



ILMANLAATUMITTAUSTEN LAATUJÄRJESTELMIEN KUVAUS

Ilmatieteen laitoksella tehdään ilmanlaatumittauksia asiakastoimeksiantoina, osana tutkimustoimintaa sekä pitkäaikaisseurantana laitoksen tausta-asetverkossa. Tausta-asetverkossa toteutetaan Euroopan Unionin säädösten mukaisia ilmanlaadun mittauksia sekä kansainvälisiin mittausohjelmiin (EMEP, ACTRIS, AMAP, GAW, HELCOM, IM) kuuluvia mittauksia.

Ilmatieteen laitoksella toimii neljä tahoja ilmanlaadun mittauksen parissa.

- **Ilmanlaadun kansallinen vertailulaboratorio** toimii FINAS-akkreditoituna kalibrointi-laboratoriona K043 standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 mukaisesti (pätevyysalue nähtävillä [www-osoitteessa https://www.finas.fi/toimijat/Sivut/default.aspx#k=K043](https://www.finas.fi/toimijat/Sivut/default.aspx#k=K043)). Laboratorio toimii myös VTT MIKES:n sopimuslaboratoriona tiettyjen kaasuseosten kansainvälisesti jäljitettävien referenssiaineiden ja niihin perustuvien kalibrointien osalta. Laboratorio tuottaa korkeatasoisia ilmanlaadun kalibrointipalveluja asiakkaidensa tarpeita varten.
- **Ilmanlaadun laboratorio** toimii standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 mukaisesti. Laboratoriossa tutkitaan PAH-yhdisteitä, raskasmetalleja, elohopeaa ja pääkomponentteja ilman hiukkasissa ja laskeumassa.
- **Havaintopalvelut-yksikkö** vastaa tausta-asetverkon kenttämittauksista maaseututausta-asetilla.
- **Asiantuntijapalvelut-yksikkö** vastaa asiakastoimeksiannoista liittyen ilmanlaadun kenttämittauksiin kaupunki- ja teollisuusympäristöissä.

Ilmatieteen laitoksen ilmanlaadun kenttämittauksilla on yhteinen laatujärjestelmä, joka perustuu standardiin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017. Laatujärjestelmä kattaa niin tausta-asetverkon kuin Asiantuntijapalvelut-yksikön tekemät ilmanlaadun mittaukset. Laatujärjestelmä on kokonaisuudessaan kuvattu laatuksikirjassa. Laatujärjestelmä sisältää yksityiskohtaiset työohjeet sekä kalibrointi- ja huoltodokumentit, joilla taataan mittauksen luotettavuus. Kalibrointien jäljitettävyys on varmistettu SI-yksikköön. Laatujärjestelmän toteutumista seurataan määräajoin suoritetuilla sisäisillä auditoinneilla. Osallistumalla kansallisiin ja kansainvälisiin vertailumittauksiin varmistetaan mittauksen oikeellisuus.

Tässä dokumentissa on lyhyesti kuvattu ilmanlaadun kenttämittauksen laatujärjestelmän mittausmenetelmät, käytetyt standardit, laadunvarmennus, mittausepävarmuus, tulosten tarkistus ja laatujärjestelmä kunkin mitattavan ilman epäpuhtauden osalta. Lisäksi Ilmatieteen laitoksella tehdään ilmakehän koostumuksen tutkimusta laajemmalle yhdistejoukolle erilaisilla tutkimuskäyttöön tarkoitetuilla jatkuvatoimisilla mittauslaitteilla. Näitä tutkimusmittauksia ei ole kuvattu tässä dokumentissa.

**SISÄLLYSLUETTELO**

TYPPIDIOKSIDI/TYPPIOKSIDI	3
OTSONI	3
RIKKIDIOKSIDI.....	4
HAISEVAT RIKKIYHDISTEET.....	5
HIILIMONOKSIDI.....	5
VOC-YHDISTEET.....	6
PM ₁₀ /PM _{2.5} -HIUKKASET (massa).....	7
PAH-YHDISTEET PM ₁₀ -HIUKKASISSA.....	8
PAH-YHDISTEET LASKEUMASSA	9
PM _{2.5} -HIUKKASTEN KEMIALLINEN KOOSTUMUS	9
LASKEUMAN KOOSTUMUS.....	10
EC/OC	10
RASKASMETALLIT PM ₁₀ -HIUKKASISSA	11
RASKASMETALLIT LASKEUMASSA.....	11
ELOHOPEA ILMASSA.....	12
ELOHOPEA LASKEUMASSA	12



TYPPIDIOKSIDI/TYPPIOKSIDI

Typen oksideja mitataan jatkuvatoimisilla analysointilaitteilla. Mittaukset perustuvat EU:n referenssimenetelmään, joka on kuvattu standardissa EN 14211:2012 *Ambient air quality – Standard method for the measurement of the concentration of nitrogen dioxide and nitrogen monoxide by chemiluminescence*.

