



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Tavoitteet ilmanlaadun mittaukseen

Jari Walden, Ilmatieteen laitos

Ilmanlaadun tutkimus

Erik Palménin aukio 1, 00560 Helsinki

e-mail jari.walden@fmi.fi



EU:n ympäristöpolitiikka

- Ilmanlaatu on ollut yksi keskeisimmistä painopisteistä 1970 luvulta lähtien
- Tavoitteena on ilmanlaadun parantaminen/ylläpitäminen hyvänä
 - päästöjen vähentäminen
 - polttoaineiden laadun parantaminen
 - ympäristönsuojelutoimet on integroitu kuljetus ja energiasektoreille
- 6. Ympäristöä koskeva toimintaohjelma:
Tavoitteena saada ilman epäpuhtauksien pitoisuustasot hyväksyttävälle tasolle ympäristön tila ja ihmisen terveys huomioiden



NYKYTILANNE:

Ilmanlaadun mittauksia tehdään kunnissa

- ympäristönsuojelulain (86/2000) velvoittamana
- Ilmanlaatuasetus, Vna 38/2011 (korvaa vanhan ilmanlaatuasetuksen Vnp 711/2001, otsoniasetuksen 783/2003)
 - ilmanlaatudirektiivin, 2008/50/EY toimeenpano
 - raja-arvot sekä tavoitearvot ennallaan
 - kansalliset ohjearvot terveydellisten haittojen ehkäisemiseksi ja tavoitearvo rikkilaskeumalle (480/1996)
 - pienhiukkasille (PM2.5) raja-arvo, pitoisuuskatto, altistumisen pitoisuuskatto ja altistumisen vähennystavoite
- 4. Tytärdirektiivi: raskasmetallit, PAH
 - velvoitteet kunnille ja IL
- Oma seuranta varten (kansalaisten kiinnostus, teollisuuden lupaehdot, etc)



NYKYTILANNE

Ilmanlaatuasetus (38/2011) sisältää:

- **Raja-arvot (tunti-, vuorokausi ja vuosiarvot) erälle kaasumaisille ja hiukkasmaisille epäpuhtauksille**
- **Määrittelee mittausmenetelmät**
- **Määrittelee asemien sijaintikriteerit ja näytteenoton**
- **Mittauksille asetettu laatutavoitteet**
 - **jatkuvatoimiset mittaukset**
 - **suuntaa-antavat mittaukset**
- **Raja-arvoja ja varoitus kynnyksiä valvovien mittaustulosten ajantasaisuus ja saatavuus**
- **Tiedotusvelvollisuus raja-arvojen (tunti- ja vuorokausipitoisuuksien) ylityksistä väestölle**
- **Akkreditointivaatimus vertailumenetelmille (Vertailulaboratorio)**



Mittausten laatutavoitteet

jatkuvat mittaukset:

	SO ₂ , NO ₂ , NO _x and CO	PM ₁₀ / PM _{2.5} Pb	Bentseeni	O ₃ & NO- NO ₂
- sallittu epävarmuus	15%	25%	25 %	15 %
- ajallinen kattavuus			35 % (kaup) 90 % (teoll)	
- aineiston vähimmäismäärä	90 %	90 %	90%	90 % kesä 75 % talvi

HUOM: 50/2008/EY: Jatkuvatoimisten mittausten tarkkuus tulisi määritellä kyseessä olevan raja-arvon alueella



Mittausten laatutavoitteet

Suuntaa-antavat mittaukset:

	SO ₂ , NO ₂ , NO _x and CO	PM ₁₀ , PM _{2.5} Pb	Bentseeni	O ₃ & NO NO ₂
- sallittu epävarmuus	25%	50%	30 %	25 %
- ajallinen kattavuus	14 % ⁽¹⁾	14 % ⁽²⁾	14 % ⁽¹⁾	>10 % kesä
- aineiston vähimmäismäärä	90 %	90 %	90%	90 %

(1) Yksi satunnaismittaus viikossa tasaisesti jaettuna koko vuoden ajalle tai kahdeksan viikon mittaista jaksoa tasaisesti jaettuna vuoden ajalle.

