täyttyykö asetetut ehdot tulosten vaihtelulle. Standardi siis ei käsittele, että täyttyvätkö direktiivissä asetetut ehdot päästörajoiden suhteen. Standardi puuttuu vain siihen, täyttääkö mittalaite sen laadulle asetetut vaatimukset.

6 QAL2-LASKENTA

Laskennan tavoitteena on saada aikaan kalibrointifunktio vertailumittauksilla. SRM:n mitatut tulokset on ilmoitettava samoissa olosuhteissa kuin AMS:llä saadut arvot: esimerkiksi, jos AMS ilmoittaa tuloksen kosteissa savukaasuissa, on vertailumittausten tulokset myös ilmoitettava kosteissa savukaasuissa. Jos kuitenkin on mitattu kuivissa savukaasuissa, on SRM:n tulokset muutettava kosteisiin savukaasuihin. Laskennan kannalta on olennaista, että vertailumittausten tulokset ilmoitetaan tai tarvittaessa muunnetaan samoihin olosuhteisiin kuin alkuperäisen mittalaitteen data.

Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Päästömittaustalokselaboratoriolle on luotu laskentapohja QAL2-mittausten laskentaa varten. Laskentapohja on luotu standardin SFS-EN 14181 mukaan. Laskentapohjan on luonut ennalta Kymenlaakson ammattikorkeakoulun lehtori Risto Korhonen. Laskentapohjassa on A ja B vaihtoehto laskennalle. Se kumpaa pohjaa käytetään, riippuu mittausten tuloksista suhteutettuna päästöarvoon. Tämä asia selvenee tarkemmin luvussa 6.5. Työssäni on tarkoituksena myös puuttua tähän laskentapohjaan. Tarkoituksena on tarkistaa laskentapohjan oikeinpitä-

vyys sekä myös hieman muokata ulkonäköä ja varmistaa, että kaikki arvot tulevat oikein pohjaan.

Seuraavassa käyn läpi laskentapohjaa ja selvennän sen käyttötarkoitusta. Laskentapohjasta siis kopioidaan taulukoita erilliseen raporttiin. Tämän luvun taulukot ja kuvat on otettu laskentapohjasta. Laskentapohjassa on käytetty pohjaa, johon on täytetty erään toimijan tiedot.

6.1 Lähtötiedot

Lähtötietoihin kuuluu mm. tiedot mitattavasta päästöstä, AMS- ja SRM-menetelmä ja tietoja päästöraja-arvoista.

Taulukko 4. Lähtötiedot

Mitattava päästö	CO		
AMS mittausmenetelmä	FTIR		
Offset for AMS	4	mA	
SRM mittausmenetelmä	IR		
Päästöraja-arvo NTP E	50	(mg/m ³)	O ₂ (%) = 11
Mittaustuloksen 95 prosentin luottamusvälin epävarmuus (%)	p =		20

Lähtötietoihin merkitään ensin, mitä komponenttia on mitattu. Taulukkoon merkitään myös, millä menetelmällä AMS mittaa ja millä referenssimenetelmällä (SRM) vertailumittaukset on suoritettu. Nämä tiedot sijaitsevat riveillä kaksi ja neljä. Riville kolme merkitään AMS:n nollapiste eli etäisyys nolasta. Tämän jälkeen merkitään kyseisen komponentin päästöraja-arvo NTP-olosuhteissa (0 °C, 101,3 kPa, kuivat kaasut). Myös happipitoisuus tulee merkitä. Mittaustuloksen 95 % luottamusvälin epävarmuus tarkoittaa maksimiepävarmuutta (%) päästöraja-arvosta. Päästöraja-arvo on viranomaisilta tullutta tietoa. Tämä tieto on kuitenkin yleensä laitoksella tiedossa.

6.2 Mittaustulokset

Seuraavassa on esitelty QAL2-mittausten tulokset. Mittauksia on yleisesti 15 vertailumittausparia. Taulukossa 5 on ilmoitettu SRM:n ja AMS:n korjaamattomat tulokset.

Toimiva laskentapohja QAL2-mittauksiin saadaan, kun pohjaan syötetään tässä luvussa olevat kaavat niille kuuluville paikoille taulukoihin. Tavoitteena on, että pohjaan

syötetään vain AMS:n ja SRM:n arvot sekä mahdollisesti muut olosuhteiden arvot. Laskentapohja suorittaa ns. automaattisesti laskelmat, jotka on suoritettava QAL2-laskennassa. Seuraavia laskuja ei tarvitse käsin suorittaa jokaisen erillisen QAL2-tarkastelun yhteydessä, vaan voidaan joka kerta vain syöttää AMS:n ja SRM:n saadut arvot. Yleisesti soluihin, jotka on värjätty, syötetään tiedot. Jokaisessa taulukossa on käytetty lihavointia tehokeinona. Tätä on käytetty kohdissa, joissa tapahtuu kunkin taulukon laskenta.

Taulukko 5. AMS:n ja SRM:n arvot

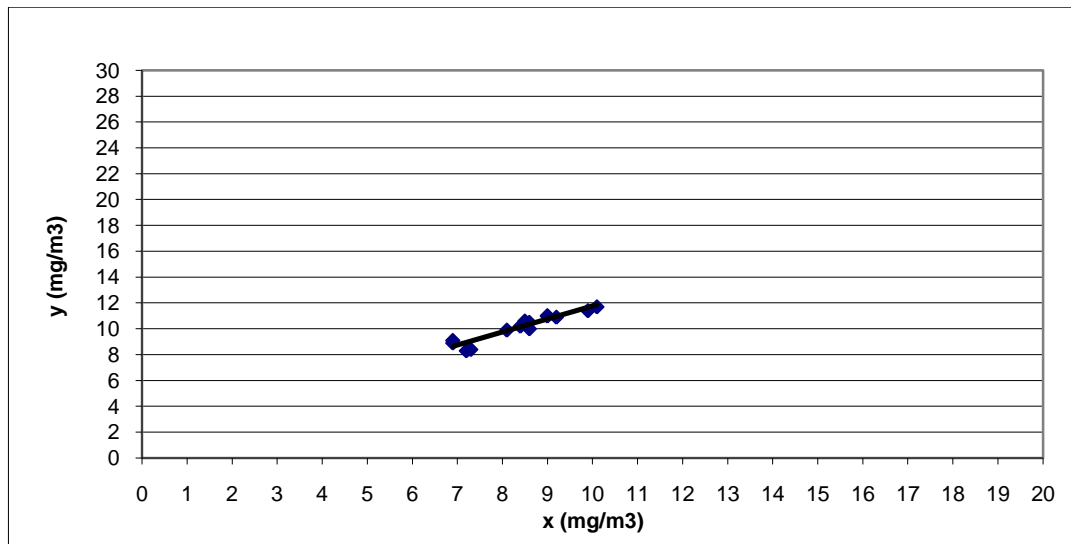
Mittaus	SRM mitattu	AMS mitattu
	y_i (mg/m ³)	x_i (mg/m ³)
1	10,4	8,5
2	10	8,6
3	9,1	6,9
4	8,3	7,2
5	8,4	7,3
6	8,9	6,9
7	10,6	8,5
8	11	9
9	11	9
10	10,2	8,4
11	10,5	8,6
12	11,7	10,1
13	9,9	8,1
14	11,4	9,9
15	10,9	9,2
Summa	152,3	126,2

6.3 Kalibrointifunktio

Kalibrointifunktio saadaan aikaan mitattavista tuloksista. Kalibrointifunktion on muotoa :

$$\hat{y}_i = \hat{a} + \hat{b}x_i \quad (1)$$

Kalibrointifunktio luodaan mittaustuloksista. Tässä tapauksessa funktio on luotu laskentaohjelma Excelin funktionluontitoiminnolla. Kalibrointifunktio on esitetty kuvassa 9.



Kuva 9. Kalibroidintifunktio

Aluksi tarkoituksena on verrata SRM:n tuloksia AMS:n tuloksiin. Luodun kuvaajan tarkoituksena on visualisoida esitetty data ja ymmärtää paremmin tuloksia.

6.4 SRM:n laskenta standardiolosuhteisiin

AMS:n mittaustulosten hajonta ei saa olla suurempi kuin 30 % päiväraja-arvosta. Päiväraja-arvo ilmoitetaan standardiolosuhteissa (0 °C, 1013 hPa, kuivissa savukaasuissa ja O₂ = 11 %).

SRM:n tulokset tulee muuntaa standardiolosuhteisiin, jotta voidaan päättää, kumpaa menetelmää A vai B (luku 5.3) käytetään AMS:n kalibroidintifunktiota laskettaessa.