Mittausmenetelmä

Typen oksidien mittaaminen perustuu kemiluminesenssiin, jossa virittynyt typpidioksidimolekyylipalautuu stabiiliin tilaan emittoimalla ns. kemiluminesenssisäteilyä. Säteilyn intensiteetti on verrannollinen typpioksidin määrään.

Laadunvarmistus

Ilmatieteen laitos käyttää typen oksidien mittauksissa tyyppihyväksytyjä laitteita *tracelevel*-laitteita, joille ei ole saatavissa tyyppihyväksyntää. Tracelevel-laitteita käytetään alhaisten pitoisuuksien alueilla eli tausta-alueilla ja tarvittaessa asiakastöissä Kenttämittausten laadunvarmistuskäytännöt sekä huolto ja kalibrointi on järjestetty soveltuvin osin standardin vaatimusten mukaisesti. Kalibrointiin käytetään jäljitettävästi kalibrointia kenttäkalibraattoria ja kaasunormaalialueita. Tähän kalibrointijärjestelmään otetaan lisäksi FINAS-akkreditoidusta kalibrointilaboratoriosta K043 säännöllisesti. Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut-yksikkö ja tausta-asemaverkko osallistuvat kansallisen ilmanlaadun vertailulaboratorion järjestämiin vertailumittauksiin.

Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuus typpidioksidin raja-arvopitoisuuksissa on arvioitu käyttäen standardissa EN 14211:2012 esitettyä laskentamenetelmää.

Tulosten tarkistus

Mittaus tulosten hyväksymisessä käytetään standardin EN 14211:2012 laadunvarmistuskriteerejä.

Laatujärjestelmä

Ilmanlaadun kenttämittausten laatujärjestelmä on laadittu standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 pohjalta ja dokumentoitu laatuksikirjassa.

OTSONI

Otsonia mitataan Ilmatieteen laitoksen tausta-asemilla jatkuvatoimisilla analysointilaitteilla. Mittaukset perustuvat EU:n referenssimenetelmään, joka on kuvattu standardissa EN 14625:2012 *Ambient air quality – Standard method for the measurement of the concentration of ozone by ultraviolet photometry*.

Mittausmenetelmä

Otsonin mittaus perustuu sen UV-valon absorptioon, minkä avulla saadaan otsonipitoisuus.

Laadunvarmistus

Ilmatieteen laitos käyttää otsonimittauksissa tyyppihyväksytyjä analysointilaitteita. Kenttämittausten laadunvarmistuskäytännöt sekä huolto ja kalibrointi on järjestetty soveltuvin osin standardin



vaatimusten mukaisesti. Kalibrointiin käytetään jäljitettyä UV-fotometriä. Jälki otetaan säännöllisesti FINAS-akkreditoidusta kalibrointilaboratoriosta K043. Ilmatieteen laitoksen tausta-asemaverkko osallistuu kansallisen ilmanlaadun vertailulaboratorion järjestämiin vertailumittauksiin.

Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuus otsonin varoituskynnyspitoisuudessa on arvioitu käyttäen standardissa EN 14625:2012 esitettyä laskentamenetelmää.

Tulosten tarkistus

Mittaustulosten hyväksymisessä käytetään standardin EN 14625:2012 laadunvarmistuskriteerejä.

Laatujärjestelmä

Ilmanlaadun kenttämittausten laatujärjestelmä on laadittu standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 pohjalta ja dokumentoitu laatukäsikirjassa.

RIKKIDIOKSIDI

Rikkidioksidia mitataan jatkuvatoimisilla analysaattoreilla. Mittaukset perustuvat EU:n referenssimenetelmään, joka on kuvattu standardissa EN 14212:2012 *Ambient air quality – Standard method for the measurement of the concentration of sulphur dioxide by UV fluorescence*.

Mittausmenetelmä

Rikkidioksidin mittaus perustuu UV-fluoresenssiin: SO₂-molekyylä viritetään UV-säteilyllä. Viritetyn molekyylin palatessa normaalitilaan se emittoi fluoresenssisäteilyä, joka mitataan. Fluoresenssisäteilyn määrä on suoraan verrannollinen rikkidioksidipitoisuuteen.