(2) Yksi vrk-mittaus/viikko jakautuen tasaisesti vuoden ajalle tai kahdeksan viikon mittaista jaksoa tasaisesti jaettuna vuoden ajalle

HUOM: 1999/30/EY: Jatkuvatoimisten mittausten tarkkuus tulisi määritellä kyseessä olevan raja-arvon alueella



Mittausten laatutavoitteet:

Mittausten kokonaisepävarmuuteen vaikuttavat tekijät

- Mittalaitteen (analysointilaitte/keräin) ominaisuudet (Lab/Kenttä)
- Laadunvarmennusohjelma
- Käytettyjen mittanormaalien laatu
- Mittausympäristö



Mittausten laatutavoitteet:

Mittalaitteen (analysointilaitteet/keräin) ominaisuudet (Lab/Kenttä)

- EN-standardit (EN-14211, EN-14212, EN-14625, EN-14626 määrittelevät minimivaatimukset mittausominaisuuksille: testit laboratorio-olosuhteissa ja kenttäolosuhteissa
- Mittausominaisuuksien täytyminen:
 - Tyypitestausta akkreditoitussa testauslaboratoriossa (esim. TYV)
 - Ekvivalenttisuustesti (ei. vertailumenetelmä)
- Mittausepävarmuus lasketaan laboratorio- ja/tai kenttätestien perusteella



Mittausten laatutavoitteet:

Mittalaitteen (analysaattori/keräin) ominaisuudet (Lab/Kenttä)

- Entä jos:
 - Analysaattori ei läpäise tyypitestauskriteerejä
 - Tyypitestausraportti ei täytä EN-standardeja
 - Jos ei ole kattavaa testiraporttia
 - Ekvivalenttisuustestausraportti ei täytä DoE-ohjetta/EN-standardeja
 - Analysaattorille ei ole tehty tyypitestausta/ekvivalenttisuustestiä

- Espanjan NRL teki laajan katsauksen olemassaolevien raporttien pohjalta: Yksikään testiraportti ei ollut hyväksyttävä!

AQUILA: antaa suositukset menettelytavoista



Mittausten laatutavoitteet: Laadunvarmennusohjelma

Calibration, checks and maintenance	Frequency	Action criteria ^{d,h}
Calibration of the analyser	At least every three months and after repair	
Verification of test gases	At least every six months	Zero: ≥ 3.0 nmol/mol Span: ≥ 5.0 % from last certified value
Zero and span check	At least every two weeks ^a	Zero: ≤ -4 or ≥ 4 nmol/mol Span: ± 5.0 % of initial span value Actual difference between NO _x and NO ≤ 5 %
Repeatability at zero and span of the analyser	In combination with calibration	Repeatability standard deviation at zero: 1,0 nmol/mol Repeatability standard deviation at span: 0,75%
Lack of fit check (to be performed in laboratory or in field)	Within 1 year after installation and after repair; further frequency depending on the result of the previous test	lack of fit > 4.0 % of the measured value
Converter efficiency	At least every year	< 95 % ^{e,f,g}



Mittausten laatuvaatimukset: Laadunvarmennusohjelma

Calibration, checks and maintenance	Frequency	Action criteria ^{d,h}
Cross-port leak test (only analysers with a single reaction chamber) ^g	At least every year	Leak > 2 %
Testing sample manifold -influence of pressure drop induced by the manifold pump - sample collection efficiency	At least every three years	influence \geq 1 % of measured value (pressure drop; 9.6.4.1) influence \geq 2 % of the measured value (sample collection efficiency; 9.6.4.2)
Change of particulate filters ^b of the sampling system at the sampling inlet and/or at the analyser inlet	At least every three months ^e	Response to span gas passing the filter is \leq 97 %
Test of the sampling lines	At least every six months ^e	\geq 2 % sample loss
Changing of (if applicable): drying material and other consumables	At least every six months	As required
Regular maintenance of components of the analyser	As required by manufacturer	As required