SRM:n tulokset muunnetaan standardiolosuhteisiin seuraavan kaavan mukaan:

$$y_s = y_i \times \frac{t + 273,15K}{273,15K} \times \frac{1013hPa}{1013hPa + p} \times \frac{100\%}{100\% - h} \times \frac{21\% - O_s}{21\% - O} \quad (3)$$

jossa

y_i = SRM:n mitattu pitoisuus

t = lämpötila kanavassa, °C

p = kanavan absoluuttinen staattinen paine (= ilmanpaine ± kanavan ja ilmanpaineen erotus), hPa

h = savukaasun vesisisältö, tilavuus- %

O_s = standardiolosuhteen happipitoisuus (kuiva)

O = savukaasun happipitoisuus kuivissa kaasuissa

Kaavaa käytetään niin, että siihen voidaan ottaa arvot lämpötilaan (t), paine-eroon (p), kosteuteen (h) ja happipitoisuuteen (O) taulukosta 6. Taulukkoon on tarvittaessa täytetty näitä tietoja. Arvo O_s saadaan lähtötiedoista kohdasta $O_2(\%)$. Tämän vaiheen tarkoituksena on korjata olosuhteita tarvittaessa. Tässä on kuitenkin korjattu vain kosteuspitoisuutta ja happipitoisuutta. Lasketut tulokset ilmoitetaan taulukossa 6.

Taulukko 6. SRM standardiolosuhteissa

Mittaus	SRM y_i (mg/m ³)	Lämpötila t_i (°C)	Kosteus h_i (%)	Paine-ero p (hPa)	O ₂ (%) kuiva kaasu	SRM std arvo y_{is} (mg/m ³)
1	10,4		19		9,4	11,1
2	10		18		10	11,1
3	9,1		16		9,6	9,5
4	8,3		19		9,1	8,6
5	8,4		19		9,5	9,0
6	8,9		18		9,5	9,4
7	10,6		18		10	11,7
8	11		18		9,4	11,5
9	11		18		9,7	11,9
10	10,2		19		9,1	10,6
11	10,5		20		9,1	11,0
12	11,7		19		9,6	12,7
13	9,9		20		8,9	10,2
14	11,4		20		9,2	12,0
15	10,9		19		9,5	11,7

6.5 AMS:n kalibrointifunktion laskeminen

AMS:n kalibrointifunktio saadaan luotua kaavasta:

$$y_i = a + bx_i \quad (4)$$

jossa x_i = AMS tulokset

y_i = SRM tulokset

a = leikkauspiste

b = kaltevuuskulma

Aluksi kuitenkin on selvítettävä SRM:n standardiolosuhteisiin laskettujen arvojen suurin ja pienin arvo eli $y_{s, \max}$ ja $y_{s, \min}$. Nämä arvot saadaan helposti katsottua taulukosta 6. Tämän jälkeen voidaan laskea niiden erotus $y_{s, \max} - y_{s, \min}$.

Tämän jälkeen on tarkasteltava, onko $y_{s, \max} - y_{s, \min}$ pienempi vai suurempi kuin 15 % päiväraja-arvosta. Tehdään seuraava laskutoimitus:

$$\Delta y_{\max} = 0,15 \times ELV \quad (5)$$

Verrataan, onko $y_{s, \max} - y_{s, \min}$ tulos suurempi vai pienempi kuin Δy_{\max} .

Jos $y_{s, \max} - y_{s, \min}$ on suurempi kuin 15 % päästöraja-arvosta, käytetään seuraavia kaavoja apuna laskettaessa \hat{a} :n ja \hat{b} :n arvoja. Tällöin käytetään myös laskentapohjaa A apuna, kun tehdään QAL2-laskenta.

$$\text{Tällöin: } \hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i + \bar{x})(y_i + \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

$$\hat{a} = \bar{y} - \hat{b}\bar{x} \quad (7)$$

Jos taas $y_{s, \max} - y_{s, \min}$ on pienempi kuin 15 % päästöraja-arvosta käytetään seuraavia kaavoja laskettaessa \hat{a} :n ja \hat{b} :n arvoja. Tällöin käytetään myös laskentapohjaa B apuna, kun tehdään QAL2-laskenta.

$$\text{Tällöin: } \hat{b} = \frac{\bar{y}}{\bar{x} - Z} \quad (8)$$

$$\hat{a} = -\hat{b}Z \quad (9)$$

Arvon Z laskemiseen käytetään lähtötiedoissa olevaa arvoa kohdasta *offset for AMS*.

Keskiarvot \bar{x} ja \bar{y} lasketaan seuraavasti:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (10)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (11)$$

Näiden laskuselvytysten jälkeen saadaan laskettua kalibrintifunktio $\hat{y}_i = \hat{a} + \hat{b}x_i$.

Kalibrintifunktion avulla lasketut AMS kalibroidut arvot esitetään taulukossa 7, joka sijaitsee luvun 6.6 yhteydessä.

6.6 AMS:n kalibroidut arvot standardiolosuhteissa

Asetuksissa on esitetty, että mittausepävarmuus ei saa ylittää 30 % päiväraja-arvosta laskettuna. Päiväraja-arvot on ilmoitettu kuivissa savukaasuissa, 0 °C, 1013 hPa ja O₂ = 11 %.

SRM-arvot ja kalibroidut AMS-arvot käännetään näihin olosuhteisiin käyttäen jo esitettyä kaavaa (4). On huomioitava, että AMS-tulosten laskennassa käytetään laitoksen omia apusuuremittauksia apuna, kun taas SRM-tulosten laskennassa referenssimittauksen omia apusuureita.

AMS:n kalibroidut arvot muunnetaan standardiolosuhteisiin seuraavan kaavan avulla:

$$\hat{y}_s = \hat{y}_i \times \frac{t + 273,15K}{273,15K} \times \frac{1013hPa}{1013hPa + p} \times \frac{100\%}{100\% - h} \times \frac{21\% - O_s}{21\% - O} \quad (12)$$

AMS:n kalibroidut arvot muunnetaan standardiolosuhteisiin samalla tekniikalla kuin SRM:n arvojen muuntaminen standardiolosuhteisiin luvussa 6.4. Arvo O_s saadaan lähtötiedoista kohdasta O₂(%). Kaavaa käytetään niin, että siihen otetaan arvot lämpötilaan (t), paine-eroon (p), kosteuteen (h) ja happipitoisuuteen (O) taulukosta 7. Taulukoon on tarvittaessa täytetty näitä tietoja. AMS:n kalibroidut arvot ja ne laskettuina standardiolosuhteisiin ovat taulukossa 7.

Taulukko 7. AMS:n kalibroidut arvot ja ne laskettuna standardiolosuhteisiin.

Mittaus	AMS mitattu x_i (mg/m ³)	AMS kalibroitu arvo \hat{y}_i (mg/m ³)	Lämpötila ti (°C)	Kosteus hi (%)	Paine- ero p (hPa)	O ₂ (%) kuiva kaasu	AMS kalibroitu std arvo $\hat{y}_{i,s}$ mg/m ³ (n)
1	8,5	10,35		19,0		8,8	10,49
2	8,6	10,58		17,9		9,6	11,33
3	6,9	6,67		16,3		7,9	6,06
4	7,2	7,36		18,6		8,6	7,31
5	7,3	7,59		18,6		9,0	7,75
6	6,9	6,67		17,9		8,9	6,74
7	8,5	10,35		17,8		9,5	10,93
8	9	11,50		17,9		8,9	11,61
9	9	11,50		18,4		9,2	12,00
10	8,4	10,12		19,0		8,6	10,09
11	8,6	10,58		19,7		8,6	10,64
12	10,1	14,03		19,2		9,3	14,79
13	8,1	9,43		20,2		8,4	9,38
14	9,9	13,57		19,6		8,9	13,89
15	9,2	11,96		18,8		9,3	12,61

Kalibrintifunktio on voimassa alueella nolasta arvoon $\hat{y}_{s, \max}$ ja tähän arvoon lisää 10 % .

Kalibrintifunktion voimassaoloalue saadaan siis seuraavasti:

$$0 \leq \hat{y}_s \leq 1,10 * \hat{y}_{s, \max}$$

6.7 Vaihtelevuustestit

Vaihtelevuus on hyväksytty, jos

$$S_D \leq \sigma_0 k_v \quad (2)$$

jossa S_D = mittaustulojen välinen standardihajonta

σ_0 = mittauksen epävarmuus

k_v = testiparametri

Vaihtelevuus ilmaisee maksimi epävarmuuden AMS tuloksille. On laskettava siis tarkka määritelmä tälle epävarmuudelle. Maksimi epävarmuus voidaan selvittää laskemalla arvo σ_0 .

Mittausepävarmuus ilmaistaan yleisesti varmuustasolla 95 %. Laskettaessa σ_0 käytetään tällöin kerrointa 1,96, joka on ns. kattavuuskerroin. Kerroin 1,96 kaavaan johtuu siis epävarmuuden luottamustasosta 95 %. On huomioitava käytettäessä σ_0 laskenta-kaavaa, että arvo p tulee olla desimaaliluku. Arvo p ilmoitetaan lähtötiedoissa prosenttilukuna, joten seuraavaa kaavaa käytettäessä tulee $p:n$ arvo jakaa 100 %:lla.