Laadunvarmistus

Ilmatieteen laitos käyttää SO₂-mittauksissa tyyppihyväksytyjä laitteita sekä *tracelevel*-laitteita, joille ei ole saatavissa tyyppihyväksyntää. Tracelevel-laitteita käytetään alhaisten pitoisuuksien alueilla eli tausta-alueilla ja tarvittaessa asiakastöissä. Kenttämittausten laadunvarmistuskäytännöt sekä huolto ja kalibrointi on järjestetty soveltuvin osin standardin vaatimusten mukaisesti. Kalibrointiin käytetään jäljitettävästi kalibroituja kenttäkalibraattoria ja kaasunormaalia. Tähän kalibrointijärjestelmään otetaan jälki säännöllisesti FINAS-akkreditoidusta kalibrointilaboratoriosta K043. Ilmatieteen laitoksen Asiantuntijapalvelut-yksikkö ja tausta-asemaverkko osallistuvat kansallisen ilmanlaadun vertailulaboratorion järjestämiin vertailumittauksiin.

Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuus rikkidioksidin raja-arvopitoisuuksissa on arvioitu käyttäen standardissa EN 14212:2012 esitettyä laskentamenetelmää.

Tulosten tarkistus

Mittaustulosten hyväksymisessä käytetään standardin EN 14212:2012 laadunvarmistuskriteerejä.



Laatujärjestelmä

Ilmanlaadun kenttämittausten laatujärjestelmä on laadittu standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 pohjalta ja dokumentoitu laatukäsikirjassa.

HAISEVAT RIKKIYHDISTEET

Haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) mittaamiselle ei ole vahvistettu vertailumenetelmää. Mittaamisessa käytetään UV-fluoresenssimenetelmään perustuvia SO₂-analysaattoreita. Ennen analysointia TRS-yhdisteet hapetetaan korkeassa lämpötilassa (820–870°C) rikkidioksidiksi ja muodostunut rikkidioksidi mitataan rikkidioksidianalysaattorilla. Rikkidioksidin mittausta on kuvattu edellä.

TRS-mittalaite kalibroidaan käyttäen rikkivetykaasua (H₂S), joka laimennetaan erillisen kentälaimentimen avulla halutuille pitoisuustasoille. Laimentimesta tuotetaan H₂S-kalibrintipitoisuusarvot, jotka varmennetaan ilmanlaatumittausten kansallisessa vertailulaboratoriossa Ilmatieteen laitoksella jäljitettävästi rikkivedylle kalibroituja TRS-uunilla varustettua rikkidioksidianalysaattoria vastaan. Laimennuskaasuna käytetään suodatettua ilmaa. Kaasunormaalina käytetään H₂S-permeaatioputkea.

HIILIMONOKSIDI

Hiilimonoksidia mitataan jatkuvatoimisilla analysaattoreilla. Mittauksiin käytetään kahdentyyppisiä analysaattoreita. Kaupunkimittaukset perustuvat EU:n referenssimenetelmään, joka on kuvattu standardissa EN 14626:2012 *Ambient air – Standard method for the measurement of the concentration of carbon monoxide by non-dispersive infrared spectroscopy*. Tausta-alueilla mittauksia suoritetaan suuntaa antavien mittauksin, ja tällöin mittaukset perustuvat hiilimonoksidin absorptioon lähi-infrapuna-alueella.

Referenssimenetelmä kaupunkialueilla

Hiilimonoksidin eli hään mittausta perustuu nondispersiiviseen infrapunaspektroskopiaan: CO absorboi infrapunasäteilyä tietyllä aallonpituudella, ja infrapunaa attenuatio on verrannollinen CO-pitoisuuteen.

Laadunvarmistus

Ilmatieteen laitos käyttää CO-mittauksissa tyyppihyväksytyjä laitteita sekä alhaisten pitoisuuksien alueilla eli tausta-alueilla ja tarvittaessa asiakastöissä *tracelevel*-laitteita, joille ei ole saatavissa tyyppihyväksyntää. Kenttämittausten laadunvarmistuskäytännöt sekä huolto ja kalibrointi on järjestetty soveltuvien osien standardin vaatimusten mukaisesti. Kalibrointiin käytetään jäljitettävästi kalibroituja kenttäkalibraattoria ja kaasunormaalina. Tähän kalibrointijärjestelmään otetaan jälki säännöllisesti FINAS-akkreditoitua kalibrointilaboratoriosta K043.

Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuus hiilimonoksidin raja-arvopitoisuuksissa on arvioitu käyttäen standardissa EN 14626:2012 esitettyä laskentamenetelmää.



Tulosten tarkistus

Mittaustulosten hyväksymisessä käytetään standardin EN 14626:2012 laadunvarmistuskriteerejä.

Laatujärjestelmä

Ilmanlaadun kenttämittausten laatujärjestelmä on laadittu standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 pohjalta ja dokumentoitu laatukäsikirjassa.

Tausta-alueiden mittausmenetelmä

Hiilimonoksidin mittaaminen perustuu Cavity Ring-Down spektroskopiaan (CRDS, http://www.picarro.com/technology/cavity_ring_down_spectroscopy).

Laserdiodilla tuotetaan pulsseja sopivilla lähi-infrapuna-aallonpituuksilla mittauskammioon, jonka tehollinen pituus on useita kilometrejä. Tämän signaalin vaimeneminen mitataan, ja aika, jossa se tapahtuu, on verrannollinen pitoisuuteen.

Laadunvarmistus

Ilmatieteen laitos käyttää hiilimonoksidin mittauksissa Picarron G2401 CO₂/CH₄/CO/H₂O CRDS-analysointilaitetta, joka on hyväksytty mm. ICOS-ohjelman (Integrated Carbon Observation System, <https://www.icos-ri.eu/>) mittalaitteeksi hiilimonoksidille. Laite kalibroidaan 4–6 kertaa vuodessa kaasuilla, jotka ovat suoraan jäljitettävissä WMO CCL (World Meteorological Organization, Central Calibration Laboratory) kalibroitiskaalaan WMO CO_X2014A. Laitteen toimivuutta seurataan jatkuvasti mittaamalla kahta tarkkailukaasua sylintereistä, toista n. kaksi kertaa vuorokaudessa ja toista muutaman vuorokauden välein. Kaikki mittausdata haetaan automaattisesti useita kertoja vuorokaudessa ja niistä piirretään kuvat sisäisille WWW-sivuille. Lisäksi mittaukset osallistuvat kansainvälisiin vertailumittauksiin, mm. "WMO Round Robin" ohjelmaan.

Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuus on arvioitu laitevalmistajan ilmoittamien mittausepävarmuuksien ja vertailumittausten tulosten perusteella.

Tulosten tarkistus

Laitteen stabiilius todennetaan tarkkailusylinterimittausten perusteella. Kalibroidut mittaustulokset käydään läpi minuuttikeskiarvoina ja verrataan niitä muihin laitteen antamiin tuloksiin (CO₂, CH₄, H₂O) ja säädataan. Virheelliset datapisteet liputetaan pois ennen tuntikeskiarvojen laskemista.

VOC-YHDISTEET

Näytteenotto ja analyysi

VOC-yhdisteitä (C₂-C₉) mitataan Ilmatieteen laitoksen tausta-aseamalla jatkuvatoimisella kaasukromatografilla (TD-GC-FID/FID). Näytteiden keruu-aika on 10–30 min. Näytteitä kerätään ja analysoidaan vähintään kerran vuorokaudessa.



Laadunvarmistus

Menetelmän jäljitettävyyden perustuu NPL:n primääristandardiin. Lisäksi laboratorio on osallistunut tarjolla oleviin vertailumittauksiin. Laitteisto kalibroidaan NPL-jäljitettävillä referenssikaasuseoksilla.

Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuudet on arvioitu ACTRIS-projektin suositusten mukaan: ACTRIS Deliverable 3.17. Updated Measurement Guideline for NO_x and VOCs, available at: https://www.actris.eu/Portals/46/Documentation/actris2/Deliverables/public/WP3_D3.17_M42.pdf?ver=2018-1-12-143115-077, 2018.

Tulosten tarkistus

Analyysitulokset hyväksytään, mikäli laadunvarmistuskriteerit täyttyvät.

PM₁₀/PM_{2.5}-HIUKKASET (massa)

Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienihiukkasten (PM_{2.5}) pitoisuuksia mitataan jatkuvatoimisilla analysaattoreilla. Mittaukset perustuvat standardiin EN 16450:2017 *Ambient air – Automated measuring systems for the measurement of the concentration of particulate matter (PM₁₀/PM_{2.5})*.

Mittausmenetelmät

PM₁₀/PM_{2.5} hiukkaspiteisyyksien mittaamiseen käytetyt analysaattorit perustuvat valon sirontaan (mm. FIDAS) ja β-säteilyn vaimenemiseen ja valon sirontaan (SHARP).