Mittausten laatuvaatimukset: Laadunvarmennusohjelma

- a Recommended every 23 h or 25 h. This enables the identification of unstable analysers in an early stage
- b The particulate filter shall be changed periodically depending on the dust loading at the sampling site. Overloading of the particulate filter may change the concentration of nitrogen monoxide and/or nitrogen dioxide. The filter housing shall be cleaned every 6 months.
- c Dependent on site-specific conditions.
- d If infringement of an action criterion occurs, corrective actions shall be taken as soon as possible. An evaluation of the influence of the detected infringement on the measurement data produced before the actual correction of the infringement took place shall be given and taken into account during data validation. To ensure that the data capture criterion is met, data will need to be inspected by a trained operator every working day.
- e At efficiency levels below 98 % a correction needs to be applied for the converter efficiency. The uncertainty of the correction shall then be included in the uncertainty budget (see 9.6.3)
- f Analysers with non-thermal converters with efficiencies less than 95 % that are used at rural sites may be used provided that the uncertainty of the conversion factor is determined and the results from the analyser are shown to be equivalent
- g In NO_x-analysers with a single reaction chamber, a leak in the switching valve between the NO and NO_x channels can cause a degree of mixing of the NO₂ and NO components, causing an underreading of the NO₂ concentration. This may contribute to an underestimation of the converter efficiency
- h The combination of a number of performance characteristics being close to their respective action criteria may lead to a violation of the measurement uncertainty in data quality objective. In this case the measurement uncertainty shall be re-assessed to ensure conformity with the uncertainty requirements. The approach to the assessment of measurement uncertainty described in Annex F can be used to check when such violations occur.



Mittausten laatutavoitteet:

Laadunvarmennusohjelma: Näytteenotto

- Näytteenotto vaikuttaa mittausepävarmuuteen sikäli kun/jos mitattavan yhdisteen pitoisuus muuttuu, esimerkiksi:
 - adsorboituminen näytelinjan seinämiin ($\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{NO}_2 + \text{M}$;)
 - reagointi hiukkassuodattimessa ($\text{O}_3 + \text{NH}_3$;)
 - reagointi toisen yhdisteen kesken ($\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{NO}_2$)

Huom: yo tekijöitä ei voi tarkasti määritellä:

- eivät ole mukana epävarmuusbudjetissa
- voidaan minimoida: näyteputki (manifold)/ näyteletkut mahdollisimman lyhyet, tarpeen tullen lämmitetyt, inertit materiaalit
- QA/QC laadunvarmennustoimet
- huoltotoimet



Mittausten laatutavoitteet:

- Käytettyjen mittanormaalien laatu
 - Tyypitestausta; kaasupitoisuudet $U \leq 3 \%$
epäpuhtaudet: taulukko 4
nollakaasu: epäpuhtaudet taulukko 4
 - Kenttäkalibroinnit: kaasupitoisuudet $U \leq 5 \%$
nollakaasu: $< DL$
- Mittausympäristö
ks ilmanlaatuasetus 38/2011



Ilmanlaatumittausten visio

- Mittausasemat ovat raja-arvoja seuraavia asemia.
 - ylitykset raportoidaan
 - asemilla tehdään joko jatkuvia tai suuntaa-antavia mittauksia
- Seurantatiedot ovat julkisia ja helposti saatavilla.
 - www-sivut, lehdistö, asukastiedote, muu media
- Seurantatietojen tiedotus on järjestetty sekä paikallisella tasolla että kansallisesti
 - Ilmanlaadun portaali



Ilmanlaatumittausten visio

- Mittausverkoilla on kattavasti dokumentoitu laatujärjestelmä,
 - mittausaseman sijoituskriteerit,
 - näytteenoton,
 - mittaukset,
 - laadunvarmennustoimet kohdistuvat mittaustulosten oikeellisuuden osoittamiseksi sekä tulosten käsittelyyn ja raportointiin
 - jäljitettävät kalibroinnit kansallisiin mittanormaaleihin
 - tulosten laatuluokituksen ja
 - sisältää tulosten validoinnin
 - tulosten raportoinnin ja tiedotuksen