σ_0 eli epävarmuus lasketaan seuraavasti:

$$\sigma_0 = p \times ELV / 1,96 \quad (13)$$

Vaihtelevuustestejä varten on myös laskettava standardihajonta S_D .

Standardihajonta S_D lasketaan seuraavasti:

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2} \quad (14)$$

missä $D_i = y_{i,s} - \hat{y}_{i,s}$

Standardihajonnan laskemiseen tarvittavat suureet esitetään taulukossa 8.

Taulukko toimii siten, että aiemmin lasketuista $\hat{y}_{i,s}$ ja $y_{i,s}$ saadaan tarvittavat suureet. Näille saadaan erotus seuraavaan sarakkeeseen $D_i = y_{i,s} - \hat{y}_{i,s}$. D_i arvojen ja D_i arvojen keskiarvon \bar{D} erotus saadaan seuraavasta sarakkeesta. Näistä arvoista lasketaan S_D .

Taulukko 8. Vaihtelevuustestien arvot

Mittaus	AMS kalibroitu std arvo	SRM std arvo	Erotus (mg/m ³)	Erotus
	$\hat{y}_{i,s}$ (mg/m ³)	$y_{i,s}$ (mg/m ³)	$D_i = y_{is} - \hat{y}_{is}$	$D_i - \bar{D}$
1	10,49	11,07	0,58	0,15
2	11,33	11,07	-0,26	-0,69
3	6,06	9,54	3,48	3,05
4	7,31	8,57	1,26	0,83
5	7,75	8,98	1,22	0,79
6	6,74	9,42	2,69	2,26
7	10,93	11,73	0,80	0,37
8	11,61	11,55	-0,06	-0,49
9	12,00	11,93	-0,07	-0,50
10	10,09	10,58	0,49	0,06
11	10,64	10,99	0,35	-0,08
12	14,79	12,70	-2,09	-2,52
13	9,38	10,25	0,87	0,44
14	13,89	12,01	-1,88	-2,31
15	12,61	11,68	-0,94	-1,37
Keskiarvo \bar{D}			0,43	
Summa				

Vaihtelevuustesti on hyväksytty, jos

$$S_D \leq \sigma_0 k_v$$

Arvo k_v saadaan taulukosta 3 (luku 5.4). Arvo otetaan sen mukaan, montako mittaparia on mitattu. Yleisesti tämä on 15.

Tarkasteltava laite läpäisee testin, jos vaihtelevuustestin tulos alittaa sille asetetun vaatimuksen.

Eli $S_D \leq \sigma_0 k_v$

6.8 QAL2-raportointi

QAL2-raportointi on määritelty standardissa SFS-EN 14181. Raportin tulisi sisältää seuraavat tiedot:

- a. kuvaus laitoksesta ja näytteenottoaikoista
- b. kuvaus laitoksen prosessiolosuhteista ja polttoaineista kokeiden aikana
- c. testauslaboratorion ja kokeissa mukana olleiden henkilöiden nimet
- d. yksityiskohdat testauslaboratorion akkreditoinnista EN ISO/IEC 17025 mukaisesti
- e. kuvaus käytettävästä AMS:stä sisältäen mitattavat suureet, mittauseriaatteet, mitta-alueet ja laitteiden sijainnit
- f. kuvaus käytettävästä SRM:stä: mittauseriaate, malli, mitta-alue, toistettavuus ja/tai mittauserävarmuus ja mahdollinen EN- tai ISO- referenssinumero
- g. vertailumittausten ajankohdat
- h. kaikki AMS:n ja SRM:n mittauservot sekä mitattuina arvoina (raakadatana) että keskiarvoina mittauseräyksiltä, myös apusuureiden mittauserokset (O₂ ja H₂O, lämpötila ja paine)
- i. kalibrointifunktio ja validoitu kalibrointialue mukaan luettuna kaikki kalibrointi-funktion ja vaihtelevuustestin laskenta-ervot
- j. graafinen esitys SRM:n ja AMS:n tuloksista ainakin pitoisuuksina ilmoitettuna
- k. mikä tahansa poikkeama tästä EU-standardista ja poikkeaman mahdollinen vaikutus esitettyihin tuloksiin
- l. viimeisimmän toiminnallisen testin (functional test) tulokset

7 QAL2-TARKASTELUN ONNISTUMINEN

QAL2-tarkastelun onnistumisen kannalta on tärkeää se miten laitosta ajetaan mittaus-ten aikana. Oleellista on se, että mitatut pitoisuudet vaihtelevat niin paljon kuin mah-dollista kuitenkin normaalin toiminnan puitteissa. Kun laitosta ajetaan niin, että pitoi-suudet vaihtelevat mahdollisimman paljon, saadaan kalibrointifunktio kattamaan lai-toksen kaikenlainen toiminta. Ongelmia mittauksissa on esiintynyt siinä, että pitoisuu-det eivät vaihtele tarpeeksi. Tässä tapauksessa saadaan mahdollisesti vaillinainen ka-librointifunktio. Liitteissä 1 ja 2 ovat laskentaesimerkki 1 ja laskentaesimerkki 2. Nä-mä ovat esimerkkeinä tapauksissa, joissa pitoisuudet vaihtelevat niin paljon kuin mahdollista ja kun pitoisuudet vaihtelevat hyvin vähän. Tällöin kalibrointifunktiot

ovat aivan erilaisia. Jo silmämääräisestikin voidaan tarkastella kalibrointifunktioiden eroavaisuuksia. Tavoitteena on pyrkiä laskentaesimerkki 1:n kaltaiseen kalibrointifunktioon. Laskentaesimerkki 1:ssä pitoisuudet vaihtelevat paljon ja kalibrointifunktiokin on hyvin selvä ja kattaa laitoksen kaiken toiminnan. Yleisesti QAL2-mittauksissa kuitenkin saadaan laskentaesimerkki 2:n mukainen kalibrointifunktio. Tämä on kuitenkin hyvin suppea katsaus mittalaitteen toimintaa ja ei välttämättä kata kaikkea mahdollista toimintaa.

Standardissa SFS-EN 14181 on mielestäni hyvin kattava tarkastelu QAL2- ja ASTM-mittauksista. Suosittelen standardin läpikäyntiä kaikille, jotka suorittavat näitä mittauksia. Ongelmia vain saattaa syntyä mahdollisista väärinymmärryksistä varsinkin silloin, kun lukijan äidinkieli ei ole englanti. Sen vuoksi odotan kovasti, että standardi saataisiin käännettyä suomen kielelle.

7.1 Tiedot QAL2-mittauksia varten

Lähtötietojen saaminen on tärkeää QAL2-mittauksissa. On myös aina muistettava kerätä kaikki tarvittava tieto laskentaa varten. Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Päästömittauslaboratorio esitti toiveen, että luotaisiin tiedustelulomake laitokselle, jossa mittaukset suoritetaan. Tiedustelulomake on liitteessä 3. Lomake varmistaa, että kaikki oleellinen tieto mittalaitteesta, mitattavista komponenteista ja laitoksesta saataisiin talteen jo mahdollisesti ennen mittauksen suorittamista. Tiedustelulomake sisältää tiedot

- laitoksesta, jossa mittaukset suoritetaan
- tarkasteltavasta mittalaitteesta
- komponenteista, joita tarkastellaan mittauksissa.

Lomakkeessa on myös selvitys laitokselle, mitä tulee tapahtumaan siellä tehtävissä QAL2-mittauksissa. Siinä myös luetellaan ne velvollisuudet, joita laitoksella on mittauksen aikana. Tämä selvitys luotiin sen takia, että laitoksen väki ei välttämättä tiedä juuri mitään QAL2-mittauksista. Tarkoituksena on kertoa, mitä QAL2-tarkoittaa ja kuinka mittaukset suoritetaan sekä mitä toimia mittaukset aiheuttavat laitokselle. Tämä auttaa siihen asiaan, että mittaukset sujuisivat vaivattomasti laitokselle sekä mittauksen suorittajille. Kaikki tietäisivät toimensa ja näin varmistetaan mittauksen onnistuminen.

7.2 Tapahtumat ennen ja jälkeen mittausten sekä niiden aikana

QAL2-mittausten järjestämisestä sopivat päästömittaustalaboratorio ja toiminnanharjoittaja yhdessä. QAL2-mittauksissa on tärkeää osapuolten välinen kommunikaatio puolin ja toisin. Ennen mittauksia tulee päästömittaustalaboratorion lähettää laitokselle tässä työssä luotu kyselylomake (liite 3), joka myös sisältää selvityksen laitokselle siellä tehtävistä QAL2-mittauksista. Laboratorion on myös hyvä tarkistaa laitteidensa toimivuus ennen mittauksia ja tehdä niille tarvittavat toimenpiteet. Laboratorion on myös suoritettava laitoksella tässä työssä esitetyt toimenpiteet. Tähän kuuluu mm. varmistaa, että AMS antaa nolla lukeman syötettäessä siihen nollakaasua sekä myös suorittaa toiminnalliset testit, jos näin on sovittu.