Vastaavuuden osoittaminen

PM₁₀/PM_{2.5}-hiukkasten gravimetrinen referenssimenetelmä on kuvattu standardissa EN 12341:2014. Ilmatieteen laitoksen käyttämien automaattisten hiukkasanalysaattoreiden antamien tulosten vastaavuus PM₁₀/PM_{2.5} gravimetrisiin referenssimenetelmiin on osoitettu tutkimuksessa *Walden et al., 2017. Demonstration of the equivalence of PM_{2.5} and PM₁₀ measurement methods in Kuopio 2014–2015. Finnish Meteorological Institute, Reports 2017:1* (pl. FIDAS). Hiukkasmittauksien kalibrointiyhtälöissä käytetään suosituskertoimia, jotka on julkaistu raporteissa *Walden, J. and Vestenius, M., 2018. Verification of PM-analyzers for PM₁₀ and PM_{2.5} with the PM reference method. Finnish Meteorological Institute, Reports 2018:2* ja *Saarnio et al., 2021. Hiukkasmittausten vaatimuksenmukaisuuden todentaminen (HIVATO) 2019–2020*. Raporttien www-osoitteet:

- http://expo.fmi.fi/aqes/public/PM_Equivalence_report_Kuopio_2017.pdf (Walden et al., 2017)
- http://expo.fmi.fi/aqes/public/Raportteja_2018_2_Verification_of_PM-analyzers.pdf (Walden ja Vestenius, 2018)
- <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/338137> (Saarnio et al., 2021)

Laadunvarmistus

Ilmatieteen laitos käyttää hiukkasmittauksissa tyyppihyväksytyjä analysaattoreita, joiden vastaavuus vertailumenetelmään on osoitettu. Hiukkasmittausten laadunvarmistuskäytännöt sekä huolto ja kalibrointi toteutetaan laitevalmistajien manuaalien ja EN-standardin suositusten mukaisesti.



Tulosten tarkistus

Mittaustulosten hyväksymisessä käytetään EN-standardin EN 16450:2017 suosituksia.

Laatujärjestelmä

Ilmanlaadun kenttämittausten laatujärjestelmä on laadittu standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 pohjalta ja dokumentoitu laatukäsikirjassa.

PAH-YHDISTEET PM₁₀-HIUKKASISSA

Näytteenotto

Ilmatieteen laitos mittaa PAH-yhdisteistä bentso(a)pyreeniä, bentso(b)fluoranteenia, bentso(j)fluoranteenia, bentso(k)fluoranteenia, indeno(1,2,3-cd)pyreeniä, dibentso(a,c)antraseenia, dibentso(a,h)antraseenia, fenantreenia, antraseenia, fluoranteenia, pyreeniä, bentso(a)antraseenia, trifenyleeniä, kryseeniä ja bentso(ghi)peryleeniä. Näytteet kerätään PM₁₀-hiukkasfraktiosta käyttäen standardimenetelmää EN 12341:2014 (*low-volume* keräin). Näytteet kerätään 24 tunnin näytteinä joka toinen vuorokausi. Kuukauden näytteet yhdistetään kokoomanäytteeksi analysointia varten tai tarvittaessa analysoidaan yksittäisinä näytteinä.

Analyysi, laadunvarmennus ja mittausepävarmuus

Näytteet esikäsitellään ja analysoidaan Ilmatieteen laitoksen alihankintalaboratoriossa SYKE Laboratoriokeskus (T003). Teflon-suodattimelta määritettävät yhdisteet uutetaan ja analysoidaan kaasukromatografisesti GC-MS –laitteistolla menetelmällä, joka perustuu standardiin EN 15549:2008 *Air quality – Standard method for the measurement of the concentration of benzo(a)pyrene in ambient air*. Esikuvana on käytetty soveltuvin osin myös standardia ISO 12884:2000 *Ambient air – Determination of total (gas and particle-phase) polycyclic aromatic hydrocarbons – Collection on sorbent-backed filters with gas chromatographic / mass spectrometric analysis*. Alihankintalaboratoriossa suoritetaan myös tulosten laadunvarmistus ja mittausepävarmuuden määrittäminen.

Tulosten tarkistus

Analyysitulokset hyväksytään, mikäli laadunvarmistuskriteerit täyttyvät.