Ilmanlaatumittausten visio

- Mittausten jäljitettävyys on järjestetty aukottoman ketjun kautta kansallisiin mittanormaaleihin

- koskee kaikkia toimijoita
- jäljitettävyys osoitetaan kalibrointitodistuksella
- kalibrointijärjestelmään kuuluvat osat:
 - laimennusjärjestelmä,
 - kaasunormaali
 - analysointilaboratorio
 - paine- ja lämpötilamittarit
 - vaaka
 - sertifioidut kalibrointimassat
 - virtaus



Ilmanlaatumittausten visio

- Mittausten laadunvarmennustoimet:
vastaavien EN-standardien mukaan (kpl 9.4)
 - koskee kaikkia toimijoita
 - mittausepävarmuusbudjettia on mahdollisuus korjata
tyypitestausraportin arvoista, **jos QA/QC:t tekee akkreditoitu laboratorio**



Ilmanlaatumittausten visio

- Vaatimus:
 - Vertailulaboratorion laatu järjestelmä on akkreditoitu
 - Mittalaitteiden testausta suorittava laboratorio on akkreditoitu
 - Mittausverkot/kalibrointia harjoittavat toiminnanharjoittajat hakevat akkreditointia omien tavoitteiden mukaisesti
- Mittausverkot osallistuvat vertailumittauksiin
 - tulokset ovat hyväksyttävällä tasolla



Ilmanlaatumittausten visio

- **Mittausasemien laatuluokitus**

Jaottelu mittausepävarmuuden mukaan:

- I Mittausasemat täyttävät jatkuville mittauksille asetetut vaatimukset (38/2011 esim NO_2 , SO_2 , CO , $\text{O}_3 < 15 \%$; $\text{PM}_{10 \text{ \&2.5}} < 25 \%$)
- II Mittausasemat täyttävät suuntaa-antavilla mittauksille asetetut vaatimukset (esim NO_2 , SO_2 , CO , $\text{O}_3 < 25 \%$; $\text{PM}_{10 \text{ \&2.5}} < 50 \%$)



Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi

- Mittausasemien laatutaso määritellään I- ja II-luokkiin
 - Kunnat määrittelevät mittausasemiensa laatutason
 - Vertailulaboratorio tarkistaa laatutason auditoinnin yhteydessä
- Mittausverkot laativat laatujärjestelmän (malli: “Imatra” , “Ilmanlaadunmittausohje”, ISO 17025)
- Mittausverkkojen laatujärjestelmän auditointi
 - säännöllinen auditointi 2 - 4 vuoden välein
 - vertailulaboratorio
 - kuntien välinen yhteistyö



Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi

- **Ilmanlaadun portaalin hyödyntäminen**
 - yhteistyö tiedottamisessa lisääntynyt
 - tiedon saanti helpottunut
 - tiedon yhdistäminen helpottunut
- **Vertailulaboratorio järjestää koulutusta**
 - mittausepävarmuus,
 - mittausmenetelmät
 - raportointi
 - toimii asiantuntijana ulkopuoliselle koulutukselle.
- **Vertailulaboratorio järjestää vertailumittauksia mittausverkoille**
 - kaasumaiset yhdisteet 2011
 - hiukkaset PM_{10} ja $PM_{2.5}$ 2012



Yhteenveto

- Ilmanlaatumittauksille tarve luoda yhteiset laatutavoitteet
- Tavoitteena on tuntea ilmanlaatumittausten laatu (mittausten epävarmuus)
- Mittaustulosten vertailtavuus kansallisesti ja kansainvälisesti paranee
- Kansallinen tavoite, joka tukeutuu Eurooppalaiseen lainsäädäntöön
- Mahdollistaa ilmanlaatatietojen käytön erilaisiin käyttötarkoituksiin (mallit, pitoisuuksien aikakehitys jne)
- Mitataan, mutta vain luotettavasti