Mittausten aikana tärkeimmät toimenpiteet ovat SRM- ja AMS-tulosten kirjaus. Päästömittaajan on siis suoritettava vertailumittaukset. Mittausten jälkeen tulee suorittaa QAL2-laskennat ja saada aikaan kalibroitifunktio sekä selvittää vaihtelevuus. Raportointi suoritetaan, kun kaikki toimenpiteet on suoritettu QAL2-testeissä. Raportissa on huomioitava, että päästömittaustalaboratorion tulee arvioida kalibroitifunktion käyttökelpoisuutta.

Toimenpiteet ennen ja jälkeen mittausten sekä niiden aikana on esitetty tehtävälissassa. Tämä tehtävälissa on esitetty liitteessä 4. Tehtävä lista on viitteellinen ja sitä voidaan vielä täydentää päästömittaajien toimesta. Lista kuitenkin sisältää pääasialliset toimenpiteet QAL2-mittauksissa.

8 VUOSITTAINEN VALVONTA, AST

Laitokselle tehdään yleisesti myös AST-testit kiinteästi asennetulle mittalaitteelle. AST-testit on hyvin samanlaiset kuin QAL2-testit. AST:stä on myös ohjeistus standardissa SFS-EN 14181. AST-testien suoritus sovitaan erikseen toiminnanharjoittajan eli laitoksen kanssa. AST-tarkastelu ei siis automaattisesti kuulu QAL2-testien yhteyteen.

Vuosittaisessa laadunvarmistuksessa edellytetään mm. seuraavien asioiden tarkastelua:

- Näytteenottolinja
- Mittalaite
 - dokumentointi
 - linjojen vuototestit
 - huollot
 - häiriötestit (kuivat kaasuseokset)
 - vasteaika
 - nolla- ja kalibrointipisteen siirtymät
- Vertailumittaukset
 - viisi mittaparia

[Päästömittaajan käsikirja Osa 2, 10]

Testeistä on kirjoitettava raportti, jossa käy ilmi edellisten asioiden tarkastelu.

Testeissä siis mitataan tietty määrä mittapareja aivan kuin QAL2-testeissä. Tämän lisäksi tehdään myös lineaarisuuden tarkistus, häiriövaikutustestit ja auditoidaan nolla- ja kalibrointipisteen ryömintä.

8.1 AST-testien suorittaminen

AST-testit suoritetaan minimissään 5 mittaparin avulla. Mittaukset suoritetaan yhden mittauspäivän aikana. Vertailumittaukset on suoritettava menetelmällä, joka on määritelty voimassa olevassa standardissa.

Mittauksien kesto on sama kuin aiemmin tehdyissä QAL2-testeissä. Mittauksien keston tulee kuitenkin olla vähintään 30 min tai vähintään 4 kertaa AMS:n vasteaika. Riippuen kumpi on suurempi. Jos mittausaika on lyhyempi kuin yksi tunti, eri mittauksien välisen aloitusajan tulee olla pidempi kuin yksi tunti. SRM tulokset on ilmoitettava samoissa olosuhteissa kuin AMS tulokset. Esimerkiksi, jos AMS mittaa HCl:n mg/m^3 kosteissa savukaasuissa, niin SRM tulokset on ilmoitettava myös samassa yksikössä; mg/m^3 kosteissa savukaasuissa.

AST-vertailumittauksilla tarkoituksena on siis varmistaa, että QAL2-testeissä saatu kalibrointifunktio on edelleen voimassa. AST-testeissä saatua kalibrointifunktiota ei siis syötetä laitoksen järjestelmään. Jos eriäväisyyksiä löytyy, tulee tähän johtavat syyt selvittää ja myös tehdä uudelleen laajat QAL2-mittaukset.

Jos AST-testeissä saadaan katettua laajempi pitoisuusalue kuin QAL2-testeissä, voidaan kalibrointifunktion aluetta kasvattaa. Siten kuitenkin, että se on maksimissaan 50 % päästöraja-arvosta. Kalibrointialueen laajeneminen on kuitenkin hyväksyttävä viranomaisilla. [Pelikka T., 2008, 23]

9 AST- LASKENTA

AST-laskenta jäljittelee pitkälti QAL2-laskentaa. AST tarkastelussa suoritetaan vertailumittaukset viiden mittaparin avulla. Tämän jälkeen suoritetaan kalibrointifunktion laskenta ja lopuksi vaihtelevuuden tarkastelu. AST-testien suorittajilla on oltava tiedossa aiemmin QAL2-laskennassa saatu kalibrointifunktio. Näin voidaan suorittaa asianmukainen vertailu kalibrointifunktion toimivuudesta.

9.1 Lähtötiedot

AST-tarkastelussa kerätään myös lähtötietoja. Lähtötiedot ovat pitkälti samat kuin QAL2-tarkastelussa. AST:ssä on vain huomioitava, että otetaan selville se kalibrointifunktio, joka saatiin aiemmin tehdyistä QAL2-testeistä. Standardi SFS-EN 14181 ei puutu siihen kuinka pian QAL2-testeistä tulee AST-tarkastelu suorittaa. Lähtötiedot on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. AST:n lähtötiedot

Mitattava päästö	CO			
AMS mittausmenetelmä	IR			
Offset for AMS	4	mA		
SRM mittausmenetelmä	IR			
Päästöraja-arvo NTP E	50	(mg/m ³)	O ₂ =	15 %
Mittaustuloksen 95 prosentin luottamusvälin epävarmuus			p =	20 %
Mittauspisteiden lukumäärä				5 kpl
QAL2-testeissä saatu kalibrointifunktio	2,301x - 9,202			

9.2 AMS:n ja SRM:n tulosten muokkaus

AST-testeissä mitataan siis viisi vertailumittaparia. Tämä tapahtuu aivan kuin QAL2-mittauksissa, mutta mittaparien lukumäärä on vain viisi. Eli AMS kerätään riippumattomalla tiedonkeruujärjestelmällä ja SRM referenssimenetelmällä. Mittaukset suoritetaan yhden mittauspäivän aikana.

Ensimmäinen tuloksien käsittelyvaihe on AMS:n tulosten muuttaminen kalibroituiksi arvoiksi. Tämä tapahtuu käyttämällä apuna aiemmin QAL2-mittauksissa saatua kalibroitifunktiota. AMS:n arvot muutetaan siis kalibroituiksi QAL2-mittauksissa saadulla kalibroitifunktiolla. Kalibroitifunktio on muotoa:

$$\hat{y}_i = \hat{a} + \hat{b}x_i \quad (1)$$

missä \hat{y}_i = AMS:n kalibroitu pitoisuusarvo

x_i = AMS:llä mitattu pitoisuus

Tämän jälkeen AMS:n kalibroidut arvot ja SRM mitatut arvot muunnetaan standardiolosuhteisiin aiemmin esitetyillä kaavoilla (3) ja (12). Nämä kaikki lasketut arvot näkyvät taulukoissa 10 ja 11.

Taulukko 10. AMS tulokset AST-testissä

Mittaus	AMS mitattu arvo x_i (mA)	AMS kalibroitu arvo \hat{y}_i (mg/m ³)	Lämpötila t_i (°C)	Kosteus h_i (%)	Paine-ero p (hPa)	O ₂ (%) kuiva kaasua	AMS kalibroitu std arvo $\hat{y}_{i,s}$ mg/m ³ (n)
1	8,6	10,60				14,4	9,64
2	8,8	11,00				14,3	9,85
3	7	6,90				14,5	6,37
4	7,3	7,60				14,8	7,35
5	7,5	8,00				14,7	7,62

Taulukko 11. SRM tulokset AST-testissä

Mittaus	SRM y_i (mg/m ³)	Lämpötila t_i (°C)	Kosteus h_i (%)	Paine- ero p (hPa)	O ₂ (%) kuiva kaa- su	SRM std arvo y_{is} (mg/m ³)
1	10,2				13,9	8,6
2	10,1				13,8	8,4
3	9,2				14,1	8,0
4	8,4				14,4	7,6
5	8,6				14,3	7,7

9.3 Vaihtelevuustestit

Vaihtelevuus AST-testeissä lasketaan samoilla kaavoilla kuin QAL2-tarkastelussa.

Vaihtelevuus lasketaan kaavalla:

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2} \quad (14)$$

missä

$$D_i = y_{i,s} - \hat{y}_{i,s}$$

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i$$

Taulukossa 12 on esitettyinä kaikki arvot, joita käytetään vaihtelevuuden laskennassa.