Akkreditointi

Ilmatieteen laitoksen alihankintalaboratorio SYKE Laboratoriokeskus on FINAS-akkreditoitu testauslaboratorio T003 ja täyttää standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 vaatimukset. Akkreditoituun pätevyysalueeseen kuuluu bentso(a)pyreenin, bentso(b)fluoranteenin, bentso(j)fluoranteenin, bentso(k)fluoranteenin, indeno(1,2,3-cd)pyreenin, dibentso(a,c)antraseenin, dibentso(a,h)antraseenin, fenantreenin, antraseenin, fluoranteenin, pyreenin, bentso(a)antraseenin, trifenyleenin, kryseenin ja bentso(ghi)peryleenin määrittäminen.



PAH-YHDISTEET LASKEUMASSA

Näytteenotto

Ilmatieteen laitos mittaa PAH-laskeumasta bentso(a)pyreeniä, bentso(b)fluoranteenia, bentso(j)fluoranteenia, bentso(k)fluoranteenia, indeno(1,2,3-cd)pyreeniä, dibentso(a,c)antraseenia, dibentso(a,h)antraseenia, fenantreenia, antraseenia, fluoranteenia, pyreeniä, bentso(a)antraseenia, trifenyyleeniä, kryseeniä ja bentso(ghi)peryleeniä. Näytteet kerätään kuukausinäytteinä laskeumasta (yhdistetty märkä- ja kuivalaskeuma) käyttäen standardimenetelmää EN 15980:2011.

Analyysi, laadunvarmennus ja mittausepävarmuus

Näytteet esikäsitellään ja analysoidaan Ilmatieteen laitoksen alihankintalaboratoriossa SYKE Laboratoriokeskus (T003). PUF:iin kerätyt yhdisteet uutetaan ja analysoidaan kaasukromatografisesti GC-MS –laitteistolla menetelmällä, joka perustuu standardiin EN 15549:2008 *Air quality – Standard method for the measurement of the concentration of benzo(a)pyrene in ambient air*. Esikuvana on käytetty soveltuvin osin myös standardia ISO 12884:2000 *Ambient air – Determination of total (gas and particle-phase) polycyclic aromatic hydrocarbons – Collection on sorbent-backed filters with gas chromatographic / mass spectrometric analysis*. Alihankintalaboratoriossa suoritetaan myös tulosten laadunvarmistus ja mittausepävarmuuden määrittäminen.

Tulosten tarkistus

Analyysitulokset hyväksytään, mikäli laadunvarmistuskriteerit täyttyvät.

PM_{2.5}-HIUKKASTEN KEMIALLINEN KOOSTUMUS

Näytteenotto

Pienhiukkasten (PM_{2.5}) kemiallisen koostumuksen (NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) analysointia varten kerätään viikkonäytteitä standardin EN 12341:2014 mukaisella *low-volume* keräimellä.

Lisäksi samoja ioneja hiukkasten kokonaismäärästä sekä rikkidioksidia, typpihappoa ja ammoniakkia kerätään vuorokausi- ja viikkonäytteinä suodattimille kv. mittausohjelman EMEP:n mukaisesti.

Analyysi

Vesiliukoisten ionien määrittäminen perustuu standardimenetelmään SFS-EN 16913:2017 *Ambient air. Standard method for measurement of NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻, NH₄⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ in PM_{2.5} as deposited on filters* sekä EMEP-manuaaliin *EMEP Manual for Sampling and Analysis, EMEP/CCC-Report 1/95*. Ionikromatografisessa analyysissä esikuvana on käytetty myös standardeja EN ISO 10304-1:2009 *Water quality. Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions. Part 1: Determination of bromide, chloride, fluoride, nitrate, nitrite, phosphate and sulfate* (anionit) sekä EN ISO 14911:1998 *Veden laatu. Liuenneiden Li⁺, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mn²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Sr²⁺, ja Ba²⁺-ionien määrittäminen ionikromatografialla vedestä ja jätevedestä* (kationit).

Laadunvarmistus

Analyysimenetelmien jäljitettävyyden perustuu osallistumalla vuosittain kansainvälisiin WMO:n ja EMEP:n vertailumittauksiin. Ionikromatografitt kalibroidaan NIST-jäljitettävillä liuksilla jokaisessa



analyysisarjassa. Kalibrointi tarkistetaan sisäisillä kontrollinäytteillä. Kenttänoillia ja rinnakkaisanalyysien erotusta seurataan jatkuvasti.

Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuudet on arvioitu sisäisten kontrollinäytteiden ja rinnakkaisanalyysien tulosten perusteella. Vertailumittaustuloksia käytetään mittausepävarmuuksien realistisuuden arvioinnissa.

Tulosten tarkistus

Analyysitulokset hyväksytään, mikäli laadunvarmistuskriteerit täyttyvät.