Taulukko 12. Vaihtelevuustestien arvot

Mittaus	AMS kalibroitu std arvo $\hat{y}_{i,s}$ (mg/m ³)	SRM std arvo(mg/m ³) $y_{i,s}$ (mg/m ³)	Erotus (mg/m ³) $D_i=y_{i,s} - \hat{y}_{i,s}$	Erotus (mg/m ³) $D_i - \bar{D}$	Erotus toiseen potenssiin (mg/m ³) ² $(D_i - \bar{D})^2$
1	9,64	8,62	-1,02	-0,93	0,86
2	9,85	8,42	-1,43	-1,34	1,80
3	6,37	8,00	1,63	1,72	2,97
4	7,35	7,64	0,28	0,37	0,14
5	7,62	7,70	0,08	0,17	0,03
Summa	40,83				
Keskiarvo \bar{D}			-0,09	0,00	1,16

Vaihtelevuus on hyväksytty, jos

$$S_D \leq 1,5 \sigma_0 k_v \quad (15)$$

Arvo k_v saadaan taulukosta 3 (luku 5.4). Arvo σ_0 taas saadaan suoraan aiemmasta QAL2-mittauksesta eli sitä ei tässä tarvitse erikseen välttämättä laskea.

Lopulta tarkastellaan, onko AMS:n kalibrointi hyväksytty. AMS:n kalibrointi on hyväksytty, kun

$$|\bar{D}| \leq t_{0,95}(N-1) \frac{S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0 \quad (16)$$

Arvo $t_{0,95}(N-1)$ tarkoittaa studentin t-arvoa ja se saadaan taulukosta 13. Arvo katsotaan taulukosta viiden vertailuparin kohdasta. Studentin t-arvo on aina tietyllä vapausasteella (N-1) ja luottamustasolla, joka yleisesti on 95 % ($t_{0,95}$).

Taulukko 13. k_v -arvot ja studentin t-arvot

Vertailuparien lukumäärä	k_v	$t_{0,95}(N-1)$
5	0,9161	2,132
6	0,9329	2,015
7	0,9441	1,943
8	0,9521	1,895

Kun on todettu, että vaihtelevuus ja kalibrointi on hyväksytty, on myös kalibrointifunktio edelleen voimassa.

9.4 AST-raportointi

Standardissa SFS-EN 14181 on määritelty, mitä AST-testeistä tuotettu raportti tulisi sisältää:

- a. kuvaus laitoksesta ja näytteenotto paikasta
- b. kuvaus AMS:stä mukaan luettuna mitattavat komponentit, toimintaperiaate, malli, mittausalue ja sijainti
- c. kuvaus SRM:stä mukaan luettuna mittausperiaate, malli, mittausalue, toistettavuus ja/tai mittausepävarmuus ja viittaus mahdolliseen SRM:n EU tai ISO-referenssiin
- d. vertailumittausten ajankohdat
- e. kaikki AMS:n ja SRM:n mittausarvot sekä mitattuina arvoina (raakadatana) että keskiarvoina mittausjaksoilta
- f. AST -vaihtelevuustestin ja kalibrointisuoran hyväksyttävyyys
- g. mikä tahansa poikkeama tästä EU-standardista ja poikkeaman mahdollinen vaikutus esitettyihin tuloksiin
- h. tulokset AST:n toiminnallisista testeistä (functional test)

Sekä AST että QAL2 raporteissa tulee olla päästömittauslaboratorion arvio kalibrointifunktion käyttökelpoisuudesta.

10 YHTEENVETO

QAL2-mittaukset suoritetaan kiinteästi asennetulle mittalaitteelle, joka on asianmukaisesti asennettu ja toimintakunnossa. Mittaukset suoritetaan vertailumittauksilla. Tarkoituksena on verrata AMS-näyttämää referenssimittauksilla saatuihin SRM-arvoihin. QAL2-tarkastelun tavoitteena on saada aikaan kalibrointifunktio, joka lopulta syötetään laitoksen järjestelmään. AST-testien tarkoituksena on tarkastella, että QAL2-mittauksista saatu kalibrointifunktio on edelleen voimassa myös mittausten jälkeen. QAL2 ei puutu viranomaisten asettamien vaatimusten toteutumiseen, vaan siihen, täyttääkö kiinteästi asennettu mittalaite sen laadulle asetetut vaatimukset.

Oleennaista QAL2-mittausten onnistumiselle on se, että saadaan mahdollisimman paljon vaihtelua mitattaviin pitoisuuksiin. Tämän takia on laitosta ajettava niin, että pitoisuudet vaihtelevat mahdollisimman paljon. Tämän on kuitenkin tapahduttava normaalin toiminnan puitteissa. Oleennaista QAL2-mittauksista on myös toiminnanharjoittajan ja päästömittauslaboratorion välinen kommunikaatio. QAL2-mittausten onnistuminen on osapuolten välisen yhteistyön tulos.

Tämä työ on ohjeistus QAL2-testien suorittamiseen. Työssä esitetyt tiedot perustuvat jo olemassa olevaan tietoon: tutkimusraportteihin, päästömittausten käsikirjoihin ja standardeihin. QAL2-tarkastelu ei kuitenkaan rajoitu vain mittaustulosten kirjaamiseen. Laskenta on suoritettava oikein ja huolella. Lopulta tuloksista suoritetaan raportti viranomaisille. Tässä työssä tuotetut laskentaesimerkit havainnollistavat, kuinka tärkeää on saada vaihtelua mitattuihin pitoisuuksiin. Laskentaesimerkit myös havainnollistavat tarkemmin QAL2-laskennan suorittamista. QAL2-tarkastelun onnistumisen kannalta on myös tärkeää ennen mittauksia tapahtuvat toimenpiteet. Tähän lukeutuu mm. lähtötietojen kerääminen. Tähän avuksi on luotu kyselylomake. Kyselylomakkeeseen kerätään oleellimmat tiedot QAL2-tarkastelua varten.

LÄHTEET

Pellikka, T. & Puustinen, H. 2008. Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvarmistusstandardi, Quality assurance of automated measuring systems, QA of AMS (EN 14181) ja sen kansallinen tulkinta/yhteinen menettelytapa. VTT. Tutkimusraportti Nro VTT-R-10958-07. 14.3.2008. PDF-tiedosto.

Päästömittausten käsikirja. Osa 1. Päästömittaustekniikan perusteet. VTT:n julkaisu. Kesäkuu 2007. PDF-tiedosto.

Päästömittausten käsikirja. Osa 2. Päästöjen tarkkailu ja kiinteästi asennettujen päästömittauslaitteiden laadunvarmistus. VTT:n julkaisu. Huhtikuu 2004. PDF-tiedosto.

SFS-EN 14181. 16.8.2004. Quality assurance of automated measuring systems. Kiinteästi asennettujen mittalaitteiden laadunvalmistus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.

LASKENTAESIMERKKI 1

1.1 Lähtötiedot

Taulukko 1. Lähtötiedot

Mitattava päästö	CO		
AMS mittausmenetelmä	FTIR		
Offset for AMS	4	mA	
SRM mittausmenetelmä	IR		
Päästöraja-arvo NTP E	50	(mg/m ³)	O ₂ (%) = 11
Mittaustuloksen 95 prosentin luottamusvälin epävarmuus (%)			p = 20

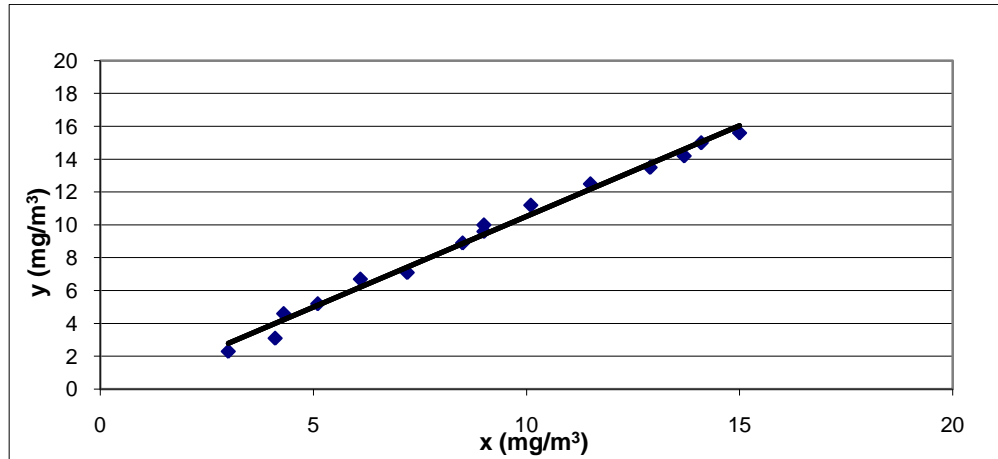
1.2 Tulokset

Taulukko 2. Mittaustulokset

Mittaus	SRM	AMS
	y _i (mg/m ³)	x _i (mg/m ³)
1	2,3	3
2	3,1	4,1
3	4,6	4,3
4	5,2	5,1
5	6,7	6,1
6	7,1	7,2
7	8,9	8,5
8	9,6	9
9	10	9
10	11,2	10,1
11	12,5	11,5
12	13,5	12,9
13	14,2	13,7
14	15	14,1
15	15,6	15,0
Summa	139,5	133,6

1.3 Kalibrointifunktio

Kalibrointifunktio esitetään aina graafisesti.