LASKEUMAN KOOSTUMUS

Laskeumasta määritetään seuraavat komponentit: pH, sähkönjohtavuus, pääionit, raskasmetallit, elohopea ja PAH-yhdisteet. Raskasmetallien, elohopean ja PAH-yhdisteiden laskeumakeruu on kuvattu omissa kappaleissaan tässä dokumentissa.

Laskeumasta määritettävät pääionit ovat NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} ja Ca^{2+} . Pääionien, pH:n ja sähkönjohtavuuden laskeumanäytteet kerätään viikko- tai kuukausinäytteinä laskeumasta (yhdistetty märkä- ja kuivalaskeuma) EMEP-manuaalin mukaan. Näytteiden analyysi, laadunvarmistus, mittausepävarmuus ja tulosten tarkistus tehdään vastaavasti kuin $\text{PM}_{2,5}$ -hiukkasten kemiallisen koostumuksen.

EC/OC

Hiukkasmaista orgaanista hiiltä (OC) ja epäorgaanista hiiltä (EC) mitataan termo-optisesti lähes jatkuvatoimisilla analysaattoreilla (SC-OCEC, Sunset Laboratory Inc).

Mittausmenetelmä

Laitteen uunissa sijaitsevalle suodattimelle kerätään ilmassa olevia hiukkasia. Halutun keräysajan jälkeen OC- ja EC-pitoisuus määritetään termisesti. Havainnointimenetelmä perustuu hiilidioksidiksi hapetetun hiilen pitoisuuden määrittämiseen infrapunaspektrometrialla. Jako orgaaniseen hiileen ja epäorgaaniseen hiileen tapahtuu analyysin aikana tapahtuvan optisen mittausten perusteella. Termisen analyysin lisäksi epäorgaanisen hiilen pitoisuus määritetään myös optisesti (musta hiili, BC).

Laadunvarmistus

Käyttämämme menetelmä poikkeaa keräysmenetelmän suhteen EN-standardimenetelmästä (SFS-EN 16909:2017 *Ambient air. Measurement of elemental carbon (EC) and organic carbon (OC) collected on filters*), jossa hiukkaset kerätään suodattimille (EN 12341:2014) ja analyysi tehdään termo-optisella menetelmällä laboratoriossa. SC-OCEC -menetelmässä hiukkasten keräys suodattimille (kaksi suodatinta peräkkäin) ja analysointi tapahtuvat samassa laitteistossa keräyspaikalla. Analyysimenetelmä on sama kuin standardimenetelmässä. Samoja suodattimia käytetään useita kertoja. Ne vaihdetaan noin kerran kuukaudessa tai tarvittaessa useammin. Kenttämittalaitteiden huolto ja kalibrointi järjestetään tarvittaessa. Menetelmä osallistuu vuosittain ACTRIS-2:n European Centre for Aerosol Calibration (ECAC) -keskuksen järjestämään vertailumittaukseen.



Mittausepävarmuus

Mittausepävarmuus on määritetty laitevalmistajan antamien tietojen perusteella.

Tulosten tarkistus

Analyysitulokset hyväksytään, mikäli laadunvarmistuskriteerit täyttyvät.

RASKASMETALLIT PM₁₀-HIUKKASISSA

Näytteenotto

Hiukkasiin sitoutuneista raskasmetalleista määritetään alumiini, arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, lyijy, mangaani, nikkeli, rauta, sinkki ja vanadiini. Näytteet kerätään PM₁₀-hiukkasfraktiosta käyttäen standardimenetelmää EN 12341:2014 (*low-volume* keräin). Näytteet kerätään vuorokausi-, 2/vk- tai viikkonäytteinä.

Analyysi, laadunvarmistus ja mittausepävarmuus

Näytteet esikäsitellään ja analysoidaan Ilmatieteen laitoksen alihankintalaboratoriossa SYKE Laboratoriokeskus (T003) standardimenetelmillä SFS-EN 14902:2006 *Ambient air quality. Standard method for the measurement of Pb, Cd, As and Ni in the PM₁₀ fraction of suspended particulate matter* ja SFS-EN ISO 17294-2:2016 *Water quality. Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Part 2. Determination of selected elements including uranium isotopes*. Alihankintalaboratoriossa suoritetaan myös tulosten laadunvarmistus ja mittausepävarmuuden määrittäminen.

Tulosten tarkistus

Analyysitulokset hyväksytään, mikäli laadunvarmistuskriteerit täyttyvät.