Kuva 1. Kalibrointifunktio

1.4 SRM:n laskenta standardiolosuhteisiin

Muunnetaan SRM mitatut tulokset standardiolosuhteisiin seuraavan kaavan mukaan:

$$y_s = y_i \times \frac{t + 273,15K}{273,15K} \times \frac{1013hPa}{1013hPa + p} \times \frac{100\%}{100\% - h} \times \frac{21\% - O_s}{21\% - O}$$

SRM arvot kuuluu muuntaa samoihin olosuhteisiin kuin missä laitos mittaa. Jos tälle menetelmälle on tarvetta, niin kaikki arvot syötetään taulukkoon. Jos ei ole tarvetta, niin pelkkä happikorjaus riittää. SRM arvot muutettuina standardiolosuhteisiin ovat taulukossa 3.

Esimerkki kaavan käytöstä: (tiedot on otettu taulukosta 3, ensimmäiseltä riviltä)

$$y_s = 2,3 \times \frac{0 + 273,15K}{273,15K} \times \frac{1013hPa}{1013hPa + 0} \times \frac{100\%}{100\% - 0} \times \frac{21\% - 11}{21\% - 9,4} = 1,98 = 2,0$$

Taulukko 3. SRM arvot standardiolosuhteissa

Mittaus	SRM y_i (mg/m ³)	Lämpötila t_i (°C)	Kosteus h_i (%)	Paine- ero p (hPa)	O ₂ (%) kuiva kaa- su	SRM std arvo $y_{i,s}$ (mg/m ³)
1	2,3				9,4	2,0
2	3,1				10	2,8
3	4,6				9,6	4,0
4	5,2				9,1	4,4
5	6,7				9,5	5,8
6	7,1				9,5	6,2
7	8,9				10	8,1
8	9,6				9,4	8,3
9	10				9,7	8,8
10	11,2				9,1	9,4
11	12,5				9,1	10,5
12	13,5				9,6	11,8
13	14,2				8,9	11,7
14	15				9,2	12,7
15	15,6				9,5	13,6

1.5 AMS:n kalibrointifunktion laskeminen

Katsotaan yllä olevasta taulukosta 3 minimi ja maksimi SRM:n standardiolosuhteiden arvoille ja lasketaan niiden erotus.

$$y_{s, \max} = 13,6 \text{ mg/m}^3$$

$$y_{s, \min} = 2,0 \text{ mg/m}^3$$

$$y_{s, \max} - y_{s, \min} = 11,6 \text{ mg/m}^3$$

Tämän jälkeen tutkitaan onko $y_{s, \max} - y_{s, \min}$ pienempi vai suurempi kuin 15 % ELV:stä.

$$\Delta y_{\max} = 0,15 \times ELV$$

$$= 0,15 \times 50 \text{ mg/m}^3 = 7,5 \text{ mg/m}^3$$

Tästä saadaan

$$y_{s, \max} - y_{s, \min} > \Delta y_{\max}$$

$$11,6 \text{ mg/m}^3 > 7,5 \text{ mg/m}^3$$

Koska erotus on suurempi kuin 15 % raja-arvosta, lasketaan \hat{a} ja \hat{b} kaavoilla:

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad \hat{a} = \bar{y} - \hat{b}\bar{x}$$

Jossa

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \frac{1}{15} \times 133,6 \text{ mg/m}^3 = 8,91 \text{ mg/m}^3$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i = \frac{1}{15} \times 139,5 \text{ mg/m}^3 = 9,3 \text{ mg/m}^3$$

Tässä tapauksessa käytetään siis laskentapohja A:ta!

Seuraavan taulukon tietoja (taulukko 4) käytetään apuna laskettaessa

$$\hat{a} = -0,54 \quad \text{ja} \quad \hat{b} = 1,11$$

Kalibrintifunktio tulee seuraavaan muotoon:

$$\hat{y}_i = \hat{a} + \hat{b}x_i = -0,54 + 1,11x_i$$

Taulukko 4. AMS ja SRM mittausten erotus

Mittaus	AMS mitattu signaali	SRM				
	x_i (mg/m ³)	y_i (mg/m ³)	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) - (x_i - \bar{x})^2$	
1	3	2,3	-5,91	-7,00	41,35	34,89
2	4,1	3,1	-4,81	-6,20	29,80	23,10
3	4,3	4,6	-4,61	-4,70	21,65	21,22
4	5,1	5,2	-3,81	-4,10	15,61	14,49
5	6,1	6,7	-2,81	-2,60	7,30	7,88
6	7,2	7,1	-1,71	-2,20	3,75	2,91
7	8,5	8,9	-0,41	-0,40	0,16	0,17
8	9	9,6	0,09	0,30	0,03	0,01
9	9	10	0,09	0,70	0,07	0,01
10	10,1	11,2	1,19	1,90	2,27	1,42
11	11,5	12,5	2,59	3,20	8,30	6,73
12	12,9	13,5	3,99	4,20	16,77	15,95
13	13,7	14,2	4,79	4,90	23,49	22,98
14	14,1	15	5,19	5,70	29,60	26,97
15	15	15,6	6,09	6,30	38,39	37,13
Summa	133,6	125,5			238,53	215,85
Keskiarvo	\bar{x} 8,91	\bar{y} 9,3				

Saadulla kalibrintifunktiolla lasketaan AMS:lle kalibroidut arvot. Nämä arvot ovat esitettyinä taulukossa 5.

1.6 AMS:n kalibroidut arvot standardiolosuhteissa

AMS:n kalibroidut arvot käännetään myös standardiolosuhteisiin:

$$\hat{y}_s = \hat{y}_i \times \frac{t + 273,15K}{273,15K} \times \frac{1013hPa}{1013hPa + p} \times \frac{100\%}{100\% - h} \times \frac{21\% - O_s}{21\% - O}$$

AMS: kalibroidut arvot muutettuina standardiolosuhteisiin on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. AMS kalibroidut arvot ja ne laskettuina standardiolosuhteisiin

Mittaus	AMS mitattu x_i (mg/m ³)	AMS kalibroitu arvo \hat{y}_i (mg/m ³)	Lämpötila t_i (°C)	Kosteus h_i (%)	Paine-ero p (hPa)	O ₂ (%) kuiva kaasu	AMS kalibroitu std arvo $\hat{y}_{i,s}$ (mg/m ³)(n)
1	3	2,77				7,1	1,99
2	4,1	3,99				7,9	3,04
3	4,3	4,21				6,9	2,99
4	5,1	5,09				7	3,64
5	6,1	6,20				7,3	4,52
6	7,2	7,41				7,3	5,41
7	8,5	8,85				7,8	6,71
8	9	9,40				7,3	6,86
9	9	9,40				7,5	6,97
10	10,1	10,62				7	7,58
11	11,5	12,17				6,9	8,63
12	12,9	13,71				7,5	10,16
13	13,7	14,60				6,7	10,21
14	14,1	15,04				7,1	10,82
15	15	16,03				7,6	11,97

Kalibroidut arvot

AMS kalibroidut arvot standardiolosuhteissa

Tämän jälkeen voidaan selvittää kalibrointifunktion voimassaoloalue. Tämä tapahtuu katsomalla maksimi AMS kalibroidut arvot standardiolosuhteissa sarakkeesta.

$$\hat{y}_{s, \max} = 11,97 \text{ mg/m}^3$$

Vaihtelevuusalue selvitetään kaavalla:

$$0 \leq \hat{y}_s \leq 1,1 \times \hat{y}_{s, \max}$$

$$\Rightarrow 0 \leq \hat{y}_s \leq 1,1 \times 11,97 \text{ mg/m}^3$$

$$0 \leq \hat{y}_s \leq 13,16 \text{ mg/m}^3$$

1.6 Vaihtelevuustestit

Vaihtelevuus on hyväksytty, jos

$$S_D \leq \sigma_0 k_v$$

Kaavojen laskemiseen tarvittavat tekijät on laskettu taulukossa 7.

Taulukko 7. Vaihtelevuustestien arvot

Mittaus	AMS kalibroitu std arvo	SRM std arvo	Erotus (mg/m ³)	Erotus
	$\hat{y}_{i,s}$ (mg/m ³)	$y_{i,s}$ (mg/m ³)	$D_i = y_{is} - \hat{y}_{is}$	$D_i - \bar{D}$
1	1,99	1,98	-0,01	-1,26
2	3,04	2,82	-0,23	-1,47
3	2,99	4,04	1,05	-0,20
4	3,64	4,37	0,73	-0,51
5	4,52	5,83	1,30	0,06
6	5,41	6,17	0,76	-0,48
7	6,71	8,09	1,39	0,14
8	6,86	8,28	1,41	0,17
9	6,97	8,85	1,88	0,64
10	7,58	9,41	1,83	0,58
11	8,63	10,50	1,88	0,63
12	10,16	11,84	1,68	0,44
13	10,21	11,74	1,53	0,28
14	10,82	12,71	1,89	0,65
15	11,97	13,57	1,60	0,35
Keskiarvo \bar{D}			1,25	
Summa				

$$S_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2} = 0,67 \text{ mg/m}^3$$

$$\sigma_0 = pE/1,96 = 0,20 \times 50 \text{ mg/m}^3 / 1,96 = 5,10 \text{ mg/m}^3$$

Arvo p saadaan lähtötiedoista. Arvo p tulee olla kaavassa desimaalilukuna.

Kun mittauksia on 15 kpl, niin k_v arvo on 0,9761. (katso luku 5.4, taulukko 3)

$$S_D \leq \sigma_0 k_v$$
$$0,67 \text{ mg/m}^3 \leq 5,10 \text{ mg/m}^3 \times 0,9761$$
$$0,67 \text{ mg/m}^3 \leq 4,98 \text{ mg/m}^3$$

Tämä on totta, joten AMS läpäisee testin.

QAL2 JOHTOPÄÄTÖS		
Mittaus on hyväksytty, jos	0,67 ≤ 4,98	(mg/m ³)

LASKENTAESIMERKKI 2

2.1 Lähtötiedot

Taulukko 1. Lähtötiedot

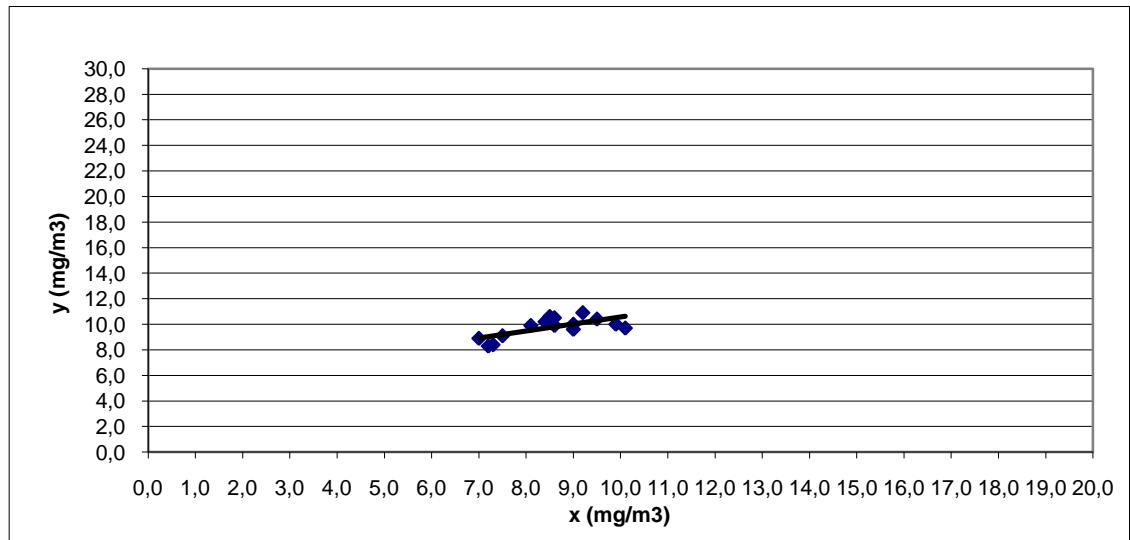
Mitattava päästö	CO		
AMS mittausmenetelmä	FTIR		
Offset for AMS	4	mA	
SRM mittausmenetelmä	IR		
Päästöraja-arvo NTP E	50	(mg/m ³)	O ₂ (%) = 11
Mittaustuloksen 95 prosentin luottamusvälin epävarmuus (%)	p =		20

2.2 Tulokset

Taulukko2. Mittaustulokset

Mittaus	SRM mitattu	AMS mitattu
	y _i (mg/m ³)	x _i (mg/m ³)
1	10,4	9,5
2	9,9	8,6
3	9,1	7,5
4	8,3	7,2
5	8,4	7,3
6	8,9	7,0
7	10,6	8,5
8	10,0	9,0
9	9,6	9,0
10	10,2	8,4
11	10,5	8,6
12	9,7	10,1
13	9,9	8,1
14	10,0	9,9
15	10,9	9,2
Summa	146,4	127,9

2.3 Kalibrointifunktio



Kuva 1. Kalibrointifunktio

2.4 SRM:n laskenta standardiolosuhteisiin

SRM arvot lasketaan standardiolosuhteisiin seuraavan kaavan mukaan:

$$y_s = y_i \times \frac{t + 273,15K}{273,15K} \times \frac{1013hPa}{1013hPa + p} \times \frac{100\%}{100\% - h} \times \frac{21\% - O_s}{21\% - O}$$

Standardiolosuhteisiin lasketut SRM arvot on esitetty taulukossa 3.

Laskenta tapahtuu aivan samoin kuin laskentaesimerkissä 1. Tämän takia en tässä esimerkissä käy laskentaa yhtä yksityiskohtaisesti läpi.

Kun SRM:n arvot on laskettu standardiolosuhteisiin, etsitään arvoista minimi ja maksimi ja lasketaan niiden erotus. Tämän jälkeen tutkitaan onko saatu arvo pienempi vai suurempi kuin 15 % päästöraja-arvosta.

Taulukko 3. SRM arvot standardiolosuhteissa

Mittaus	SRM y_i (mg/m ³)	Lämpötila t_i (°C)	Kosteus h_i (%)	Paine- ero p (hPa)	O ₂ (%) kuiva kaasu	SRM std arvo y_{is} (mg/m ³)
1	10,4		19		9,4	11,1
2	9,9		18		10	11,0
3	9,1		16		9,6	9,5
4	8,3		19		9,1	8,6
5	8,4		19		9,5	9,0
6	8,9		18		9,5	9,4
7	10,6		18		10	11,7
8	10		18		9,4	10,5
9	9,6		18		9,7	10,4
10	10,2		19		9,1	10,6
11	10,5		20		9,1	11,0
12	9,7		19		9,6	10,5
13	9,9		20		8,9	10,2
14	10		20		9,2	10,5
15	10,9		19		9,5	11,7

$$y_{s, \max} - y_{s, \min} = 3,2 \text{ mg/m}^3$$

$$\Delta y_{\max} = 0,15 \times \text{ELV} = 7,5 \text{ mg/m}^3$$

Tästä saadaan, että

$$y_{s, \max} - y_{s, \min} < \Delta y_{\max}$$

$$3,2 \text{ mg/m}^3 < 7,5 \text{ mg/m}^3$$

Koska erotus on pienempi kuin 15 % raja-arvosta, lasketaan \hat{a} ja \hat{b} kaavoilla:

$$\hat{b} = \frac{\bar{y}}{\bar{x} - Z} \quad \text{ja} \quad \hat{a} = -\hat{b} \cdot Z$$

Joten

$$\hat{b} = 2,16 \quad \text{ja} \quad \hat{a} = -8,62$$

Tässä tapauksessa käytetään laskentapohja B:ta!

Arvo Z saadaan lähtötiedoista kohdasta *offset for AMS* ja sille lasketaan erotus O :sta.

2.5 AMS:n kalibrointifunktio

Kalibrointifunktio on siis muotoa:

$$\hat{y}_i = \hat{a} + \hat{b}x_i$$

Tässä tapauksessa kalibrointifunktio tulee seuraavaan muotoon:

$$\hat{y}_i = -8,62 + 2,16 x_i$$

Kalibrointifunktiolla lasketaan AMS:n kalibroidut arvot. Tämän jälkeen AMS:n kalibroidut arvot lasketaan standardiolosuhteisiin seuraavan kaavan mukaan:

$$\hat{y}_s = \hat{y}_i \times \frac{t + 273,15K}{273,15K} \times \frac{1013hPa}{1013hPa + p} \times \frac{100\%}{100\% - h} \times \frac{21\% - O_s}{21\% - O}$$

AMS:n kalibroidut arvot ja ne laskettuina standardiolosuhteisiin esitetään taulukossa 4.

Tämän jälkeen voidaan selvittää kalibrointifunktion voimassaoloalue.