Akkreditointi

Ilmatieteen laitoksen alihankintalaboratorio SYKE Laboratoriokeskus on FINAS-akkreditoitu testauslaboratorio T003 ja täyttää standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 vaatimukset. Raskasmetallien määrittäminen, lukuun ottamatta alumiinin määrittäystä, on akkreditoinnin piirissä (<https://www.finans.fi/toimijat/Sivut/default.aspx#k=T003>).

RASKASMETALLIT LASKEUMASSA

Näytteenotto

Laskeumasta määritetään seuraavat raskasmetallit: alumiini, arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, lyijy, mangaani, nikkeli, rauta, sinkki ja vanadiini. Näytteet kerätään kuukausinäytteinä laskeumasta (yhdistetty märkä- ja kuivalaskeuma) käyttäen standardimenetelmää SFS-EN 15841:2009.

Analyysi, laadunvarmistus ja mittausepävarmuus

Näytteet analysoidaan Ilmatieteen laitoksen alihankintalaboratoriossa SYKE Laboratoriokeskus (T003) standardimenetelmillä SFS-EN ISO 15841:2010 *Ambient air quality. Standard method for determination of arsenic, cadmium, lead and nickel in atmospheric deposition* ja SFS-EN ISO 17294-2:2016 *Water*



quality. Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Part 2. Determination of selected elements including uranium isotopes. Alihankintalaboratoriossa suoritetaan myös tulosten laadunvarmistus ja mittausepävarmuuden määrittäminen.

Tulosten tarkistus

Analyysitulokset hyväksytään, mikäli laadunvarmistuskriteerit täyttyvät.

Akkreditointi

Ilmatieteen laitoksen alihankintalaboratorio SYKE Laboratoriokeskus on FINAS-akkreditoitu testauslaboratorio T003 ja täyttää standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 vaatimukset. Raskasmetallien määrittäminen on akkreditoinnin piirissä (<https://www.finas.fi/toimijat/Sivut/default.aspx#k=T003>).

ELOHOPEA ILMASSA

Kaasumaista elohopeaa mitataan jatkuvatoimisilla analysaattoreilla. Mittaukset perustuvat EU:n referenssimenetelmään, joka on kuvattu standardissa EN 15852:2010 *Ambient air quality. Standard method for the determination of total gaseous mercury.*

Mittausmenetelmä

Elohopean mittaus perustuu sen fluoresenssiin selektiivisellä aallonpituudella 253,7 nm. Elohopea-atomit viritetään UV-säteilyllä ja viritetyt molekyylit palatessa normaalitilassa emittoivat fluoresenssisäteilyä, joka mitataan. Fluoresenssisäteilyn määrä on suoraan verrannollinen elohopeapitoisuuteen.

Laadunvarmistus

Kenttämittausten laadunvarmistuskäytännöt sekä huolto ja kalibrointi on järjestetty soveltuvin osin standardin vaatimusten mukaisesti.

Mittausepävarmuus

Menetelmän mittausepävarmuus on arvioitu soveltaen standardin EN 15852:2010 laskentamenetelmää.

Tulosten tarkistus

Mittautulosten hyväksymisessä käytetään standardin EN 15852:2010 laadunvarmistuskriteerejä.

ELOHOPEA LASKEUMASSA

Näytteenotto

Elohopeanäytteet kerätään kuukausinäytteinä laskeumasta (yhdistetty märkä- ja kuivalaskeuma) käyttäen standardimenetelmää SFS-EN 15853:2010.



Analyysi, laadunvarmistus ja mittausepävarmuus

Näytteet analysoidaan Ilmatieteen laitoksen alihankintalaboratoriossa SYKE Laboratoriokeskus (T003) standardimenetelmillä SFS-EN 15853:2010 *Ambient air quality. Standard method for the determination of mercury deposition* ja SFS-EN ISO 17294-2:2016 *Water quality. Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). Part 2. Determination of selected elements including uranium isotopes*. Alihankintalaboratoriossa suoritetaan myös tulosten laadunvarmistus ja mittausepävarmuuden määrittäminen.

Tulosten tarkistus

Analyysitulokset hyväksytään, mikäli laadunvarmistuskriteerit täyttyvät.

Akkreditointi

Ilmatieteen laitoksen alihankintalaboratorio SYKE Laboratoriokeskus on FINAS-akkreditoitu testauslaboratorio T003 ja täyttää standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 vaatimukset. Elohopean määrittämenetelmä on akkreditoinnin piirissä (<https://www.finas.fi/toimijat/Sivut/default.aspx#k=t003>).