Tämä tapahtuu katsomalla maksimi AMS kalibroidut arvot standardiolosuhteissa sarakkeesta taulukosta 4.

$$\hat{y}_{s, \max} = 13,86 \text{ mg/m}^3$$

$$\Rightarrow 0 \leq \hat{y}_s \leq 1,1 \times 13,86 \text{ mg/m}^3$$

$$0 \leq \hat{y}_s \leq 15,25 \text{ mg/m}^3$$

Taulukko 4. AMS kalibroidut arvot ja ne laskettuina standardiolosuhteisiin

Mittaus	AMS mitattu x_i (mg/m ³)	AMS kalibroitu arvo y_i (mg/m ³)	Lämpötila ti (°C)	Kosteus hi (%)	Paine- ero p (hPa)	O ₂ (%) kuiva kaasu	AMS kalibroitu std arvo $y_{i,s}$ mg/m ³ (n)
1	9,5	11,86		19,0		8,8	12,02
2	8,6	9,92		17,9		9,6	10,62
3	7,5	7,55		16,3		7,9	6,86
4	7,2	6,90		18,6		8,6	6,85
5	7,3	7,12		18,6		9,0	7,27
6	7	6,47		17,9		8,9	6,53
7	8,5	9,70		17,8		9,5	10,24
8	9	10,78		17,9		8,9	10,88
9	9	10,78		18,4		9,2	11,24
10	8,4	9,49		19,0		8,6	9,46
11	8,6	9,92		19,7		8,6	9,97
12	10,1	13,15		19,2		9,3	13,86
13	8,1	8,84		20,2		8,4	8,79
14	9,9	12,72		19,6		8,9	13,02
15	9,2	11,21		18,8		9,3	11,82

2.6 Vaihtelevuustestit

Vaihtelevuus on hyväksytty, jos

$$S_D \leq \sigma_0 k_v$$

Selvitetään siis arvot S_D , σ_0 , k_v . Kaavat näiden laskemiseen on esitetty esimerkissä 1.

$$S_D = 1,78 \text{ mg/m}^3$$

$$\sigma_0 = 5,10 \text{ mg/m}^3$$

$$k_v = 0,9761 \quad (\text{katso luku 5.4, taulukko 3})$$

$$1,78 \text{ mg/m}^3 \leq 5,10 \text{ mg/m}^3 \times 0,9761$$

$$1,78 \text{ mg/m}^3 \leq 4,98 \text{ mg/m}^3$$

Tämä on totta, joten AMS läpäisee testin. Eli mittaus on hyväksytty.

TYÖN SUORITTAJA: Kyamk Päästömittaustalaboratorio

SELVITYS LAITOKSELLANNE TEHTÄVÄSTÄ QAL2-MITTAUKSESTA

MITÄ QAL2 TARKOITTA?

QAL2 tarkoittaa kiinteästi asennetun mittalaitteen toiminnan tarkastamista. QAL2-mittaukset suoritetaan standardin SFS-EN 14181 mukaan. QAL2 tarkastelun pääta-voitteena on määritellä kalibrointifunktio tarkastelun aiheena olevalle mittalaitteelle. Kalibrointifunktio muodostetaan vertailumittauksilla. Saatu kalibrointifunktio syöte-tään lopuksi laitoksen järjestelmään.

MITEN QAL2-MITTAUKSET SUORITETAAN?

Vertailumittauksissa käytetään kiinteästi asennetun mittalaitteen raakadataa, joka ke-rätään **riippumattomalla tiedonkeruujärjestelmällä**. Tämä riippumaton tiedonke-ruujärjestelmä voi olla laitoksen oma tiedonkeruujärjestelmä tai päästömittaustalabora-tion tiedonkeruujärjestelmä. Kerättävä tieto tulee olla korjaamatonta dataa. Eli tietoa ei saa käsitellä mitenkään, joten mitään **korjauskertoimia ei saa käyttää**. Toinen osa vertailumittausparista kerätään referenssimenetelmällä, jonka päästömittaustalaboratorio tuo mukanaan. Referenssimenetelmän tieto kerätään samassa muodossa kuin kiinteästi asennettu mittalaite sen ilmoittaa. Vertailumittaukset suoritetaan vähintään 15 mitta-usparin avulla. Nämä jaetaan tasaisesti kolmelle päivälle. Yhden mittauksen kesto on vähintään 30 min niin että kokonaiskesto on 15 x 30 min eli 7 h 30 min. Mittausten ei tarvitse välttämättä olla peräkkäisinä päivinä, mutta ne on tehtävä neljän viikon aika-na.

LAITOKSEN VASTUUT QAL2-MITTAUKSISSA

- QAL2 tarkastelu suoritetaan sellaiselle mittalaitteelle, joka on asianmukaisesti asennettu ja toimintakunnossa. Laitteen toiminta on tarkastettu
- Laite tulee olla kalibroitu 1 viikkoa ennen mittauksia
- Kalibrointifunktion on **katettava kaikki laitoksen toimintaan liittyvät tilanteet**.
 - ⇒ Vertailumittausten aikana suositellaan vahvasti laitosta ajettavan siten, että pitoisuudet vaihtelevat niin paljon kuin vain mahdollista kuitenkin normaalin toiminnan puitteissa.
- Mittausyhteet tulee olla standardin mukaiset (DN 80 tms.)
- Kulku tarkasteltavalle mittalaitteelle on oltava estotonta. Mahdolliset esteet on poistettava.
- On myös huomioitava, että päästömittauslaboratorio voi tarvittaessa kuljettaa tarvikkeensa mittalaitteen luokse.
 - ⇒ Yleisesti siis kaikki työturvallisuuteen liittyvät toimenpiteet on huomioitava!

MITTAUSAJANKOHTA

päivä.kuukausi. – päivä.kuukausi.vuosi

MITTAUSAIKATAULU

Mittaukset suoritetaan seuraavan aikataulun mukaan:

Ajankohta	Valmistelut	QAL2 (5 mittaparia /päivä)	Pienhiukkasmittaukset	Melumittaus

MITATTAVAT KOMPONENTIT JA MITTAUSMENETELMÄT

KOMPONENTTI	MENETELMÄ	NÄYTTEENOTTO	MITTAUSTARKKUUS		STANDARDI
			Prosentuaalinen virhe	virheen vakio-osa	
NO _x	Kemilumi-nenssi	Laimentamaton	3 %		SFS 3869
TOC	Liekki-ionisaatio	Laimentamaton	3 %		SFS 3869
CO	IR-absorptio	Laimentamaton	3 %		SFS 3869
CO ₂	IR-absorptio	Laimentamaton		+/- 0,2 %	SFS 3869
O ₂	Paramagneettinen	Laimentamaton		+/- 0,1 %	SFS 3869
SO ₂	IR-absorptio	Laimentamaton	3 %		SFS 3869
Hiukkaset	Gravimetrinen	Laimentamaton	10 %		SFS-EN 13284-1
HCl	Absorptio	Laimentamaton	5 %		SFS-EN 1911
HF	Absorptio	Laimentamaton	5 %		SFS-EN 1911
Pienhiukkaset	sähköinen	Laimentava	5-20 % olosuhteista riippuen		-
Melu	-	-	5 %		SFS 3746

YHTEYSHENKILÖ

Marko Piispa

044-702 8255

mikko.nykanen@kyamk.fi

Mikko Nykänen

044-702 8253

marko.piispa@kyamk.fi

Voisitteko ystävällisesti täydentää seuraavat tiedot QAL2-mittauksia varten.

Asiakas

Perustiedot

Yritys:
Osoite:
Laitos:

Mittalaite

Tarvittavat tiedot mittalaitteesta jolle tarkastelu suoritetaan.

Mittalaite:
Sijainti:
Laitteen mittausalue:
Vasteaika:
Onko teillä oma tiedonkeruujärjestelmä?

TEHTÄVÄ-LISTA

LISTA TEHTÄVISTÄ TOIMISTA ENNEN JA JÄLKEEN QAL2-MITTAUSTEN, SEKÄ MYÖS NIIDEN AIKANA.

ENNEN MITTAUKSIA:

- Selvityksen ja kyselylomakkeen toimittaminen asiakkaalle
- Mittalaitteiden toiminnan tarkastus
- Analysaattorin kalibrointi
- Tarvittaessa toiminnalliset testit
- AMS antaa nolla lukeman syötettäessä siihen nollakaasua

MITTAUSTEN AIKANA:

- Analysaattorin näytteenottosondin puhdistus mittaussarjojen välissä
- Mittausten suorittaminen
 - AMS tulosten kerääminen
 - SRM tulosten kerääminen
- Kanavan olosuhteet muistiin tarvittaessa

MITTAUSTEN JÄLKEEN:

- QAL2-laskennan suorittaminen
 - SRM:n arvojen laskenta standardiolosuhteisiin
 - Kalibrointifunktion muodostaminen
 - AMS:n kalibroituja arvojen laskenta
 - AMS:n kalibroituja arvojen laskenta standardiolosuhteisiin
 - Vaihtelevuustestit
- Analysaattorin kalibrointi
- Raportointi viimeistään kuuden kuukauden päästä mittauksista